ISSN 2195-5905 | BAND 15

WOMAG

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche

OBERFLÄCHENTROCKNUNG MIT WÄRMEPUMPE

Perfekte Trocknung.
Makellose Oberflächen.

HARTER drying solutions



Schonend. Abluftfrei. Prozesssicher.

Maßgeschneiderte Trocknungslösungen

harter-gmbh.de

WERKSTOFFE
Wirtschaftliche Großserienfertigung von Wärmetauscherplatten

WERKSTOFFE
BESSY II gibt Einblick in die Oxidationsprozesse von Kupfer

MEDIZINTECHNIK
Neuer Reinraum stärkt Medizintechnik

OBERFLÄCHEN
Smart Steel: Korrosionsschutz wird intelligent

OBERFLÄCHEN
Trocknung als Effizienzfaktor in der Lohngalvanik

SPECIAL
Datenbasierte Modellierung eines Zink-Nickel-Beschichtungsprozesses in der industriellen Anwendung

NOVEMBER 2026

Branchen-News täglich: womag-online.de

IHR PARTNER FÜR OBERFLÄCHEN-TECHNOLOGIEN

BERATUNG | SCHULUNG | WEITERBILDUNG | OBERFLÄCHENTECHNOLOGIEN | FORSCHUNGSPROJEKTE





SCHWERPUNKTTHEMEN

- Plasma-, Dünnschichttechnik (ALD, PVD, PECVD, Parylene)
- Innovative Reinigungsverfahren
- Oberflächen- und Grenzflächenanalytik
- Korrosions-/Auslagerungstests

Steinbeis-Transferzentrum Oberflächen- und Beschichtungstechnik

Züricher Str. 6 | 78628 Rottweil
Prof. Dr. Volker Bucher | volker.bucher@stw.de

www.steinbeis.de/su/1877

201990-2024-10-28 | © Bild: CARL HAAS GmbH | Ein Druckerzeugnis der Steinbeis GmbH & Co. KG für Technologietransfer

Steinbeis

Steinbeis ist mit seiner Plattform ein verlässlicher Partner für Unternehmensgründungen und Projekte. Wir unterstützen Menschen und Organisationen aus dem akademischen und wirtschaftlichen Umfeld, die ihr Know-how durch konkrete Projekte in Forschung, Entwicklung, Beratung und Qualifizierung unternehmerisch und praxisnah zur Anwendung bringen wollen. Über unsere Plattform wurden bereits über 2.000 Unternehmen gegründet. Entstanden ist ein Verbund aus 5.100 Expertinnen und Experten in rund 1.100 Unternehmen, die jährlich mit mehr als 10.000 Kunden Projekte durchführen. So werden Unternehmen und Mitarbeitende professionell in der Kompetenzbildung und damit für den Erfolg im Wettbewerb unterstützt. **www.steinbeis.de**

Hightech-Produkte durch Galvanotechnik



Seit deutlich mehr als 100 Jahren sorgen Verfahren zur galvanischen Metallabscheidung dafür, dass Bauteile aus Metall und in geringerem Maße auch aus Kunststoff zusätzliche und wichtige Eigenschaften erhalten. Diese reichen von einer Steigerung der Korrosions- und Verschleißbeständigkeit über gute elektrische Kontakteigenschaften bis hin zu einem edlen Erscheinungsbild. Dabei wird die Technologie der galvanischen Metallabscheidung häufig als wenig innovativ und überholt oder eher unbekannt eingestuft. Ein Grund mag sein, dass die Auswahl an Metallen, die galvanisch abscheidbar sind, begrenzt ist und die Grundzüge der Technologie seit Beginn der Nutzung stets die selben sind. Details über Weiterentwicklungen sind dagegen meist nur Fachleuten aus der Branche bekannt.

Die im Rahmen des DGO-Fachausschusses Galvanoformung vorgestellten Arbeiten zeigen, dass modernste und innovativste Technologien durch Galvanotechnik, hier speziell der Galvanoformung, erst möglich sind oder in ihrer Entwicklung stark gefördert werden. So können hochpräzise dreidimensionale Strukturen mit Abmessungen im Mikrometerbereich durch eine Kombination aus optischen und galvanotechnischen Verfahren erzeugt werden. Die Vervielfältigung bis in den Meterbereich erlaubt beispielsweise die Herstellung von Displaytechnologien, wie sie heute in Fahrzeugen zum Standard geworden sind. Auch die Datentechnik, Basis für die vielbeschworene Zukunft durch KI, ist nur unter Einsatz von Galvanotechnik realisierbar. Aber auch die Rotoren für den Antrieb von Drohnen erhalten durch spezielle dreidimensionale Verkleidungen aus Metall eine deutliche Erhöhung ihrer Lebensdauer. Diese und weitere Beispiele sind Arbeitsfelder der heutigen, modernen Galvanotechnik (Beitrag Seite 30 ff).

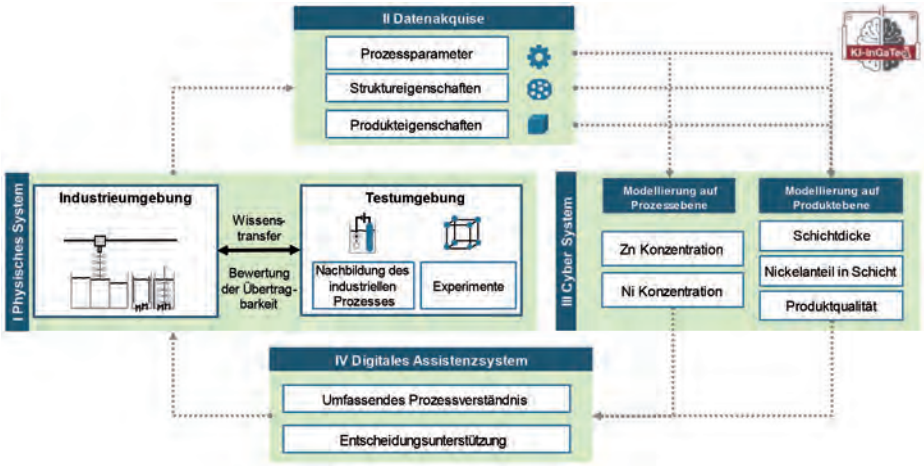
Weitere interessante Entwicklungen aus dem Bereich Galvanotechnik werden in den Beiträgen der TU Braunschweig (Seite 17 ff) oder im Bericht über die Vorträge der ZVO-Oberflächentage (Seite 24 ff) geschildert. Alle diese Beispiele zeigen die Innovationskraft einer alten, bewährten und gleichzeitig zukunftsfähigen Technologie.

WOMAG – VOLLSTÄNDIG ONLINE LESEN

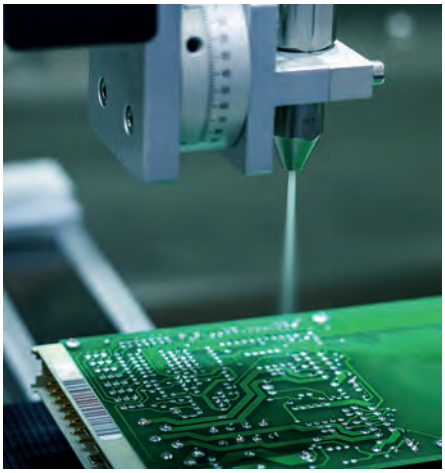
WOMAG ist auf der Homepage des Verlages als pdf-Ausgabe und als html-Text zur Nutzung auf allen Geräteplattformen lesbar. Einzelbeiträge sind mit den angegebenen QR-Codes direkt erreichbar.

PROCESS ENGINEERING
FÜR JEDE BRANCHE
NEU!
PROCESS ENGINEERING
one
by REINER
Wasser- und Abwasser-Prozesse
Galvanik- und Chemie-Prozesse
Mikroelektronik und Regenerativ-energie
Thermische und elektrische Energietechnik
REINER
PUMPEN UND FILTER

INHALT



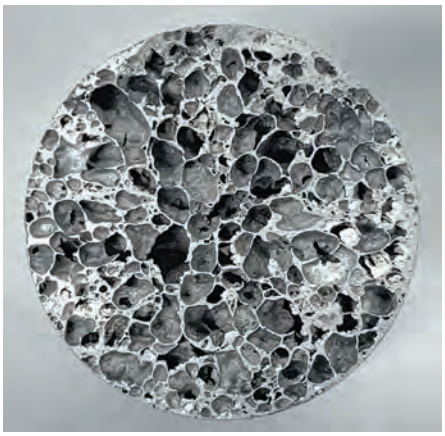
17 Datenbasierte Modellierung von galvanischen Beschichtungsprozessen



28 Reinigung vor dem Bonden



15 Einsatz von Graphen zur Verbesserung des Korrosionsschutzes



10 Aluminiumschaum

WERKSTOFFE

4 Europas Batteriefertigung stellt sich neu auf
5 Neue Wege zur wirtschaftlichen Großserienfertigung von Wärmetauscherplatten
7 Kosteneffiziente Lösemittelreinigung mit Fokus auf das Wesentliche
8 TUBAF erweitert Forschungsmöglichkeiten an BESSY II
9 Ein Film, zwei Effekte
10 Neue Kreislaufpfade für Aluminiumschaum
12 BESSY II gibt Einblicke in die Oxidationsprozesse von Kupfer

MEDIZINTECHNIK

13 Neuer Reinraum stärkt Medizintechnik und Zusammenarbeit mit Unternehmen

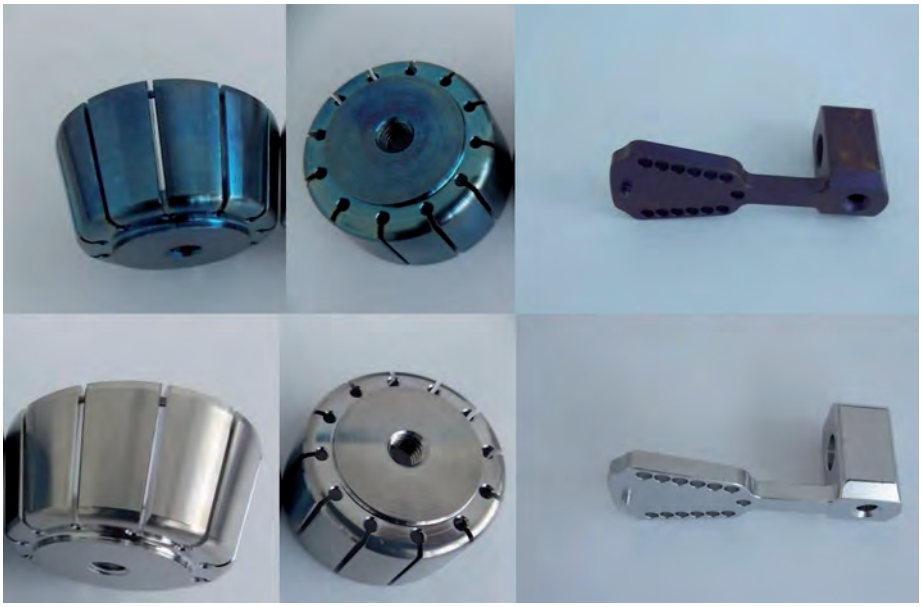
OBERFLÄCHEN

15 Smart Steel: Korrosionsschutz wird intelligent
17 Aus dem Labor in die industrielle Anwendung: Datenbasierte Modellierung eines Zink-Nickel-Beschichtungsprozesses
20 Weiterentwickelte Ecoclean App
22 Trocknung als Effizienzfaktor in der Lohngalvanik
24 Digitalisierung in der Oberflächentechnik – Verstärkung durch KI
28 CO_2-Schneestrahlreinigung vor dem Drahtbonden
30 Spezialtechnologie für komplexe Mikrostrukturen
32 Metallkorrosion an Gebäuden – auch ein Kostenproblem

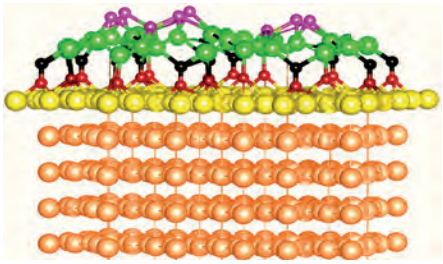
BERUF + KARRIERE

34 40 Jahre Jubiläumstreffen zum Abschluss des Galvanotechnikerstudiums

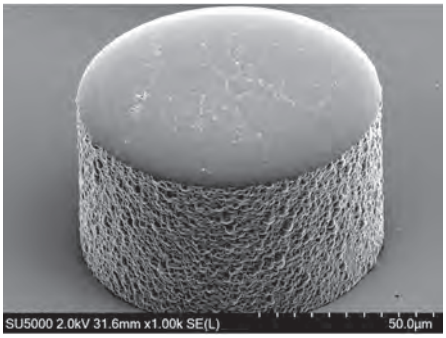
INHALT



24 Reinigen und Glätten von Oberflächen durch Plasmapolieren



12 Oxidation von Kupfer



30 Galvanoformung

35 Studierende tauchen ein in die Welt der Oberflächentechnik
36 TU Chemnitz ist an „IGF-Projekt des Jahres 2026" beteiligt

UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

37 Serfilco – Deutsche Messe – Empa

VERBÄNDE

38 Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) – Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO)

Zum Titelbild: Durch den Einsatz der Kondensationstechnik kann in der Lohnbearbeitung die Trocknung von Teilen bei der Behandlung und Bearbeitung mit wässrigen Medien effizient und kostensparend gestaltet werden; Beitrag Seite 22

Impressum

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 Oberflächentechnik 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

Europas Batteriefertigung stellt sich neu auf

Beim LSE'26 zeigten sich Europas Stärken: Prozesswissen, flexible Fertigung und leistungsfähige Lasertechnik

Der internationale Wettbewerb in der Batterieindustrie verschärft sich. Zugleich wächst der Bedarf an Batterien – in der Elektromobilität ebenso wie in stationären Anwendungen. Wie beim Lasersymposium Elektromobilität LSE'26 im September 2026 in Aachen nach Mitteilung des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT deutlich wurde, kann Europa dem steigenden Druck mit eigenen Stärken begegnen: mit flexiblem Produktionswissen, hoher Prozessqualität und Fertigungskonzepten für unterschiedliche Zellchemien, Bauformen und Stückzahlen. Mit präzisen und selbstlernenden Laserprozessen kann Europas Batterieindustrie jenseits des reinen Preiswettbewerbs wieder Fahrt aufnehmen.

Der Einsatz von Batteriespeichern weitet sich aus. In der Mobilität kommen sie längst nicht mehr nur in Pkw zum Einsatz, sondern zunehmend auch in Zügen, schweren Bergbaumaschinen, Fähren und weiteren Nutzfahrzeugen. Gleichzeitig wächst der Bedarf an stationären Speichern für Stromnetze und erneuerbare Energien. Damit entstehen sehr unterschiedliche Anforderungen an Zellchemie, Leistung, Lebensdauer, Bauform und Stückzahl sowie neue Märkte, in denen nicht allein der niedrigste Preis pro Kilowattstunde entscheidet.

Gerade diese Vielfalt eröffnet Chancen für die europäische Batterieindustrie. Bei standardisierten Zellen in sehr großen Stückzahlen haben asiatische Hersteller inzwischen einen erheblichen Kostenvorsprung. Für europäische Unternehmen kann es daher nicht darum gehen, dieses Produktionsmodell einfach zu kopieren. Interessant sind vielmehr Anwendungen mit besonderen Anforderungen, kleineren oder mittleren Stückzahlen und häufig wechselnden Zellchemien oder Bauformen. Hier zählen neben den Kosten auch kurze Entwicklungszeiten, flexible Anlagen, stabile Prozesse und eine möglichst fehlerfreie Fertigung.

Europa muss schneller und flexibler werden

Wie groß der Handlungsdruck ist, zeigte unter anderem Dr.-Ing. Andreas Russ von Bosch Manufacturing Solutions. Asiatische Hersteller skalieren schneller, investieren stark und setzen neue Kostenmaßstäbe. Zugleich verkürzen sich die Zeiträume zwischen Produktentwicklung und Produktionsstart. Bosch nennt für neue Produktionssysteme in Europa Entwicklungs- und Lieferzeiten von weniger als zwölf Monaten, während in Asien teilweise weniger als sechs Monate erwartet werden. Daraus ergeben sich klare Anforderungen an die Produktion: Anlagen müssen skalierbar und flexibel sein, Produkt und Maschine möglichst parallel entwickelt werden.

Genau hier setzen neue Produktionskonzepte an. Toni Voebel vom Start-up Manugy stellte beim LSE'26 einen modularen Ansatz für spezialisierte Batteriezellen vor. Ein großer Teil der Maschinentechnik bleibt dabei standardisiert, während einzelne Module an Zellchemie, Format und Anwendung angepasst werden. Das soll Entwicklungszeiten verkürzen und kleinere bis mittlere Produktionsmengen wirtschaftlicher machen. Für Märkte, in denen Standardzellen die Anforderungen nicht erfüllen, sieht Voebel damit Chancen für eine Fertigung in Europa.

Europa wird den Wettbewerb um die billigste Standardzelle nicht dadurch gewinnen, dass wir asiatische Gigafactories kopieren, erklärt Dr. Alexander Olowinsky, Abteilungsleiter Fügen und Trennen am Fraunhofer ILT und Organisator des LSE. *Unsere Chance liegt dort, wo Flexibilität, Prozesswissen und Qualität zählen.*

Qualität wird zum wirtschaftlichen Faktor

Flexibilität allein reicht jedoch nicht aus. Mit steigenden Stückzahlen wächst auch der Aufwand, jeden einzelnen Prozess sicher zu beherrschen. In einem Batteriepack können sehr viele Schweißverbindungen entstehen. Bereits eine fehlerhafte Verbindung kann dazu führen, dass ein komplettes Bauteil nicht eingesetzt werden kann. Bosch beschreibt als



Dr.-Ing. Jan-Philipp Weberpals von der Audi AG, stellte aktuelle Entwicklungen beim KI-basierten Laserschweißmonitoring vor (© Fraunhofer ILT, Aachen)



Johannes Gaigl von Mahle stellte datenbasierte Ansätze vor, mit denen sich komplexe Produktionsprozesse analysieren und gezielt verbessern lassen (© Fraunhofer ILT, Aachen)

eigentliche Herausforderung deshalb nicht das Laserschweißen selbst, sondern die Übertragung komplexer Prozesse in eine skalierbare Fertigung mit möglichst wenigen Fehlern. Christian Elsner von Mercedes-Benz und Steffen Rübling von Trumpf zeigten, wie eng Prozessstabilität, Sensorik und Qualitätssicherung in der Serienfertigung inzwischen zusammenwirken.

Damit wird Qualität unmittelbar zum wirtschaftlichen Faktor. Nacharbeit, Ausschuss und aufwendige Prüfungen kosten Zeit und Geld. Je früher ein Fehler erkannt wird oder gar nicht erst entsteht, desto effizienter arbeitet die Produktion. IPG Photonics fasste die Voraussetzungen für skalierbare Batteriefertigung beim LSE'26 in drei Punkten zusammen: Produktivität, Prozessstabilität und nachweisbare Qualität.

Wie sich diese Anforderungen in der Serie umsetzen lassen, zeigte ein gemeinsamer Beitrag von BMW und weldmetrix. Beim Hochlauf von Pilotanlagen auf große Stückzahlen steigt die Zahl der Fügestellen massiv. Eine rein manuelle oder visuelle Prüfung kann damit nicht Schritt halten. Sensoren erfassen deshalb Prozessdaten bereits während des Schweißens. Sie sollen helfen, jede einzelne Verbindung zu bewerten, Fehler frühzeitig zu erkennen und die Produktionsdaten langfristig nachvollziehbar zu speichern.

Auch New Infrared Technologies stellte beim LSE'26 Verfahren vor, mit denen sich Laserprozesse in Echtzeit überwachen lassen. Ziel ist eine Fertigung, bei der fehlerhafte Schweißungen direkt im Prozess erkannt werden. Aus der nachgelagerten Qualitätsprüfung wird damit zunehmend ein Bestandteil des eigentlichen Fertigungsprozesses.

Laserprozesse passen sich der Produktion an

Auch die Lasertechnik selbst wird flexibler. Moderne Strahlquellen und Optiken erlauben es, die Energieverteilung gezielt an Material und Fügeverbindung anzupassen. Dynamic Beam Shaping eröffnet dabei zusätzliche Freiheitsgrade, etwa beim Schweißen von Aluminium oder von Kupfer-Aluminium-Verbindungen.

Am Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen untersucht Julia Vielhauer gemeinsam mit dem Fraunhofer ILT und weiteren Partnern, wie sich solche dynamisch geformten Laserstrahlen auf Schmelze und Materialeigenschaften auswirken. Die Forschenden wollen die eingebrachte Energie räumlich und zeitlich so steuern, dass sich die Eigenschaften der Fügeverbindung gezielt an die jeweilige Anwendung anpassen lassen.

Diese Entwicklung passt zu den Anforderungen einer Batterieindustrie, in der sich Zellchemien, Materialien und Bauformen schnell verändern. Statt für jedes neue Produkt starre Prozesse und Anlagen neu aufzubauen, lassen sich Laserprozesse über Strahlführung, Parameter, Sensorik und Software anpassen.

Nicht billiger, sondern schneller, flexibler und sicherer

Für die europäische Batterieindustrie ergibt sich daraus ein anderer Weg als der direkte Kostenwettbewerb bei standardisierten Massenzellen. Chancen liegen dort, wo unterschiedliche Anwendungen besondere Batterien verlangen, Stückzahlen variieren und Hersteller schnell auf neue Zellkonzepte reagieren müssen.



Dr.-Ing. Alexander Olowinsky moderierte das LSE'26 und führte durch die Diskussionen mit den Referierenden aus Industrie und Forschung (© Fraunhofer ILT, Aachen)

Europa bringt dafür viel Know-how in Lasertechnik, Maschinenbau, Automatisierung und Prozessentwicklung mit. Entscheidend wird sein, diese Kompetenzen so zusammenzuführen, dass neue Produkte schneller von der Entwicklung in eine stabile industrielle Fertigung gelangen.

Alexander Olowinsky ist zuversichtlich: *Wir müssen nicht in jedem Markt der günstigste Anbieter sein. Entscheidend ist, dass wir Batterien und elektrische Systeme zuverlässig, flexibel und schnell industrialisieren können.* Genau dort sieht er eine Zukunft für die europäische Produktion und die Lasertechnik liefere dafür viele der notwendigen Werkzeuge.

➲ **www.ilt.fraunhofer.de**

Neue Wege zur wirtschaftlichen Großserienfertigung von Wärmetauscherplatten

Steigende Effizienzanforderungen, wachsende Produktionszahlen und zunehmender Kostendruck stellen Hersteller von Wärmetauschern vor neue Herausforderungen. Die entscheidende Frage lautet, welche Fertigungstechnologie künftig höchste Bauteilqualität bei gleichzeitig wirtschaftlicher Serienproduktion ermöglicht. Das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU kann maßgeschneiderte Antworten auf diese Frage geben. Wie das Institut schreibt, richtet es neben etablierten Verfahren wie dem Hohlprägen (Pressen) und der Hochdruckblechumformung (Hydroforming) den Fokus insbesondere auf das Hohlprägewalzen.

Verfahren wie das Pressen oder das Hohlprägewalzen werden am Fraunhofer IWU entwickelt, untersucht und für industrielle Anwendungen qualifiziert. Unternehmen erhalten damit eine technologieoffene Bewertung der für ihre Anforderungen optimalen Fertigungsstrategie. Die zugrunde liegenden Kompetenzen stammen aus langjährigen Entwicklungsarbeiten für Bipolarplatten in Brennstoffzellen und Elektrolyseuren.

Drei Technologien, drei Stärken

Metallische Wärmetauscherplatten verlangen filigrane Kanalstrukturen, hohe Maßhaltigkeit und reproduzierbare Qualität. Gleichzeitig müssen Investitionskosten, Materialeinsatz

und Ausbringungsleistung wirtschaftlich darstellbar sein. Für diese Anforderungen stehen am Fraunhofer IWU drei unterschiedliche Umformtechnologien zur Verfügung.

Die Hochdruck-Blechumformung zeichnet sich durch besonders gute Ausformung der Kanalstrukturen und hohe Bauteilgenauigkeiten aus. Da lediglich eine Werkzeuggravur benötigt wird, reduzieren sich Werkzeugaufwand und Beschaffungszeiten. Die am Fraunhofer IWU entwickelte passive Hochdruck-Blechumformung vereinfacht darüber hinaus die erforderliche Anlagentechnik deutlich und verkürzt die Prozesszeiten. Das Hohlprägen gilt heute als industrieller Standard für die Herstellung von strukturierten Metallplatten. Das Verfahren kombiniert hohe Prozesssicherheit, etablierte Anlagenkonzepte und wirtschaftliche Serienfertigung. Für viele Anwendungen stellt es weiterhin die industrielle Referenztechnologie dar.

Den größten Entwicklungsschub erwartet das Fraunhofer IWU jedoch beim Hohlprägewalzen. Anders als beim diskontinuierlichen Pressen erfolgt die Umformung kontinuierlich zwischen rotierenden Formwalzen. Diese Prozesskinematik reduziert die erforderlichen Umformkräfte erheblich und eröffnet gleichzeitig deutlich höhere Produktionsraten. Während sich mit konventionellen Verfahren bis zu 60 Bauteile pro Minute realisieren lassen, werden für das Hohlprägewalzen Produktionsleistungen von deutlich über 100 Bauteilen pro Minute prognostiziert.

Gerade für zukünftige Märkte mit hohen Stückzahlen entsteht dadurch ein erhebliches wirtschaftliches Potenzial. Die kontinuierliche Fertigung ermöglicht kompaktere Anlagenkonzepte, eine hohe Materialeffizienz und attraktive Stückkosten. Vor allem aber eröffnet das Verfahren neue Perspektiven für vollständig integrierte Rolle-zu-Rolle-Prozessketten.

Von der Rolle *direkt* zum Wärmetauscher

Das Fraunhofer IWU verfolgt dabei einen ganzheitlichen Ansatz. Im Mittelpunkt steht nicht allein die Umformung von einzelnen Platten. Nach dem kontinuierlichen Hohlprägewalzen können die Bauteile direkt aus dem Band getrennt, gefügt und gestapelt werden. Damit entsteht eine hochproduktive Fertigungsarchitektur vom Coil bis zur fertigen Wärmetauscherplatte. Gerade im industriellen Maßstab lassen sich dadurch Investitionskosten pro Bauteil, Handhabungsaufwand und Produktionszeiten deutlich reduzieren. Die eigentliche Stärke des Hohlprägewalzens liegt somit nicht nur im Umformprozess selbst, sondern in dessen hervorragender Eignung für hochautomatisierte Fertigungslinien.

Wasserstoff-Know-how für die nächste Generation von Wärmetauschern

Die technologische Grundlage hierfür wurde am Fraunhofer IWU bereits geschaffen. In zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten hat das Institut die Herstellung von metallischen Bipolarplatten für Brennstoffzellen und Elektrolyseure untersucht, bewertet und qualifiziert. Dabei standen exakt jene Fragestellungen im Fokus, die heute auch für moderne Wärmetauscher relevant sind: hochpräzise Kanalstrukturen, geringe Umformkräfte, hohe Produktionsraten und robuste Prozessketten.

Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich unmittelbar auf die Fertigung von Wärmetauscherplatten übertragen. Insbesondere Erfahrungen aus der Verarbeitung von dünnwandigen Edelstahlbändern, der Auslegung komplexer Strömungsstrukturen sowie der Entwicklung von kontinuierlichen Fertigungsprozessen schaffen eine belastbare Grundlage für industrielle Anwendungen im Bereich der Wärmeübertragung.

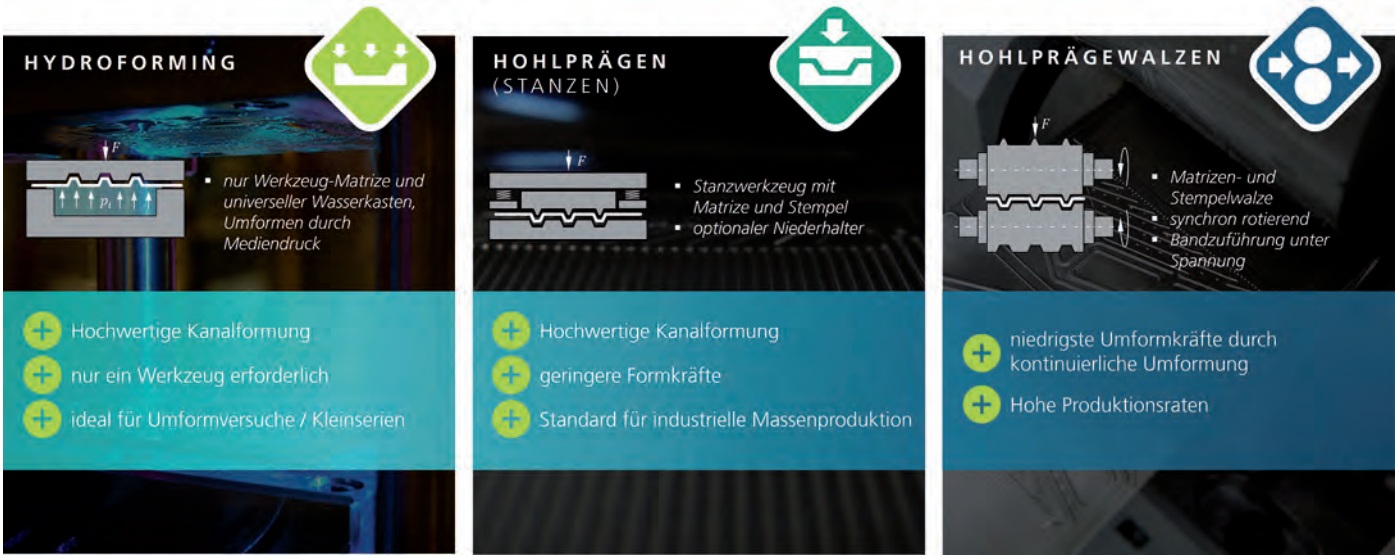


Anders als beim klassischen Prägen erfolgt die Umformung beim Hohlprägewalzen kontinuierlich zwischen rotierenden Werkzeugen, wodurch die erforderlichen Prozesskräfte gesenkt und Produktionsraten erhöht werden können (© Fraunhofer IWU)

Von der Idee zur Machbarkeitsstudie

Unternehmen, die neue Wärmetauscherkonzepte entwickeln oder bestehende Produkte wirtschaftlicher fertigen möchten, können die Technologien gemeinsam mit dem Fraunhofer IWU bewerten. Machbarkeitsstudien sind auf Basis von Musterbauteilen mit einer Breite bis etwa 30 Zentimeter, einer Länge bis zu 1 Meter sowie für Blechdicken bis 0,5 Millimeter möglich. Daraus lassen sich Aussagen zur Umformbarkeit, zur erreichbaren Bauteilqualität, zur Wirtschaftlichkeit von möglichen Prozessketten sowie zur Skalierung in die Serienfertigung ableiten.

➲ **www.iwu.fraunhofer.de**



Kurz und knapp: drei Verfahren und ihre Stärken (© Fraunhofer IWU)

Kosteneffiziente Lösemittelreinigung mit Fokus auf das Wesentliche

Die neue Focus von Karl Roll – hohe Reinigungsqualität bei geringen Durchsätzen

Die neue Focus ist eine Antwort von Karl Roll auf die veränderten Anforderungen in der Teilereinigung. Die kosteneffiziente Lösemittelreinigungsanlage verfügt über alle wesentlichen Ausstattungsdetails, um bei einem vergleichsweise geringen Aufkommen an Reinigungsgut hohe Anforderungen an die Sauberkeit prozesssicher, wirtschaftlich sowie energie- und ressourcenschonend zu erfüllen.

Die Transformationsprozesse in der Industrie führen zu Veränderungen in der Teilereinigung. So sind in einer zunehmenden Anzahl von Branchen immer öfter geringere Stückzahlen zu reinigen, dabei aber höhere Anforderungen an die Sauberkeit zu erfüllen. Die Reinigung muss dabei nicht nur prozesssicher und reproduzierbar, sondern auch besonders wirtschaftlich und ressourcenschonend durchgeführt werden. Für diese Aufgabenstellung hat Anlagenbauer Karl Roll die neue Focus entwickelt. Die kosteneffiziente, geschlossene Lösemittelanlage überzeugt durch ein gutes Preis-Leistungsverhältnis und ermöglicht dadurch auch bei einem eingeschränkten Investitionsbudget den Einstieg in die qualitativ hochwertige Bauteilreinigung. Das kompakte Reinigungssystem beansprucht nur wenig Produktionsfläche und benötigt lediglich einen Industriestrom- und Druckluftanschluss. Die Focus arbeitet unter Vollvakuum und kann mit Kohlenwasserstoffen oder modifizierten Alkoholen betrieben werden. Die Arbeitskammer ist für Chargen mit Abmessungen von bis zu 565 x 365 x 250 mm und einem Gewicht bis maximal 50 kg ausgelegt.

Ausstattung für hohe Sauberkeit serienmäßig integriert

Bei der Ausstattung der neuen Plug-and-Play-Lösung, hat der Anlagenbauer serienmäßig alles integriert, damit hohe Sauberkeitsspezifikationen sowohl prozessstabil als auch wiederholbar erzielt werden. Dazu zählen unter anderem zwei Lösemitteltanks mit getrennten Medienkreisläufen und Bypassfiltration. Diese können bei sehr hohen Sauberkeitsanforderungen für die Vor- und Feinreinigung genutzt werden. Alternativ ist es möglich, einen Tank für die Reinigung und den zweiten für eine Konservierung der Teile einzusetzen. In jedem Fall stellen zwei leistungsstarke Pumpen das schnelle Entleeren der Arbeitskammer sicher. Darüber hinaus ist die Anlage in der Standardausführung mit Ultraschall ausgestattet, dessen Frequenz und Leistung an die unternehmensspezifischen Anforderungen angepasst werden kann.

Für ergonomisches Arbeiten bei manueller Teilezuführung sorgt eine Beschickungshilfe. Diese kann auf Kundenwunsch auch zu einer automatischen Be- und Entladeeinrichtung ausgebaut werden. Als weitere Option für einen mannlosen Betrieb steht ein Barcode-Scansystem zur Verfügung.



Die Lösemittelanlage verfügt serienmäßig über zwei Fluttanks mit separaten Medienkreisläufen (Bild: Karl Roll)

Aggregate und Aufbereitung für energie- und ressourcenschonenden Betrieb

Um die Betriebskosten so niedrig wie möglich zu halten, wurde bei der Auswahl der Anlagenaggregate, wie beispielsweise Vakuumpumpe, Heizung und Entleerpumpen, ein besonderes Augenmerk auf einen geringen Energieverbrauch gelegt. Daraus resultiert ein optimales Verhältnis von Aggregatleistung zu Verbrauch. Darüber hinaus verfügt die Focus wie alle Lösemittelreinigungsanlagen des Herstellers standardmäßig über eine integrierte Destillationseinrichtung für die kontinuierliche Aufbereitung des Lösemittels. Ausdestilliertes Öl wird durch einen automatischen Ölaustrag fortwährend aus der Destillation entfernt, so dass das Lösemittel über sehr lange Zeit restölfrei zur Verfügung steht. Die Standzeit des Reinigungsmediums erhöht sich dadurch signifikant. Zum energiereduzierten Betrieb der Anlage tragen neben den sparsamen Aggregaten die Nutzung der Abwärme aus der Destillationseinheit und die gute Isolierung aller beheizten Medien führenden Komponenten bei.



Veränderte Anforderungen in der Teilereinigung zielen bei der Focus auf hohe Sauberkeit bei vergleichsweise geringem Reinigungsaufkommen (Bild: Karl Roll)

Abgelöste partikuläre Verunreinigungen werden durch eine Filtereinheit ausgetragen. Um beim manuellen Filterwechsel zu verhindern, dass durch ein nicht ordnungsgemäß verschlossenes Filtergehäuse Lösemittel in die Umgebung gelangt, kann die Anlage auf Wunsch mit einem automatischen Deckelverschluss ausgestattet werden.

Durch die Konzentration auf wesentliche, für die Erzielung von hohen Sauberkeitsanforderungen notwendige Ausstattungsdetails setzt die kosteneffiziente Lösemittelanlage Focus bei einem geringen Reinigungsaufkommen neue Maßstäbe hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und Ressourcenverbrauch. Das gute Preis-Leistungsverhältnis macht die Reinigungsanlage auch zu einer optimalen Lösung für die anspruchsvolle Reinigung von Kleinteilen. Doris Schulz

➲ **www.karl-roll.de**

TUBAF erweitert Forschungsmöglichkeiten an BESSY II

Wer verstehen will, wie sich Ladungen in Hightech-Materialien und insbesondere an deren Grenzflächen bewegen, kommt künftig an einer neuen Messanlage an der Synchrotronstrahlungsquelle BESSY II in Berlin nicht vorbei. Die Anlage wurde in einem Forschungsprojekt der TU Bergakademie Freiberg konzipiert und am BESSY II nach rund vier Jahren Entwicklungsarbeit nun vollständig aufgebaut, berichtet die TUBAF. Geleitet wurde das vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) im Rahmen von *ErUM-Pro* geförderte Projekt von Physiker Dr. Friedrich Roth.

Der neue Aufbau erweitert die Mess- und Analysemöglichkeiten für Forschende: Internationale Teams können die Anlage nutzen, um nachzuvollziehen, wie sich elektronische Ladungen nach der Anregung eines Materials bewegen – und das mit einer deutlich gesteigerten Messeffizienz. Die ersten Nutzerexperimente sind für Februar 2027 geplant.

Damit steht an der Synchrotronstrahlungsquelle BESSY II in Berlin eine neue experimentelle Infrastruktur für zeitaufgelöste Röntgenphotoelektronenspektroskopie (tr-XPS) zur Verfügung. Ultraschnelle Prozesse an Materialoberflächen und Grenzflächen können nun mit hoher zeitlicher Auflösung untersucht werden, erklärt PD Dr. habil. Friedrich Roth, Projektleiter an der TU Bergakademie Freiberg (TUBAF). Im Mittelpunkt stehe dabei die Frage, wie sich elektronische Ladungen nach der Anregung eines Materials bewegen und welche Prozesse an funktionalen Grenzflächen auf Zeitskalen von Pikosekunden ablaufen. *Solche Vorgänge spielen beispielsweise in Halbleitern, Photokatalysatoren und neuartigen Energiematerialien eine entscheidende Rolle.* Der Physiker Friedrich Roth hatte den Aufbau der neuen Anlage in enger Zusammenarbeit mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB), dem Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft (FHI), dem Deutschen Elektronen Synchrotron DESY und dem European XFEL koordiniert.

Zeitaufgelöste Experimente mit hoher Effizienz

Eine Besonderheit des neuen Systems ist die Kombination eines hocheffizienten Flugzeit-Elektronenanalysators mit einer leistungsfähigen optischen Laserquelle und der Synchrotronstrahlung von BESSY II. Dadurch kann die Effizienz zeitaufgelöster tr-XPS-Messungen deutlich gesteigert werden. Für die Nutzerinnen und Nutzer bedeutet die höhere Messeffizienz vor allem, dass innerhalb der begrenzten Messzeit an einer Synchrotronstrahlungsquelle deutlich mehr Informationen gewonnen werden können. So lassen sich beispielsweise unterschiedliche Materialien oder experimentelle Bedingungen systematisch miteinander vergleichen und zeitliche Veränderungen detailliert verfolgen. Die neue Infrastruktur erweitert damit die bisherigen Möglichkeiten an BESSY II um Experimente, bei denen sowohl eine hohe Zeitauflösung als auch eine effiziente Datenerfassung entscheidend sind.

Nach umfangreichen Aufbau- und Inbetriebnahmearbeiten ist das System nun bereit für erste Nutzerexperimente. Bereits jetzt besteht laut Roth internationales Interesse: Forschungsgruppen aus Schweden, Großbritannien, Frankreich und den USA wollen künftig Experimenten mit dem neuen Aufbau durchführen. Für ihn ist besonders wichtig, *dass wir hier nicht einfach ein weiteres Messinstrument aufgebaut haben, sondern gemeinsam mit unseren Partnern eine neuartige experimentelle Möglichkeit für die nationale und internationale Nutzergemeinschaft geschaffen haben.* Forschungsgruppen könnten ihre eigenen Materialsysteme zu BESSY II bringen und dort untersuchen, wie sich elektronische Prozesse nach einer optischen Anregung auf extrem kurzen Zeitskalen entwickeln. *Die Kombination aus hoher Zeitauflösung und hoher Messeffizienz eröffnet uns die Chance, ultraschnelle Ladungstransferprozesse an komplexen Materialgrenzflächen künftig wesentlich systematischer zu untersuchen,* sagt Roth. *Dass uns bereits vor dem regulären Nutzerbetrieb Anfragen aus mehreren Ländern erreichen, zeigt, wie groß der Bedarf an solchen experimentellen Möglichkeiten ist.*

Forschung über Institutionsgrenzen hinweg

Der Aufbau ist zugleich ein Beispiel für die enge Vernetzung der Freiberger Forschung mit den großen deutschen Forschungsinfrastrukturen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der TU Bergakademie Freiberg arbeiteten im Projekt eng mit dem Helmholtz-Zentrum Berlin, dem Fritz-Haber-Institut in Berlin, DESY und dem European XFEL zusammen. Die Partner brachten dabei ihre jeweilige Expertise in Synchrotron- und Freie-Elektronen-Laser-Forschung, Photoelektronenspektroskopie, Detektortechnologie sowie zeitaufgelösten Messmethoden ein. Die entstandene Infrastruktur verbindet damit Erfahrungen aus Experimenten an unterschiedlichen Großforschungseinrichtungen und überträgt diese auf einen dauerhaft verfügbaren Nutzeraufbau an BESSY II.

Moderne experimentelle Forschung funktioniert nach Aussage von Roth zunehmend in Netzwerken. Keine einzelne Universität und keine einzelne Großforschungseinrichtung könne die dafür notwendige Expertise allein abdecken. *Für uns in Freiberg ist diese enge Zusammenarbeit mit HZB, FHI, DESY und European XFEL deshalb von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig können wir unsere eigene Expertise in der Photoelektronenspektroskopie und bei zeitaufgelösten Experimenten in diese Netzwerke einbringen,* erklärt Roth.

Von der Entwicklung zum internationalen Nutzerbetrieb

Mit Abschluss der Inbetriebnahme beginnt nun die nächste Phase des Projekts. Das System soll für wissenschaftliche Nutzergruppen geöffnet und für unterschiedliche Fragestellungen aus der Material-, Oberflächen- und Energieforschung eingesetzt werden. Damit stärkt das Projekt nicht nur die experimentellen Möglichkeiten an BESSY II, sondern auch die internationale Sichtbarkeit der TU Bergakademie Freiberg auf dem Gebiet der zeitaufgelösten Photoelektronenspektroskopie und der Forschung an Großforschungsanlagen.

Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) im Rahmen von ErUM-Pro gefördert (Förderkennzeichen 05K22OF2).

➲ **https://tu-freiberg.de**

Ein Film, zwei Effekte

Ein Forschungsteam der Technischen Universität Chemnitz hat einen flexiblen Nanokompositfilm entwickelt, der zwei physikalische Effekte in einem Material vereint: Unter mechanischer Last erzeugt es elektrische Ladung durch den piezoelektrischen Effek, gleichzeitig verändert es seinen elektrischen Widerstand durch den piezoresistiven Effekt. Das Material kombiniert nach Mitteilung der TU Chemnitz das Polymer Polyvinylidenfluorid (PVDF) mit keramischen Bariumtitanatpartikeln ($BaTiO_3$) und mehrwandigen Kohlenstoff-Nanoröhren. Die Ergebnisse wurden in *Nano Energy* veröffentlicht, einer der führenden internationalen Fachzeitschriften auf dem Gebiet von Energiematerialien und Nanotechnologie.

Piezoelektrische Materialien werden auf zwei Arten verwendet. Sie dienen als Sensoren für dynamische Lasten wie Schwingungen und Stöße und können auch Energie gewinnen, indem sie mechanische Bewegung in elektrische Energie umwandeln. Ein piezoelektrischer Sensor kann daher seine eigene Energie liefern. Er reagiert jedoch nur auf wechselnde Lasten. Piezoresistive Materialien reagieren auf Druck mit einer messbaren Widerstandsänderung, sodass sie auch statische Lasten präzise erkennen können. Bis jetzt wurden die beiden Materialtypen meist getrennt entwickelt. Das Chemnitz-Team vereint beide Prinzipien in einem Film, der nur etwa 40 µm dick ist.

Die beiden Füllstoffe teilen die Arbeit zwischen sich auf. $BaTiO_3$ ist eine bleifreie Piezokeramik. Sie unterstützt die lokale Polarisation und fördert die Bildung der elektroaktiven Phase der PVDF, die für den piezoelektrischen Effekt verantwortlich ist. Die Kohlenstoff-Nanoröhren bilden ein elektrisch leitfähiges Netzwerk im Polymer. Wenn der Film komprimiert wird, ändern sich die Kontakte zwischen den Nanoröhren und der elektrische Widerstand mit ihnen. Zudem verstärken Nanoröhren das Polymer mechanisch. *Unsere zentrale Frage war, wie die keramischen und die leitfähigen Füllstoffe innerhalb der PVDF-Matrix zusammenwirken,* betont Prof. Dr. Olfa Kanoun, Leiter der Professur für Mess- und Sensortechnologie an der TU Chemnitz. *Durch systematische Anpassung beider Konzentrationen lässt sich die Materialstruktur steuern und deren Leistung auf Energieumwandlung oder Druckdetektion ausrichten.*

PVDF ist leicht, flexibel und eignet sich für die Verarbeitung von großen Flächen. Um als piezoelektrisches Material gut zu funktionieren, benötigt es jedoch meist Hochspannungs-Polen, mechanisches Dehnen oder beides. Im neuen Verbund übernehmen die Füllstoffe diese Aufgabe während der Filmbildung. Die keramischen Partikel fördern die polare Kristallstruktur, und die Nanoröhren wirken als Kerne, die die Gesamtkristallinität des Polymers erhöhen. An den Schnittstellen zwischen Polymer, Keramikpartikeln und Nanoröhren bilden sich mikrokondensatorähnliche Regionen, die die Ladungsakkumulation und Polarisation erhöhen. Dadurch ist der elektroaktive Gehalt der Filme bis zu etwa doppelt so hoch wie bei reinem PVDF. Ihr piezoelektrischer Koeffizient erreicht Werte, die mit denen elektrisch gepolter PVDF-basierter Systeme vergleichbar sind.

Einfache Bearbeitung

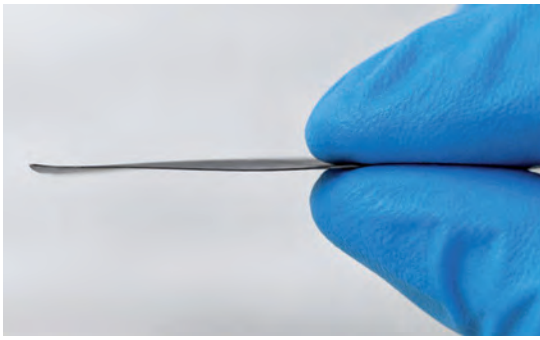
Die Filme werden durch Lösungsguss hergestellt. PVDF und Füllstoffe werden in einem Lösungsmittel aufgelöst, dann gegossen und thermisch behandelt. Das Ergebnis ist ein homogener, flexibler Film. Für Energiegewinnungstests wurden die Filme zwischen flexible Elektroden platziert, um kompakte Nanogeneratoren zu bilden. Eine homogene Verteilung der keramischen Partikel und der Kohlenstoffnanoröhren war nach Aussage von Dipl.-Ing. Ahmed Attaoui, Hauptautor der Studie, unerlässlich. *Die Leistung hängt nicht nur von den einzelnen Bestandteilen ab, sondern auch von den zwischen ihnen gebildeten Grenzflächen.*

Komposition entscheidet über Effekt

Dem Team gelang es, den Nanoröhreninhalt systematisch auf jeder keramischen Ebene zu variieren. Dies ermöglichte es, die Zusammensetzung des Materials mit seiner Struktur, mechanischen Festigkeit, elektrischen Leistung und Druckempfindlichkeit zu verknüpfen. Der Verbundstoff ist deutlich steifer und stärker als reiner PVDF, bleibt aber flexibel.

Eine Formulierung mit höherem Nanoröhrengehalt lieferte die beste Energiegewinnung. Sie erreichte Ausgangsspannungen von bis zu 25 V und eine maximale Leistung von 345 Mikrowatt, etwa hundertmal mehr als dasselbe Material ohne Nanoröhren.

Das Material zeigte auch langfristige Stabilität: Die Ausgangsspannung blieb über 20.000 Belastungszyklen stabil. Selbst nach 50.000 und 100.000 Zyklen sank die Spitzenspannung nur geringfügig, während die Gesamtform des Signals erhalten blieb. Eine Formulierung mit mehr Keramik und weniger Nanoröhren ermöglichte die höchste Druckempfindlichkeit, lieferte aber dennoch eine hohe elektrische Ausgangsleistung. Diese Formulierung wurde daher für alle nachfolgenden Gerätetests ausgewählt.



Misst Druck und gewinnt Energie: Nanokompositfilm aus den Labors der TU Chemnitz (Bild: TU Chemnitz)

Das wichtige Ergebnis ist laut Kanoun die Steuerbarkeit des Systems. Eine Rezeptur könne für eine höhere elektrische Leistung ausgewählt werden, während eine andere für Druckempfindlichkeit ausgewählt werden könne. Dies gebe Gerätekonstrukteuren eine klare Grundlage für die Auswahl der Formulierung, die zur gewünschten Funktion passt.

Die Kombination von piezoelektrischen und piezoresistiven Effekten in einem Material eröffnet Olfa Kanoun zufolge eine Reihe möglicher Einsatzmöglichkeiten, von Sensoren über Energiegewinnung bis hin zu zukünftigen Aktuatoren. *Unsere Ergebnisse bieten eine Materialgrundlage, um diese Funktionen innerhalb eines Verbundsystems zu erforschen,* sagt Kanoun.

Weg zu selbstversorgenden Smart Skins und tragbaren Elektroniksystemen

Eine Demonstration zeigt, wie sich die beiden Effekte in einem einzigen Gerät ergänzen. Wenn die Forscher den Film gleichmäßig mit der Fingerspitze drückten, sank der

elektrische Widerstand deutlich, während fast keine Spannung erzeugt wurde. Schnelles Klopfen hingegen erzeugte starke Spannungsimpulse. Der gleiche Film kann daher registrieren, wie stark und wie lange er gedrückt wird, und gleichzeitig Energie aus der Bewegung gewinnen. Das Team zeigte auch, dass die gewonnene Energie nutzbar ist: Die gleichgerichteten Ausgangskondensatoren luden innerhalb weniger Sekunden auf und versorgten eine Reihe von LEDs.

Das Konzept zielt auf flexible und tragbare Elektronik ab, bei der Platz, Gewicht und Energieversorgung begrenzt sind. Mögliche Anwendungen umfassen selbstbetriebene Drucksensoren, elektronische Skins, Gesundheitsüberwachungspatches, robotische taktile Schnittstellen, strukturelle Überwachung und autonome Internet-of-Things-Geräte.

Die Forscher untersuchen nun, ob das Material auch kontrollierte mechanische Bewegungen unter elektrischer Anregung erzeugen kann. Dies könnte das Konzept auf die Aktivierung ausweiten, zum Beispiel vibrotaktile Rückkopplungen in tragbaren und interaktiven Systemen. *Die Studie bietet eine Materialbasis für kompakte, autonome Geräte,* sagt Attaoui. Der nächste Schritt sei, die gemessenen Materialeigenschaften in zuverlässige Komponenten zu übersetzen und zu bewerten, wie Energiegewinnung, Sensorik und Aktorik auf Geräteebene integriert werden können.

Interdisziplinäre und internationale Zusammenarbeit

Die Studie ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit zwischen der Professur für Mess- und Sensortechnik und der Alumna der TU Chemnitz, Dr. Ayda Bouhamed. Sie ist derzeit tätig an der Fakultät für Naturwissenschaften der Universität Gafsa im Zentrum Tunesiens, und Mitglied des Labors für Elektromechanische Systeme an der Nationalen Ingenieurschule in der tunesischen Hafenstadt Sfax. Die Arbeit wurde während ihrer Gastprofessur an der TU Chemnitz durchgeführt. Die Gastprofessur ermöglichte es den Partnern, ihr Fachwissen in Nanoverbundwerkstoffen und Sensortechnologie zu bündeln. Sie stärkt zudem die langjährige Zusammenarbeit zwischen der TU Chemnitz und Forschungseinrichtungen in Tunesien.

Für Dr. Ayda Bouhamed ist es eine besondere Freude, mit ihrer Alma Mater zusammenzuarbeiten. *Das Gastprofessurprogramm gab uns die Möglichkeit, unsere Expertise in Chemnitz zu bündeln, und zeigt, wie gut die wissenschaftliche Zusammenarbeit heute grenzüberschreitend funktioniert.*

Weitere Partner der TU Chemnitz steuerten ihr Fachwissen bei: Prof. Dr. Martin F.-X. Wagner und Mario Scholze vom Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik sowie Prof. Dr. Christoph Tegenkamp von der Professur für Analytik an Festkörperoberflächen am Institut für Physik. Prof. Dr. Chokri Bouraoui vom Labor für Mechanik an der Nationalen Ingenieurschule Sousse, Universität Sousse, leitete die Arbeit mit. Die Zusammenarbeit vereinte Mess- und Sensortechnik, Materialwissenschaften und Oberflächenphysik. Ahmed Attaoui

Kontakt
Prof. Dr. Olfa Kanoun,
E-Mail olfa.kanoun@etit.tu-chemnitz.de

Originalveröffentlichung
Ahmed Attaoui, Ayda Bouhamed, Mario Scholze, Martin F.-X. Wagner, Christoph Tegenkamp, Chokri Bouraoui, Olfa Kanoun: High-performance self-poled PVDF-$BaTiO_3$-CNT nanocomposites: A multifunctional material for flexible next-generation energy harvesting and sensing; Nano Energy, Vol. 148 (2026), 111688., DOI: https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2025.111688

➲ **www.tu-chemnitz.de**

Neue Kreislaufpfade für Aluminiumschaum

Aluminium ist ein Schlüsselwerkstoff für nachhaltige Mobilität und ressourceneffiziente Produkte. Seine Herstellung ist jedoch energieintensiv. Forschende des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU zeigen nun, wie sich Produktionsreste, Aluminiumspäne und ausgediente Aluminiumschaumbauteile gezielt in den Herstellungsprozess zurückführen lassen. Die Ergebnisse eröffnen nach Mitteilung des Fraunhofer IWU neue Wege für eine kreislauforientierte Produktion von Aluminiumschaum und könnten den Einsatz von Primärmaterial deutlich reduzieren.

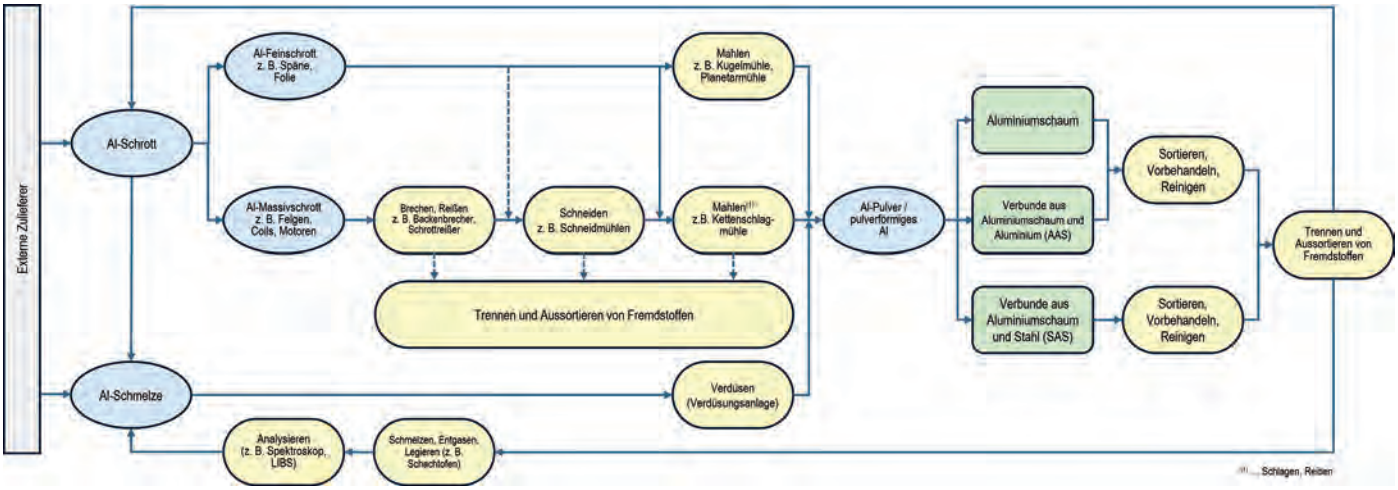
Aluminiumschaum zählt zu den besonders leichten Strukturwerkstoffen. Aufgrund seiner geringen Dichte, seiner hohen Energieabsorptionsfähigkeit und seiner guten Dämpfungseigenschaften eignet er sich unter anderem für Anwendungen im Fahrzeugbau, in Maschinenstrukturen, im Bauwesen oder in energieeffizienten Leichtbausystemen. Seine Herstellung erfolgt heute jedoch überwiegend mithilfe von Aluminiumlegierungspulvern, deren Produktion vergleichsweise aufwendig und kostenintensiv ist.

Die Forschenden des Fraunhofer IWU konzentrierten sich deshalb auf einen bislang wenig beachteten Nachhaltigkeitshebel: die Nutzung von Kreislaufmaterialien innerhalb der pulvermetallurgischen Schaumfertigung. Im Mittelpunkt standen sortenreine Aluminiumspäne, Produktionsreste und End-of-Life-Materialien, die mechanisch aufbereitet und als Ausgangsmaterial für neue Aluminiumschäume genutzt werden können.

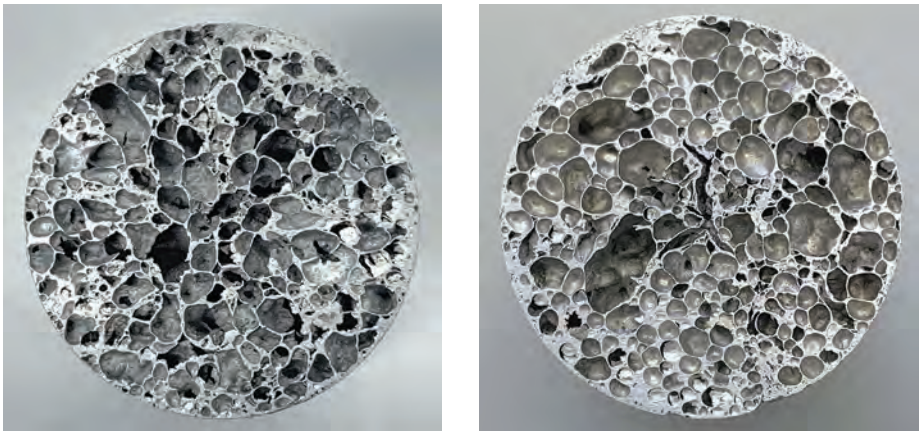
Aufbereitete Späne statt neuem Pulver

Ein besonders vielversprechender Ansatz besteht darin, energieintensiv hergestelltes (neues) Aluminiumlegierungspulver teilweise oder vollständig durch aufbereitete Aluminiumspäne zu ersetzen. Die Untersuchungen zeigten, dass durch Mahlen und Klassieren (nach der Größe Sortieren) der Späne ein pulverförmiger Ausgangsstoff entsteht, der sich erfolgreich zu schäumbaren Halbzeugen verarbeiten lässt. Die daraus erzeugten Schäume erreichen vergleichbare Strukturen und Dichten wie konventionell hergestellte Aluminiumschäume.

Die Nutzung von Produktionsabfällen direkt im Werkstoffkreislauf bietet erhebliche ökologische und wirtschaftliche Potenziale, erklärt Dr.-Ing. Jörg Hohlfeld, Leiter der Gruppe Metallschaum am Fraunhofer IWU. Besonders



Kreislaufwirtschaft Aluminiumschaum: Herstellung und Verwertung **(© Fraunhofer IWU)**



Aluminiumschaumzylinder auf Basis von gemahlenen Spänen (links) und Aluminiumschaum aus aufbereiteten Spänen mit vergleichbarer Struktur wie bei der Herstellung aus verdüstem Pulver (rechts), der konventionellen Herstellungsroute aus Neumaterial **(© Fraunhofer IWU)**

hervorzuheben ist, dass für die Herstellung von Sekundäraluminium deutlich weniger Energie benötigt wird als für Primäraluminium. Dadurch lassen sich sowohl Materialkosten als auch CO_2-Emissionen reduzieren.

Vom Produktionsabfall zurück zum Funktionswerkstoff

Die Forschenden untersuchten darüber hinaus die Aufbereitung größerer Aluminiumreste wie Folien, Coils (Zuschnittreste großer Rollen Aluminiumblech) oder Felgenmaterial. Durch mehrstufige mechanische Prozesse wie Schneiden, Brechen, Mahlen und Sieben konnten daraus definierte Partikelgrößen für die Schaumherstellung erzeugt werden. Auch ausgediente Bauteile aus Aluminiumschaum lassen sich prinzipiell wieder in den Materialkreislauf integrieren. Dafür wurden geeignete Strategien zur Zerkleinerung, Sortierung und Weiterverarbeitung entwickelte.

Besonders bedeutsam ist dabei, dass die Wiederverwertung nicht auf einfaches Einschmelzen beschränkt bleibt. Stattdessen verfolgt das Fraunhofer IWU Ansätze des sogenannten Solid-State-Recyclings. Dabei bleiben große Teile der vorhandenen Materialstruktur erhalten, wodurch zusätzliche Energie eingespart und Materialverluste vermieden werden können.

Neue Perspektiven für Kreislaufwirtschaft im Leichtbau

Die Ergebnisse zeigen, dass Aluminiumschrott in pulverförmiger Form als technisch gleichwertige Alternative zu neu erzeugtem Aluminiumlegierungspulver eingesetzt werden kann. Damit rückt eine deutlich ressourcenschonendere Herstellung von Aluminiumschäumen in greifbare Nähe. Die Forschenden sehen darin einen wichtigen Baustein für zirkuläre Wertschöpfungsketten in Branchen mit hohen Leichtbauanforderungen wie Automobilbau, Maschinenbau oder Bahntechnik. Für eine industrielle Umsetzung sollen die Arbeiten nun weitergeführt werden. Künftige Forschungsvorhaben zielen insbesondere auf die Stabilisierung der Materialeigenschaften schwankender Schrottqualitäten sowie auf umfassende Lebenszyklusanalysen. Damit sollen die ökologischen Vorteile der schrottbasierten Schaumfertigung quantitativ belegt und die Technologie für einen breiten industriellen Einsatz vorbereitet werden.

Forschungspartner gesucht

Das Fraunhofer IWU bringt seine Erkenntnisse gern in weiterführende Forschungsprojekte ein und freut sich auf Partner, die an der Absicherung und Verbreiterung der Studienlage und Datenbasis zur Kreislauffähigkeit von Aluminiumschaum mitarbeiten möchten.

➲ **www.iwu.fraunhofer.de**

BESSY II gibt Einblick in die Oxidationsprozesse von Kupfer

Bevor sich reines Kupferoxid bildet, entstehen komplexe Superstrukturen aus Kupfer- und Sauerstoffatomen wie „29"Cu_xO. Einblicke in diese „29"-Cu_xO-Superstruktur sind relevant für die Katalysatorforschung und den Korrosionsschutz bei der Entwicklung von Kupferbehältern für Endlager für radioaktive Abfälle.

Kupferdächer verlieren mit der Zeit ihre rötliche Farbe, da sich auf ihrer Oberfläche eine grünliche Schicht aus Kupferoxid bildet, die das Dach viele Jahre lang vor weiterer Korrosion schützt. Doch was genau geschieht in den ersten Schritten dieses Prozesses? Könnte man ihn vielleicht sogar aufhalten? Diese Fragen sind zunehmend dringlich geworden, seit Kupferbehälter als eine der besten Optionen für die Lagerung von Atommüll gelten.

Zwischenschritte auf dem Weg zu Kupferoxid

Bevor sich reines Kupferoxid bildet, entstehen komplexe Superstrukturen aus Kupfer- und Sauerstoffatomen wie „29"Cu_xO. Die Oxidationsstufe von Kupfer in dieser komplexen Verbindung war bislang höchst umstritten und konnte nicht direkt gemessen werden, da herkömmliche spektroskopische Methoden kaum Unterschiede zwischen reinem Kupfer und der teilweise oxidierten Oberfläche erkennen konnten.

Nun ist es einem Team unter der Leitung von Prof. Dr. Alexander Föhlisch gelungen, dies mithilfe der Auger-Photoelektronen-Koinzidenzspektroskopie (APECS) an BESSY II zu erreichen. Diese äußerst oberflächensensitive Methode ermöglichte eine klare Unterscheidung zwischen den chemischen Zuständen.

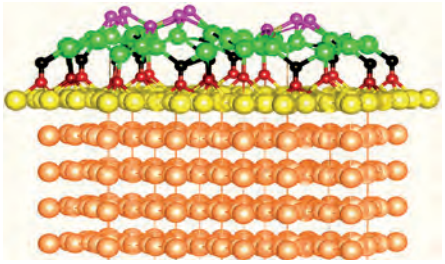
Überraschend metallisch

Das Ergebnis: Kupferatome im bekannten „29"-Oberflächenoxid befinden sich sehr nahe am metallischen Zustand; ihre Oxidationsstufe beträgt lediglich etwa 0,3. Das bedeutet, dass die Oberfläche metallischem Kupfer viel ähnlicher ist als Kupferoxid (Cu_2O), obwohl sie viel Sauerstoff enthält. *Das ist überraschend und wirklich bemerkenswert, denn die Sauerstoffkonzentration an den Oberflächen ist sehr hoch,* sagt Swarnshikha Sinha, die die Messungen durchgeführt hat. *Wir haben zudem die Verteilung der Sauerstoffspezies identifiziert, aus denen das schützende Oberflächenoxid besteht,* betont sie. Ihre Studie zeigt, dass die Sauerstoffmenge auf einer Oberfläche nicht automatisch bestimmt, inwieweit die Kupferatome oxidiert sind.

Kupfer als Katalysator und für Endlagerbehälter

Diese Erkenntnisse sind für zwei verschiedene Anwendungsbereiche hilfreich. Kupfer wird beispielsweise als Katalysator bei der CO_2-Reduktion, der Methanolsynthese oder bei Oxidationsreaktionen eingesetzt. Häufig handelt es sich bei den aktiven Stellen nicht um vollständig oxidiertes CuO, Cu_2O oder reines Metall, sondern um teilweise oxidierte Oberflächen. Sind diese Oberflächen elektronisch fast metallisch, erklärt dies, warum sie im Vergleich zu reinen Oxiden oft eine andere Aktivität und Selektivität aufweisen. Dieses Wissen könnte die gezielte Entwicklung von Katalysatoren vorantreiben.

Der zweite Anwendungsbereich ist ein genaueres Verständnis von Korrosionsprozessen auf Kupferoberflächen. Dies ist besonders relevant für die Entwicklung sicherer Kupferbehälter zur Endlagerung abgebrannter Kernbrennstoffelemente.



Bevor sich reines Kupferoxid bildet, entstehen komplexe Superstrukturen aus Kupfer- und Sauerstoffatomen wie „29"Cu_xO (© HZB)

Das Uppsala-Berlin Joint Laboratory

Alle Experimente für diese Arbeit wurden im Rahmen des Uppsala-Berlin Joint Laboratory an der UE52-PGM-Beamline (CoESCA-Endstation) von BESSY II durchgeführt. Die First-Principles-Berechnungen wurden mit Unterstützung von Kooperationspartnern an der Universität Stockholm, Schweden, durchgeführt. *Unter dem Dach des Uppsala-Berlin Joint Laboratory (UBjL) konnten wir moderne Synchrotron-Spektroskopieverfahren bei BESSY II mit theoretischen Methoden kombinieren, um chemische Informationen zu gewinnen, die mit herkömmlichen Methoden nicht zugänglich sind,* sagt Föhlisch. arö

Originalpublikation

S. Sinha, D. Kühn, F. O. L. Johansson, A. Lindblad, P. A. Korzhavyi, N. Mårtensson, A. Föhlisch: Character of Cu and O in partially oxidized "29" Cu_xO/Cu(111) from Auger Photoelectron Coincidence Spectroscopy; Journal American Chemical Society (2026), 148 (31), 33548–33558; https://doi.org/10.1021/jacs.6c08886

➲ **www.helmholtz-berlin.de**

Werden Sie **Abonnent** und nutzen Sie die Inhalte der Plattform in vollem Umfang!
Fachbeiträge in digitaler Form mit allen Möglichkeiten der modernen Medien!
1 Monat kostenfrei zum Kennenlernen!
Kommen Sie auf unsere Webseite: **www.womag-online.de**
Umfassend und immer auf dem neuesten Stand!

Neuer Reinraum stärkt Medizintechnik und Zusammenarbeit mit Unternehmen

Hochschule Furtwangen eröffnet neues Reinraumlabor zum zehnjährigen Jubiläum des Research Centers Rottweil

Ein neues Labor konnte die Hochschule Furtwangen (HFU) in ihrem Research Center am Standort Rottweil einweihen. Die neuen Räumlichkeiten eröffnen den Forschenden der Hochschule innovative Möglichkeiten in der angewandten Forschung, zum Beispiel bei der Herstellung von Medizintechnikprodukten. *Der neue Reinraum bietet uns vielfältige Möglichkeiten, um den Verbund aus Forschung und Transfer weiter zu stärken,* betonte Prof. Dr. Volker Bucher bei der feierlichen Eröffnung des neuen Labors. Das Forschungszentrum in Rottweil betreibt die Hochschule bereits seit zehn Jahren – die Laboreröffnung und das Jubiläum wurden mit einem Tag der offenen Tür gefeiert. Zahlreiche Gäste aus Wirtschaft, Gesellschaft und Politik waren bei der Eröffnung dabei und ließen sich einen Einblick in die aktuelle Forschung im Research Center geben.

Der Reinraum der Klasse ISO 7 ermöglicht Forschung und Entwicklung unter kontrollierten, partikelarmen Bedingungen, etwa für Anwendungen in der Medizintechnik, wie Prof. Dr. Christoph Reich, stellvertretender Rektor der HFU und Prorektor für Forschung und Nachhaltigkeit, zur Eröffnung der Einrichtung ausführte. Die Bundestagsabgeordnete Dr. Maria-Lena Weiss betonte in ihrem Grußwort die Rolle des Labors als Ort, an dem Wissenschaft und Unternehmen gemeinsam an Lösungen arbeiten können. Auch der Landtagsabgeordnete Stefan Teufel lobte den Standort in Rottweil und bezeichnet sie als eine gute Investition in die Zukunft. Glückwünsche kamen zudem vom Landtagsabgeordneten Artur Eichin, der daran erinnerte, dass Wirtschaft und Wissenschaft einander brauchen und Zukunft gestaltbar ist. Dr. Christian Ruf, Oberbürgermeister der Stadt Rottweil, sprach über die bemerkenswerte Entwicklung des Research Centers in den letzten zehn Jahren. Ruf hatte das neue Forschungslabor bereits vor der Eröffnung gemeinsam mit Landrat Christoph Keckeisen besichtigt.

Möglich wurde die Umsetzung des Reinraums durch die KLS Martin SE & Co. KG aus Tuttlingen, die die Laborausstattung und zwei Metall-3D-Drucker spendete. Frank Reinauer, Leiter Division Implantate, und Adem Aksu, Bereichsleitung Entwicklung für Implantate und Biomaterialien, von KLS Martin freuten sich darüber, dass der bisherige Innovationsgeist des Reinraums auch an seinem neuen Standort weitergeführt wird. Sie nannten diesen Geist auch beim Namen – Prof. Dr. Volker Bucher. *Ich hatte zufällig mitbekommen, dass KLS Martin vergrößern wollte und fragte nach, ob der Raum noch benötigt wird. Es ist besonders toll, dass das geklappt hat und alle mit an Bord waren. Mein ganzes Team hat mitangepackt, den Raum aufzubauen - das war eine der tollsten Erfahrungen, seit ich in der Berufswelt tätig bin,* erläuterte Prof. Bucher begeistert die Abläufe von der ersten Idee bis zur jetzt realisierten Hochschuleinrichtung.



Adem Aksu (KLS Martin), Prof. Dr. Volker Bucher (Leiter des Instituts für Mikrosystemtechnik) und Frank Reinauer (KLS Martin) (v. l.) (Bild: Hochschule Furtwangen)



Eine große Zahl an Interessenten macht sich ein Bild über die Einrichtungen des Research Centers Rottweil (Bilder Hochschule Furtwangen)

Im Anschluss an die Eröffnung konnten die geladenen Gäste sowie die Öffentlichkeit den Reinraum besichtigen und sich über die weiteren Forschungsprojekte, beispielweise zu Mikroplastik und Roboterarmen, informieren. Im Research Center der HFU werden Lehre, Forschung und industrielle Anwendung eng verbunden. Unterstützt werden die Forschungs-und Transferprojekte durch die Stadt Rottweil. Aktuell werden den Worten von Prof. Bucher zufolge im Reinraum bereits Rottweiler Narrenfiguren mit Gold bedampft, um die Technologie kennen zu lernen. Der Wissenschaftler arbeitet mit seinem Team außerdem an neuen Plasmaprozessen, die klimaschädliche Gase bei der Reinigung von Leiterplatten ersetzen können. Für die Zukunft ist ein Forschungsprojekt mit Rottweiler Chirurgen geplant, bei dem es um die Realisierung von patientenspezifischen Fingergelenk-Ersatzimplantaten gehen wird.
Mehr über das HFU Research Center ist zu finden unter:

➲ **https://hfu.li/21yw**



Andreas Friedrich (HFU, Kanzler), Prof. Dr. Christoph Reich (stellv. Rektor und Prorektor für Forschen und Nachhaltigkeit), Adem Aksu (KLS Martin), Artur Eichin MdL (B90/Grüne), Prof. Dr. Volker Bucher und Frank Reinauer (KLS Martin) (v. l.) (Bild: Hochschule Furtwangen)

Basiswissen –
Messtechnik für Oberflächen
Verfahren und Anwendung

Informationen und praxisnahe Ansätze im Überblick – nützliche Informationen für Einsteiger sowie für erfahrene Fachleute. Im handlichen Format A5, 64 Seiten, mit den Bereichen:

– Schichtdicke
– Schichthaftung
– Härte und Härteprüfung
– Oberflächenmikrostruktur
– Benetzbarkeit und Oberflächenenergie
– Farbe und Farbmessung
– Oberflächentopographie
– Kontamination
– Reibung und Verschleiß
– Biokompatibilität

Schutzgebühr: 7,50 € (inkl. Versand und Mehrwertsteuer)
Bestellung per E-Mai: info@womag-online.de

WOTech GbR, Am Talbach 2, D-79761 Waldshut-Tiengen



Smart Steel: Korrosionsschutz wird intelligent

Von Ivica Kolaric, Marc Entenmann und Katja Feige, Fraunhofer-Institut IPA

Korrosion ist weit mehr als ein Werkstoffproblem: Sie beeinflusst die Verfügbarkeit, Sicherheit und Lebenszykluskosten technischer Systeme. Gerade bei schwer zugänglichen Stahlkonstruktionen in Offshore-Windparks, maritimer Infrastruktur oder Chemieanlagen werden Inspektion, Reparatur und Stillstand schnell zum entscheidenden Kostenfaktor. Mit dem am Fraunhofer IPA entwickelten Graphen-Rich-Primer wird deshalb ein Ansatz verfolgt, der den klassischen Korrosionsschutz um Sensorik, Datenanalyse und eine aktive Schutzfunktion erweitert. Damit wird die Beschichtung zu einem funktionalen Bestandteil eines intelligenten Korrosionsschutzsystems.

Vom reaktiven Reparieren zur Zustandskontrolle

Der Smart-Steel-Ansatz verschiebt den Fokus auf ein kontinuierliches Erfassen und Bewerten des Korrosionszustands. Messdaten sollen Veränderungen der Schutzwirkung frühzeitig anzeigen und gezielte Instandhaltungsmaßnahmen unterstützen (*Abb. 1*). Ziel ist es, Zustandserfassung, Datenübertragung und Analyse mit einer bedarfsgerechten Reaktion zu verknüpfen. Damit entsteht die Grundlage für eine zustandsorientierte und perspektivisch vorausschauende Instandhaltung.

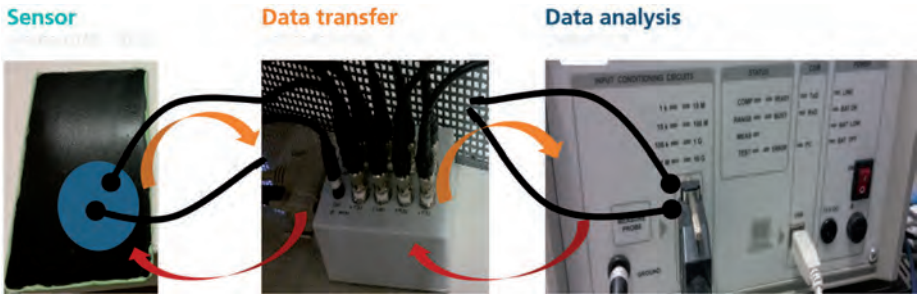


Abb. 1: Funktionskette aus Sensorik, Datenübertragung und Analyse für einen zustandsorientierten Korrosionsschutz (Bild: Fraunhofer IPA)

Graphen und Kohlenstoffnanoröhren im Verbund

Technischer Kern der neuartigen Beschichtungstechnologie ist eine Korrosionsschutz-Grundbeschichtung, in der Graphenplättchen und Kohlenstoffnanoröhren in einer Polymermatrix kombiniert werden. Die Graphenplättchen tragen zur Barrierewirkung und zur elektrischen Leitfähigkeit der Beschichtung bei (*Abb. 2*). Kohlenstoffnanoröhren ermöglichen es, die Leitfähigkeit des Füllstoffnetzwerks gezielt einzustellen.

Die Kombination von zwei funktionalen kohlenstoffbasierten Füllstoffen ermöglicht es, das Korrosionsschutzsystem hinsichtlich Schutzwirkung und Monitoring an unterschiedliche Umgebungsbedingungen und anwendungsspezifische Anforderungen anzupassen. Bei Bedarf lässt sich das System zusätzlich um ein aktives Polarisationskonzept erweitern.

Das Verhalten der Beschichtungssysteme wurde unter anderem mittels Salzsprühprüfung nach DIN EN ISO 9227 untersucht. *Abbildung 3* zeigt den Zustand verschiedener Smart-Steel-Beschichtungssysteme sowie eines Referenzsystems nach 400 Stunden Prüfzeit.

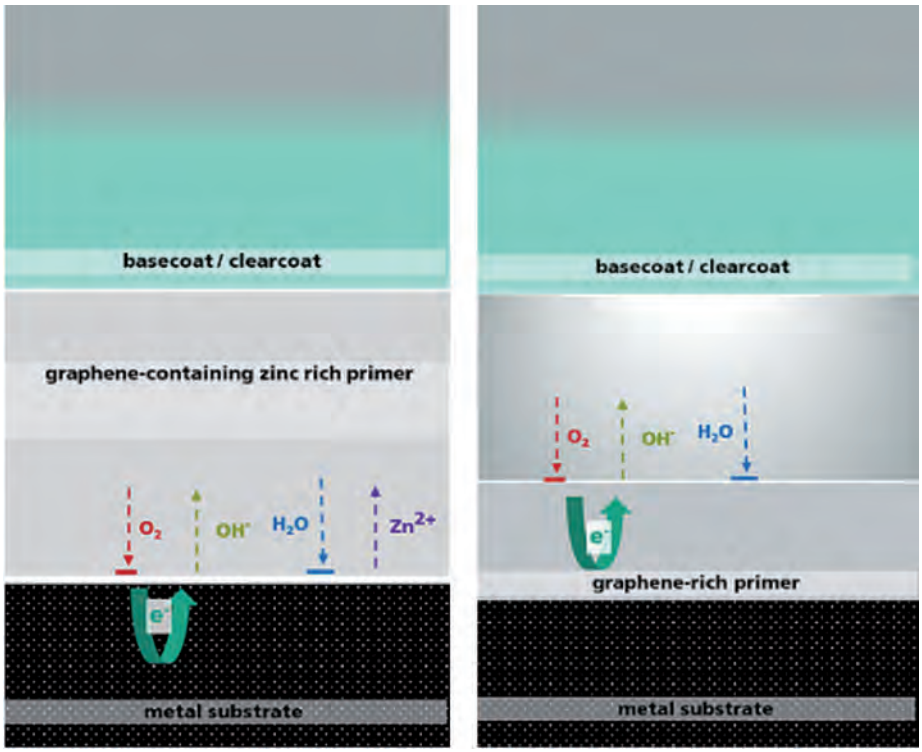


Abb. 2: Konzept der Smart-Steel-Technologie auf Basis funktionaler kohlenstoffbasierter Füllstoffe mit optionaler aktiver Polarisation (Bild: Fraunhofer IPA)

Passiv schützen, aktiv reagieren

Der Graphen-Rich-Primer ist nicht nur als passive Barriere angelegt. Durch seine elektrische Leitfähigkeit kann er in ein Überwachungs- und Polarisationskonzept eingebunden werden. Elektrochemische Messungen ermöglichen es, Veränderungen des Beschichtungs- und Korrosionszustands zu erfassen. Bei einer kritischen Veränderung des Beschichtungszustands kann eine definierte



Abb. 3: Salzsprühprüfung nach DIN EN ISO 9227 über 400 Stunden an Smart-Steel- und Referenzsystemen (Bild: Fraunhofer IPA)

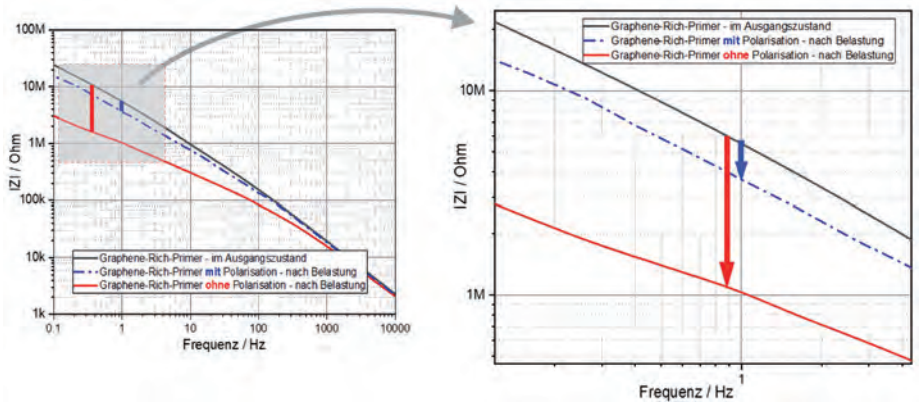


Abb. 4: Vergleich des elektrochemischen Verhaltens des Graphen-Rich-Primers mit und ohne Polarisation (Bild: Fraunhofer IPA)

elektrische Polarisation zwischen der leitfähigen Grundierung und dem Stahlsubstrat als zusätzliche aktive Schutzmaßnahme eingesetzt werden (*Abb. 4*). Das Konzept verbindet damit passive Schutzwirkung, elektrochemische Zustandserfassung und eine optionale aktive Schutzfunktion.

Anwendungen bei hoher Wartungskomplexität

Naheliegende Anwendungsfelder sind Offshore-Strukturen, Hafenanlagen, Brücken, Rohrleitungen, Windenergieanlagen und Anlagen der Prozessindustrie. Der Nutzen steigt insbesondere dort, wo Zugang, Stillstand und Reparatur aufwendig sind. Das wirtschaftliche Potenzial hängt von den jeweiligen Einsatzbedingungen sowie vom Aufwand für Inspektion, Wartung und Systemintegration ab.

Vom Labor in die Anwendung

Die technische Machbarkeit wurde im Labormaßstab gezeigt. Der nächste Schritt ist die Skalierung mit Industriepartnern sowie die Qualifizierung unter realistischen Belastungen, beispielsweise durch erweiterte Salzsprüh- und Dauerversuche sowie Feldtests. Parallel sind Fertigung, Applikation, Prüfbarkeit und die Integration in bestehende Beschichtungssysteme zu bewerten.

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 Beschichtungstechnik 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

Patentschutz und Kooperation

Für die Korrosionsschutz-Zusammensetzung wurde das europäische Patent EP 3 865 545 B1 erteilt. Für die weitere Entwicklung werden Beschichtungshersteller, Anlagenbetreiber und Technologiepartner für anwendungsnahe Pilotversuche und die Skalierung gesucht.

➲ www.ipa.fraunhofer.de

Aus dem Labor in die industrielle Anwendung: Datenbasierte Modellierung eines Zink-Nickel-Beschichtungsprozesses

Von Marija Lindner, Rowena Duckstein und Prof. Dr.-Ing Christoph Herrmann, TU Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik, Professur Nachhaltige Produktion und Life Cycle Engineering und Fraunhofer Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

Wie lassen sich industrielle galvanische Beschichtungsprozesse trotz begrenzter Prozessdaten transparenter, vorhersagbarer und ressourceneffizienter führen? Eine mögliche Antwort liefern datengetriebene Modelle, die experimentell erzeugte Labordaten mit industriellen Prozessdaten verknüpfen und zentrale Prozessparameter und Produkteigenschaften prognostizierbar machen. Ein Beispiel dafür ist ein Machine-Learning-Ansatz für einen alkalischen Zink-Nickel-(ZnNi)-Trommelbeschichtungsprozess, der zunächst in einer kontrollierten 20-L-Laborgalvanik entwickelt und anschließend auf eine 13.000-L-Industriegalvanik übertragen wurde. Vorhergesagt werden Metallkonzentrationen im Elektrolyten, Schichtdicke, Nickelanteil und ein aggregierter Qualitätsindikator. Trotz geringer Datenmengen und industrieller Prozessvariabilität erreichen die Modelle Vorhersagegenauigkeiten von über 86 %. Die Ergebnisse basieren auf der veröffentlichen Studie [1], die zeigt, dass Labordaten insbesondere die produktbezogene Qualitätsprognose im industriellen Maßstab verbessern können, während der Modelltransfer auf Prozessebene aufgrund von unterschiedlichen Produktionsbedingungen im Labor- und der Industriegalvanik noch Herausforderungen mit sich bringt.

1 Einführung

Prozessdaten sind in der Galvanotechnik umfangreich vorhanden. Entscheidend ist, ob sie auch für eine robuste, vorausschauende Prozessführung genutzt werden können. Industrielle galvanische Beschichtungsprozesse sind gekennzeichnet durch eine hohe Prozesskomplexität und Variantenvielfalt. Relevante Prozessdaten sind daher häufig nicht durchgängig verfügbar, werden teilweise nur offline oder manuell erfasst und ihre Dokumentation ist zwischen Anlagen heterogen. Gleichzeitig spielt erfahrungsbasiertes Expertenwissen weiterhin eine wesentliche Rolle bei der Prozessführung [2–4]. Dadurch wird das Potenzial datengetriebener Modelle in der Produktion bislang nur wenig erschlossen.

Die industrielle Relevanz von Zink-Nickel-Beschichtungen spiegelt sich im Leistungsportfolio galvanotechnischer Unternehmen wider. Eine Auswertung der öffentlich zugänglichen Internetauftritte von 117 Unternehmen auf dem deutschen Markt ergab, dass 22 % dieser Unternehmen Zink-Nickel-Beschichtungen als Bestandteil ihres Angebotsportfolios führen (*Abb. 1*).

Damit liegt das System Zink-Nickel zwar hinter etablierten Beschichtungsverfahren für Zink, Chrom und Nickel, ist aber insbesondere für Anwendungen mit hohen Anforderungen an Korrosionsschutz und Prozessstabilität sehr relevant. Die Verknüpfung von hoher industrieller Bedeutung und komplexen Prozesszusammenhängen prädestiniert Zink-Nickel-Beschichtungen für den Einsatz datengetriebener Methoden zur Prozessüberwachung und -optimierung. Da Elektrolytchemie, Prozessführung und Schichteigenschaften in einem engen Wirkungszusammenhang stehen, ist die frühzeitige Erkennung von Qualitätsabweichungen allein auf Basis diskreter Messungen und erfahrungsbasierten Wissens nur eingeschränkt möglich.

Hier setzen Verfahren des maschinellen Lernens an: Sie können vorhandene Prozess- und Materialdaten nutzen, um Elektrolytzustände, Schichteigenschaften und Qualitätsmerkmale frühzeitig vorherzusagen. Viele bestehende Modelle sind bislang überwiegend auf Laborbedingungen ausgerichtet. Sie nutzen kontrollierte Datensätze oder Eingangsgrößen, deren routinemäßige Erfassung im industriellen Umfeld oftmals nicht gegeben ist [5]. Für galvanotechnische Fachbetriebe ist jedoch nicht die Leistungsfähigkeit eines Modells unter Laborbedingungen ausschlaggebend, sondern dessen Zuverlässigkeit im Umgang mit realen Anlagen- und Prozessdaten.

Die vorgestellten Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt *KI-InGatec* setzen deshalb konsequent auf industriell verfügbare Prozess-und Materialdaten, die in einer Produktionsumgebung und in einer entsprechend ausgelegten Laborumgebung erfasst wurden. Für einen alkalischen Trommelprozess zur Abscheidung von Zink-Nickel wurden hierauf aufbauend Modelle zur Vorhersage von Zink- und Nickel-Konzentrationen im Elektrolyten (Prozessebene) sowie von Schichtdicke, Nickelanteil in der Schicht und Beschichtungsqualität (Produktebene) entwickelt. Hierbei

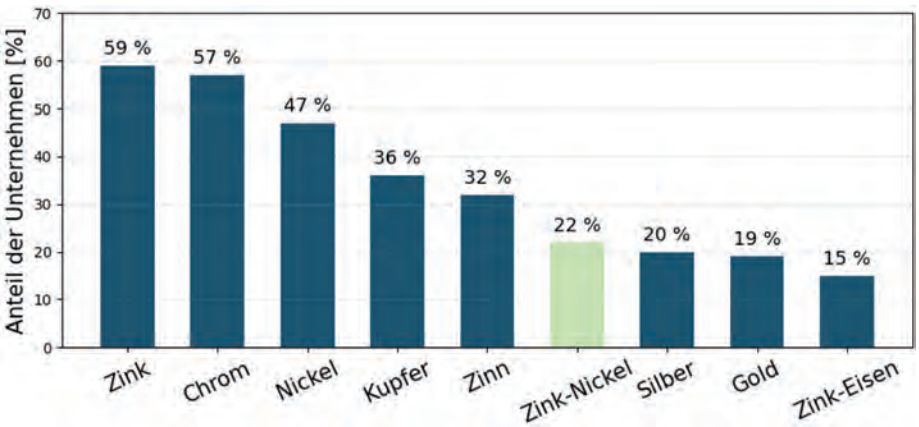


Abb. 1: Leistungsportfolio deutscher Galvanikunternehmen auf Basis der eigenen Webseitenrecherche von 117 Unternehmen im deutschen Markt aus 2024; dargestellt ist der Anteil der Unternehmen mit entsprechendem Beschichtungsangebot, wobei Mehrfachnennungen möglich waren

zeigten sich zwei zentrale Aspekte: Zusammengesetzte Datensätze aus Industrie- und Labordaten ermöglichen bessere Qualitätsprognosen für die industrielle Produktion. Eine Übertragung von Modellen aus der Labor- in die Industrieumgebung ist hingegen nicht so einfach möglich, da skalierungsbedingt Unterschiede vorliegen, die sich signifikant auswirken können.

2 Methodik

Die Methodik basiert auf einem cyber-physischen Produktionssystem (*Abb. 2*). Daten wurden sowohl in einer Laborgalvanik (20 L Elektrolytvolumen, 178 Experimente) als auch in einer industriellen Galvanik zur Abscheidung von Zink-Nickel (13.000 L, 151 Chargen) erhoben. Während die Industriegalvanik umfangreiche Daten unter realen Produktionsbedingungen lieferte, ermöglichte die Laborgalvanik eine gezielte Variation von Prozessparametern und die Erzeugung von Grenz- und Fehlerzuständen.

Zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit wurde der industrielle Prozess hinsichtlich Verfahrensablauf, Chemie, Anodenmaterial und Produktgeometrie weitgehend im Labormaßstab nachgebildet. Unterschiede bestanden insbesondere in der Anlagengröße, der manuellen beziehungsweise automatisierten Betriebsweise sowie der Zinkversorgung des Elektrolyten.

Modelliert wurden zwei Ebenen:

– Auf Prozessebene wurden mithilfe des Gaussian Process Algorithmus die Zink- und Nickelkonzentrationen im Elektrolyten nach der Beschichtung vorhergesagt
– Auf Produktebene standen Schichtdicke, Nickelanteil in der Schicht und Beschichtungsqualität mit dem Algorithmus Random Forest im Fokus (*Abb. 2*, Cyber System)

Als Eingangsdaten wurden ausschließlich Parameter genutzt, die in industriellen Galvanikanlagen routinemäßig verfügbar sind, darunter Beschichtungszeit, Stromdichte, Elektrolyttemperatur sowie Zink-und Nickelkonzentration des Elektrolyten vor der Beschichtung. Somit wird geprüft, welche Zielgrößen vom Wissenstransfer zwischen der Labor- und der Produktionsumgebung profitieren und wo nicht erfasste Produktionseingriffe die Übertragbarkeit begrenzen.

Es wurden drei Modellierungsansätze betrachtet:

– Die Modelle wurden mit den Daten der Laborumgebung trainiert
– Die mit Labordaten generierten Algorithmen wurden auf die Industriedaten angewendet
– Die Industriedaten wurden durch Daten aus der Laborumgebung augmentiert und die Modelle mit diesem zusammengesetzten Datensatz trainiert

Die drei Modellierungsansätze wurden anschließend hinsichtlich ihrer Vorhersageleistung und Übertragbarkeit verglichen.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass zentrale Prozess- und Qualitätsgrößen eines Trommelprozesses zur Abscheidung von Zink-Nickel mit routinemäßig verfügbaren Anlagendaten zuverlässig modelliert werden können. Bereits für den ersten Ansatz erzielen die Modelle hohe Vorhersageleistungen für die Zink- und Nickelkonzentrationen im Elektrolyten (Gaussian Process Modell) sowie für Schichtdicke, Nickelanteil und Beschichtungsqualität (Random Forest Modell) (*Abb. 3*).

Für die industrielle Anwendung zeigten sich klare Unterschiede zwischen der Modellierung auf Prozess- und Produktebene. Auf Prozessebene konnten die Modelle basierend auf Labordaten nicht übertragen werden (zweiter Ansatz). Hingegen gelang eine gute Vorhersage der Metallkonzentrationen im Elektrolyten mit den originalen Industriedaten. Um die Robustheit der Modelle zu steigern, erfolgte eine Erweiterung der Industriedaten durch Labordaten, jedoch ohne Erfolg. Als mögliche Ursache wird hierbei die Systemträgheit der dezentralen Lösestation zur Ergänzung der Zinkkonzentration im Elektrolyten und asynchrone Chargenführung der Industriegalvanik angesehen, die eine transparente Erfassung der Zinkkonzentrationen des Elektrolyten vor und nach der Beschichtung für einzelne Chargen unmöglich machten. Damit fehlte die notwendige Voraussetzung zur Validierung und Integration von Labordaten.

Auf Produktebene zeigte sich dagegen ein klarer Nutzen der Integration von Labordaten (dritter Ansatz). Die gezielte Variation der Prozessparameter in der Umgebung erweiterte das Prozessfenster und ergänzte ins-

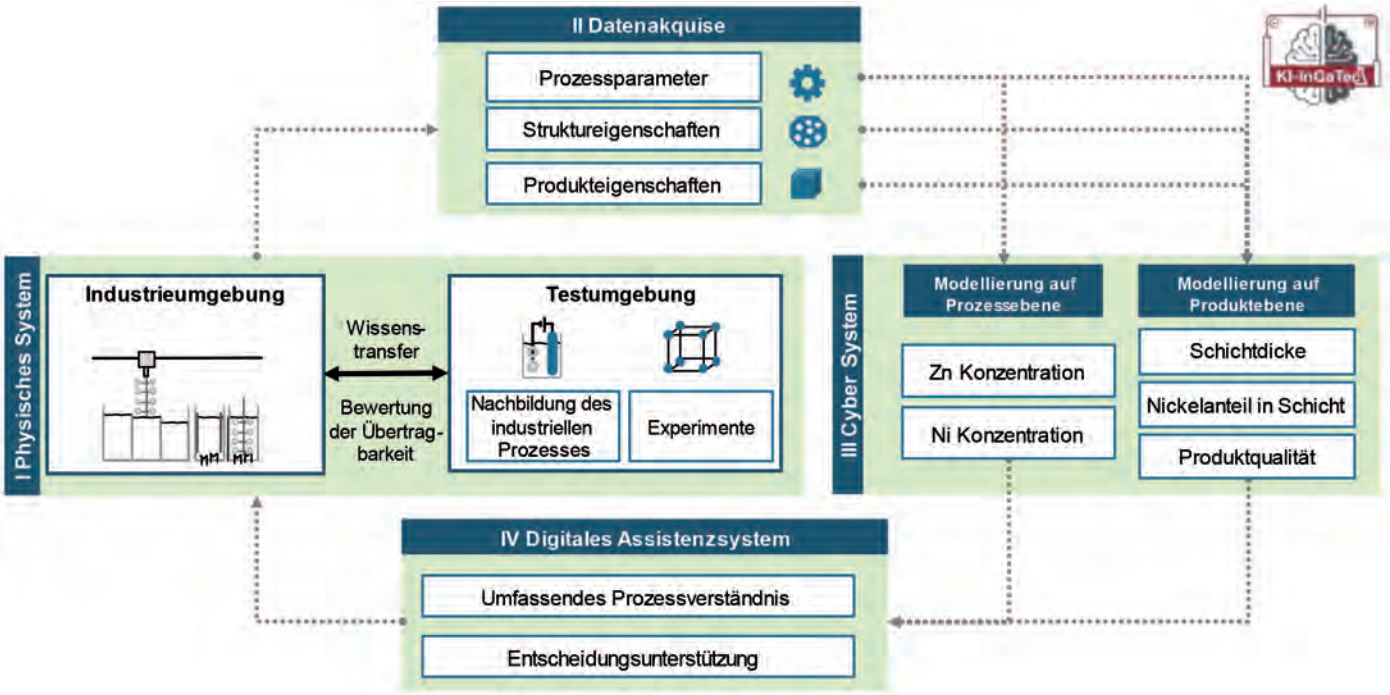


Abb. 2: Konzept für die Entwicklung der Modelle als cyber-physisches Produktionssystem

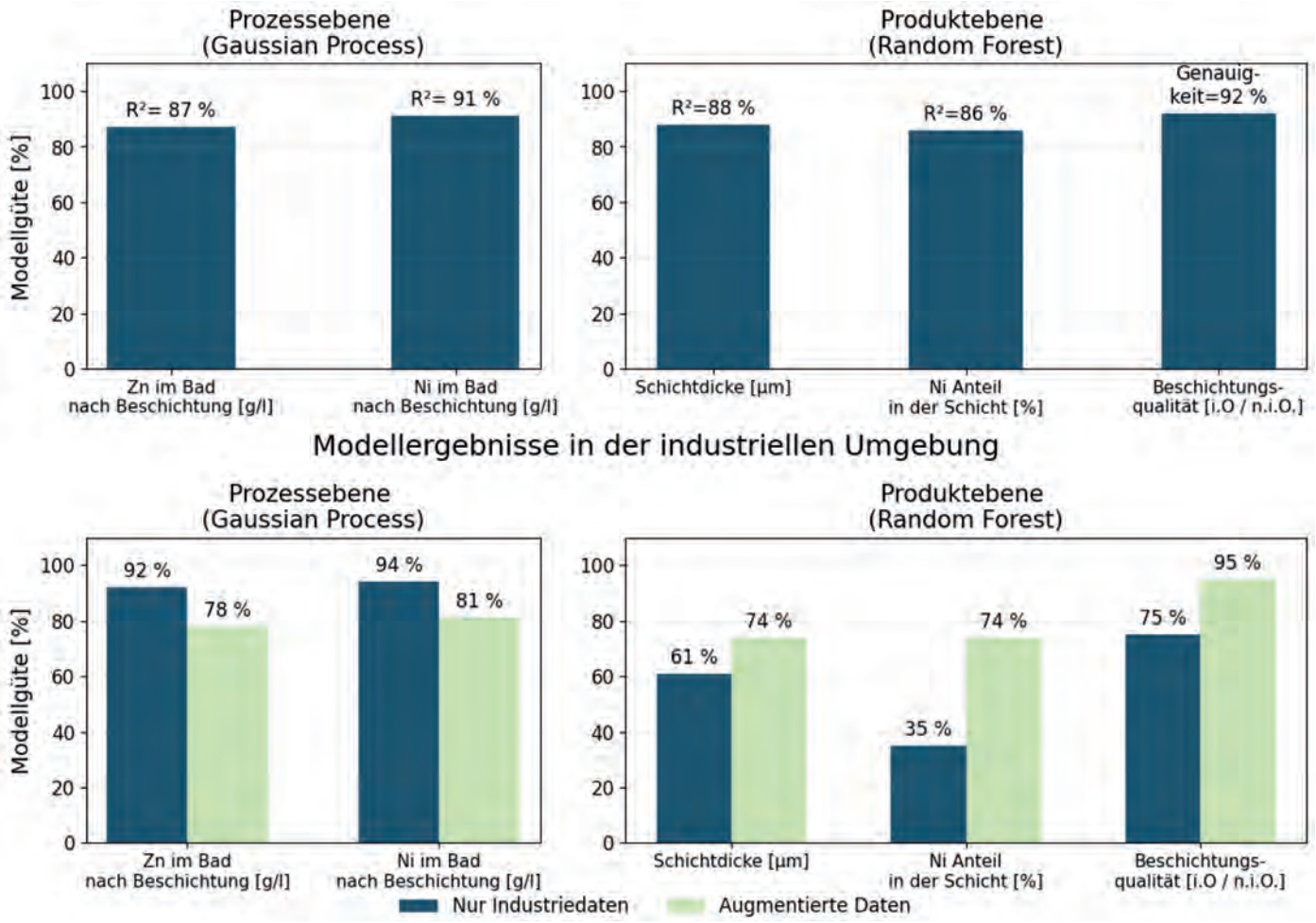


Abb. 3: Modellierungsergebnisse auf Prozess- und Produktebene, trainiert auf Daten aus der Laborumgebung

besondere die Qualitätszustände, die in der laufenden Produktion nur selten auftreten. Dadurch konnten die Modelle für Schichtqualität und Qualitätsklassifikation robuster trainiert werden.

Insgesamt belegen die Ergebnisse, dass datengetriebene Modelle die Prozessüberwachung und Qualitätsprognose in der Galvanotechnik unterstützen können, sofern die verwendeten Eingangsdaten konsistent industriell verfügbar und plausibel sind. Gleichzeitig wird deutlich, dass Modelltransfer nicht pauschal funktioniert: In dieser Studie profitierten produktbezogene Modelle von Labordaten, während prozessbezogene Modelle eine vollständige Erfassung relevanter Eingriffe wie Dosierungen und Elektrolytpflege erforderten.

4 Ausblick

Für eine belastbare Anwendung datengetriebener Modelle in der industriellen Galvanik ist eine vollständige digitale Abbildung des Beschichtungsprozesses erforderlich. Dies umfasst nicht nur kontinuierliche Prozessmesswerte, sondern auch die systematische Erfassung betrieblicher Eingriffe und Zustandsänderungen, um deren kausale Auswirkungen auf die Beschichtungsqualität nachvollziehbar zu machen.

Die Robustheit der Modelle muss durch die Validierung an erweiterten Datenkollektiven überprüft werden – weitere Produktionschargen, alternative Bauteilgeometrien und längerfristige Betriebsdaten. Dies ermöglicht die Bewertung der Modellstabilität gegenüber Elektrolytalterung, Lastfluktuationen und anlagenspezifischen Störeinflüssen. Die gezielte Kombination von Labor- und Industriedaten bietet dabei besonderes Potenzial für produktbezogene Qualitätsprognosen, insbesondere zur Erfassung von seltenen Fehlerzuständen.

Perspektivisch können solche Modelle in digitale Assistenzsysteme integriert werden, die Bedienende bei der Diagnose des Elektrolytzustands, der Parameteroptimierung und der Früherkennung kritischer Qualitätszustände unterstützen. Damit wird maschinelles Lernen nicht als Ersatz für Erfahrungswissen verstanden, sondern als Werkzeug zur besseren Nutzung vorhandener Prozessdaten und zur stabileren, ressourceneffizienteren Prozessführung in der Galvanotechnik. Dies kann nicht nur zur Verbesserung der Prozess- und Produktqualität beitragen, sondern auch den Material-, Energie- und Prüfaufwand reduzieren und dadurch wirtschaftliche Potenziale in Form von geringeren Ausschuss-, Nacharbeits- und Betriebskosten erschließen.

Hinweis zu den Projektpartnern und zur Förderung

Die Projektpartner waren: B+T Oberflächentechnik GmbH, DiTEC GmbH, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik IWF (TU Braunschweig), Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST, Galvanotechnik Jens Holzapfel GmbH und eiffo eG (assoziierter Partner).

Die Förderung des Projekts *KI-InGatec* erfolgte zwischen 2022 und 2025 durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags mit dem Förderkennzeichen 01IS222014.

Literatur

[1] M. Lindner, R. Duckstein, C. Herrmann: From lab to plant: Data-driven modelling of an electroplat-

ing process; Advances in Industrial and Manufacturing Engineering (2026), S. 100194; https://doi.org/10.1016/j.aime.2026.100194
[2] S. Kölle, A. Leiden, P. Schwanzer, S. Thiede, M. Metzner, C. Herrmann: Industrie 4.0 in der Galvanotechnik; Galvanotechnik (2020), 111(5), S. 700–708
[3] A. Leiden, C. Herrmann, S. Thiede: Cyber-physical production system approach for energy and resource efficient planning and operation of plating process chains; Journal of Cleaner Production (2021), 280, S. 125160; DOI: 10.1016/j.jcle-pro.2020.125160
[4] F. Bocklisch, T. Lampke: Human-CoMo: A Combination of Cognitive Knowledge Engineering and Data Modelling for Human-Cyber-Physical Systems in Intelligent Manufacturing; Journal of Integrated Design and Process Science (2024) 27 (3–4), S. 169–183; DOI: 10.1177/10920617241295887
[5] R. Katirci, H. Aktas, M. Zontul: The prediction of the ZnNi thickness and Ni % of ZnNi alloy electroplating using a machine learning method; Transac. IMF (2021), 99 (3), S. 162–168; https://doi.org/10.1080/00202967.2021.1898183

Weiterentwickelte Ecoclean App

Neue Funktionen und verbesserte Benutzerführung

Mit einer überarbeiteten Version der Ecoclean App für iOS und Android erweitert der Anlagenhersteller die Funktionen seiner digitalen Serviceplattform. Die Anwendung ermöglicht laut Unternehmensmitteilung eine strukturierte und standortübergreifende Kommunikation zwischen Anlagenbetreiber und Ecoclean Service sowie einen effizienteren Zugriff auf anlagenbezogene Daten, Informationen und offene Anfragen. Neu hinzugekommen sind unter anderem erweiterte Funktionen zur Datenauswertung und Dokumentation, beispielsweise für die mit der Messlösung APM-Go erfassten Ultraschall-Leistungsdaten.

Mit der Ecoclean App hat der Hersteller von Anlagen für die industrielle Teilereinigung vor einiger Zeit ein Werkzeug etabliert, das durch den einfachen und direkten Kontakt mit dem Service-Team des zuständigen Standorts zu einer effizienten und schnellen Behebung von Problemen, zur Beantwortung von technischen Fragen und zur Informationsbeschaffung beiträgt. Darüber hinaus vereinfacht es die Ersatzteilbeschaffung und unterstützt bei Schulungsanfragen. Dafür steht eine bidirektionale Echtzeitverbindung per Chatfunktion ebenso zur Verfügung wie Video- und Bildübertragung.

Die Ecoclean App steht nun in einer weiterentwickelten Version zur Verfügung. Neben einem neuen Design wurde insbesondere die Benutzerführung optimiert, um eine einfachere und effizientere Anwendung zu ermöglichen. Dazu zählt unter anderem, dass einmal registrierte Reinigungsanlagen für jeden User sichtbar sind und ein Zugriff auf bereits vorhandene Anfragen möglich ist. Zeitintensive Doppelbearbeitung und Informationsverluste sind dadurch ausgeschlossen. Für neue und Statusmeldungen zum Bearbeitungsstand von bestehenden Anfragen steht eine übersichtliche Chatfunktion mit schlüssigen Auswahlfeldern zur Verfügung. Über eine komfortable Einladungsfunktion können Kollegen und Kolleginnen registriert werden. Es entsteht ein virtuelles Netzwerk, das eine interne Kommunikation fast wie im realen Leben ermöglicht. Auf uneindeutige Eingaben, beispielsweise einen Tippfehler bei der Anlagenseriennummer, wird Ecoclean aktiv hingewiesen, kann diese automatisch überprüfen und entsprechend korrigieren oder bestätigen.

Beim Einsatz der innovativen Messlösung APM-Go für die reproduzierbare und kontaktfreie Erfassung der Ultraschallleistung bei Reihentauch- und Kammeranlagen übernimmt die App ebenfalls wesentliche Funktionen. Die gemessenen Werte werden via Bluetooth an die App übermittelt, durch eine Software automatisch ausgewertet sowie Messprotokolle erstellt und gespeichert.

Ergänzt wird die aktuelle Version der Ecoclean App in Kürze durch Maschinendokumentationen. Diese neue Funktion ermöglicht den bequemen und schnellen Zugriff auf die jeweilige Anlagendokumentation von jedem Gerät mit Internetzugang.

Die neue Version der App für iOS und Android steht kostenfrei in den App-Stores zum Download zur Verfügung. Sie ist sowohl auf Smartphones und Tablets als auch auf Web-Oberflächen von Desktops funktionsfähig.

Doris Schulz

➲ **www.ecoclean-group.net**



Registrierte Reinigungsanlagen sind für jeden Anwender sichtbar und können auf bereits vorhandene Anfragen zugreifen (Bild: Ecoclean)

ZVO-OBERFLÄCHENTAGE

BERLIN

15.–17.9.2027

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

Stichtag: 31.01.2027

Jetzt Vorträge einreichen!

online auf https://oberflaechentage.zvo.org

Schwerpunktthemen für 2027

- Neue Entwicklungen im Korrosionsschutz
- Gefahrstoffmanagement
- Brandschutz in Galvaniken/Beschichtungsunternehmen (vorbeugend, organisatorisch, technisch, FBU-Versicherung)
- Diversifizierung von dekorativen galvanischen Oberflächen (Kundenforderung, Kompatibilität, Integrationsmöglichkeiten in bestehende Anlagen, Anforderungen an die Verfahrens- und Abwassertechnik)
- Schichtcharakterisierung bzw. -eigenschaften von Cr(III)-Schichten
- Best Practice: Chrom(III)-Oberflächensysteme im praktischen Alltag
- Best Practice: Transformation/Neue Geschäftsfelder von Galvaniken/Beschichtungsunternehmen (einschl. B2C)
- Mikrogalvanoformung (z.B. zur Herstellung von Mikro- bzw. Nanoprägewerkzeugen)
- Galvanotechnik in der (Mikro)-Elektronik

Ständige Themenbereiche

- Bad- und/oder Oberflächen-Analyse
- Unternehmerforum: Management meets Oberfläche
- Frauen in der Oberflächentechnik: Herausforderungen, Chancen und Perspektiven
- Sprechstunde: Regulative Entwicklung, national und international
- Digitalisierung in der Oberflächentechnik
- Künstliche Intelligenz in der Oberflächentechnik
- Ergebnisse aus der Forschung – Junge Kollegen berichten
- Kathodischer Korrosionsschutz
- Verschleißschutz & Tribologie
- Funktionsschichten
- Neue Anforderungen an die Galvano- und Oberflächentechnik
- Zukunftsthemen in der Oberflächentechnik
- Von der Prozessüberwachung zur Produktqualität
- Fortschritte in der Anlagen- und Steuerungstechnik
- Automatisierungsmöglichkeiten in Galvaniken/Beschichtungsunternehmen
- Alternative Oberflächentechnologien – Lackieren, Plasmatechnologien, Thermisches Spritzen…
- Schadensfälle aus der Praxis und Schadensanalytik zur Fehlervermeidung und Kostenreduzierung
- Recycling/Kreislaufwirtschaft/Zirkulärität in der Oberflächentechnik (Verfahren, Produkte, Produktdesign)

Trocknung als Effizienzfaktor in der Lohngalvanik

NICROLA modernisiert mit Wärmepumpentechnologie von Harter

In der Galvanotechnik entscheidet die Trocknung maßgeblich über Produktqualität, Prozesssicherheit und Wirtschaftlichkeit. Gleichzeitig gewinnt der Energieverbrauch dieses Prozessschrittes zunehmend an Bedeutung. Die NICROLA GmbH & Co. KG hat deshalb ihre Trocknungstechnik grundlegend modernisiert und setzt heute auf eine energieeffiziente Wärmepumpentechnologie von Harter. Die neue Lösung verkürzt nicht nur die Trocknungszeiten, sondern reduziert gleichzeitig Temperatur und Energiebedarf deutlich.

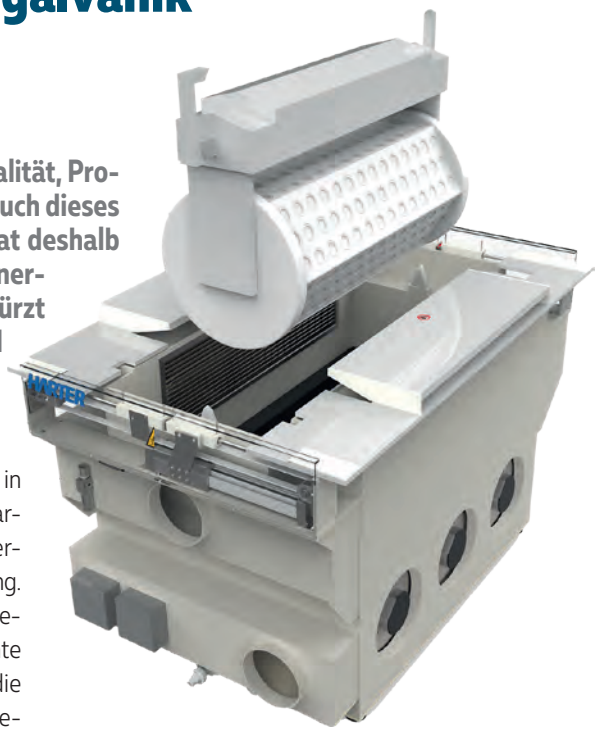


Abb. 1: Der Trommeltrockner erlaubt gleichmäßige und schonende Trocknung empfindlicher Bauteile durch gezielte Drehbewegung und optimal konditionierte Prozessluft

Die NICROLA GmbH & Co. KG ist als Lohngalvanik seit vielen Jahren zuverlässiger Partner zahlreicher Industrieunternehmen. Das Leistungsspektrum umfasst die galvanische Veredelung verschiedenster Bauteile für Kunden aus diversen Branchen. Dadurch verarbeitet das Unternehmen täglich Werkstücke mit sehr unterschiedlichen Abmessungen, Formen und Geometrien. Entsprechend hoch sind die Anforderungen an sämtliche Prozessschritte innerhalb der Produktion.

Während Beschichtungsverfahren häufig im Mittelpunkt stehen, wird die Bedeutung der Trocknung oftmals unterschätzt. Dabei bildet sie den Abschluss jedes galvanischen Prozesses und entscheidet darüber, ob die gefertigten Bauteile trocken, sauber und ohne Qualitätsbeeinträchtigungen weiterverarbeitet oder direkt an den Kunden ausgeliefert werden können. Gleichzeitig beeinflusst die Trocknung maßgeblich den Energieverbrauch einer Galvanikanlage und damit die Wirtschaftlichkeit des gesamten Produktionsprozesses. Vor diesem Hintergrund entschied sich NICROLA, die bestehende Trocknungstechnik zu modernisieren.

Klare Ziele für die Modernisierung

Die bisher eingesetzte Trocknung arbeitete nicht zuverlässig genug und erfüllte die Anforderungen des täglichen Produktionsbetriebes nur unzureichend. Sowohl bei der Trocknungszeit als auch bei der Trocknungsqualität bestand deutlicher Verbesserungsbedarf. Steigende Energiekosten und der Wunsch nach nachhaltigeren Produktionsprozessen führten dazu, die Trocknung neu zu bewerten.

Ziel war es dabei nicht nur, den Energieverbrauch deutlich zu reduzieren. Gleichzeitig sollten die Trocknungszeiten verkürzt und die Prozesstemperaturen abgesenkt werden, ohne Kompromisse bei der Trocknungsqualität einzugehen. Gerade in der Lohngalvanik, in der täglich unterschiedlichste Bauteile verarbeitet werden, sind stabile und reproduzierbare Prozesse von entscheidender Bedeutung. Da Harter dem Unternehmen bereits seit vielen Jahren als Spezialist für energieeffiziente Trocknung bekannt ist, lag es nahe, auch die Modernisierung der Trommeltrocknung gemeinsam anzugehen. Aufgrund der langjährigen Erfahrung mit vergleichbaren Anwendungen konnte die passende Lösung direkt ausgelegt werden. Auf aufwendige Versuchsreihen konnte deshalb verzichtet werden, wenngleich diese im Harter-Technikum jederzeit möglich gewesen wären.

Die Besonderheit einer Lohngalvanik besteht darin, dass die zu bearbeitenden Produkte regelmäßig wechseln. Unterschiedliche Materialien, Größen und Geometrien erfordern einen Trocknungsprozess, der flexibel auf wechselnde Anforderungen reagieren kann. Nach Abschluss der galvanischen Beschichtung werden sämtliche Bauteile zunächst in vorentsalztem Wasser gespült. Anschließend gelangen sie direkt in die Trocknung. Erst danach werden die fertigen Werkstücke verpackt und an die jeweiligen Kunden ausgeliefert.

Gerade in dieser letzten Prozessstufe darf keine Restfeuchtigkeit auf den Bauteilen verbleiben. Sie könnte die Oberflächenqualität beeinträchtigen oder zu Problemen bei Transport und Lagerung führen. Ziel war deshalb eine Trocknung, die unabhängig von Bauteilgeometrie und Losgröße jederzeit reproduzierbare Ergebnisse liefert.

Trockene Prozessluft statt hoher Temperaturen

Gemeinsam mit NICROLA konstruierte Harter eine auf die Anforderungen des Unternehmens abgestimmte Trocknungslösung. Zum Einsatz kommt ein Airgenex®-Entfeuchtungsmodul, das zwei Trommeltrockner mit optimal konditionierter Prozessluft versorgt.

Die Trommeltrockner (*Abb. 1*) arbeiten mit einer gezielt gesteuerten Drehbewegung. Diese unterstützt eine gleichmäßige Trocknung und reduziert zugleich die mechanische Beanspruchung der Bauteile – für zuverlässig trockene Ergebnisse bei schonender Behandlung empfindlicher Oberflächen.

Im Gegensatz zu konventionellen Heißlufttrocknern arbeitet die Airgenex®-Technologie mit einem geschlossenen Luftkreislauf. Die Prozessluft wird kontinuierlich entfeuchtet und anschließend wieder erwärmt. Dadurch steht jederzeit extrem trockene Luft für den Trocknungsprozess zur Verfügung.

Der eigentliche Trocknungseffekt entsteht dabei nicht durch möglichst hohe Temperaturen, sondern durch den sehr niedrigen Feuchtegehalt der Prozessluft. Diese besitzt eine deutlich höhere Aufnahmefähigkeit für Wasser und entzieht den Bauteilen die Restfeuchtigkeit wesentlich schneller als feuchte Hallenluft. Gleichzeitig ermöglicht dieses Verfahren deutlich niedrigere Trocknungstemperaturen.

Ein weiterer Vorteil liegt in der konstanten Prozessführung. Da die Luft permanent im Kreislauf geführt und konditioniert wird, arbeitet die Anlage unabhängig von Hallen-



Abb. 2: Geschlossener Luftkreislauf mit gezielter Entfeuchtung durch Kondensation; die aufbereitete Prozessluft wird kontinuierlich zurückgeführt und ermöglicht so eine energieeffiziente, abluftfreie und prozesssichere Trocknung

temperatur oder Luftfeuchtigkeit (*Abb. 2*). Saisonale Schwankungen beeinflussen den Prozess nicht mehr. Dadurch bleibt die Trocknungsqualität ganzjährig konstant.

Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit gehen Hand in Hand

Neben den technischen Verbesserungen spielt auch die Wirtschaftlichkeit der Investition eine entscheidende Rolle. Wärmepumpentrockner zählen heute zu den energieeffizientesten Trocknungssystemen in der industriellen Fertigung und erfüllen die Anforderungen moderner Produktionsbetriebe an Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung.

Da Wärmepumpentrockner als besonders energieeffiziente und zukunftsfähige Technologie gelten, werden Investitionen in diese Technik bereits seit 2017 staatlich gefördert. Grundlage hierfür ist die Anerkennung der Wärmepumpentechnologie als wichtiger Baustein zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Reduzierung von CO_2-Emissionen in der Industrie. Auch NICROLA konnte für die Modernisierung der Trocknung entsprechende Fördermittel in Anspruch nehmen. Dadurch verkürzen sich die Amortisationszeiten zusätzlich und die Investition gewinnt weiter an Wirtschaftlichkeit. Immer mehr Unternehmen betrachten die Trocknung daher nicht länger als nachgelagerten Prozessschritt, sondern als wichtigen Hebel zur Verbesserung der gesamten Produktion. Moderne Wärmepumpentechnik verbindet einen niedrigen Energieverbrauch mit hoher Prozesssicherheit und trägt gleichzeitig dazu bei, Ressourcen zu schonen und CO_2-Emissionen dauerhaft zu reduzieren.

Zukunftssicherer Prozess für die Lohngalvanik

Mit der neuen Trocknungstechnik verfügt NICROLA heute über einen Prozess, der sowohl den wirtschaftlichen als auch den qualitativen Anforderungen moderner Lohngalvaniken gerecht wird. Die Bauteile verlassen die Anlage zuverlässig trocken und können unmittelbar für den Versand vorbereitet werden. Gleichzeitig sinken Energiebedarf und Betriebskosten deutlich.

Für Reinhold Specht, Geschäftsführender Gesellschafter bei der Harter GmbH, bestätigt das Projekt einen klaren Trend: *Viele Galvanikbetriebe konzentrieren sich zunächst auf ihre Beschichtungsprozesse. Dabei steckt gerade in der Trocknung häufig enormes Einsparpotenzial. Moderne Wärmepumpentechnik ermöglicht kürzere Prozesszeiten, niedrigere Temperaturen und einen deutlich geringeren Energieverbrauch – ohne Kompromisse bei der Qualität.*

Auch Michael Lukac, Produktionsleiter der NICROLA GmbH & Co. KG, zieht eine positive Bilanz: *Mit der neuen Trocknungslösung konnten wir unsere Prozesse deutlich effizienter gestalten. Besonders die kürzeren Trocknungszeiten und der reduzierte Energieverbrauch machen sich im täglichen Betrieb bemerkbar. Gleichzeitig arbeiten wir heute mit niedrigeren Prozesstemperaturen und erzielen dennoch zuverlässig trockene Bauteile. Die staatliche Förderung hat die Investition zusätzlich attraktiv gemacht. Die Zusammenarbeit mit Harter war von der Planung bis zur Inbetriebnahme jederzeit kompetent und partnerschaftlich.*

Kontakt

Reinhold Specht, Harter GmbH,

E-Mail: Reinhold.specht@harter-gmbh.de

➲ **www.harter-gmbh.de**

NICROLA GmbH & Co. KG, E-Mail: post@nicrola.de

➲ **www.nicrola.de**

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

BRW Elektrochemie GmbH & Co. KG
Glärbach 2 | 58802 Balve | info@brw-gmbh.de | 02375-925 217

Ein Unternehmen der WOCKLUM GRUPPE

Digitalisierung in der Oberflächentechnik – Verstärkung durch KI

Bericht über die ZVO-Oberflächentage 2026 in Karlsruhe – Teil 2

Für die Herstellung von effektiven Oberflächen durch Beschichten oder chemische Bearbeitung wird elektrische und thermische Energie in größerem Umfang benötigt. Daher spielen Technologien zur Energieeinsparung eine wichtige Rolle, ebenso wie die Vermeidung von teuren Metallen für Beschichtungen. Wichtig sind darüber hinaus Verfahren zur Klärung von Schäden an Oberflächen, für die hochsensitive Untersuchungsmethoden zum Einsatz kommen. Ebenso sind Bemühungen zur Weiterentwicklung der Anlagen und Verfahrenstechniken, um den Industriestandort Deutschland mit seinem hohen fachlichen Potenzial wettbewerbsfähig zu halten, von großer Bedeutung. Dazu tragen auch Forschungs- und Entwicklungsarbeiten verschiedener Hochschulen mit ihren motivierten Nachwuchskräften bei.

Zum online-Artikel

Fortsetzung aus WOMag 10/2026

Neue Anforderungen an die Galvano- und Oberflächentechnik

Energieeinsparung durch Einsatz von Niedrigtemperaturreinigern

Die Oberflächenbeschichtung steht unter anderem vor der Aufgabe, die Kosten für Prozesse zu reduzieren und gleichzeitig eine hohe Produktqualität aufrecht zu erhalten. Ein Ansatzpunkt zur Senkung der Kosten für thermische Energie ist eine optimale Vorbehandlung, ein Thema, mit dem sich Frank Weilbeer von MacDermid Enthone befasst.

Den größten Hebel für eine Energieeinsparung im Vorbehandlungsprozess stellt die Tauchentfettung dar. Eingriffe in diesem Bereich bleiben allerdings nicht ohne Konsequenzen, weshalb die Absenkung der Arbeitstemperatur allein in der Regel nicht zum gewünschten Erfolg führt. Ausgleichsmaßnahmen wie verlängerte Behandlungszeiten, der Einsatz von anwendungsspezifisch optimierten Reinigungsprodukten oder eine entsprechend angepasste Anlagentechnik sind erforderlich, um das gewünschte Beschichtungs- beziehungsweise Kundenergebnis zu erzielen.

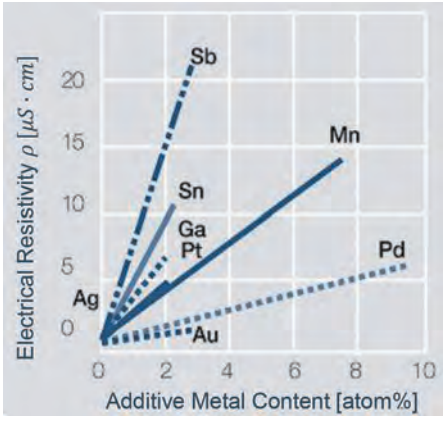
Grenzen verschieben: High-Performance-Edelmetallschichten

In seinem Vortrag beleuchtete Dominik Veile von der TE Connectivity Germany GmbH die steigenden Anforderungen an Silberbeschichtungen in automotiven Steckkontaktsystemen der Elektromobilität; diese stoßen unter extremen Belastungen, wie hohen Steckzyklen oder thermischen Einflüssen, und der Neigung zur Kaltverschweißung an ihre Leistungsgrenzen.

Unter dem Leitmotiv *Push to the Limit* stellte der Referent praxistaugliche Optimierungsansätze vor, darunter die Weiterentwicklung von Silber-Legierungssystemen mit metallischen Härtebildnern wie Antimon, die Einlagerung selbstschmierender Partikel sowie neuartige Mehrschichtkonzepte mit metallischer Zinnpassivierung. Ergänzend wurden umweltverträglichere, cyanidfreie saure Elektrolyte für die Bandbeschichtung untersucht, um globale Umwelt- und Arbeitsschutzauflagen zu erfüllen und eine hohe Homogenität im Serienprozess sicherzustellen.

Die gezeigten Messergebnisse belegen, dass durch Legierungsvarianten wie $AgSb_2$ die Schichthärte von Reinsilber (HV 30–90) auf HV 130–170 gesteigert und der Reibkoeffizient durch additive Schmiersysteme von ursprünglich μ = 0,8–1,2 auf Werte von μ < 0,5 gesenkt werden kann. Zudem garantieren die modifizierten Beschichtungssysteme eine erhöhte Temperaturstabilität für Anwendungen ab 180 °C, mehr als 10.000 Steckzyklen sowie dauerhaft niedrige Kontaktübergangswiderstände von R < 2 mΩ.

Das Gesamtfazit unterstreicht, dass die präzise Abstimmung aus Schichtzusammensetzung, Mikrostruktur und Prozesskontrolle der entscheidende Schlüssel für leistungsfähige Hochvolt-Kontaktsysteme der nächsten Generation ist. Für die galvanotechnische Praxis bietet der gezielte Einsatz dieser High-Performance-Silberoberflächen eine technologisch überlegene Lösung, die zugleich als nachhaltiger Goldersatz dient und den CO_2-Fußabdruck von etwa 50.000 kg CO_2/kg (Gold) auf 300 bis 480 kg CO_2/kg (Silber) sowie die Materialkosten drastisch reduziert.

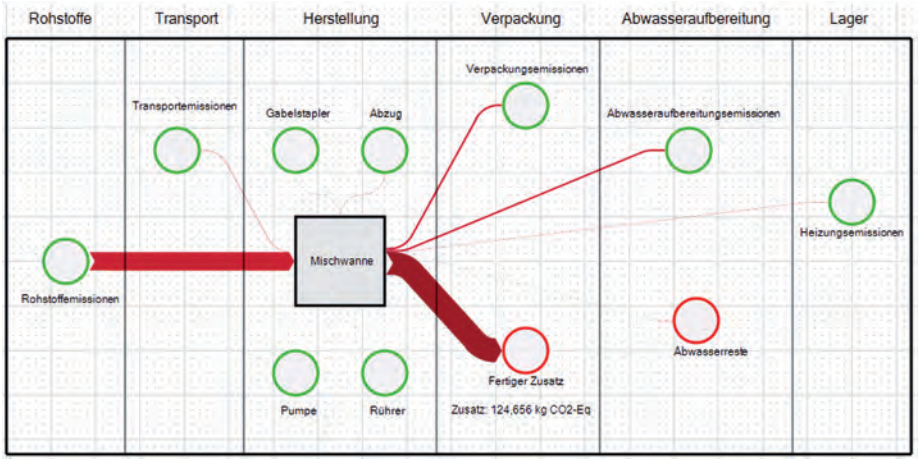


Einfluss der elektrischen Leitfähigkeit von Silber durch Legierungselemente (Bild: D. Veile)

Nachhaltigkeit im Fokus: Verständnis und Berechnung von Carbon Footprints

Wie Dr. Theresa Knobloch von Dr.-Ing. Max Schlötter einleitend betonte, erfährt die Galvanotechnik steigende Anforderungen, ökologische Nachhaltigkeit systematisch zu erfassen und regulatorische Rahmenbedingungen wie die europäische CSRD (CSRD: Corporate Sustainability Reporting Directive, Richtlinie zur Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen) praxistauglich umzusetzen. Als primäre Leitstruktur stellte die Referentin das methodische Konzept zur Berechnung von Corporate Carbon Footprints (CCF) und Product Carbon Footprints (PCF) gemäß den Scopes 1, 2 und 3 des *Greenhouse Gas Protocols* vor, wobei die systematische Bilanzierung der vorgelagerten Rohstoffemissionen den Schwerpunkt bildet.

Am Praxisbeispiel einer Cradle-to-Gate-Analyse für ein Additiv eines Zink-Nickel-Verfahrens erläuterte sie die konkrete Vorgehensweise von der Festlegung der funktionellen Einheit bis zur Datenerhebung mittels spezifischer Datenbanken und Lieferantenabfragen. Die im Vortrag dokumentierten Ergebnisse belegen, dass für das untersuchte ZnNi-Additiv ein spezifischer Product Carbon Footprint von 1,30 kg CO_2e/kg ermittelt wurde, wobei der Hauptanteil der Emissionen aus den eingekauften Rohstoffen resultiert. Ergänzend unterstreichen die Daten den direkten ökologischen Nutzen der Oberflächentech-



Beispiel für einen Ermittlungsvorgang des Product Carbon Footprints für ein galvanotechnisches Abscheidesystem (Bild: Dr. Knobloch)

nik, da eine Zink-Nickel-Beschichtung bei einem Gewichtsanteil von unter zwei Prozent die Korrosionsbeständigkeit von ursprünglichen ein bis zwei Jahren auf 15 Jahre steigert und die Bauteillebensdauer somit um den Faktor 5 bis 10 erhöht.

Das Gesamtfazit hebt hervor, dass die CO_2-Bilanzierung für Verfahrenslieferanten weit über die gesetzliche Berichtspflicht für Großunternehmen ab 1.000 Mitarbeitern und 450 Millionen Euro Umsatz hinausgeht und als essenzielles Zukunftsmanagement zu verstehen ist. Für die Praxis der Galvanikbranche bietet dieser Ansatz einen fundierten Leitfaden, um Kunden verlässliche Emissionsdaten bereitzustellen, Risiken in der Lieferkette zu minimieren und den nachhaltigen Beitrag funktioneller Schutzschichten nachweisbar zu belegen

Oberflächenbehandlung und Entgraten durch elektrolytisches Plasmapolieren

Elektrolytisches Plasmapolieren ist nach Überzeugung von Matthias Kroll, plasotec GmbH, in der Lage, die Herausforderung der modernen Fertigungstechnik zu erfüllen, gratfreie, sauberste und hochglänzende Bauteiloberflächen zu erzeugen, ohne dabei die vorgegebene Maßhaltigkeit, Konturtreue oder scharfe Schneidkanten von anspruchsvollen Präzisionskomponenten zu beeinträchtigen.

Elektrolytisches Plasmapolieren (EPP) ist dafür eine praxiserprobte Lösung, bei dem das anodisch geschaltete Werkstück in einem umweltschonenden Elektrolyten aus etwa 95 % Wasser und 5 % Salz (wie Ammoniumsulfat) ohne den Einsatz hochkonzentrierter Säuren behandelt wird.

Bei einer Elektrolysespannung von etwa 320 VDC und einem Stromeintrag von 0,15 A/dm² bis 0,2 A/cm² bildet sich ein Mantel aus ionisiertem Gas und Dampf mit lokal pulsierenden Plasmaentladungen aus, die einen gezielten Materialabtrag im Mikrostrukturbereich (0,1–10 µm) bewirken, während die Makrogeometrie unter der Bedingung $\Delta s << r \cdot \beta$ vollständig erhalten bleibt.

Die von Matthias Kroll präsentierten Ergebnisse zeigen, dass das Verfahren die Oberflächenrauheit (Sa) um bis zu Faktor 10 bis 15 reduziert und im Vergleich zum konventionellen Elektropolieren eine deutlich homogenere Glättung ohne stationäre Stromüberhöhungen erzielt.

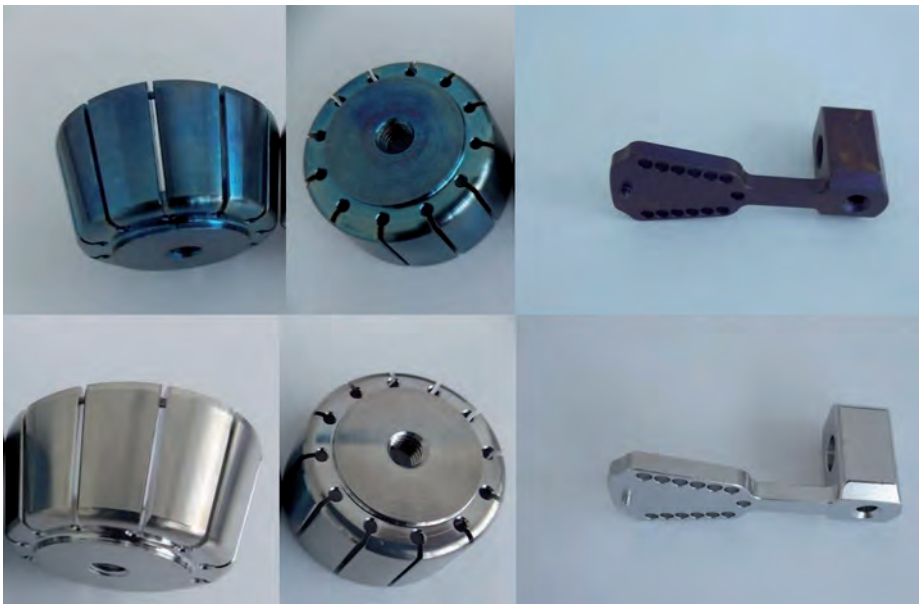
Industrielle Anwendungsbeispiele wie Abfülldüsen aus Edelstahl (1.4404, Ø 3 mm), gelaserte SMD-Siebdruckfolien sowie Bauteile aus Titan, CoCr oder Kupferlegierungen belegen die vollständige Beseitigung von Feinstgraten und Anlauffarben bei gleichzeitigem Erhalt der Grundmaße in Prozesszeiten von wenigen Minuten.

Das Gesamtfazit verdeutlicht, dass das Plasmapolieren durch die gleichzeitige Kombination von Reinigen, Entgraten und Polieren in einem einzigen Arbeitsgang die Fertigungsprozesskette nachhaltig verkürzt und vereinfacht. Für die Praxis der Oberflächentechnik bietet das teilespezifisch werkzeuglose Verfahren eine hochwirtschaftliche und umweltfreundliche Technologie, die durch die Verringerung der Oberflächenenergie außerdem das Reinigungs- und Trocknungsverhalten der behandelten Präzisionsteile spürbar verbessert.

Wasserstofffreies Beschichten höherfester Stähle

In der hart umkämpften Arena des Fahrzeug- und Maschinenbaus entscheiden unter anderem Prozesskosten und Energiekosten über die Stellung im Markt. Dr.-Ing. Jens Riedel, iChemAnalytics, und Jörg Reinmuth befassen sich mit einer Möglichkeit, durch ein neues galvanisches Schichtsystem für höherfeste Stähle komplett auf die Entgasungsbehandlung zur Effusion von Wasserstoff zu verzichten und damit die Wettbewerbsfähigkeit der Beschichtungsunternehmen zu verbessern.

Das Verfahren erreicht dadurch auch kürzere Durchlaufzeiten und somit eine Beschleunigung der gesamten Wertschöpfungskette. Die Bauteilsicherheit wird aufgrund abge-



Gehärtete Dreh- und Frästeile aus Edelstahl vor und nach dem elektrolytischen Plasmapolieren (Bild: M. Kroll)

stimmter parametrisierter Prozesse und einer optimierten Schichtmorphologie für hohe Applikationssicherheit bei vollem Schutz gegen wasserstoffinduzierten Sprödbruch maximiert. Schließlich ergibt sich eine validierte Prozessstabilität durch ein Konzept zur Prozessüberwachung, das auf dem neuesten Stand der Technik und der künftigen Normung basiert.

Schadensfälle und Schadensanalytik

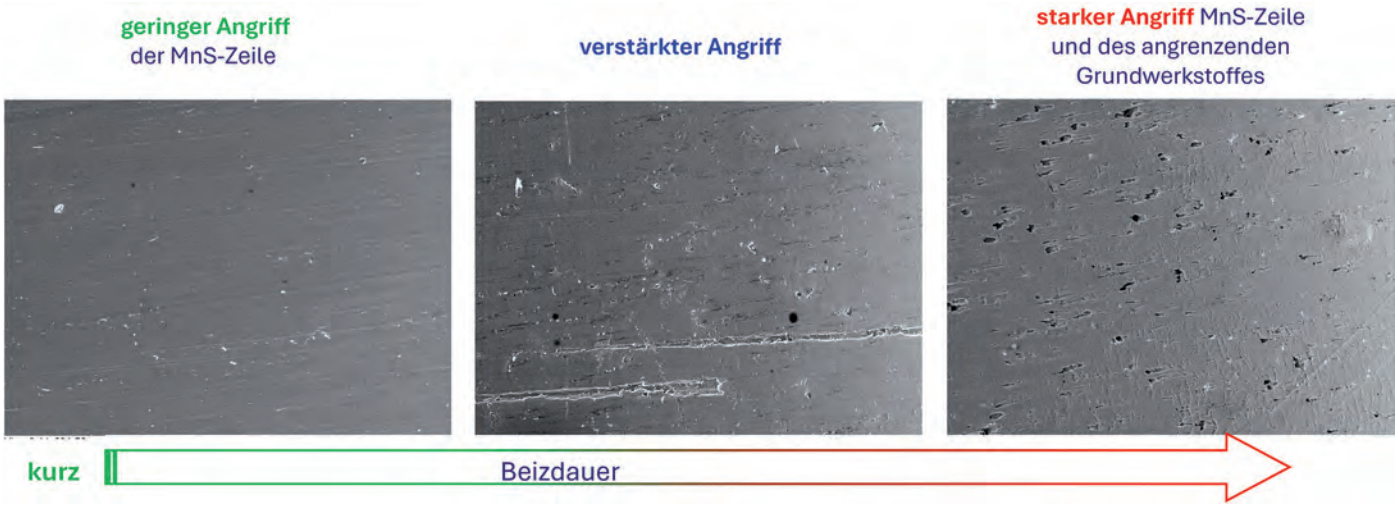
MnS-Zeilen in Stählen und ihre Auswirkungen auf galvanische Beschichtungen

In ihrem Vortrag adressierte Tina Kurnaz von der Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG die galvanotechnische Herausforderung durch walzbedingte Mangansulfidzeilen in Automatenstählen, die während der Vorbehandlung als lokale Korrosionszellen wirken und zeitverzögerte Beschichtungsfehler wie Blasen, Ausblühungen oder Haftungsverluste verursachen.

Zur systematischen Ursachenanalyse stellte die Referentin ein abgestuftes Prüfkonzept aus optischer Mikroskopie, REM/EDX-Elementmapping sowie anerkannten Regelwerken wie der SEP 1572 (Ausgabe 2019), DIN EN ISO 4967 und DIN EN 10247 vor. Ergänzend analysierte sie den elektrochemischen Auflösungsmechanismus von MnS-Einschlüssen und der angrenzenden Fe/FeS-Matrix im sauren Aktivierungsprozess unter Variation der Beizintensität.

Die von Tina Kurnaz gezeigten Laborergebnisse verdeutlichen, dass eine Schlechtcharge mit einer hohen Dichte feiner MnS-Zeilen nach 24 Stunden in einer 1:1 HCl-Beize mit Beizentfetter einen immensen Gewichtsverlust von 47 % (von Ø 5,3 g auf Ø 2,8 g) verzeichnete, wogegen eine Gutcharge mit wenigen großen Zeilen lediglich 9 % Masse verlor (auf Ø 4,8 g). Licht- und elektronenmikroskopische Aufnahmen offenbarten dabei saure Ätzangriffe und Mikrokapillaren mit Tiefen von mehr als 180 µm, die als Säuredepots fungieren und nachträgliche Ausblühungen auf der Bauteiloberfläche auslösen.

Das Gesamtfazit unterstreicht, dass die Veredelung schwefelhaltiger Automatenstähle wie 11SMn30 (mit 0,27–0,33 % S) eine strikte Prozesskontrolle erfordert, die dem Leitgedanken *Vorbehandlung ja – aber nicht zu aggressiv!* folgt. Für die galvanotechnische Praxis bietet der Vortrag einen konkreten Leitfaden, um durch angepasste Beizzeiten, optimierte Zerspanungsbedingungen und werkstoffgerechte Vorbehandlungsprozesse Ausschussquoten in der Serienfertigung nachhaltig zu senken.



Einfluss der Beizdauer bei Vorliegen von Mangansulfidzeilen auf das Erscheinungsbild der Oberfläche, die wiederum Blasenbildung, unvollständige Bedeckung oder Korrosion zur Folge hat (Bild: T. Kurnaz)



(Bilder: ZVO_07.2026_Ole Spata)

Schadensfälle an galvanisierten Bauteilen

Wie Alexander Krieger, fem - Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie, einführend betonte, hat eine rasche Schadensaufklärung bei galvanischen Beschichtungen hohe Relevanz, da Fehler im letzten Fertigungsschritt oder im späteren Einsatz erhebliche wirtschaftliche Folgekosten sowie Sicherheits- und Schadensersatzrisiken nach sich ziehen.

Der systematische Untersuchungsablauf erfolgt am Institut in Schwäbisch Gmünd in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3822 und reicht von der präzisen Problembeschreibung mit unversehrtem Probenhandling über die Erstellung von Schadenshypothesen bis hin zur instrumentellen Analytik. Dabei kombiniert das Methodenspektrum klassische Querschliffuntersuchungen, Schichtdickenmessungen und RFA mit hochauflösenden Verfahren wie REM/EDX, FIB-Schnitten, GDOES-Tiefenprofilen sowie dem BIB-Böschungsschnitt zur Überbrückung der Lücke zwischen Metallographie und FIB bei flachen Proben.

An einem Praxisbeispiel verfärbter, rosegoldbeschichteter Creolen wies die Kombination aus REM/EDX und GDOES Schwefel als Ursache der Verfärbung sowie ein falsches Grundmaterial mit zu geringem Feingoldgehalt nach. Bei einer Blasenbildung an versilbertem Kupferdraht konnten mittels FIB-Schnitt und EDX verbliebene Kaliumreste auf der Oberfläche eindeutig als Schadensauslöser identifiziert werden.

Das Gesamtfazit verdeutlicht, dass die strukturierte Schadensfallanalyse primär darauf abzielt, über die reine Ursachenermittlung hinaus konkrete Handlungsempfehlungen zur Schadensabhilfe abzuleiten. Für die Praxis der Oberflächentechnik stellt diese Vorgehensweise ein entscheidendes Werkzeug dar, um Fertigungsprozesse gezielt zu optimieren, das Qualitätsmanagement in der Produktion zu stärken und erneute Bauteilfehler nachhaltig zu vermeiden.

Verschiedenes

Systemverständnis durch gezielte Ursachenplanung und DoE-Methodik

Zdenek Starkbaum von der mks Atotech sieht eine Herausforderung in der Oberflächentechnik darin, dass klassische One-Variable-at-a-Time-Ansätze (OFAT) bei der Entwicklung von komplexen chemischen Formulierungssystemen aufgrund geringer Versuchszahlen und natürlicher Variationen häufig zu selektiven Interpretationen sowie ineffizienten Versuchsketten führen. Als praxistaugliche Alternative stellte der Referent die strukturierte Versuchsplanung mittels Design of Experiments (DoE) vor, bei der mehrere Prozessfaktoren gleichzeitig variiert werden, um den relevanten Parameterraum ganzheitlich zu erfassen und verborgene Wechselwirkungen sowie nichtlineare Effekte sichtbar zu machen.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren wird der Inhalt von sechs weiteren Vorträgen zusammengefasst wiedergegeben.
Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 6,5 Seiten mit 9 Abbildungen.

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

CO_2-Schneestrahlreinigung vor dem Drahtboden

Das Drahtbonden ist als Verbindungstechnik in der Halbleiterindustrie und Mikroelektronik etabliert. Ob dabei hochwertige und langlebige Verbindungen entstehen, hängt entscheidend von der Sauberkeit der Bondoberflächen ab. Die trockene und skalierbare quattroClean-Schneestrahltechnologie sorgt prozesssicher sowie wirtschaftlich für die erforderliche Reinheit und lässt sich bedarfsgerecht automatisieren.

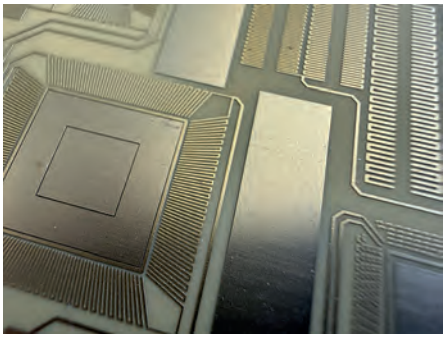
Als Standardverfahren zur elektrischen Kontaktierung in der Aufbau- und Verbindungstechnik hat sich das Drahtbonden seit 70 Jahren in einem breiten Anwendungsspektrum etabliert. Es reicht von der Halbleitertechnologie, Mikroelektronik und optischen Komponenten über Automobile, Consumerprodukte, MEMS und Industriesensorik bis hin zu speziellen Aufgabenstellungen wie dem Bonden von Batteriezellen für die Elektromobilität, Akkuwerkzeuge und Energiespeicher.

Grundsätzlich unterteilt sich das Drahtbonden laut Stefan Schmitz, Geschäftsführer der Bond-IQ GmbH, in drei große Verfahrensgruppen. *Zwei davon sind Dünndrahtverfahren, bei denen je nach Anwendung Drähte aus Gold, Silber, Aluminium oder Kupfer mit einem Durchmesser von 18 bis 50 µm verarbeitet werden. Bei der dritten Gruppe handelt es sich um das Dickdrahtbonden mit Drahtdurchmessern von 100 bis 500 µm,* konkretisiert Stefan Schmitz. Die Beratungsgesellschaft in der Drahtbondtechnologie ist Initiator des Industrieprojekts *Surf:Guide*. Projektziel ist es, einen Leitfaden zur Sauberkeit und dem Zustand von Bondoberflächen zu erarbeiten, der als Grundlage für die Erstellung eines industriell anerkannten, internationalen Standards dient.

Sauberkeit – ein qualitätsentscheidender Faktor

Da die Verbindungsbildung sowohl beim Dünndrahtverfahren als auch beim Dickdrahtbonden im Nanometerbereich erfolgt, müssen die zu kontaktierenden Metalle in einen atomaren Abstand zueinander gebracht werden. Entsprechend können Verunreinigungen oder Zwischenschichten bereits im Bereich von fünf bis zehn Nanometer den Bondprozess behindern. Es handelt sich dabei beispielsweise um Fingerabdrücke, ausblutende Kleber, Flussmittelrückstände, Ausgasungen von Klebern und anderen Polymeren, Staub, Oxide oder Rückstände aus insbesondere nasschemischen Reinigungsprozessen.

Optisch erkennbare Kontaminationen sind Stefan Schmitz zufolge kritisch fürs Bonden. *Sind diese Verschmutzungen nach der Reinigung optisch nicht mehr da, ist die Bondfläche normalerweise ausreichend sauber.* Dies lasse sich in der Regel mit Hilfe eines Mikroskops und einem optischen Vorher-Nachher-Vergleich feststellen. *Bereits damit lässt sich die Erfolgsquote um das Drei- bis Vierfache erhöhen,* erklärt Schmitz.



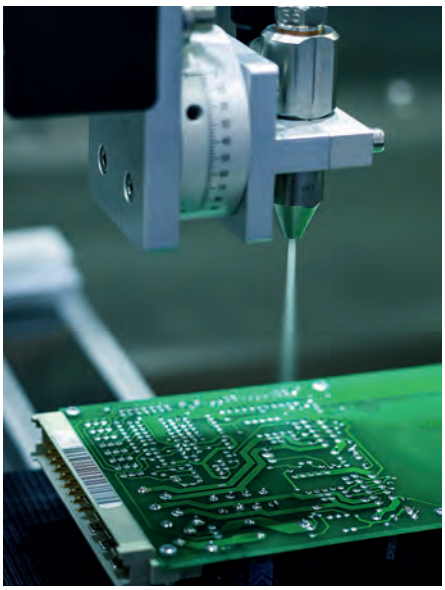
Das Drahtbonden ist als Kontaktierungstechnik in der Halbleiterindustrie und Mikroelektronik etabliert. Eine Voraussetzung für gute Verbindungen sind bedarfsgerecht saubere Oberflächen (Bild: Bond-IQ)

Verfahren für die Reinigung von Bondflächen

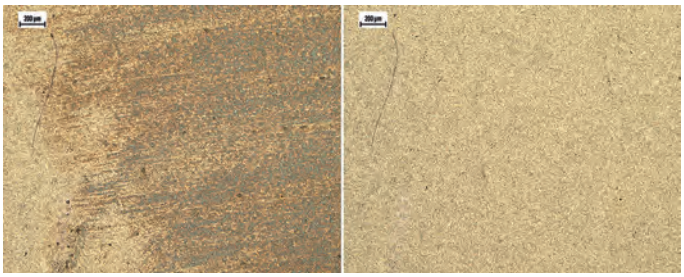
Klassischerweise werden Bondflächen nach wie vor in nasschemischen Verfahren mit Lösemitteln oder wasserbasierten Medien gereinigt, die eine energieintensive Trocknung erfordern. Die Plasmareinigung kann bei dünnen, bekannten und sehr spezifischen Kontaminationen eingesetzt werden. Eine weitere Alternative stellt die Laserreinigung dar. *Bei sehr sensiblen Oberflächen, beispielsweise in der Mikroelektronik, müssen allerdings zunächst die Kosten für ein Lasersystem und die passende Lasertechnologie in Übereinstimmung gebracht werden,* beschreibt Stefan Schmitz. Im aktuellen Interesse der Industrie liege die quattroClean-Schneestrahlreinigung, da sich damit auch stärker haftende, verkrustete Verunreinigungen entfernen ließen.

Trockene, gezielte und nachhaltige Reinigung

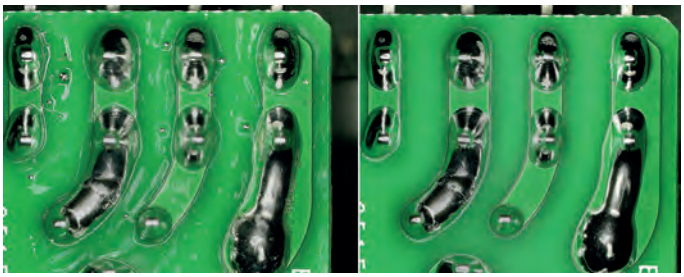
Bei der skalierbaren und reinraumfähigen quattroClean-Schneestrahltechnologie handelt es sich um ein trockenes Reinigungsverfahren für ganzflächige und lokale Anwendungen. Das Verfahren eignet sich, um partikuläre Verunreinigungen bis in den Submikrometerbereich und filmische Kontaminationen bis hin zu Nanolagen reproduzierbar zu entfernen. Als Reinigungsmedium nutzt die quattroClean-Technologie flüssiges, aus chemischen Produktionsprozessen und der Energiegewinnung aus Biomasse recyceltes, aufbereitetes Kohlendioxid. Es wird durch eine flexibel anpassbare, verschleißfreie Zweistoff-Ringdüse geleitet und entspannt beim Austritt zu feinen Schneekristallen, die von einem separaten Druckluft-Mantelstrahl gebündelt und mit Überschallgeschwindigkeit auf die zu reinigende Oberfläche aufgebracht werden. Die Reinigungswirkung basiert auf einer Kombination aus thermischem, mechanischem, Lösemittel- und Sublimationseffekt. Da das kristalline CO_2 während des Prozesses vollständig sublimiert, sind die behandelten Flächen trocken. Entfernte Kontaminationen werden zusammen mit dem Prozessgas abgesaugt, eine Rückverschmutzung der Oberflächen sowie eine Verunreinigung der Umgebung werden verhindert. In Kombination mit Prozessgas verfügt das effektive quattroCle-



Die automatisierte und in die Fertigung integrierte Reinigung gewährleistet homogene, reproduzierbare Ergebnisse (Bild: acp systems)



Mit der Schneestrahlreinigung lassen sich filmische, hier ein Fingerabdruck, und partikuläre Kontaminationen auf Leiterplatten sehr effizient entfernen; links kontaminierte Oberfläche, rechts die Oberfläche nach der Reinigung (Bild: Bond-IQ)



Sämtliche Flussmittelrückstände werden mit Hilfe der CO_2-Schneestrahlreinigung von der Leiterplatte vollständig und prozesssicher entfernt, ohne die PCB-Struktur zu beeinträchtigen (Bild: acp systems)

an-Verfahren über das Green Screen-Zertifikat für Reiniger und Entfetter der Clean Production Action.

Reinigungstechnologie für ein breites Anwendungsspektrum

Die geringe Härte der feinen Schneekristalle ermöglicht die Reinigung auch von sehr sensiblen und fein strukturierten Oberflächen. Das Verfahren ist unter anderem für die Entfernung von Flussmitteln und Lötrückständen auf PCB und PCBA, die Entfernung von chemischen und partikulären Verunreinigungen auf Bondpads sowie der Reinigung von Batteriezellen vor dem Kontaktieren im Einsatz. Auf Leiterplatten, bei denen oft eine Mischung aus organischen Rückständen wie Fetten, Fingerabdrücken, Flussmittel oder Rückständen aus nasschemischen Reinigungsprozessen vorhanden ist, kann das Verfahren nach Aussage von Schmitz sehr effizient eingesetzt werden. *Sehr gute Ergebnisse haben wir darüber hinaus auf Halbleitern und bei Gehäusen, die aus galvanischen oder anderen nasschemischen Prozessen kommen, erzielen können,* berichtet Stefan Schmitz. Dazu trägt auch die vergleichsweise einfach durchzuführende Automatisierung der Reinigung beziehungsweise deren Integration in Fertigungslinien bei. Daraus resultieren laut Schmitz zwei Vorteile. *So sorgt die automatisierte Reinigung für reproduzierbar homogene Ergebnisse. Wird die Reinigung in den Herstellprozess eingebunden, kann die frisch vorliegende Verunreinigung direkt entfernt werden, bevor sie durch Lagerprozesse zu einem noch größeren Problem wird.* Doris Schulz

Kontakt

acp systems AG, Dr.-Ing. Günther Schmauz, E-Mail: info@acp-systems.com

➲ **www.acp-systems.com**

Bond-IQ GmbH, Stefan Schmitz, E-Mail: info@bond-iq.de,

➲ **www.bond-iq.de**

➲ **www.drahtbonden.de**

Galvanikanlagen für dekorative und funktionelle Oberflächen.

electronica 2026
Visit us! Hall A2 Booth 327

walter Lemmen









Gestellanlagen
Trommelanlagen
Tischgalvanikanlagen
Einzelwannen
Ionenaustauscheranlagen

www.walterlemmen.de

THE SURFACE EXPERTS
Galvanikanlagenbau für perfekte Oberflächen
@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

Spezialtechnologie für komplexe Mikrostrukturen

Der DGO-Fachausschuss Galvanoformung traf sich am 16. September in Karlsruhe zu einer weiteren Präsenzsitzung und setzt damit seine Arbeit fort

Galvanoformung zeigt in zahlreichen Anwendungsfällen ihr großes Potenzial zur Herstellung hochwertiger und komplexer Bauteile für den Einsatz in der Mechanik und Elektrotechnik. So lassen sich beispielsweise hochfeste Segmente aus Nickel-Kobalt für Propeller oder komplexe Gitter aus Rhenium-Nickel für die Röntgentechnik durch Galvanoformung herstellen. Ebenso eignet sich die Galvanoformung als Fertigungsverfahren für spezielle 3D-Formen oder Pfade aus höchstreinem Kupfer für Anwendungen in der Elektrotechnik und Mikroelektronik.

Dr. Guttmann vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT), der Leiter des Fachausschusses Galvanoformung, war sehr erfreut über die mehr als 20 Teilnehmer der Veranstaltung; dies zeige das große Interesse an diesem Thema. Damit zählt der Fachausschuss Galvanoformung aktuell zu den bestbesuchten der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO). Auf dem Programm standen Vorstellungen von Teilnehmern des Fachausschusses sowie erste Ergebnisse von durchgeführten Untersuchungen. Für 2027 werden zwei Sitzungen angedacht, einmal online im April 2027 und dann wieder in Präsenz im Oktober 2027 bei einem Mitgliedsunternehmen des Ausschusses. Vorher wird es Anfang Dezember 2026 noch ein online-Treffen der Arbeitsgruppe 3D-Druck und Galvanoformung geben, die sich innerhalb des Fachausschusses gebildet hat.

GalvanoPro

Das Unternehmen GalvanoPro mit Sitz in Paderborn, vorgestellt von Andreas Schulz, befasst sich mit der Herstellung von Oberflächen für unterschiedliche Arten von Propellern zur Erhöhung von deren Lebensdauer.

Propeller unterliegen aufgrund der starken, erzeugten Strömung erheblichen Belastungen durch Erosion, zum einen durch auftreffende Wassertropfen bei Niederschlag und zum anderen durch Partikel, die aufgrund der Strömung angesaugt werden. Dieser Effekt macht sich vor allem bei den Triebwerken von Propellerflugzeugen bemerkbar, aber auch bei Drohnen oder Windkraftanlagen. Bei der Herstellung der entsprechenden Oberflächen ist zu beachten, dass die Geometrie eines Propellers nicht verändert und das Gewicht nicht drastisch erhöht wird. Damit ist die Galvanoforumung für diese Aufgabenstellung ein prädestiniertes Verfahren.

Hergestellt werden die Schutzbleche durch Galvanoformung unter Einsatz eines wiederverwendbaren Kerns und der Abscheidung einer Nickel-Kobalt-Legierung. Vorteilhaft ist – neben der primären Eigenschaft, beliebige Geometrien bestmöglich nachbilden zu können – die Möglichkeit, unterschiedliche Dicken realisieren zu können und so besonders belastete Bereiche in höherer Wandstärke herstellen zu können. Die derart hergestellten Schutzbleche werden vom Endkunden selbst durch Verkleben auf Propeller aufgebracht.

Aktuell arbeitet das Unternehmen an einem Entwicklungsprojekt zur Herstellung von Schutzblechen für Rotoren von Windkraftanlagen, was deutlich größere Bauteile bedeutet, als bisher. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die massiven Belastungen von Offshore-Anlagen besser erfüllt werden, also höhere Lebensdauern erzielt werden. Aktuell müssen Propellerblätter nach etwa drei bis fünf Jahren erneuert werden. Erzielt werden solche hohen Lebensdauern mit den eingesetzten Nickel-Kobalt-Legierungen (80 % Nickel), sowohl im Hinblick auf Korrosion als auch auf Verschleiß. Zudem wird hierdurch die Entstehung von Mikroplastik durch Zerstörung der Kanten von Rotorblättern bei Offshore-Windanlagen reduziert – ein Aspekt, dem bisher kaum Beachtung geschenkt wurde.

Derzeit liegen die Herausforderungen insbesondere im Bereich Analytik und dem Betrieb der Legierungselektrolyte. Schwierigkeiten beim Betrieb entstehen unter anderem durch unterschiedliche Stromdichten zur Realisierung unterschiedlicher Schichtdicken. Nickel-Kobalt, das für die Luftfahrtanwendungen zertifiziert ist, erlaubt je nach Elektrolytzusammensetzung und Abscheideparametern die Herstellung von Härten bis zu 600 HV oder duktile und mechanisch belastbare Metallteile mit hoher Temperaturbelastbarkeit.

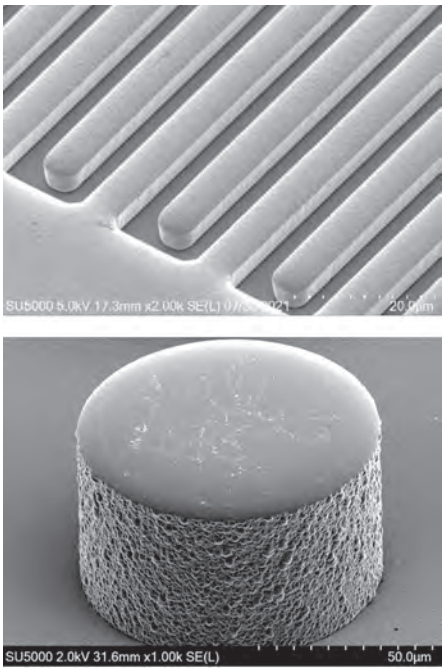


Beispiel für Schutzbleche für Rotoren **(Bild: GalvanoPro)**

Umicore

Dr. Klaus Leyendecker von der Umicore Galvanotechnik in Schwäbisch Gmünd gab einen Überblick über die Geschäftsbereiche des Mutterkonzerns Umicore und der Umicore Galvanotechnik. Zu den primären Geschäftsbereichen bei Umicore zählt die Herstellung von Katalysatoren und das Recycling von Metallen. Im Bereich Oberflächentechnik stehen bei Metal Deposition Solutions, der Tätigkeitsbereich der Umicore Galvanotechnik, Verfahren für die galvanische Abscheidung sowie PVD-Verfahren im Fokus.

Das Interesse an galvanotechnischen Verfahren richtete sich in vergangenen Zeiten auf dekorative Anwendungen und ist heute vor allem auf Schichten für die Elektronik und den Halbleitermarkt ausgerichtet. Seit einigen Jahren kommen verstärkt Oberflä-



Gefragt sind galvanotechnische Verfahren in der Elektronik, beispielsweise zur Herstellung von 3D-Strukturen aus Kupfer (Bild: Umicore Galvanotechnik)

chen für die Batterie- und E-Mobilität hinzu. Zu den speziellen Technologien zählt die Abscheidung von Platin aus der Schmelze für Elektroden.

Auf dem Gebiet der Galvanoformung stand anfangs Hohlschmuck im Fokus mit Gold als Werkstoff. Inzwischen kommen für Schmuckgalvanoformung Palladium und Platin hinzu. Im Bereich der Halbleitertechnik wird Kupfer zur Herstellung von Multilayern eingesetzt. Neuartige Technologien sind das Cu-Cu-Hybrid-Bonding, bei dem galvanisch erzeugte Kupferkontakte durch Einwirkung von thermischer Energie miteinander verbunden werden. In der Entwicklung sind Verfahren, mit denen in Glassubstraten eingebrachte Löcher mit Kupfer gefüllt werden. Herausforderungen ergeben sich unter anderem in der Anforderung zur Herstellung von porenfreien Abscheidungen.

Hochschule Mittweida

An der Hochschule Mittweida, an der Scott Dombrowe an seiner Promotion arbeitet und an der etwa 6200 Studenten eingeschrieben sind, werden unter anderem Arbeitsgruppen für Oberflächen- und Galvanotechnik innerhalb von insgesamt fünf Fakultäten unterhalten. Im Bereich der Ingenieurwissenschaften wird darüber hinaus Lasertechnologie mit Bezug zur Oberflächentechnik genutzt. Die Schwerpunkte liegen im Bereich der ressourceneffizienten Fertigungstechnik oder der Fahrzeugtechnik.

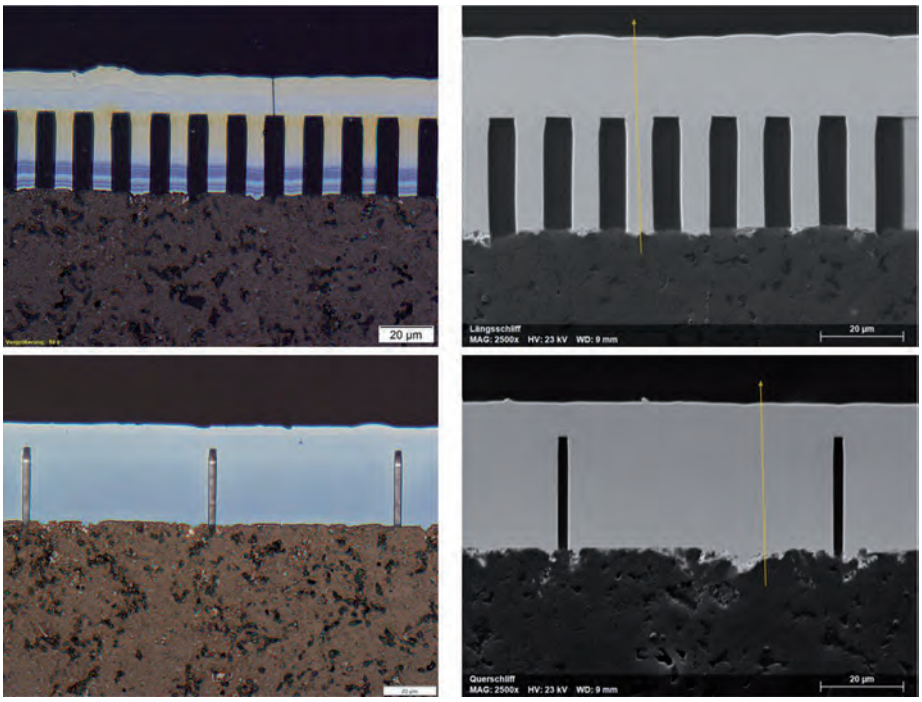
Die Forschungsschwerpunkte in den Fachgebieten der Oberflächen- und Galvanotechnik richten sich auf die Elektrolytentwicklung, Prozessoptimierung oder die Schichtentwicklung. Für die Arbeiten stehen unterschiedliche Einrichtungen zur Verfügung bis zum Elektrolytvolumen von etwa 25 Litern. Eines der aktuellen Projekte ist die Kunststoffmetallisierung mittels laserinduzierter Aktivierung und computergestützte Prozessmodellierung. Hier wird mit Graphit als Basis für die Metallisierung gearbeitet und damit die Technologie der klassischen Kunststoffmetallisierung mit ihren kostenintensiven Verfahren und Stoffen ersetzt. Weitere Projekte beschäftigen sich mit der Entwicklung eines Verfahrens zur elektrochemischen Abscheidung von Iridium oder der Herstellung von kostengünstigen Anoden für die Wasserelektrolyse. Schließlich wird ein Projekt zur ressourceneffizienten Herstellung von metallisch beschichteten 3D-gedruckten Formeinsätzen aus PEEK für den Spritzguss durchgeführt. Für diesen Zweck wird eine PVD-Schicht auf PEEK als Basis für galvanische Nickelschichten genutzt.

Seit längerem wird an der Abscheidung von Rhenium-Nickel für mikrostrukturierte Röntgenabsorbergitter für die Medizintechnik gearbeitet. Diese Gitter verhelfen zu besseren Auflösungen und Differenzierungen von Weichteilen und Materialien ähnlicher Dichte für die Herstellung von Röntgenaufnahmen. Eine der aktuellen Herausforderungen bei der Abscheidung liegt in der Steigerung des Rheniumgehalts der Schichten.

Netzmittel für Nickelelektrolyte

Klaus Schmid, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, stellte die durchgeführten Untersuchungen zur Beurteilung von Netzmitteln für galvanische Nickelelektrolyte vor. Dazu wurden Netzmittel von Mitgliedern des Fachausschusses Galvanoformung analysiert und beurteilt. Von den zwölf eingegangenen Netzmitteln handelte es sich um acht unterschiedliche Produkte und davon ließen sich wiederum vier als chemisch verschiedene Tenside einordnen. Ein Produkt zählt zur Chemikaliengruppe der PFAS und wird damit zukünftig aufgrund der Einschränkungen auf Basis der europäischen Chemikalienverordnung REACh nicht mehr genutzt werden können.

Das Verhalten der Tenside lässt sich gut erklären und damit auch deren ähnliche Wirkung. Zu entstehenden Abbauprodukten sind wenig experimentelle Daten vorhanden. Oberflächenspannungen von 50 N/mm² lassen sich mit allen Produkten erreichen, während die Zielgröße von 35 N/mm² nicht mit allen einstellbar ist. Deutlich unterschiedlich ist die benötigte Menge der Tenside, je nach Arbeitsbedingungen sowie nach verwendeter Stoffkombination. Unterschiede zeigen sich des Weiteren bei den sich ergeben-

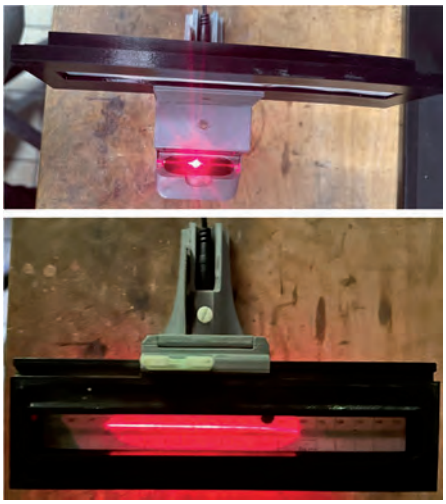


Mikrostrukturierte Röntgenabsorbergitter für die Medizintechnik, hergestellt durch galvanische Abscheidung von Rhenium-Nickel (Bild: S. Dombrowe)

den Schichteigenschaften wie zum Beispiel den Härtewerten der Schichten sowie des Schichtglanzes. Diese Unterschiede hängen nach Ansicht von Klaus Schmid mit der Kristallisation des Nickels zusammen. Es ist dabei zu beachten, das diese geänderte Kristallisation nicht vom Netzmittel verursacht wird, sondern von einer Wechselwirkung bestimmter Netzmitteltypen mit anderen für Nickelelektrolyte typischen Zusatzstoffen. Insgesamt resümiert Klaus Schmid, dass die bestimmten Stoffe seit langem nur gering modifiziert im Einsatz sind.

Eigenspannungsmessung

Denise und Michael Busch von der Galvano-T haben im Rahmen von Beschichtungsaufträgen für das Iter-Projekt (Fusionsreaktor) ein eigenes Verfahren zur Eigenspannungsmessung (IS-Meter) entwickelt. Wie Denise Busch erläuterte, liegt die Basis für die Messmethode auf Metallstreifen aus galvanisch abgeschiedenen Schichten, die erkennen lassen, ob Zug- oder Druckspannung vorliegt. Ziel war es, auf das Basismaterial zu verzichten und die Messung mittels Laser durchzuführen.
Erreicht wurde dies durch die Abscheidung auf einen Grundkörper ohne Haftung (z. B. Nickel auf Edelstahl). Ergänzend dazu wurde eine Referenzschicht für weitere Untersuchungen mit abgeschieden. Die eigentliche Messschicht wird auf ein elektropoliertes Metallsubtrat abgeschieden, sodass nach Abheben der Schicht eine glänzende Schichtseite vorliegt. Diese Glanzschicht wird mit einem Laser unter einem Winkel bestrahlt und auf einer Skala wird ein Kennwert erzeugt, aus dem auf die Art der Spannungen (Zug- oder Druck) und deren Stärke (als prozentualer Wert) geschlossen werden kann. Für die Messung wird eine Schichtdicke von mindestens 300 µm empfohlen.



Bestimmung von Eigenspannungen mittels IS-Meter von Galvano-T (Bild: Galvano-T)

Fazit

Nach dem dritten Treffen des neu initiierten Fachausschusses zeigt sich immer mehr, dass die mit dieser galvanischen Verfahrensmethode hergestellten Produkte vielfältige Anwendungen haben und keine Nischenprodukte sind. Zudem wurde bei dem Treffen klar ersichtlich, dass ein Erfahrungs- und Wissensaustausch über Unternehmensgrenzen hinweg gewünscht und zwingend erforderlich ist. Weitere Unternehmen und Einrichtungen, die Interesse an der Mitarbeit im Fachausschuss haben, können sich gern unter den nachfolgend aufgeführten Kontakten melden.

Kontakt
Dr. Markus Guttmann, Karlsruher Institut für Technologie,
E-Mail: markus.guttmann@kit.edu
Dr. Daniel Meyer, Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO),
E-Mail: d.meyer@dgo-online.de

Metallkorrosion an Gebäuden – auch ein Kostenproblem

Vom Jahrhundertbauwerk bis zum Straßenschild ist unsere gebaute Umwelt Wind und Wetter ausgesetzt. Doch welche atmosphärischen Einflüsse sind es, vor denen man Neubauten schützen muss? Und wie lässt sich der *Zahn der Zeit* am Weltkulturerbe ausbremsen? Empa-Forschende analysieren die Korrosion von Metallbauelementen und arbeiten an einem wirtschaftlichen und nachhaltigen Umgang mit dem großen Rosten.

Die gute Nachricht zuerst: Heute ist alles besser; zumindest, wenn es um Korrosion geht. Was noch in den 1980er Jahren rostete und zerfiel, hält heute länger. Allerdings sind die Herausforderungen, das *große Rosten* aufzuhalten, weiterhin enorm: Auch heute sind es noch mehrere Tonnen Stahl, die jede Sekunde auf der Welt den Weg alles Irdischen gehen und – kostbare Rohstoffe verbrauchend – ersetzt werden müssen. Schätzungsweise drei bis vier Prozent des Bruttoinlandprodukts eines Industrielandes kostet die Korrosion, ein volkswirtschaftlicher Schaden an Brücken, Dächern, Schienen im Milliardenbereich.
Einer, der Ausmaß und Entstehung der Korrosion untersucht und daran arbeitet, die gebaute Umwelt zukunftsfähig zu machen, ist der Empa-Forscher Ulrik Hans vom Labor für *Fügetechnologie und Korrosion* in Dübendorf. Und weil Korrosion keine Grenzen kennt, ist er im *ICP Materials* engagiert, kurz für *International Co-operative Program on Effects on Materials including Historic and Cultural Monuments*, einem Netzwerk mit mehr als 60 Standorten in Europa und darüber hinaus. In seinem jüngsten Bericht zeigte das Netzwerk den markanten Rückgang der Korrosion basierend auf Langzeitexperimenten auf und publizierte die Ergebnisse im Fachmagazin *Corrosion and Materials Degradation*.

Musterland Schweiz

Zur Ursachenforschung und für einen nachhaltigen Schutz von Bauten, die auch in Zukunft noch stehen sollen, liefert Ulrik Hans in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt (BAFU) Daten zur Korrosionsgeschwindigkeit an das ICP Materials-Netzwerk. Und so werden an jedem Standort des Netzwerks standardisierte Metallproben ausgelagert, beispielsweise aus wetterfestem Stahl oder aus Titanzink, einem der wichtigsten Dachbaustoffe. Titanzink ist laut Hans auf dem Bau beliebt, weil es komplett recycelbar ist. *Für den Gebäudeerhalt macht es dabei einen erheblichen Unterschied, ob das Metalldach und die Dachrinnen nach 40 oder erst nach 80 Jahren ersetzt werden müssen,* so Hans.
Der Standort in der Schweiz auf dem Chaumont, dem Hausberg der Stadt Neuenburg, ist dabei quasi das Musterbeispiel im ICP Materials-Verbund: Die *ausgewilderten* Proben korrodieren praktisch ohne schädliche Ein-



Beste Umwelt: Auf dem Chaumont im Kanton Neuenburg findet nahezu *naturnahe* Metallkorrosion statt. Ausgelagerte Metallproben rosten hier – im internationalen Vergleich – kaum (Bild: Empa)

flüsse aus der Umwelt, sondern lediglich aufgrund der rein natürlichen Redoxreaktion von Metall, Wasser und Sauerstoff. Am anderen Ende der Skala befanden sich zu Messbeginn Industriestandorte wie das deutsche Bottrop und das tschechische Kopisty. In Kopisty konnten die Korrosionsforscher im Jahr 1987 ein halbes Kilo Rost von einem Quadratmeter Stahl kratzen. Heute sieht es an allen Standorten besser aus. In Industriegebieten gehen pro Jahr zwischen 100 und 150 Gramm Stahl pro Quadratmeter verloren. Auf dem Chaumont rosten zeitgleich gerade mal 30 Gramm. Zink, das weniger stark korrodiert, büßte vor 40 Jahren an Industriestandorten noch rund 15 Gramm pro Quadratmeter ein; heute sind es bei allen Standorten nur noch um die sieben Gramm.

Schadstoffe der Zukunft identifizieren

Beinahe zeitgleich mit dieser erfreulichen Entwicklung, so zeigen es die Daten, ging der Gehalt von Schwefeldioxid in der Luft zurück, einem Schadstoff, der zu Messbeginn in den 1980er Jahren als *saurer Regen* vom Himmel fiel. Mit Spitzenwerten von 460 µg giftigem Schwefeldioxid pro Kubikmeter Luft wurde denn auch im Ruhrgebiet die höchste Smogalarmstufe ausgelöst. Wo Industrieabgase gefiltert werden und Braunkohleheizungen aus der Mode gekommen sind, ist Schwefeldioxid seither kein Problem mehr. In Industriegebieten liegen die Werte heute unter 10 $\mu g/m^3$, während sie auf dem Chaumont bereits seit 25 Jahren zwischen 0 und 1 $\mu g/m^3$ pendeln.

Zwar liegt die Korrelation von verminderter Korrosion und abnehmender Schwefeldioxidbelastung auf der Hand, dennoch verhalten sich die Daten der Forschenden nicht immer entlang dieser Korrelation. *Korrosion ist ein komplexes, multifaktorielles Geschehen, das noch nicht vollständig verstanden ist,* sagt Ulrik Hans. *Wir müssen jetzt weitere Schadstoffe identifizieren, die in Zukunft relevanter werden.* So ist beispielsweise noch zu wenig geklärt, inwieweit hohe Ozonwerte moderne Polymerwerkstoffe angreifen und wie Feinstaub die Korrosion begünstigt. Stickoxide und flüchtige Kohlenwasserstoffe sind weitere Parameter, die mitsamt klimatischen Veränderungen die Haltbarkeit der metallischen Infrastruktur beeinflussen könnten.

Modernste Rostprognosen

Kennt man die Zusammenhänge besser, lassen sich passende Legierungen, Beschichtungen oder nanometerfeine Passivschichten einsetzen, um die Haltbarkeit etwa von additiv gefertigten oder laserstrukturierten Bauteilen zu gewährleisten. Hinzu kommt eine neue Herausforderung an die heutige Bauwirtschaft, die beim Bau des Kölner Doms oder der Akropolis noch keine Rolle spielte: Heute muss auf einen schonenden Umgang mit vorhandenen Ressourcen geachtet werden.

Damit Entwicklungsprozesse von geeigneten zukunftsfähigen Produkten effizient und nachhaltig ablaufen, analysieren Empa-Forschende neue Materialien bereits in der Entwicklungsphase. Zum Einsatz kommen hier modernste oberflächenanalytischer Techniken wie die Kelvin-Sonden-Kraftmikroskopie oder die Röntgenphotoelektronenspektroskopie, kurz HAXPES. Die einzige Anlage in der Schweiz steht im Labor für *Fügetechnologie und Korrosion* an der Empa. Dank hochenergetischer Strahlung dringt HAXPES tief ins Material ein und erlaubt eine präzise Charakterisierung von Materialien und ihren Korrosionseigenschaften. *Mit den daraus resultierenden aussagekräftigen Korrosionsprognosen lassen sich auch in Zukunft langlebige Bauten effizient erstellen und erhalten,* ist Empa-Forscher Ulrik Hans überzeugt.

Andrea Six



Korrosionsforscher Ulrik Hans entfert Rost von Metallproben mittels Säure (Bild: Empa)



Metallproben für Korrosionsexperimente in Stockholm (Bild: Corrosion and Degradation / ICP Materials, Alice Moya Nunez)

Originalpublikation

J. Tidblad, A. Moya Núñez, D. de la Fuente, G. Ebell, T. Flatlandsmo Berglen, T. Grøntoft, U. Hans, I. Christodoulakis, D. Kajánek, K. Kreislová et al.: Corrosion and Soiling in the 21st Century: Insights from ICP Materials and Impact on Cultural Heritage; Corrosion and Materials Degradation (2025) 6, 54, https://doi.org/10.3390/cmd6040054

➲ **www.empa.ch**

AIRTEC MUEKU GMBH
ENERGIE EFFIZIENZ
Wir schließen Ihren Energiekreislauf
Lufttechnische Anlagen
Abluftreinigung
Ventilatoren
Wärmerückgewinnungssysteme
Prozesskühlung
Modernisierung bestehender Anlagen
AIRTEC MUEKU GmbH
Im Ganzacker 1
56479 Elsoff / Germany
+49 (0) 2664 / 997386-0
info@airtec-mueku.de
www.airtec-mueku.de

40 Jahre Jubiläumstreffen zum Abschluss des Galvanotechnikerstudiums

40 Jahre nach erfolgreichem Abschluss der Galvanotechnikerausbildung trafen sich neun ehemalige Schüler des Jahrgangs 1984 bis 1986 in Schwäbisch Gmünd.

Der erster Programmpunkt war ein Besuch der Fachschule für Galvanotechnik. Der derzeitige Lehrer Martin Klotz ermöglichte den ehemaligen Schülern eine ausführliche Besichtigung der Schule. Zuerst ging es in den großzügigen und bestens erhaltenen, gepflegten und heute noch genutzten Laborbereich. Danach folgte ein Rundgang durch die Schule bis zum *Stollen*, dem Bereich, in dem die praktische Ausbildung erfolgte und auch heute noch erfolgt. Hier scheint die Zeit in einigen Bereichen stehen geblieben zu sein; eine Verbesserung ist aber durch eine anstehende, umfangreiche Sanierung zu erwarten.

Für das nächste Jahr steht das Jubiläum zum 100. Geburtstag der Galvanotechnikerschule Schwäbisch Gmünd an, zu der zahlreiche Absolventen erwartet werden. Die Absolventen des Jahrgangs 1984 bis 1986 bedanken sich auf diesem Wege für die Führung und Erläuterungen von Martin Klotz, durch die etliche Erinnerungen geweckt wurden.

Im Anschluss erfolgte eine Stadtführung, bei der die wichtigsten Veränderungen der Stadt Schwäbisch Gmünd über die letzten 40 Jahren erläutert und gezeigt wurden. Das leckere Abendessen fand dann im Hinz & Kunz statt, der Abschluss im KKF. Es war ein rundum gut organisiertes Jubiläumstreffen. An dieser Stelle sei noch darauf hingewiesen, dass von den Absolventen des Jahrgangs 1984 – 1986 noch fünf aktiv in der Branche tätig sind: Drei Ehemalige sind inzwischen leider schon verstorben, der Rest befindet sich im (Un-)Ruhestand.

Hans Wörner



Trafen sich 40 Jahre nach Abschluss der Technikerschule Schwäbisch Gmünd: Hans Wörner, Maximilian Wiedenmann, Peter Ruff, Walter Gisin, Michael Zimmermann, Thomas König (stehend von links) sowie Roland Ehrle, Franz Rieger und Thomas Haberfellner (knieend von links)





Impressionen von der Jubiläumsveranstaltung (Bilder: Hans Wörner)

AKTUELLES aus Wirtschaft, Wissenschaft und Technik
finden Sie auf unserer Webseite: www.womag-online.de
Umfassend und immer auf dem neuesten Stand!

Studierende tauchen ein in die Welt der Oberflächentechnik

Zwölf Studierende aus den Studiengängen Materialien für Nachhaltigkeit, Angewandte Oberflächen- und Materialwissenschaften sowie Advanced Materials and Manufacturing haben nach Mitteilung der Hochschule Aalen kürzlich die ZVO-Oberflächentage in Karlsruhe erlebt – und damit auch mehrere Tage geballte Praxis und spannende Einblicke in aktuellen Themen der Oberflächenbranche.

Die ZVO-Oberflächentage sind als Jahreskongress des Zentralverbands Oberflächentechnik e. V. das größte Zusammentreffen der Branche in Deutschland: Industrie, Forschung und Dienstleister tauschen sich über Trends und Zukunftsthemen aus. In der frisch renovierten Stadthalle Karlsruhe boten 95 Fachvorträge und 70 Aussteller einen Rundumblick – von Digitalisierung und künstlicher Intelligenz über Ressourceneffizienz, Automatisierung und Recycling bis hin zu Funktionsschichten und neuen gesetzlichen Vorgaben.



Prof. Dr. Timo Sörgel (links) mit Studierenden der Hochschule Aalen auf den ZVO-Oberflächentagen 2026 (Bild: HS Aalen)

Auch die Hochschule Aalen war im Fachprogramm durch Arbeiten des *Zentrums Elektrochemische Oberflächentechnik (ZEO)* sichtbar vertreten: Mahmoud Elkady stellte chrom(III)basierte Chrom-Borcarbid-Kompositschichten vor, Max Braungardt präsentierte Ansätze für nachhaltige Natrium-Schwefel-Batterien und Luis Bösnecker zeigte, wie Aluminium auf 3D-gedruckten Templaten für Batteriestromsammler abgeschieden werden kann. Ein weiteres Highlight war die Verleihung des Heinz-Leuze-Preises an Prof. Dr. Timo Sörgel, seinen Doktoranden Christoph Kiesl und an die Kollegen des fem in Schwäbisch Gmünd für ihren Artikel *Galvanotechnik als Wegbereiter der nächsten Batterie-Generation*.

Am Eröffnungsabend nutzten die Aalener Studierenden die Industrieausstellung, um mit Unternehmen und Fachleuten ins Gespräch zu kommen. Viele Aussteller signalisierten Interesse an Bachelor- und Masterarbeiten. Beim ZVO-Nachwuchsabendessen entstanden Kontakte zu Studierenden anderer Hochschulen. *Besonders wertvoll waren die offenen Gespräche und die vielen Anknüpfungspunkte für Studium und Beruf*, lautete das gemeinsame Fazit der Gruppe. *Für die Einladung und die Chance, die Praxis aus nächster Nähe zu erleben, möchten wir dem ZVO unseren besonderen Dank aussprechen.*

➲ **www.hs-aalen.de**

SEMINAR

Grundlagen der Galvano- und Oberflächentechnik



Bild: WHW Hillebrand

Anmelde-schluss: 17.03.2027

13. bis 15. April 2027 in Schwäbisch Gmünd

Die moderne Oberflächentechnik kommt in allen Segmenten des produzierenden Gewerbes zum Einsatz. Daher ist es nicht verwunderlich, dass die Oberflächentechnik in Deutschland eine der am dynamischsten wachsenden Branchen ist.

Zielgruppen sind Abnehmer von Oberflächen

- Entwickler und Konstrukteure
- Technische Kaufleute
- Einkäufer

sowie aus der Galvano- und Oberflächentechnik

- Projektingenieure und Vertriebsingenieure Anlagenbau
- Projektingenieure und Vertriebsingenieure Verfahrenschemie
- Seiten- und Wiedereinsteiger in die Galvano- und Oberflächentechnik

Über diesen QR-Code erhalten Sie alle Informationen sowie das Anmeldeformular.

Kontakt:
E-Mail
mail@zvo.org
Telefon
02103 25 56 10

Zentralverband Oberflächentechnik e.V.

TU Chemnitz ist an „IGF-Projekt des Jahres 2026“ beteiligt

Erfolgreiche Industrielle Gemeinschaftsforschung: Die Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik der TU Chemnitz und das Fraunhofer IKTS entwickeln mit Niobcarbid und Eisen eine rohstoffstrategische Alternative zu Wolframcarbid-Cobalt

Hartmetalle gehören aufgrund ihrer herausragenden Verschleißeigenschaften zu den bedeutendsten Verbundwerkstoffen für den Einsatz unter hoher mechanischer und tribologischer Belastung. Ihre Leistungsfähigkeit ergibt sich aus der Kombination eines sehr harten Hartstoffs, meist eines Karbids, mit einer verformbaren metallischen Bindermatrix. Mit Abstand am weitesten verbreitet ist das Hartmetall Wolframcarbid-Cobalt (WC-Co), das unter anderem für verschleißbeanspruchte Werkzeuge und Bauteile sowie als Werkstoff für thermisch gespritzte Verschleißschutzschichten eingesetzt wird.

Die hervorragenden Eigenschaften von Wolframcarbid-Cobalt gehen jedoch mit Herausforderungen bei der Rohstoffversorgung und beim Arbeitsschutz einher. Sowohl Wolfram als Bestandteil des Hartstoffs als auch Cobalt als Bindermetall zählen in der Europäischen Union zu den sogenannten *kritischen Rohstoffen*. Ihre Gewinnung und Verarbeitung sind zudem stark auf wenige Förder- und Verarbeitungsregionen fernab von Deutschland konzentriert, wodurch Abhängigkeiten in den Lieferketten entstehen.

Vor diesem Hintergrund suchten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik (Leitung: Prof. Dr. Thomas Lampke) der Technischen Universität Chemnitz und des Fraunhofer-Instituts für Keramische Technologien und Systeme IKTS, Dresden, nach einer Alternative zu etablierten WC-Co-Hartmetallen.

Das Forschungsprojekt *NbC-basierte Hartmetallzusammensetzungen als strategischer Werkstoffersatz für WC-Co in der Oberflächentechnik* setzt auf einen alternativen Werkstoff auf Basis von Niobcarbid (NbC) und eisenhaltigen Bindern; das Projekt wurde unter dem Dach der AIF-Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS durchgeführt. Die entwickelten Beschichtungen weisen eine hohe Verschleißbeständigkeit auf und können mit etablierter Anlagentechnik verarbeitet werden. *Mit NbC-Fe ist es uns gelungen, einen Werkstoff zu entwickeln, der eine leistungsfähige Alternative zu WC-Co darstellt und gleichzeitig das Potenzial bietet, die Abhängigkeit von kritischen Rohstoffen zu verringern*, sagt Prof. Lampke.



Die am Projekt Beteiligten des IKTS und der TU Chemnitz nahmen die Auszeichnung *IGF-Preis des Jahres 2026* am 29. September in Berlin entgegen (v. l. n. r.): Jens Jerzembeck, Geschäftsführer der Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS, Dr. Lutz-Michael Berger (IKTS), Maximilian Grimm (TU Chemnitz), Lukas Tegelkamp (TU Chemnitz), Dr. Susan Conze (IKTS) und Prof. Dr. Thomas Lampke (TU Chemnitz) (Bild: AIF)

Der entscheidende Vorteil des neuen Werkstoffsystems liegt dabei in der Kombination dieser technischen Eigenschaften mit einer veränderten Rohstoffbasis: Der Ersatz von Wolfram durch Niob und der Verzicht auf Cobalt als Bindermetall reduzieren die Abhängigkeit global konzentrierter Lieferketten und damit verbundene Preis- und Versorgungsrisiken. *Unsere beschichteten Demonstratorbauteile, darunter auch Bremsscheiben, zeigen das Potenzial für weitreichende industrielle Anwendungen*, so Lampke. Das Vorhaben wurde im Rahmen der vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) geförderten Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) umgesetzt.

Auswahl IGF-Projekt des Jahres

Aus den jährlich rund 500 abgeschlossenen IGF-Projekten können die beteiligten Forschungsvereinigungen jeweils ein Projekt für den Wettbewerb um das *IGF-Projekt des Jahres* nominieren. Für das Projekt *NbC-basierte Hartmetallzusammensetzungen als strategischer Ersatz für WC-Co in der Oberflächentechnik* übernahm dies in diesem Jahr die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS. Aus den etwa 20 eingereichten Projekten wurden durch ein Auswahlgremium der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) drei Finalisten ausgewählt. Auf dem IGF-Kongress im September 2026 in Berlin stellten die Finalisten ihre Projekte in Pitches vor. Anschließend entschied das Publikum über den Sieger. Die Auszeichnung *IGF-Projekt des Jahres* ging dabei an das gemeinsame Forschungsprojekt der TU Chemnitz und des Fraunhofer IKTS.

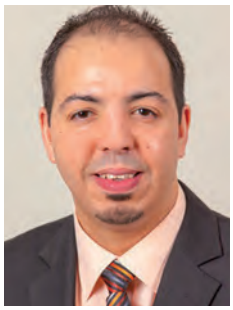
Mario Steinebach

Kontakt
Prof. Dr. Thomas Lampke,
E-Mail: thomas.lampke@mb.tu-chemnitz.de
Maximilian Grimm,
E-Mail: maximilian.grimm@mb.tu-chemnitz.de
➲ **www.tu-chemnitz.de**

Wechsel im Serfilco Team in Deutschland

Nach über einem Jahrzehnt im Serfilco-Team verabschiedete sich Walter Masur, zuständig für Kunden in Deutschland, Österreich und der Schweiz, Ende September in den Ruhestand. Er übergab sein Aufgabengebiet Vertrieb und Marketing an Samir Ait Ahmed, ein erfahrender Techniker, der sich in den letzten Monaten bereits intensiv eingearbeitet hat.

Mit einem breiten Programm an korrosions- und chemiebeständigen Pumpen und Filtern gehört Serfilco seit über 65 Jahren zu den führenden Ausrüstern für Anlagenbau und Industrie in der Oberflächentechnik. Als Pionier der Bewegung von Medien ohne Luft, mittels Düsensystemen, bietet das Unternehmen praxisbewährte, verfahrenstechnische Erfahrungen zur Optimierung von Produktionsprozessen und zur Kostenreduzierung.



Bereits im November 2025 trat Ait Ahmed bei Serfilco ein und verantwortet ab sofort die Bereiche Marketing sowie die kaufmännische und technische Beratung von Kunden und Interessenten in der D-A-CH–Region bei der Auswahl von Pumpen und Filtern und der Auslegung von Badbewegungssystemen ohne Luft zur Optimierung von Prozessen in der Oberflächentechnik.

Ait Ahmed ist Technischer Betriebswirt und staatlich geprüfter Techniker, Fachrichtung Maschinenbautechnik. Er war zuletzt als Projektleiter im technischen Vertrieb eines Spezialisten für Fördertechnik tätig und verfügt über langjährige und internationale Erfahrungen im Anlagenbau.

➲ www.serfilco.de

Bastian Sigleithmaier ist neuer Abteilungsleiter für die Messen DOMOTEX, didacta, parts2clean und SurfaceTechnology GERMANY

Bastian Siglreithmaier (29) hat nach Mitteilung der Deutschen Messe zum 1. August 2026 im Geschäftsbereich *Fach- und Endverbrauchermessen* bei der Deutschen Messe die Leitung der Abteilung DOMOTEX, didacta, parts2clean sowie SurfaceTechnology GERMANY übernommen. Er berichtet an Hendrik Rawe, Geschäftsbereichsleiter *Fach- und Endverbrauchermessen* bei der Deutschen Messe. Die individuellen Messe-Projektleitungen und damit die fachliche Führung der Teams liegen weiterhin bei den bekannten Verantwortlichen: Annette Levy (DOMOTEX), Björn Schneeberg (didacta), Ramtin Randjbar-Moshtaghin (parts2clean, SurfaceTechnology GERMANY). Bastian Siglreithmaier folgt als Abteilungsleiter auf Hendrik Rawe, der zum 1. Juli 2026 die Geschäftsbereichsleitung übernommen hat.

Siglreithmaier ist seit 2016 bei der Deutschen Messe und begann seine Laufbahn im Unternehmen mit einem dualen Studium. Es folgten verschiedene Funktionen im internationalen Vertrieb mit Verantwortung für Schlüsselkunden und Partner sowie für die Konzeption und Organisation internationaler Messebeteiligungen. Vor seinem Wechsel in die aktuelle Rolle verantwortete er im Global Business Development die strategische Weiterentwicklung des internationalen Geschäfts, die Erschließung neuer Geschäftspotenziale und den Aufbau neuer, weltweiter Veranstaltungsformate. Darüber hinaus absolvierte Siglreithmaier im Ausland (Amsterdam) einen Master of Science in Business with International Management.

➲ www.parts2clean.de

Multifunktionale Materialien und Metallurgie – Zwei neue Abteilungen in Thun

Der Empa-Standort in Thun hat zwei neue Abteilungen eröffnet: *Multifunctional Materials and Interfaces* und *Advanced Metallurgy and Manufacturing of Metals*. Die beiden neuen Abteilungen sind nach Mitteilung der Empa das Resultat einer Aufteilung der Abteilung *Advanced Materials Processing*, dessen Leiter Patrik Hoffmann Ende August in den Ruhestand geht.

Am 1. August wurde die Abteilung Advanced Materials Processing am Standort Thun in zwei neue Abteilungen aufgeteilt. Dies trägt der inhaltlichen Weiterentwicklung der Forschungsaktivitäten Rechnung: Zukünftig werden die Schwerpunkte Oberflächen- und Grenzflächentechnologien einerseits sowie Metallische Werkstoffe und Fertigungstechnologien andererseits in zwei eigenständigen Laboren gebündelt. Dies bildet eine solide Grundlage für den Ausbau von strategischen Kooperationen mit Partnern wie der EPFL, die Eidgenössische Technische Hochschule Lausanne, und der armasuisse.

Das *Laboratory for Multifunctional Materials and Interfaces* unter der Leitung von Barbara Putz befasst sich mit der Herstellung, Bearbeitung und Charakterisierung von Dünnschichten, Oberflächen und Grenzflächen mit Vakuum und Lasertechnologie. Das Labor hat das Ziel, Oberflächen und Grenzflächen zwischen Materialien so zu bearbeiten, dass diese neue Funktionen bekommen. Dazu werden verschiedene Herstellungsverfahren kombiniert, darunter auch die Bearbeitung mit Lasern. Ein Schwerpunkt liegt beispielsweise auf der Entwicklung sogenannter *programmierbarer Grenzflächen* für Verbundwerkstoffe im Rahmen des ERC Starting Grants *InterBond. Diese speziellen Strukturen sollen dafür sorgen, dass die verschiedenen Materialien im Verbund einerseits gut zusammenhalten, sich aber bei Bedarf auch wieder voneinander lösen lassen,* führt Putz aus. Die Materialien, die in ihrem Labor entwickelt werden, kommen zum Beispiel bei der Herstellung flexibler Elektronik, in der Energietechnik oder in der Raumfahrt zum Einsatz.

Das *Laboratory for Advanced Metallurgy and Manufacturing of Metals*, das von Christian Leinenbach geleitet wird, erforscht und entwickelt neue metallische Werkstoffe und die dazugehörigen Fertigungsprozesse. *Ein Schwerpunkt liegt auf additiven Fertigungsverfahren, die nicht nur neue Möglichkeiten bei der Herstellung komplexer Bauteile schaffen, sondern auch als Werkzeug für die gezielte Entwicklung neuer Werkstoffe dienen,* sagt Christian Leinenbach. Die Abteilung hat zum Ziel, die Entwicklung von neuen metallischen Werkstoffen und Fertigungsprozessen deutlich zu beschleunigen und neue Werkstoffkonzepte schneller in industrielle Anwendungen zu überführen. Dazu möchte das Laborteam moderne Fertigungstechnologien und datengetriebene Methoden enger miteinander verbinden. *Gleichzeitig wollen wir mit unserer Forschung einen konkreten Beitrag dazu leisten, anspruchsvolle metallische Komponenten auch zukünftig zuverlässig, ressourceneffizient und wirtschaftlich in der Schweiz entwickeln und herstellen zu können,* betont Leinenbach.

Patrik Hoffmann, der das Labor Advanced Materials Processing 17 Jahre geleitet hat, tritt in den wohlverdienten Ruhestand. Hoffmann ist Mitautor von mehr als 150 Fachartikeln und Erfinder beziehungsweise Miterfinder von einem halben Dutzend Patenten. Zudem unterrichtete er als Titular-Professor an der EPFL. Die Direktion dankt Patrik Hoffmann herzlich für sein langjähriges Engagement für die Empa. Sie wünscht ihm nur das Beste für seine private Zukunft, und den neuen Laborleitenden viel Freude an ihrer Aufgabe. Mirjam Schwaller

➲ www.empa.ch

VOA auf ALUMINIUM 2026

VOA präsentiert Vielfalt moderner Aluminiumoberflächen und zieht positive Bilanz

Von technisch anspruchsvollen Bauteilen über qualitätsgesichert entlackte Aluminiumprofile bis hin zu preisgekrönten Designobjekten: Der Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) zeigte vom 6. bis 8. Oktober 2026 auf der ALUMINIUM in Düsseldorf die gesamte Bandbreite moderner Aluminiumoberflächen. Als langjähriger Partner der Messe nutzte der VOA die Veranstaltung nicht nur zur Präsentation von innovativen Anwendungen, sondern auch für den intensiven Austausch mit Mitgliedern, Unternehmen und Interessenten.

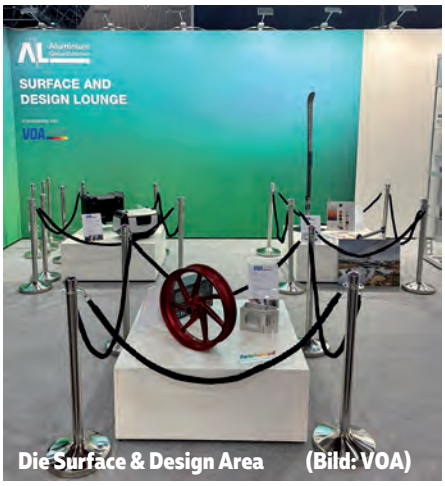
Mit der erfolgreichen Messepräsenz unterstreicht der VOA einmal mehr seine Rolle als Netzwerk, Interessenvertretung und Kompetenzplattform für die Oberflächenveredelung von Aluminium. Der Stand des Verbands entwickelte sich zu einem zentralen Treffpunkt der Branche. In vielen Gesprächen mit Mitgliedern, Ausstellern und Besuchern wurden aktuelle Marktentwicklungen, technische Herausforderungen und zukünftige Anforderungen an Qualität und Nachhaltigkeit diskutiert. Die ALUMINIUM ist laut VOA-Geschäftsführerin Kathrin Lämmermann für den VOA seit vielen Jahren eine wichtige Plattform für den Dialog innerhalb der Branche. *Wir schätzen den persönlichen Kontakt mit unseren Mitgliedern und Interessenten sehr.* Die zahlreichen Gespräche und das große Interesse an den ausgestellten Anwendungen hätten gezeigt, wie vielfältig und zukunftsfähig die Oberflächenveredelung von Aluminium sei und welche Themen die Branche bewegen.

Neben dem eigenen Messestand war der VOA mit zahlreichen Exponaten auf der beliebten Surface & Design Area vertreten und zeigte damit eindrucksvoll die technische und gestalterische Bandbreite veredelter Aluminiumoberflächen. Zu den ausgestellten Objekten gehörten unter anderem eine rot eloxierte Motorradfelge und ein Gitarrenverstärker mit einer pulverbeschichteten Metallic-Feinstruktur-Oberfläche in Grün. Ergänzt wurde die Präsentation durch verschiedene Aluminiumscharniere und Aluminiumprofile, die in einem nach den international gültigen Spezifikationen des Qualitätszeichens Qualistrip zertifizierten Betrieb professionell entlackt wurden. Ausgewählte Fehlerbilder zeigten die Bedeutung von qualitätsgesicherten Prozessen in der Oberflächenveredelung. Hierzu stand auch Dirk Wengenroth, Sprecher des Prüfausschusses Qualistrip, Rede und Antwort, der das VOA-Team kompetent am zweiten Messetag verstärkte.

Ein besonderer Blickfang waren die eloxierten Aluminiumschalen der Künstlerin Larissa Thiel. Die Absolventin der Staatlichen Zeichenakademie Hanau entwickelte die ausgestellten Arbeiten auf Basis ihres Gesellenstücks, mit dem sie den 17. Hessischen Gestaltungspreis gewann. Mit ihren Objekten zeigt sie, wie sich handwerkliche Gestaltung, Materialkompetenz und hochwertige Oberflächentechnik miteinander verbinden lassen. Die Vielfalt der präsentierten Anwendungen machte deutlich, dass Aluminiumoberflächen heute weit mehr leisten als reinen Korrosionsschutz: Sie verbinden Funktionalität, Nachhaltigkeit, Design und technische Performance.



Das VOA-Team um Geschäftsführerin Kathrin Lämmermann erhielt am zweiten Messetag Unterstützung von Dirk Wengenroth (2. v. l.) (Bild: VOA)



Die Surface & Design Area (Bild: VOA)



Stand des VOA (Bild: VOA)

➲ www.voa.de

Zentralverband Oberflächentechnik e.V. (ZVO)

#OTBerlin27: Jetzt Vortragsvorschläge einreichen

Der ZVO ruft zur Einreichung von praxisbezogenen Vortragsvorschlägen für die ZVO-Oberflächentage 2027 vom 15. bis 17. September im MOA Berlin zu den nachfolgenden Schwerpunktthemen und den ständigen Themenbereichen auf. Stichtag für die Anmeldung von Vorträgen ist der **31. Januar 2027**. Den Vortragenden bietet sich die Chance, ihr Verfahren und ihre Lösungen dem interessierten Fachpublikum vorzustellen und neue Kontakte zu generieren.

Die Schwerpunktthemen für 2027 sind:

– Neue Entwicklungen im Korrosionsschutz
– Gefahrstoffmanagement
– Brandschutz in Galvaniken/Beschichtungsunternehmen (vorbeugend, organisatorisch, technisch, FBU-Versicherung)
– Diversifizierung von dekorativen galvanischen Oberflächen (Kundenforderung, Kompatibilität, Integrationsmöglichkeiten in bestehende Anlagen, Anforderungen an die Verfahrens- und Abwassertechnik)
– Schichtcharakterisierung beziehungsweise -eigenschaften von Cr(III)-Schichten
– Best Practice: Chrom(III)-Oberflächensysteme im praktischen Alltag
– Best Practice: Transformation/Neue Geschäftsfelder von Galvaniken/Beschichtungsunternehmen (einschl. B2C)
– Mikrogalvanoformung (z. B. zur Herstellung von Mikro- bzw. Nanoprägewerkzeugen)
– Galvanotechnik in der (Mikro)-Elektronik

Die zahlreichen, ständigen Themenbereiche, wie beispielsweise Bad- und/oder Oberflächenanalyse oder Künstliche Intelligenz in der Oberflächentechnik, sind auf der Homepage des ZVO aufgeführt.

Für einen Vortrag werden 30 Minuten inklusive fünf bis zehn Minuten für die Diskussion angesetzt.

Das Vortragsprogramm soll nach Mitteilung des ZVO aus praxisbezogenen oder wissenschaftlichen Vorträgen bestehen. Produkt-, Verkaufs-, Werbe- und Imagevorträge werden daher nicht angenommen. Die Nennung von Trademarks, Produktnamen etc. sowie alle auf Werbung/Verkaufsförderung ausgerichteten Inhalte im Vortragstitel, Abstract und dem Vortrag ist zu vermeiden. Die Gutachter der Vortragsvorschläge werden noch stärker als in der Vergangenheit auf solche unerwünschte Werbung achten und die Vorträge dann ablehnen.

Jeder Vortragsvorschlag muss mit einem Vortragsabstract sowie einer Kurzvita des Referenten, beide Inhalte als Fließtext, eingereicht werden, ein Profilbild im jpg-Format ist wünschenswert. Fehlende Abstracts/Vitae führen zur Ablehnung des Vortragsvorschlags.

Im Februar 2027 werden die Gutachter alle Vortragsvorschläge sichten und bewerten. Anschließend erfolgt die Zusammenstellung des Vortragsprogramms bis Mitte/Ende März 2027. Alle einreichenden Personen werden per E-Mail über die Aufnahme des Vortragsvorschlags oder dessen Ablehnung informiert, sobald das Vortragsprogramm strukturiert ist.

Interessenten werden gebeten, im Online-Einreichungsprozess ein bereits bestehendes Benutzerkonto zu verwenden. Wird erstmals ein Vortragsvorschlag eingereicht, bittet der ZVO um das Anlegen eines neuen Benutzerkontos. Mit den entsprechenden Logindaten können dann jederzeit persönliche Daten oder der jeweilige Beitrag eingesehen und überarbeitet werden.

➲ **www.zvo.org**

Berufsschüler entwickelt Galvano-App

Ein Berufsschüler hat in seiner Freizeit nach Mitteilung des ZVO die kostenlose Web-App *GalvanoCalc & Learn* entwickelt. Sie unterstützt Auszubildende der Galvano- und Oberflächentechnik bei Berechnungen, Prozessdokumentation und Prüfungsvorbereitung und ist unter *galvanocalc.app* verfügbar. Entwickelt wurde sie von Timo Leuthold, Auszubildender zum Oberflächenbeschichter bei der ADE Metallveredelung und der Berufsschule Schwäbisch Gmünd. Unterstützt wird er dabei von seinem Berufsschulkollegen Ioannis Gavrillidis, der bei organisatorischen Fragen und Problemen hilft. Die beiden lernten sich in der Berufsschule kennen. Entstanden ist die App, um typische Herausforderungen der Ausbildung – von Badberechnungen bis zur Prüfungsvorbereitung – digital und praxisnah zu lösen. GalvanoCalc & Learn bündelt auf neun Funktionsbereichen unter anderem:

– einen Rechner für galvanotechnische Berechnungen
– eine Metalldatenbank
– einen Bäderkonfigurator (Bath Builder)
– Prozessprotokolle mit PDF-Export
– ein Fachlexikon
– ein Quiz-Modul zur Prüfungsvorbereitung

Alle Formeln und Berechnungsgrundlagen wurden sorgfältig gegen anerkannte Fachreferenzen verifiziert, um fachliche Korrektheit sicherzustellen.

Die App entstand vollständig ohne eigenes Backend (Vanilla JavaScript, Tailwind CSS, jsPDF) und legt Wert auf Datenschutz: Alle Nutzerdaten bleiben lokal im Browser gespeichert (localStorage). Eine eigene Datenschutzerklärung, technische und organisatorische Maßnahmen (TOM) sind dokumentiert. Der Entwickler konnte bereits mit dem ZVO eine exklusive Impulspartnerschaft abschließen und steht laut ZVO-Mitteilung auch mit weiteren Verbänden und Unternehmen wie der DGO und der BIA-Group im Kontakt.

➲ **www.zvo.org**

ZVO in Brüssel: Chemikalienpolitik muss Lieferketten sichern

REACH, Chrom(VI) und PFAS standen im Mittelpunkt politischer Gespräche des ZVO am 12. Oktober 2026 in Brüssel. Lukas Hanstein, Leiter Politik des ZVO, tauschte sich mit den Büros der Europaabgeordneten Dimitris Tsiodras und Peter Liese über die weitere Ausrichtung der europäischen Chemikalienpolitik aus.

Im Fokus der Gespräche in Brüssel stand die europäische Chemikalienpolitik. Sie hat unmittelbare Auswirkungen auf die Wettbewerbsfähigkeit der Galvano- und Oberflächentechnik. Entscheidungen über einzelne Stoffe und Anwendungen betreffen dabei weit mehr als die Unternehmen der Branche: Sie wirken entlang der Lieferketten bis in den Maschinenbau, die Automobilindustrie, die Medizintechnik sowie die Luft- und Raumfahrt. Vor diesem Hintergrund brachte der ZVO die Perspektive seiner überwiegend mittelständischen Mitgliedsunternehmen in die Gespräche ein. Umwelt- und Gesundheitsschutz müssen mit technisch umsetzbaren Anforderungen, wirtschaftlicher Tragfähigkeit und der Sicherung europäischer Produktionskapazitäten verbunden werden.

Ein Schwerpunkt war die Frage, wie die europäische Chemikalienpolitik nach der vorerst gestoppten umfassenden REACH-Revision weiterentwickelt werden soll. Die Europäische Kommission hatte im April angekündigt, die Verordnung zum jetzigen Zeitpunkt nicht neu zu öffnen.

Für den ZVO bleibt entscheidend, dass die weitere Ausgestaltung des bestehenden Rechtsrahmens zu mehr Planungssicherheit und praktikablen Verfahren führt. Gerade mittelständische Unternehmen benötigen nachvollziehbare Anforderungen und einen regulatorischen Rahmen, der langfristige Investitionen ermöglicht. Die politischen Herausforderungen bei Chrom(VI) und PFAS bleiben

unabhängig von einer umfassenden REACH-Revision bestehen.
Weiterer zentraler Gegenstand der Gespräche war die Aufrechterhaltung der Hartverchromung mit Chrom(VI). Aus Sicht des ZVO muss dieses Verfahren dort weiterhin möglich bleiben, wo keine technisch geeigneten und wirtschaftlich tragfähigen Alternativen verfügbar sind.
Hartchromschichten erfüllen anspruchsvolle Funktionen, insbesondere beim Verschleißschutz und bei der Lebensdauer industrieller Bauteile. Ihre Verfügbarkeit ist deshalb für zahlreiche nachgelagerte Anwendungen von großer Bedeutung. Werden entsprechende Produktionsmöglichkeiten in Europa eingeschränkt, drohen aus Sicht des ZVO zusätzliche Abhängigkeiten von außereuropäischen Anbietern sowie der Verlust von Wertschöpfung und technischem Know-how. Der Verband setzt sich daher für Anforderungen ein, die einen hohen Schutz von Beschäftigten und Umwelt gewährleisten und zugleich unter industriellen Praxisbedingungen erfüllbar sind. Die Folgen für europäische Lieferketten müssen bei regulatorischen Entscheidungen von Beginn an berücksichtigt werden.
Auch die künftige regulatorische Behandlung von PFAS wurde erörtert. Der ZVO fordert eine differenzierte Betrachtung der jeweiligen Anwendungen, ihrer Emissionen und der tatsächlichen Verfügbarkeit von Alternativen. Für industrielle Anwendungen, etwa in der Hartverchromung und der Kunststoffätzung, braucht es aus Sicht des Verbandes tragfähige Regelungen, ausreichende Übergangszeiten und Ausnahmen, solange geeignete Alternativen fehlen. Zugleich müssen Maßnahmen zur Vermeidung, Erfassung und Behandlung von Emissionen angemessen berücksichtigt werden. Pauschale Beschränkungen dürfen nicht dazu führen, dass wichtige Verfahren aus Europa verschwinden, ohne dass damit ein entsprechender Nutzen für Umwelt und Gesundheit erreicht wird.
Mit den Gesprächen in Brüssel unterstreicht der ZVO seinen Anspruch, die Erfahrungen der betrieblichen Praxis frühzeitig in politische Entscheidungen einzubringen.
➲ **www.zvo.org**

ZVO-Positionspapiere zu BEHG und Kreislaufwirtschaft

Der ZVO hat zum Thema nationale CO_2-Bepreisung und zum Thema Kreislaufwirtschaft in Bezug auf die Galvano- und Oberflächentechnik Stellung bezogen.
Bei der CO_2-Bepreisung fordert der ZVO ein Ende dauerhafter nationaler Sonderbelastungen. Hohe Energiekosten schränken die Investitionsspielräume des industriellen Mittelstands ein und die nationale CO_2-Bepreisung verschärft diesen Druck: Sie verteuert den Einsatz fossiler Brennstoffe und belastet damit auch die Prozesswärmeversorgung der Galvano- und Oberflächentechnik. Unternehmen, die im internationalen Wettbewerb stehen, können diese zusätzlichen Kosten häufig kaum an ihre Kunden weitergeben. Damit fehlen Mittel für Modernisierung, Energieeffizienz und klimafreundliche Technologien.
Mit seinem neuen Positionspapier fordert der ZVO deshalb eine grundlegende Neubewertung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG). Anlass ist die im Papier aufgegriffene Verschiebung des europäischen Emissionshandelssystems für Gebäude und Verkehr (EU-ETS II). Aus Sicht des ZVO darf die verlängerte Übergangsphase nicht dazu führen, dass sich eine nationale Sonderbelastung dauerhaft verfestigt. Die Stabilisierung eines CO_2-Preiskorridors allein schafft noch keine wettbewerbsfähigen Energiepreise.
Der ZVO setzt sich für eine europäisch koordinierte, marktwirtschaftliche Klimapolitik ein. Sollte sich das europäische System weiter verzögern oder grundlegend verändern, muss der Ausstieg aus dem nationalen Brennstoffemissionshandel vorbereitet werden. Solange das BEHG besteht, fordert der Verband die vollständige, transparente und unbürokratische Rückführung der Einnahmen an Industrie, Mittelstand und Bürger. Das Positionspapier erläutert, wie CO_2-Bepreisung wettbewerbsfähige Energiepreise und der Erhalt industrieller Wertschöpfung zusammengebracht werden müssen.
In Fragen der Kreislaufwirtschaft rückt der ZVO Langlebigkeit und Oberflächentechnik in den politischen Fokus. Ein Bauteil, das länger hält, muss später ersetzt werden. Das spart Rohstoffe, Energie und Emissionen und verringert die Abhängigkeit von neuen Rohstofflieferungen. Dennoch konzentriert sich die politische Debatte über Kreislaufwirtschaft häufig auf Recyclingquoten und Abfallverwertung. Mit seinem neuen Positionspapier fordert der ZVO, den Erhalt und die möglichst lange Nutzung von Produkten stärker zum Maßstab von politischen Entscheidungen zu machen.
Die Galvano- und Oberflächentechnik leistet dazu einen entscheidenden Beitrag: Beschichtungen schützen vor Korrosion und Verschleiß, verlängern die Nutzungsdauer von hochwertigen Bauteilen und ermöglichen deren Reparatur und Wiederaufarbeitung. Dieser Nutzen reicht vom Maschinenbau über Energieanlagen bis zur Medizintechnik und kritischen Infrastruktur. Der ZVO fordert deshalb, die Branche ausdrücklich als Schlüsseltechnologie der Kreislaufwirtschaft anzuerkennen.
Mit der Weiterentwicklung der deutschen und europäischen Kreislaufwirtschaftspolitik werden die Rahmenbedingungen für künftige Produkte und Verfahren gesetzt. Zugleich erhöhen geopolitische Risiken und Rohstoffabhängigkeiten den Handlungsdruck. Aus Sicht des ZVO müssen Langlebigkeit, Reparierbarkeit und Wiederverwendbarkeit deshalb ebenso systematisch berücksichtigt werden wie Recyclingfähigkeit.
Das Papier fordert daher verbindliche Lebenszyklusbetrachtungen, technologieoffene Regulierung und weniger Bürokratie. Stoffbeschränkungen müssen auch berücksichtigen, welchen Beitrag ein Verfahren zur Lebensdauer und Ressourceneffizienz eines Produkts leistet. Werden bewährte Beschichtungen ohne gleichwertige Alternativen verdrängt, drohen Zielkonflikte mit dem Ressourcenschutz. Für den ZVO ist Kreislaufwirtschaft damit zugleich Industrie- und Rohstoffpolitik: Wer Produkte länger nutzbar macht, stärkt die Versorgungssicherheit und hält Wertschöpfung in Europa.
Beide Positionspapiere sind über die ZVO-Homepage abrufbar.
➲ **www.zvo.org**

INSERENTENVERZEICHNIS

Airtec MUEKU	33	met-at-lab	U4	Steinbeis-Transferzentrum	U2
BRW Elektrochemie	23	Munk GmbH	27	WOTech GbR	14
Harter GmbH	Titel	Renner GmbH	1	ZVO e.V.	21 + 35
Walter Lemmen	29	Dr.-Ing. Max Schlötter	U3		

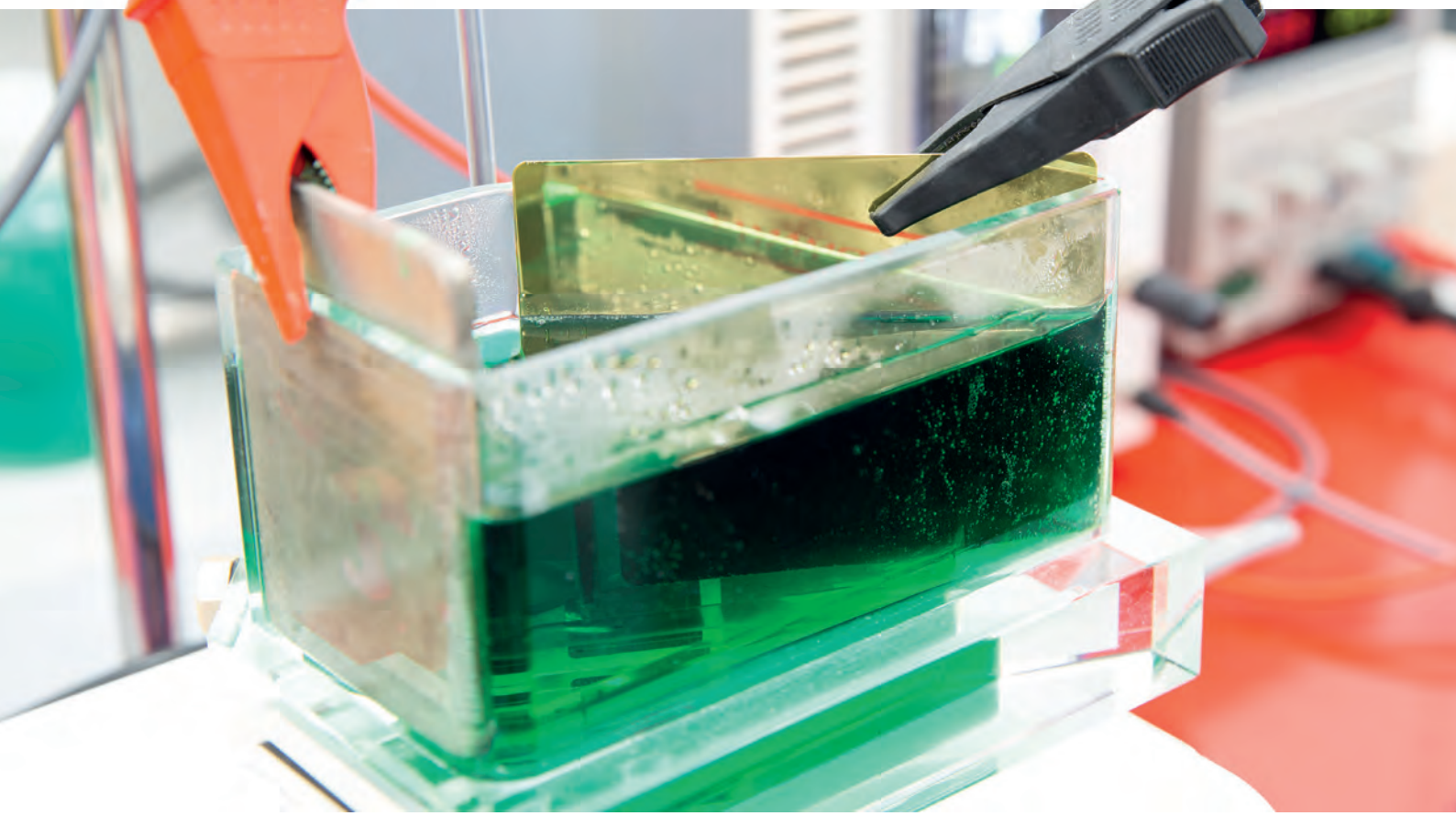


Die Zukunft der Hartverchromung

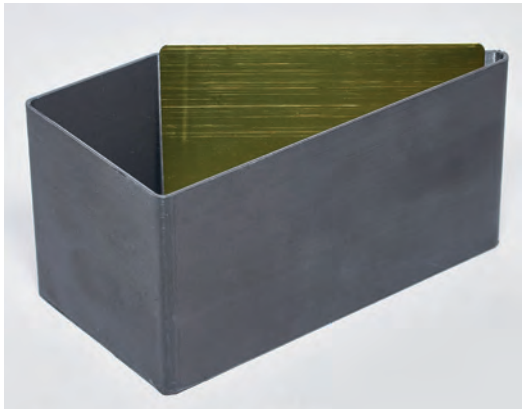
APEXCHROME™

Schlötter

Hull-Bleche in Top-Qualität
mit Premium-Service









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

MET AT LAB
Hull-Bleche & Zubehör

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