

WOMAG

 Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche



ZVO-OBERFLÄCHENTAGE

BERLIN

24.-26.9.2025

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

Anmelde-
schluss:

22. September
2025
13 Uhr

JETZT ANMELDEN!

<https://oberflaechentage.zvo.org>



WERKSTOFFE

UKP-Laser: Prozesstechnik
für die Skalierung

WERKSTOFFE

Von Rohstoffaufbereitung bis Recy-
cling - Neues in der Batteriefertigung

OBERFLÄCHEN

C-CVD-Beschichtung - Einfluss von
Präkursoren auf die Funktionalität

OBERFLÄCHEN

Kompakte Heizregister mit hoher
Leistung und kleinem Platzbedarf

OBERFLÄCHEN

Gold-Silber-Legierung für
kosteneffiziente Beschichtungen

SPECIAL

Ausgezeichnete Innovation:
PEO-Oberflächen für gedruckte
Magnesiumbauteile

JULI-AUGUST 2025

Branchen-News täglich: womag-online.de



UNSERE BESTEN: DIE RENNER ECO-LINE.

renner-pumpen.de



Kein eigenes Labor? Kein Problem!



Sparen Sie sich die hohen Investitions- und Personalkosten eines eigenen Labors – wir machen das für Sie! Mit unserem hochmodernen Analytiklabor profitieren Sie von Technologien, die sich für ein internes Labor nicht lohnen würden. Sie erhalten jederzeit präzise, validierte und verifizierte Messergebnisse – abgesichert durch ein zertifiziertes Managementsystem. Flexibilität ist unser Schlüssel: Sie können Ihren Bedarf frei skalieren, ohne sich um Personal oder Technik kümmern zu müssen – ideal auch in Zeiten des Fachkräftemangels. Wir sind Ihr zuverlässiger Partner in der Laboranalytik, damit Sie sich voll und ganz auf Ihr Kerngeschäft konzentrieren können.

Mehr Leistung. Weniger Aufwand. Maximale Präzision.

Sprechen Sie mit uns und erleben Sie, wie einfach moderne Laboranalytik sein kann!



Weitere Infos
auf der Website!

IB! GALVANIK
+ SERVICE

Zum Dümpel 60 . 59846 Sundern-Stemel
info@galvanikservice.de . 0 29 33 - 80 64 9 - 20



Innovationen auf dem Gebiet der Oberflächentechnik



Bereits seit vielen Jahren wird daran gearbeitet, Magnesium in größerem Umfang einzusetzen. Das Metall zeichnet sich durch eine gute Verarbeitbarkeit durch Gießen aus und weist zudem eine hohe Festigkeit auf. Dadurch bietet es sich als Alternative zu Kunststoffen an, beispielsweise für Gerätegehäuse. Besonders effektiv ist die additive Teileherstellung, allgemein als 3D-Druck bezeichnet, durch die das Verhältnis aus mechanischer Stabilität und eingesetzter Materialmenge besonders günstig wird – auch hierfür bietet sich das leichte Metall Magnesium an. Der Grund, weshalb

Magnesium trotz der genannten Vorteile bisher nur in geringerem Maße eingesetzt wird, ist dessen geringe Korrosions- und Verschleißbeständigkeit. Mit einer neuen und prämierten Oberflächenbehandlung konnten diese gravierenden Nachteile jetzt beseitigt werden – mittels plasmaelektrolytischer Oxidation lässt sich auf Teile aus Magnesium eine Oberfläche aufbringen, die im Hinblick auf mechanische und chemische Belastungen überraschende Qualitäten besitzt, wie der Beitrag auf Seite 27 in der vorliegenden Ausgabe belegt. Ebenfalls Oberflächen mit neuen und interessanten Eigenschaften lassen sich durch spezielle CVD-Verfahren erzielen. Entwickelt wurden damit Beschichtungen aus Siliziumdioxid mit bioziden Eigenschaften, wobei hier die natürlichen Eigenschaften von Kupfer und Zink genutzt wurden und in Kombination mit Siliziumdioxid die Wirkungskdauer bei geringem Materialeinsatz deutlich verlängert wird (Beitrag auf Seite 19 ff).

Aber auch aus dem Bereich der galvanischen Schichten kann mit Verbesserungen aufwartet werden. So bietet ein neues Verfahren zur galvanischen Abscheidung einer Gold-Silber-Legierung (Beitrag auf Seite 38-39) die Möglichkeit, bei deutlich reduziertem Anteil an Gold eine flexible und widerstandsfähige Oberfläche für funktionelle und dekorative Anwendungen zu schaffen. Damit lassen sich die Kostensteigerungen durch den stetigen Anstieg des Goldpreises mindern und gleichzeitig die mechanischen und chemischen Eigenschaften von Edelmetalloberflächen in der Erscheinungsform *Gold* auf einem hohen Niveau halten.

Wie diese und weitere Beiträge in der vorliegenden WOMag verdeutlichen, wird die Oberflächentechnik ihrer häufig zu hörenden Benennung als *Schlüsseltechnologie* für viele Bereiche der modernen Industrie wieder einmal gerecht – eine sehr erfreuliche Erkenntnis für alle, die auf diesem Gebiet tätig sind!

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.



Sie benötigen spezielle Fachinformationen – schnell und digital?

Dann sind Sie bei uns richtig!



Monatliche Ausgabe der WOMag als pdf-Datei – alle Jahrgänge seit der Erstausgabe 2012!



Fachbeitrag als Einzeldatei mit Links

Fachlexikon für Werkstoffe, Oberflächen und Bearbeitungsverfahren

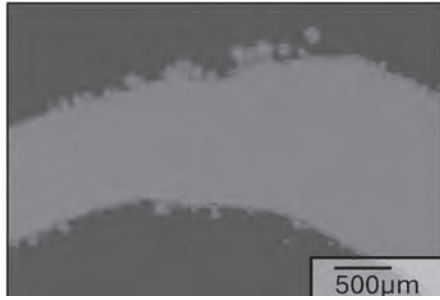
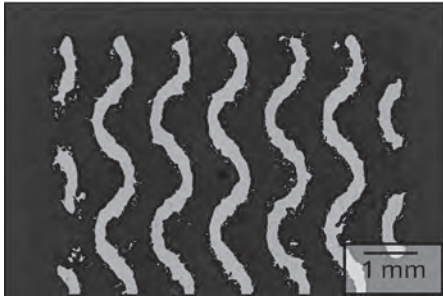
Datenbank für Unternehmen

Selbstverständlich auch für Mobilgeräte!



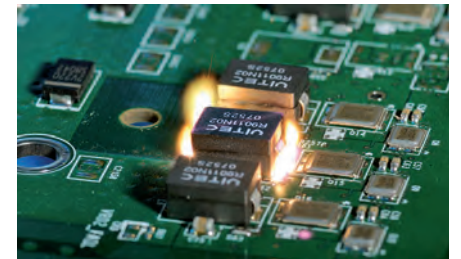
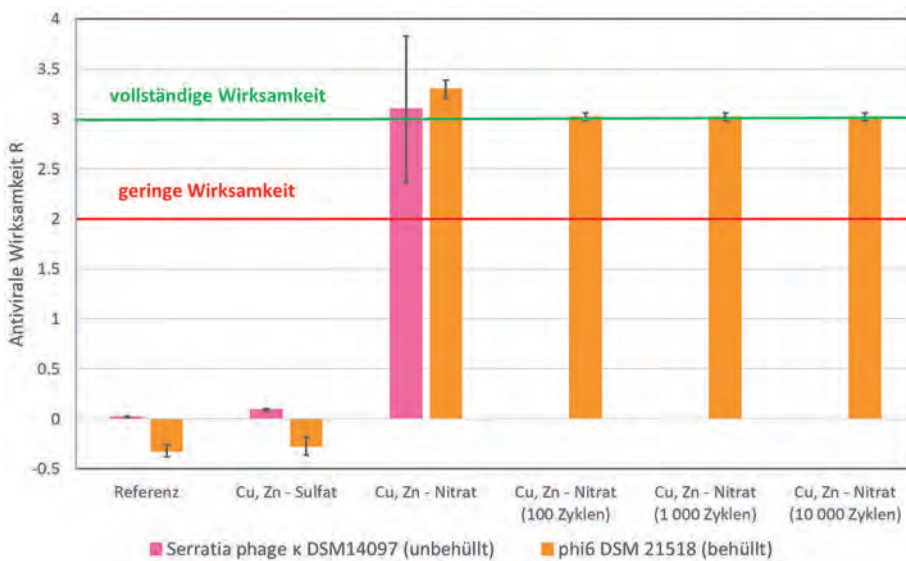
www.womag-online.de

INHALT



27 Additiv gefertigte Magnesiumbauteile mit hochbeständiger PEO-Schicht

33 DGO-BG Stuttgart bei Schlötter



19 Biozide Eigenschaften von C-CVD-Schichten mit Kupfer und Zink

8 Lasereinsatz in der Elektrotechnik

WERKSTOFFE

- 4 UKP Workshop 2025: Prozesstechnik für die Skalierung
- 6 Bessere Schnittkanten beim Blechschneiden
- 7 Materialien, Komponenten und Systeme für Wasserstoffanwendungen
- 8 Von der Rohstoffaufbereitung bis zum Recycling: neue Wege in der Batteriefertigung
- 10 Smarte und kompakte Sensorik durch Edge-KI
- 11 Gradiert poröse Strukturen aus dem Metall-3D-Drucker
- 12 Dichtungen ohne PFAS, mit Wasser geschmiert
- 13 Kreislaufwirtschaft für die Energiewende
- 14 Forschungsprojekt TAVieDA
- 15 parts2clean 2025: höhere Anforderungen an die Bauteilreinigung

MEDIZINTECHNIK

- 16 Ein unsichtbarer Helfer aus der Medizintechnik begleitet unseren Alltag
- 17 NMI-Expertise für neue VDI-Richtlinie zu Bioprinting

OBERFLÄCHEN

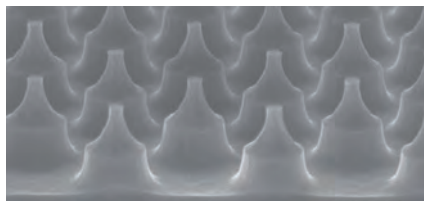
- 18 WeKnowCoaTech: Know-how, Vernetzung und Lösungen für die Beschichtungsbranche
- 19 Einfluss von Präkursoren auf die Funktionalität von dünnen Schichten, hergestellt mittels C-CVD
- 22 Winterthurer Oberflächentag 2025
- 24 Bedeutender Meilenstein für GALVABAU und Pilatus
- 27 Ausgezeichnet innovativ: Wie CAMM die Industrie mit 3D-Magnesium und Ultracermic® verändert
- 30 Kompakte Heizregister mit viel Leistung und geringem Platzbedarf
- 31 Mikroelektronik – ein Spezialbereich der Oberflächentechnik
- 33 Trendsetter der Galvanotechnik laden ein
- 36 Seit 30 Jahren zuverlässiger Partner der Oberflächentechnik
- 38 Hochwertige Gold-Silber-Legierung für kosteneffiziente Beschichtungen
- 40 Atmosphärische Plasmen in komplexen Prozessen – effiziente Kombination innovativer Technologien für die Praxis



22 Beschichtungsanlage für Bauteile der Luftfahrttechnik



26 30 Jahre IFO / Qubus



20 Struktur für Photodetektoren

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 2025 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
kaeszm@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. 14 vom 22. Oktober 2024

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: SOLAEST600, (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

UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

43 Rieger Metallveredlung – Fraunhofer IGB

BERUF + KARRIERE

44 Fortbildungen im Bereich des Eloxierens und Beschichtens setzen Impulse für die tägliche Praxis im Unternehmen

45 Hochschule Aalen verleiht Lehr- und Forschungspreis

VERBÄNDE

46 Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO) – Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO)

Zum Titelbild: Die ZVO-Oberflächentage in Berlin bieten auch in diesem Jahr eine umfangreiche Auswahl an hochkarätigen Vorträgen aus allen Bereichen der Oberflächentechnik sowie ein interessantes Ausstellerprogramm; www.zvo.org

UKP Workshop 2025: Prozesstechnik für die Skalierung

Ultrakurzpulslaser, abgekürzt UKP-Laser, sind seit Jahren ein heißes Thema in der Präzisionsmaterialbearbeitung. Der UKP Workshop in Aachen ist dafür der Treffpunkt für die stetig wachsende Community, um sich über die neuesten Entwicklungen auszutauschen. Große Themen waren Strahlquellen, Systemtechnik, Strahlformung und natürlich Anwendungen, berichtet das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT. Viele der vorgestellten Innovationen hatten dabei ein gemeinsames Ziel: Skalierung zu kleineren Strukturgrößen sowie der Produktivität.

Zum 8. UKP Workshop Ultrafast Laser Technology trafen sich 120 Expertinnen und Experten aus 22 Ländern am 8. und 9. April in Aachen. Der Name deutet es bereits an: In diesem Workshop geht es um die Erzeugung und Anwendung von Laserpulsen im Bereich von Pikosekunden (ps) und Femtosekunden (fs). Diese Laserpulse können praktisch jedes Material bearbeiten. Die Forschung und Entwicklung haben in den vergangenen Jahren wieder große Fortschritte bei der Erzeugung und Anwendung gemacht, so dass sich die Fachgespräche in diesem Jahr neben neuen Anwendungen meist um die Skalierung der Prozesse drehen.



Dr. Dennis Haasler eröffnete den 8. UKP Workshop des Fraunhofer ILT im DAS LIEBIG in Aachen (© Fraunhofer ILT)

Skalieren mit mehr Power und mehr Wellenlängen

Derzeit sind industrietaugliche Laserstrahlquellen mit bis zu 1000 W verfügbar, zum Beispiel vom Systemanbieter Trumpf. Dieser Laser mit Pulsenergien bis zu 10 mJ bei Pulslängen unter 1 ps steht im Fraunhofer Cluster of Excellence Advanced Photon Sources CAPS-Applikationslabor am Fraunhofer ILT oder bei Trumpf in Schramberg für Tests bereit. Bei den Wellenlängen der Lasersysteme gibt es einen Trend in Richtung Ultraviolett (UV) und Deep UV (DUV); die Diskussion dazu drehte sich um Vorteile durch den kleineren Fokusspot sowie beim Abtrag transparenter Materialien. Anwendungen im Consumer Electronics Markt, vor allem die Displayfertigung, treiben dabei die weitere Entwicklung voran. Noch dominieren dort Excimer-Laser, aber Festkörper-UKP-Laser sind im Vormarsch, wie man von Coherent hören konnte.

Von Light Conversion gab auf dem Workshop interessante Daten zu Leistung und Lebensdauer verschiedener Laser. Von mehr als 10 000 Stunden beim 30-W-UV-System ging die Übersicht bis zu knapp 30 Minuten bei Tests zur Erzeugung einer Wellenlänge von 172 Nanometer, was der 6. Harmonischen entspricht.

Für Erstaunen sorgte ein neues System von Ekspla, das ns- und fs-Pulse aus einem Laser liefert. Die Pulse sind mit einer Quelle synchronisiert; Nutzende haben die Option, Dauer und Abstand der Pulse frei einzustellen. *Das ist wie Schuppen und Schichten auf einer Maschine*, sagte ein Teilnehmer. Das System von Ekspla erlaubt auch eine sehr flexible Programmierung von MHz- und GHz-Bursts. Die waren vor einigen Jahren noch Thema der Grundlagenvorträge – inzwischen gehören sie zum Standard moderner UKP-Strahlquellen.

Modulatoren und Scannersysteme für mehr Durchsatz

Da die Fachleute die Prozesse im Material in den letzten Jahren besser verstanden haben, richtet sich der Fokus des Workshops nun stärker auf die Systemtechnik. Besondere Aufmerksamkeit bekam in diesem Jahr das Thema Strahlformung.

Hamamatsu bietet dafür einen neuen LCoS-Modulator (Liquid Crystal on Silicon) an, der dank des Einsatzes von Saphir Leistungen bis 700 W beziehungsweise 3 kW/cm² aushält. Anwender formen damit Strahlen nahezu beliebig: Ring- und Top-Hat-Profile sind nur zwei Beispiele. Ebenso erzeugen sie Multistrahlsprofile oder korrigieren Aberrationen.

Ähnliche Modulatoren auf Basis von mikroelektromechanischen Systemen (MEMS) zeigte Silicon Light Machines. Sie sind schneller (100–500 kHz refresh rate) als LCoS-Modulatoren, vertragen bis zu 10 kW/cm², haben dafür aber eine geringere Auflösung. Wer die Flexibilität der Modulatoren nicht braucht, greift auf diffraktive optische Elemente (DOE) zurück, die hohe Auflösung mit hoher Zerstörschwelle verbinden.



Dr. Stephen Hamann von Silicon Light Machines reiste für seinen Vortrag über Strahlformung aus den USA an (© Fraunhofer ILT)

HOLO/OR präsentierte deren Vor- und Nachteile in der Anwendung mit Scannersystemen. Letztere haben ebenfalls erhebliche Fortschritte gemacht. Der Polygonscanner von Moewe aus Mittweida schafft bis zu 1000 m/s Ablenkgeschwindigkeit des Laserstrahls. Die Entwickler mussten dabei ein zentrales Problem lösen: das Handling der enormen Datenmengen von bis zu 38 GB pro Quadratmeter Bearbeitungsfläche, die etwa beim schnellen Gravieren anfallen. Bei Druckwalzen mit über 100 qm² Fläche setzten sie deshalb auf segmentierte Flächen. Für solche Anwendungen erwarten Fachleute noch eine erhebliche Erhöhung der Produktivität durch den Einsatz leistungsstärkerer Strahlquellen. Unternehmen wie Scanlab und Aerotech kombinieren Scanner, akusto-optische Modulatoren und Achsensysteme gezielt, um die Stärken der jeweiligen Systeme für einen höheren Durchsatz auszunutzen. So erwarten sie durch das Kaskadieren der Komponenten einen höheren Duty-Cycles des Prozesses, was zu einer höheren Produktivität führt.

UKP-Laser im industriellen Einsatz

Martin Reininghaus präsentierte mit den Multistrahlmachines von Pulsar Photonics einen weiteren Weg zur Skalierung der Produktivität. Dafür hat Pulsar neben dem Multistrahlskopf ein Multiscanner- und ein Multiscannerkopf-Konzept entwickelt. Multistrahlsköpfe eignen sich für eine hochproduktive Herstellung von periodischen Strukturen, während bei Multiscanner-Aufbauten jeder



Zwölf Unternehmen präsentierten bei der zweitägigen Ausstellung ihre Innovationen und regten zu einem vielseitigen Wissenstransfer an
(© Fraunhofer ILT)



Lab Tour mit Live-Vorführung im Fraunhofer ILT; die Fraunhofer-Forschenden präsentierten den Teilnehmenden das Leistungsvermögen der UKP-Bearbeitung
(© Fraunhofer ILT)

Scanner unabhängig voneinander agieren kann. Dafür ist es dann wiederum eine Herausforderung, die großen Datenmengen sowie die Laserpulse zum richtigen Zeitpunkt an die verschiedenen Scanner zu verteilen. Wie wichtig die Inline-Prozesskontrolle ist, zeigte Florian Lendner von GFH. Durch konsequente Überwachung der Prozess- und Umgebungsparameter identifizierte sein Team einen Langzeitdrift, die durch eine automatisierte Korrekturroutine ausgeglichen werden konnte. Dadurch konnte die Formtreue der Bauteile auf $\pm 1 \mu\text{m}$ verbessert werden, wodurch die Genauigkeit der Mikrobearbeitung weiter erhöht werden konnte.

Dr. Jens Ulrich Thomas von der Schott AG teilte Erfahrungen beim Mikroschweißen von Glas. Schott hat den Prozess auf Waferlevel implementiert und erreicht Verbindungen mit einer Scherfestigkeit über 50 MPa. Die Firma nutzt die Technologie im Bereich Medizintechnik. Klebstofffreie Fügeverfahren verringern dort den Zulassungsaufwand.

Die Firma Lidrotec zielt mit ihrer speziellen Applikation von Laserpulsen durch eine Flüssigkeitsschicht auf den Halbleitermarkt, um dort Materialverluste beim Vereinzeln der Chips zu reduzieren. Dementsprechend be-



Dr. Jens Ulrich Thomas von der Schott AG begeisterte mit einem Vortrag über das Ultraschallpulsschweißen von Glas
(© Fraunhofer ILT)

reitet Lidrotec die Technologie für großtechnische Anwendungen vor.

Lasertechnik zum Anfassen

Der Rundgang durch die Labore des Fraunhofer ILT, des RWTH Forschungscampus Digital Photonic Production sowie des RWTH Aachen – Lehrstuhl für Lasertechnik und RWTH Aachen – Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme bot mit neun Stationen die Chance, sich viele der im Workshop vorgestellten Technologien live anzusehen. Eine präsentierte Anwendung war das Selektive Laserinduzierte Ätzen (SLE). Dabei schreibt der fokussierte Laserstrahl die Kontur des gewünschten Bauteils in ein Glasrohling und dieser wird anschließend über einen Ätzprozess freigelegt.

Astrid Saßmannshausen vom Fraunhofer ILT, zeigte im Labor und später im Workshop mit diesem Prozess, wie sie mikro- und makrooptische Komponenten wie Linsen herstellt. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Gestaltungsfreiheit (*Complexity for free*) und der Individualisierbarkeit. Nach der Erzeugung der

Form wird die Oberfläche noch laserpoliert. Der UKP-Laser kann Glas auch direkt oberflächlich abtragen, wobei es dann immer einen Kompromiss zwischen Prozessgeschwindigkeit und Oberflächenqualität zu finden gilt. Auch viele der Aktivitäten rund um Strahlformung mittels Flüssigkristallmodulatoren wurden beim Rundgang durch die Labore gezeigt. Beispiele lieferten vorher Martin Kratz und Martin Osbild, beide Fraunhofer ILT, zum SLE-Prozess und der Oberflächenstrukturierung.

Durch Strahlformung können sphärische Aberrationen reduziert, Multistrahlprofile erzeugt oder optische Stempel gebildet werden, mit denen größere Flächen am Stück strukturiert werden können. Wie diese Strahlformen möglichst perfekt mit neuronalen Netzen erzeugt werden können, demonstrierte Paul Buske vom RWTH Aachen, Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme, in seinem Vortrag.

Offen, hochspezialisiert, zukunftsorientiert – der UKP Workshop 2025

Es ist immer wieder beeindruckend, wie offen die UKP-Community hier über technische Details spricht, freute sich Dr. Dennis Haasler, Gruppenleiter am Fraunhofer ILT und Chair des Workshops, zum Abschluss des 8. UKP Workshop Ultrafast Laser Technology. Wieder einmal habe sich der Workshop als exzellente Plattform für den Austausch zwischen Forschung und Entwicklung und Industrie bewiesen, ergänzt Dr. Christian Vedder, Leiter der Oberflächentechnik-Abteilung des Fraunhofer ILT.

Der nächste UKP Workshop Ultrafast Laser Technology ist für den 28. und 29. April 2027 geplant.

➔ www.ilt.fraunhofer.de



Über intelligente Verfahren für die industrielle Laserbearbeitung informierte Florian Lendner von der GFH GmbH
(© Fraunhofer ILT)

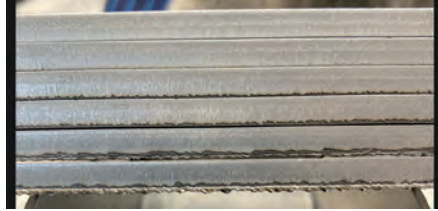
Bessere Schnittkanten beim Blechschneiden

Bereits seit vielen Jahren erarbeitet das Fraunhofer IPA gemeinsam mit Trumpf im Lab *Flexible Blechfertigung* KI-basierte Lösungen für den direkten Einsatz in der dortigen Produktion. Jetzt präsentiert das Team nach Mitteilung des Instituts in einer Veröffentlichung ein wichtiges Ergebnis, um die Maschinenparameter für das laserbasierte Schneiden von Blechen automatisiert zu optimieren.

Für eine hohe Produktqualität und Effizienz in der Fertigung ist es entscheidend, dass die Parameter der Produktionsmaschinen passend eingestellt sind. Dies spielt vor allem beim Thema Materialschwankungen oder speziellen Materialgütern eine Rolle. Häufig erfolgt das Einstellen dann noch manuell. Das Wissen ist somit an die Fachkraft und ihre individuelle Expertise gebunden. Manuelle Anpassungen sind zudem zeitintensiv, wodurch schlecht eingestellte Anlagen oft zu lange ineffizient bleiben. Auch sind aufgrund komplexer Produktionsprozesse oftmals nicht alle relevanten Zusammenhänge erkennbar. Diese Faktoren führen zu geringerer Qualität der Schnittkanten, niedriger Produktivität und hohen Produktionskosten.

Automatisiertes Parametrieren durch Transfer Learning

Künstliche Intelligenz (KI) bietet die Möglichkeit, die Parameter von Produktionsmaschinen automatisiert einzustellen und so die Nachteile des manuellen Vorgehens zu überwinden. Hierfür ist dem Forschungsteam des Fraunhofer IPA und von Trumpf ein entscheidender Fortschritt gelungen. Denn möchte man die Maschinenparameter automatisiert einstellen, bedeutete das viel Aufwand: Nötig war bisher ein iterativer Prozess, der die Herstellung eines Objekts und dessen Qualität analysiert und miteinander in Beziehung setzt. Setzt man hierfür KI ein, reduzieren sich die nötigen Iterationen jedoch merklich. Denn mithilfe von maschinellen Optimierungsalgorithmen können vorhandene Maschinenparameter über objektivierte Qualitätsparameter und darauf aufbauend das Transfer Learning genutzt werden. So lassen sich die optimalen Parameter mit einem Minimum an Iterationen ermitteln. *Unserem entwickelten KI-Algorithmus gelingt es, Vorwissen aus bereits gesammelten Daten optimal zu nutzen*, berichtet Philipp Wagner, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer IPA. Gleichzeitig schlägt er auch schnell neue Parameterkon-



Verbesserungen: Mit den Standardparametern (unten) entsteht ein sehr großer Grat; dieser reduziert sich schrittweise und erreicht nach fünf Iterationen eine ideale Qualität (Bild: Trumpf)

figurationen vor, die die Produktqualität im Vergleich zur manuellen Einstellung deutlich steigern können.

Praktische Validierung in der Blechfertigung

Die erzielten Ergebnisse [1] konnte das Team direkt in der Fertigung von Trumpf validieren. Die Tests erfolgten beim Laserschneiden von Blechen mit einer Laserflachbettmaschine. Es gelang mithilfe der KI-Methode, die Maschinenparameter automatisiert mit wenig Aufwand zu verbessern. So kann Trumpf die Qualität seiner Produkte gerade für abweichende Materialgüter weiter erhöhen und für die Kunden Produktionskosten senken. Zudem vereinfacht sich die Maschinenbedienung. Nicht zuletzt gibt es weniger Ausschuss, was auch auf die Nachhaltigkeitsziele des Unternehmens einzahlt. Und Philipp Leube von Trumpf erklärt: *Durch unser neues Produkt kann die Optimierung direkt am Kundenteil erfolgen*. Dies erspart die Optimierung an Testteilen, für die Material extra freigehalten oder zusätzlich aufgelegt und anschließend entsorgt werden müsste.

Ein weiterer Vorteil der entwickelten Lösung ist, dass die Schnittkantenqualität auch sehr schnell automatisiert und objektiv beurteilt werden kann. Grundlage hierfür sind lediglich eine schnelle Bildaufnahme und die KI-basierte Auswertung des Bilds. Für die Auswertung

können auch Kriterien aus der entsprechenden DIN EN ISO 9013 einbezogen werden.

Weitere Einsatzmöglichkeiten

Die entwickelte Lösung ist nicht nur für das Laserschneiden von Blechen einsetzbar, sondern auch für viele andere Produktionsprozesse mit hohem Variantenreichtum perspektivisch möglich, wie beispielsweise beim Spritzgießen, bei der automatisierten Kabelbaummontage oder bei der Batteriezellenproduktion.

Über das Fraunhofer IPA

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA ist nach eigenen Angaben mit annähernd 1200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eines der größten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft. Der gesamte Haushalt beträgt 94 Millionen Euro. Organisatorische und technologische Aufgaben aus der Produktion bilden die Entwicklungs- und Forschungsschwerpunkte in elf Forschungsbereichen. Methoden, Komponenten und Geräte bis hin zu kompletten Maschinen und Anlagen werden von den Forschenden entwickelt, erprobt und umgesetzt. In elf Geschäftsbereichen setzt das Fraunhofer IPA Forschungsergebnisse gemeinsam mit kleinen und großen Unternehmen um. Dabei fokussiert es sich insbesondere auf die Branchen Automotive, Maschinen- und Anlagenbau, Elektronik und Mikrosystemtechnik, Energie, Medizin- und Biotechnologie sowie Prozessindustrie.

Literatur

[1] Ph. Wagner, T. Nagel, Ph. Leube, M. F. Huber: Sample-Efficient Bayesian Transfer Learning for Online Machine Parameter Optimization; arXiv:2503.15928, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.15928>

Kontakt

Christian Jauch, Fraunhofer-IPA,
E-Mail: christian.jauch@ipa.fraunhofer.de
➔ www.ipa.fraunhofer.de

Materialien, Komponenten und Systeme für Wasserstoffanwendungen

HM25: Langfristige Leistungsfähigkeit von Materialien, Komponenten und Systemen für Wasserstoff

Welche Materialien müssen für die Herstellung, Speicherung und Nutzung von Wasserstoff ertüchtigt werden und wie geht das effizient? Forschende aus dem Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF entwickeln nach Mitteilung des Instituts neue Analyse-, Bewertungs- und Testverfahren, die zur Beherrschung des komplexen Beanspruchungszustands von Wasserstoffsystemen wie Brennstoffzellen, Elektrolyseuren und Tanks, aber auch einzelner Komponenten beitragen und so deren langfristige Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit sicherstellen.

Am Fraunhofer LBF entwickeln disziplinübergreifende Expertenteams Verfahren und Methoden zur Bewertung und Optimierung der Zuverlässigkeit von Materialien, Komponenten und Systemen für Wasserstoffanwendungen. Ziel ist die Sicherstellung der langfristigen Leistungsfähigkeit und Lebensdauer neuer Produkte und Systeme. Die realisierbaren Testszenarien gehen nach eigenen Angaben weit über den Stand der Technik hinaus. Mit diesen hocheffizienten und flexiblen Analysemethoden wird eine signifikante Beschleunigung der Produktentwicklung zur optimalen Gestaltung von Energiespeichern und Brennstoffzellensystemen bereits in der frühen Entwicklungsphase erzielt, schreibt das Fraunhofer LBF.

Zuverlässigkeitsbestimmung von Wasserstoffsystemen im Einsatz

Die Fraunhofer-Forschenden simulieren Alltagsbedingungen und nutzen die gewonnenen Daten von unterschiedlichen Bauteilen, beispielsweise aus dem Fahrwerksbereich, dem Wasserstofftank oder dessen Befestigung für Aussagen zur Zuverlässigkeit. Dabei kommen Akustik-Emission-Sensoren für eine Zustandsüberwachung der lasttragenden Struktur zum Einsatz. Auch mittels Dehnungsmessstreifen zeichnen sie zum Beispiel Beanspruchungen der Peripherie auf und erfassen unter anderem Beanspruchungsprofile durch Betankungs- und Entleerungsvorgänge.

Außerdem führen die Expertinnen und Experten Materialcharakterisierungen an metallischen und nichtmetallischen Werkstoffen unter Wasserstoffatmosphäre durch, um relevante Kennwerte zur Werkstoffauswahl der Komponenten zu ermitteln und eine mögliche und versagensrelevante Wasserstoffversprödung (bei metallischen Werkstoffen) der Systemkomponenten zu vermeiden. Neben den Analysen auf Werkstoffebene werden auch einzelne Stacks oder komplette Brenn-

stoffzellen unter multiaxialen Belastungen untersucht.

Wasserstoffverbrennung in Nutzfahrzeugen

Die Wasserstoffverbrennung rückt insbesondere für den Nutzfahrzeugsektor in den engeren Fokus der Anwendung. Neben spezifischen Werkstoffuntersuchungen können neu designte und auf Wasserstoffverbrennung ausgelegte Komponenten hinsichtlich ihrer Festigkeitseigenschaften am Fraunhofer LBF untersucht werden. Damit bieten die Forschenden ein umfassendes Portfolio an Kompetenzen, um insbesondere die Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit von Komponenten für Anwendungen im Mobilitätssektor sicher zu stellen.

Untersuchung der Abbaumechanismen von Materialien in Medien von Wasserstoffsystemen

In den Autoklaven am Fraunhofer LBF werden beispielsweise Langzeituntersuchungen unter realitätsnahen harschen Konditionen ausgeführt, wie sie beispielsweise in Elektrolyseuren auftreten. Diese Betrachtungen liefern wertvolle Informationen über die Leistungsfähigkeit und Stabilität von Materialien. Auf diese Weise können Anwender die geeigneten Materialien für ihre zukünftigen Entwicklungen in der Wasserstofftechnologie auswählen und es wird sichergestellt, dass die so entstehenden Produkte höchsten Standards entsprechen. Die Anwender vertiefen ihr Verständnis für die Einsatzfähigkeit und die Anwendungsmöglichkeiten der aktuellen Materialien.

Zudem können sie auf Methoden zur Berücksichtigung der Materialeigenschaften in der simulativen Bauteilauslegung zugreifen. Dies erleichtert die Optimierung der Materialien und Bauteile in Hinblick auf Einsatzdauer und Nachhaltigkeit unter Berücksichtigung individueller Einsatzbedingungen.



Ein Fahrzeug mit Tank, Brennstoffzellen, Wasserstoffverbrenner und integrierter Sensorik demonstriert die Belastungen und Ansprüche an die Zuverlässigkeit von Wasserstoffsystemen im Einsatz (Bild: Fraunhofer LBF)



Am Fraunhofer LBF werden auch harsche Konditionen, wie sie in der Wasserstoffwirtschaft herrschen, simuliert (Bild: Fraunhofer LBF)

Kontakt:

Prof. Dr. Saskia Biehl,
E-Mail: saskia.biehl@lbf.fraunhofer.de

➔ www.lbf.fraunhofer.de

Von der Rohstoffaufbereitung bis zum Recycling: neue Wege in der Batteriefertigung



Zum online-Artikel

Die Batteriefertigung steht im Zentrum globaler Industrie- und Klimapolitik. Mit dem weltweit wachsenden Bedarf an Energiespeichern für Elektromobilität und stationäre Anwendungen steigt auch die Bedeutung einer effizienten, nachhaltigen und regional unabhängigen Produktion. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entwickelt gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Industrie unterschiedliche Verfahren für Rohstoffaufbereitung, Elektrodenherstellung und Recycling und demonstriert, wie Lasertechnologien und KI eine zentrale Rolle in der zukünftigen Batterieproduktion spielen können.

Insbesondere die Rahmenbedingungen der Batterieproduktion stellen Unternehmen vor immense Herausforderungen: Die Abhängigkeit von Rohstoffen wie Lithium, Kobalt und Nickel sorgt für geopolitische Spannungen. Gleichzeitig werden Lieferketten durch globale Krisen und steigende Transportkosten immer fragiler. Europa steht also vor der Aufgabe, eine resiliente Wertschöpfungskette aufzubauen, die sowohl Rohstoffförderung als auch Weiterverarbeitung umfasst sowie Recycling – immerhin sind Altbatterien die ergiebigste deutsche Lithiumressource. Hinzu kommt, dass sich Produktionsprozesse aus Gründen der Investitionssicherheit flexibel an neue Batteriekonzepte wie Festkörper- oder Natriumionenbatterien anpassen lassen müssen.

Angesichts dieser Herausforderungen wird klar, dass die Zukunft der Batteriefertigung in Europa nur durch den Einsatz modernster Technologien gesichert werden kann. Vor allem die Lasertechnik bietet Lösungen, um die

zentralen Anforderungen – Effizienz, Präzision und Nachhaltigkeit – zu erfüllen. Ob in der Materialbearbeitung, der Elektrodenherstellung oder im Recycling: Ohne innovative Laserprozesse ist eine wettbewerbsfähige und nachhaltige Batterieproduktion in Europa kaum denkbar.

Rohstoffaufbereitung und Materialveredelung: Basis einer nachhaltigen Batterieproduktion

Materialien wie Lithium und Nickel sind nach wie vor Bestandteile aktueller Batteriezellen. Ihre chemischen und physikalischen Eigenschaften ermöglichen hohe Energiedichten und lange Lebensdauern, ihre Gewinnung und Verarbeitung indes bringen komplexe Probleme mit sich. Doch Batterietechnologien entwickeln sich rasant weiter, mit dem Ziel, den Einsatz seltener und teurer Rohstoffe zu minimieren. CATL präsentierte bereits 2021 eine Natriumionenbatterie, die vollständig auf Lithium und Kobalt verzichtet. Im Ap-

ril 2024 hat der chinesische Batteriehersteller eine kobaltfreie Lithium-Eisenphosphat (LFP)-Batterie eingeführt mit einer Reichweite von über 1000 Kilometern. In nur zehn Minuten kann sie genug Energie für 600 Kilometer laden, was einer Ladegeschwindigkeit von einem Kilometer pro Sekunde entspricht. Toyota plant, ab 2025 Feststoffbatterien in Hybridfahrzeugen einzusetzen. Nissan hat in Japan eine Prototypen-Produktionsanlage für laminierte Feststoffbatterien in Betrieb genommen. Panasonic hat eine Feststoffbatterie für Drohnen vorgestellt. VW und Mercedes, Ford und BMW stehen kurz vor der Einführung von Feststoffbatterien oder sind strategische Partnerschaften eingegangen. Ein wesentlicher Ansatzpunkt für neue Batterietechnologien ist die Materialveredelung auf Nanoebene, bei der Rohstoffe gezielt aufbereitet und funktionalisiert werden, um ihre Leistungsfähigkeit in Batterien zu maximieren. Daran forscht die Abteilung *Oberflächentechnik und Formabtrag* am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik. Moderne Lasertechnologien ermöglichen präzise Eingriffe in die Materialstruktur und minimieren gleichzeitig den Ressourcenverbrauch.

Ein weiteres Beispiel für den erfolgreichen Einsatz von Lasertechnologien findet sich in der Zusammenarbeit zwischen dem Fraunhofer ILT, dem Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen, Trumpf und dem Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY. Durch den Einsatz von Röntgenstrahlen eines Teilchenbeschleunigers konnten tiefere Einblicke in Laserschweißprozesse gewonnen werden. Dabei zeigte sich, dass der Einsatz von Lasern mit grüner Wellenlänge die Materialausnutzung verbessert und den Ausschuss reduziert. Diese Erkenntnisse bieten nicht nur technologische Vorteile, sondern tragen auch zu einer nachhaltigeren Fertigung bei. Diese Projekte verdeutlichen nach Aussage von Dr. Alexander Olowinsky, Abteilungsleiter Fügen und Trennen am Fraunhofer ILT, dass



Mit Laser und KI zur nachhaltigen Batterieproduktion: kosteneffizient und zuverlässig in der Fertigung
(© Fraunhofer ILT, Aachen)

innovative Lasertechnik nicht nur die Herausforderungen der Rohstoffaufbereitung meistern kann, sondern auch eine nachhaltige und wettbewerbsfähige Batterieproduktion in Europa ermöglicht.

Elektrodenherstellung: Innovationen für eine nachhaltige Produktion

Die Beschichtung der Stromableiterfolien (Kupfer oder Aluminium) mit den Elektrodenmaterialien für Anode und Kathode und deren anschließende Trocknung sind entscheidende Schritte, die sowohl die Energiedichte als auch die Zykluslebensdauer der Batterien beeinflussen. Konventionelle Trocknungsverfahren, die auf Konvektionsöfen basieren, haben jedoch einen erheblichen Energieverbrauch und einen großen Platzbedarf, was die Nachhaltigkeit und Effizienz der Batterieproduktion einschränkt. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt *IDEEL (Implementation of Laser Drying Processes for Economical & Ecological Lithium Ion Battery Production)* zeigt, wie La-

sertrocknung diese Herausforderungen löst: In dem Projekt wurde erstmals die Trocknung von Anoden und Kathoden im Rolle-zu-Rolle-Verfahren mithilfe eines Hochleistungsdiodenlasers realisiert. Diese Methode senkt den Energieverbrauch erheblich, verdoppelt gleichzeitig die Trocknungsgeschwindigkeit und halbiert den Platzbedarf.

Die Lasertrocknung ermöglicht nicht nur eine effizientere Prozessführung, sondern trägt auch dazu bei, die CO₂-Bilanz der Batterieproduktion signifikant zu verbessern, erklärt Dr. Samuel Moritz Fink, Gruppenleiter Dünnschichtverfahren am Fraunhofer ILT. Fink und sein Team entwickelten gemeinsam mit den Projektpartnern ein Lasertrocknungsmodul mit angepasster Optik und Prozessüberwachung, die eine gleichmäßige Trocknung gewährleistet. Dieser Ansatz bietet zudem Flexibilität: Bestehende Konvektionsöfen lassen sich mit der Lasertechnologie nachrüsten, was die Implementierung in bestehende Produktionslinien erleichtert.

In einem anderen Forschungsprojekt nutzt das Fraunhofer ILT eine speziell entwickelte Multistrahloptik. Diese teilt die Laserstrahlung in mehrere Teilstrahlen auf, die simultan ein 250 Millimeter breites Band einer Lithiumionen-Batterieanode bearbeiten. Diese hochpräzise Strukturierung erhöht die Energiedichte und Schnellladefähigkeit. Die Elektrodenherstellung profitiert zudem von der Integration künstlicher Intelligenz in den Fertigungsprozess. Forschende am Fraunhofer ILT untersuchen derzeit, wie KI-gestützte Systeme zur Optimierung von Prozessparametern eingesetzt werden können. Solche Systeme könnten nicht nur die Qua-

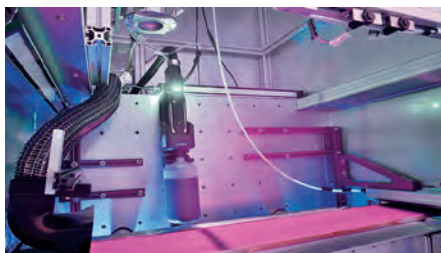


12 von 24 Teilstrahlen im Einsatz: Die Optik von Pulsar Photonics strukturiert das 300 mm breite Band der Batterieanode und verbessert so Leistungsdichte und Ladefähigkeit
(© Pulsar Photonics GmbH)

lität und Produktivität weiter steigern, sondern auch die Grundlage für eine autonome Fertigung legen.

Zellassemblierung: Präzision und Effizienz durch innovative Technologien

Neben der Trocknung der Elektroden spielt auch die präzise Verbindung der Elektrodenmaterialien eine zentrale Rolle für die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von Batterien. Hier hat sich das Lasermikroschweißen als Schlüsseltechnologie etabliert. Es ermöglicht kontaktloses, hochpräzises Fügen von Materialien wie Kupfer und Aluminium, die für Batterieelektroden essenziell sind. Durch die geringe thermische Belastung bleibt die empfindliche Zellchemie unversehrt, während die elektrische Leitfähigkeit durch reduzierte Übergangswiderstände optimiert wird. Lasermikroschweißen bietet eine Kombination aus Flexibilität und Effizienz, die traditionelle Schweißverfahren nicht erreichen können. Die Anforderungen an das Lasermikroschweißen variieren je nach Zellformat, da jede Zellart spezifische Herausforderungen bei der Kontaktierung mit sich bringt. Zylindrische Zellen erfordern eine präzise Schweißtiefe, um einerseits die elektrische Leitfähigkeit zu gewährleisten und andererseits Beschädigungen durch Überhitzung zu vermeiden.



Der Hochleistungsdiodenlaser aus dem IDEEL-Forschungsprojekt macht die Serienproduktion von Lithiumionenbatterien durch das Rolle-zu-Rolle-Verfahren deutlich nachhaltiger und wirtschaftlicher (© Fraunhofer ILT, Aachen)

WOMag-App

Online und offline auf mobilen Geräten

- ➔ mobil und bequem nutzen
- ➔ Suche nach Stichworten und mit Kategorien
- ➔ Schnellsuche mit Bildgalerien
- ➔ umfangreiche Verlinkungen nutzen
- ➔ Nachrichtendienst zu interessanten Neuheiten
- ➔ ... und mehr

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Unter WOMag-online steht der gesamte Beitrag zur Ansicht zur Verfügung. Im Weiteren werden Sensoren für das Batteriemanagement sowie laserbasierte Technologien der Verbindungstechnik für elektronische Baugruppen vorgestellt. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 3,5 Seiten mit 8 Abbildungen.

Smarte und kompakte Sensorik durch Edge-KI

Projekt *InSeKT* an TH Wildau, Leibniz-Institut IHP und Fraunhofer IPMS gestartet

Ein neu gestartetes, interdisziplinäres Forschungsprojekt von Brandenburger Hochschulen und Forschungseinrichtungen entwickelt neue technologische Ansätze zur besseren und effektiveren Einbindung Künstlicher Intelligenz an den Kanten von IT-Netzwerken, sogenannten *Edges*. Diese Entwicklungen können künftig insbesondere für Anwendungen in der Industrieelektronik, Medizintechnik und Umweltüberwachung von großer Bedeutung sein. Das Fraunhofer IPMS trägt seine Expertise für miniaturisierte Sensorstrukturen und die Integration von elektronischen Komponenten bei.

Im Projekt mit dem einprägsamen Namen *InSeKT* (*Entwicklung von intelligenten Sensor-Kanten-Technologien*) arbeiten die Technische Hochschule Wildau, das Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP) und das Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS gemeinsam an neuen Hardware-, Software- und Sensorlösungen, um Künstliche Intelligenz (KI) besser an den *Edges* von IT-Netzwerken einzusetzen. Gerade KIs müssen hohe Mengen an Daten verarbeiten, und das möglichst schnell. Das Projekt hat nach Mitteilung des Fraunhofer IPMS das Ziel, die komplexen Berechnungen direkt am Entstehungsort der Daten, also zum Beispiel unmittelbar am Sensor selbst, zu ermöglichen. Die Datenverarbeitung mittels KI geschieht derzeit häufig über zentrale Cloud-Computing-Lösungen. Die Berechnung der Daten erfolgt auf zentralen Servern, was dazu führt, dass größere Datenmengen über größere Distanzen übertragen werden. Dadurch kann es immer wieder zu Datenlecks kommen und damit zu Angriffsmöglichkeiten für unbefugte Dritte. Eine dezentrale Datenverarbeitung verbessert nicht nur den Datenschutz, sondern ermöglicht auch eine Echtzeitfähigkeit der Systeme, da Datenübertragungen über große Distanzen hinweg vermieden werden. Das Projekt adressiert die wesentlichen Faktoren für eine Marktakzeptanz: Technologien für die Systemintegration entwickeln, Kosten senken, Zuverlässigkeit erhöhen und den Miniaturisierungsgrad steigern. Es wird von einem interdisziplinären Team verschiedener Institutionen und Fachdisziplinen geleitet.

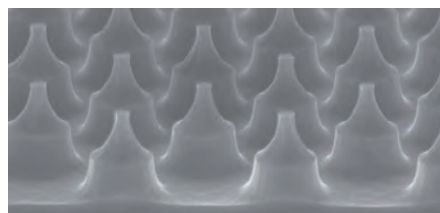
Fortschrittliche Sensorik zur Lösung von Material- und Integrationsproblematiken

Der in Cottbus angesiedelte Institutsteil *Integrated Silicon Systems* des Fraunhofer

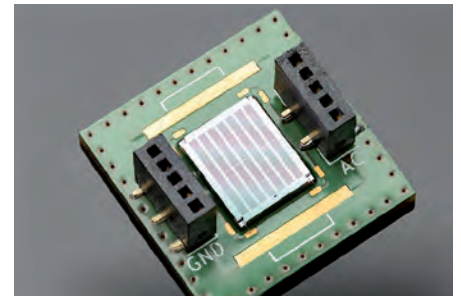
IPMS arbeitet an der Funktionserweiterung und -integration von bereits bestehenden MEMS-Sensoren für Edge-KI-Anwendungen. Dabei wird die Signalverarbeitung direkt in den Sensor integriert und Daten können unmittelbar dort gesammelt werden, wo sie entstehen. Das Ziel ist eine erhöhte Anpassungsfähigkeit von Sensoren an unterschiedliche Einsatzszenarien, ohne die darunter liegende Hardware auszutauschen.

Ein erster zentraler Entwicklungsbereich am Fraunhofer IPMS ist die Gasanalyse mittels Ionenmobilitätsspektrometern (IMS). Ein IMS ermöglicht es, ionisierbare Analytsubstanzen schon in geringsten Konzentrationen direkt in der Luft nachzuweisen. Bestehenden Ansätzen fehlt es an ausreichender Miniaturisierbarkeit. Ein erster IMS-Demonstrator, der auf einem FAIMS-Ansatz (field asymmetric waveform ion mobility spectrometry) beruht, verfügt über flexible Elektrodenabstände, wodurch diese Hürde überwunden werden kann.

Des Weiteren wird das Ziel einer datengestützten Bewertung von Photodetektoren für den nahinfraroten Wellenlängenbereich verfolgt. Diese werden beispielsweise in der Materialanalyse sowie dem Wertstoffrecycling eingesetzt und machen sogar eine Analyse durch Verpackungen hindurch möglich. Insbesondere die Verbesserung eines



Pyramidalstrukturen in Photodetektoren (REM-Aufnahme) (© Fraunhofer IPMS)



Ultraschallsensorchip (L-CMUT) (© Fraunhofer IPMS)

Al-TiN-Si-Schottky-Detektorbauelements mit zylindrischen Pyramidalstrukturen zur höheren Empfindlichkeit und besseren Skalierbarkeit durch günstigere Materialien steht hier im Fokus.

Ein dritter Bereich behandelt den angepassten Einsatz von kapazitiven mikromechanischen Ultraschallwandlern (CMUTs) für eine verbesserte Bildgebung. CMUTs sind durch ihre Größe und das kapazitive Wirkprinzip hochempfindliche Ultraschallempfänger. Die sensornahe Signalauswertung ermöglicht hier eine schnellere Bildgebung. *Später können damit sehr genaue Analysen von Handbewegungen mittels eines von Fledermäusen nachempfundenen Ultraschallsignals möglich gemacht werden aber auch die Messung von Blutzucker mittels Ultraschalls*, erklärt Dr. Sebastian Meyer, Leiter des Institutsteils *Integrated Silicon Systems* am Fraunhofer IPMS.

Die TH Wildau und das Leibniz IHP verwenden im Anschluss die generierten Daten, um Edge-KI-Systeme für die schnelle und exakte Datenverarbeitung zu trainieren. Die Ergebnisse im Projekt ermöglichen weitere Schritte hin zu intelligenteren und kompakteren Sensorsystemen.

➔ www.ipms.fraunhofer.de

Gradiert poröse Strukturen aus dem Metall-3D-Drucker

Wie erreicht man Permeabilität in einem Metallbauteil, ohne es im Nachhinein zu bohren oder mit Filtern auszustatten? Forschende am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT haben nach Mitteilung des Instituts eine Methode entwickelt, mit der sich metallische Werkstoffe additiv so verarbeiten lassen, dass sie lokal permeabel oder dicht sind – mit gradierten Übergängen dazwischen, hoher Präzision, reproduzierbar und in einem einzigen Fertigungsschritt.

Die neu entwickelte Methode basiert auf dem Laser Powder Bed Fusion (LPBF)-Verfahren, bei dem Metallpulver schichtweise aufgetragen und mit einem Laser selektiv umgeschmolzen wird. Bisher lag der Fokus darauf, möglichst dichte und belastbare Bauteile herzustellen. *Aber wenn wir lokal gezielt Porosität zulassen, zum Beispiel durch veränderte Prozessparameter, können wir kontrollierte Permeabilität erzeugen*, erklärt Andreas Vogelpoth aus der Gruppe LPBF Prozess- und Systemtechnik am Fraunhofer ILT.

Das Ergebnis sind vollständig metallische Komponenten, die lokal permeabel sind, – zum Beispiel für Gase oder Flüssigkeiten – und dabei weiterhin die benötigte mechanische Integrität aufweisen. Der Trick: Unterschiedlich dichte Bereiche lassen sich durch das LPBF-Verfahren innerhalb eines Bauteils kombinieren. Die Übergänge können entweder trennscharf oder gradiert realisiert werden.

Funktion statt Nachbearbeitung

Klassische Metallschäume oder Gewebestrukturen erfüllen ähnliche Funktionen, müssen aber meist separat hergestellt und in Bauteile eingebracht werden. Das kostet Zeit, ist hinsichtlich des Gestaltungsfreiraums begrenzt und führt aufgrund von Naht- und Verbindungsstellen zur Änderung von physikalischen Eigenschaften des Bauteils, bei-

spielsweise die Steigerung von thermischen und elektrischen Widerständen. Die Fraunhofer-Lösung integriert poröse Zonen direkt in das Bauteil. Nachbearbeitung ist damit nicht notwendig. Selbst komplexe Geometrien mit innenliegenden Strukturen lassen sich so verwirklichen.

Wir bringen damit eine neue Funktionalität in den 3D-Druck – Permeabilität als gestaltbares Merkmal, erklärt Vogelpoth. Besonders interessant ist das Verfahren überall dort, wo Gase oder Flüssigkeiten gesteuert verteilt, gefiltert oder geleitet werden müssen.

Ein zentrales Einsatzgebiet ist die Wassertechnologie, konkret: Elektrolyseure. Diese bestehen aus komplex aufgebauten Zellstapeln mit verschiedenen Funktionsschichten. Das Fraunhofer ILT prüft derzeit, ob sich diese Schichten direkt additiv fertigen lassen, inklusive gezielt durchlässiger Bereiche. Ziel ist, die Zahl der Einzelteile zu reduzieren, und so Effizienz, Materialeinsatz und Produktionskosten zu verbessern.

Die Experten des Fraunhofer ILT sind zudem bereits in Kontakt mit Endanwendern anderer Einsatzgebiete wie Turbomaschinenbau, Werkzeugbau, Wärmetauscher und Filter sowie Chemie. Das breite Spektrum an möglichen Anwendungsfällen unterstreicht die Relevanz der entwickelten Lösung für Hochtechnologieanwendungen.

Die Herstellung der porösen Bereiche ist zuverlässig reproduzierbar, was die Forschenden bereits mit Computertomografie und Querschliffen nachgewiesen haben. Aktuell wird im Rahmen eines Forschungsprojekts am nächsten Schritt gearbeitet: der präzisen Steuerung der Permeabilität über Prozessparameter.

Plan ist, dass Anwenderinnen und Anwender uns künftig sagen, welche Permeabilität in welchen Bauteilbereichen benötigt wird – und wir liefern das passende Design und die passenden Prozessparameter, so Vogelpoth.

Im Unterschied zu anderen Akteuren, die ähnliche Verfahren bereits im Turbomaschinenbau untersuchen, verfolgt das Fraunhofer ILT einen offenen, anwendungsübergreifenden Ansatz. Ziel ist, das Verfahren für neue Einsatzfelder zugänglich zu machen – gerade auch für mittelständische Unternehmen, die bislang keinen Zugang zu solch komplexen Fertigungsmethoden hatten.

Kontakt

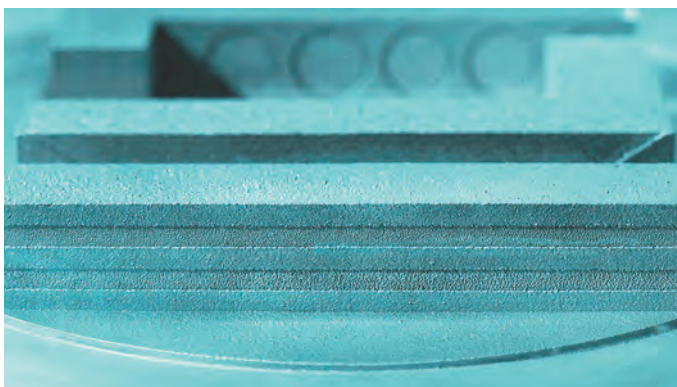
Andreas Vogelpoth M. Sc., Gruppe LPBF Prozess- und Systemtechnik,

E-Mail: andreas.vogelpoth@ilt.fraunhofer.de

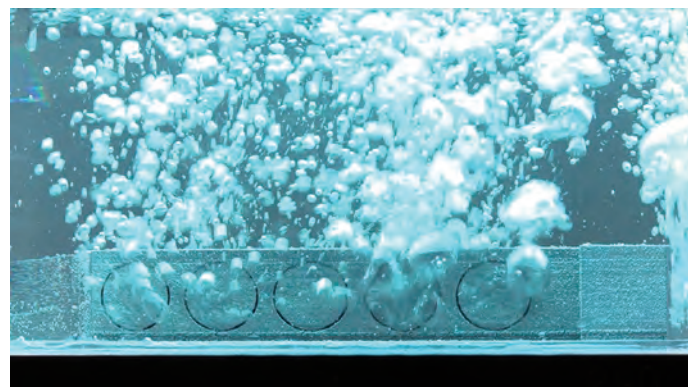
Niklas Prätzsch M. Sc., Gruppe LPBF Prozesstechnik,

E-Mail: niklas.praetzschi@ilt.fraunhofer.de

➔ www.ilt.fraunhofer.de



Detailansicht einer additiv gefertigten porösen Struktur, die die kontrollierte Permeabilität zwischen dichten und durchlässigen Bereichen veranschaulicht (©Fraunhofer ILT, Aachen)



Detailaufnahme der porösen Zonen in einem additiv gefertigten Bauteil, die die gezielte Kontrolle der Durchlässigkeit zwischen dichten und durchlässigen Bereichen demonstriert (©Fraunhofer ILT, Aachen)

Dichtungen ohne PFAS, mit Wasser geschmiert

Fraunhofer-Forschenden ist es gelungen, neue und nachhaltige Dichtungen zu entwickeln: frei von umweltschädigenden Stoffen wie PFAS und für wasserbasierte Schmiermittel geeignet, berichtet Fraunhofer.

Ob Schiffsschraube, Windrad oder Erntemaschine – wann immer sich etwas bewegt, sind Dichtungen entscheidend für die Funktionalität technischer Systeme. Um ihre Haltbarkeit zu erhöhen, bestehen sie bisher vorwiegend aus PFAS-haltigen Kunststoffen und werden mit erdölbasierten Schmiermitteln gepflegt, in Kraftwerken ebenso wie in Automobilen. Defekte verursachen daher nicht nur wirtschaftliche Schäden, sie können auch erhebliche Umweltbelastungen mit sich bringen, da Schmierstoffe und Chemikalien in die Umwelt gelangen.

Als so genannte Ewigkeitschemikalien lagern sich per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen, kurz PFAS, in der Umwelt an, können nicht abgebaut werden und bergen gesundheitliche Risiken, sagt Matthias Trenn, Leiter des Teams Oberflächenstrukturierung am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT. Ein bevorstehendes Verbot in der EU setze die Industrie zusätzlich unter Zugzwang. Zudem würden allein in Deutschland jährlich rund eine Million Tonnen ölhaltiger Schmierstoff-

fe verbraucht. Ein einziger Liter könne bis zu einer Million Liter Grundwasser verseuchen. Die Folgen seien verödete Böden, verseuchte Nahrungsmittel und zerstörte Ökosysteme. Wir wollten eine Lösung finden, die diese Herausforderungen zusammen adressiert, erläutert Matthias Trenn.

Gesichert umweltfreundlich in Bewegung

Das Vorhaben wurde ein voller Erfolg: Gefördert von der Fraunhofer-Zukunftsstiftung entwickelten Forschende der Fraunhofer-Institute für Lasertechnik ILT und für Werkstoffmechanik IWM im Projekt *pureWater-Seal* zukunftsweisende Dichtungen, die nicht nur ohne PFAS auskommen, sondern auch für wasserbasierte Schmierstoffe geeignet sind. Hierfür entwickelten die Expertinnen und Experten des Fraunhofer IWM um Dr. Manuel Mee, Teamleiter Tribologische Schichten, diamantähnliche Kohlenstoffbeschichtungen (Diamond-like carbon, DLC), die für PFAS-freie Kunststoffkomponenten ausgelegt sind.

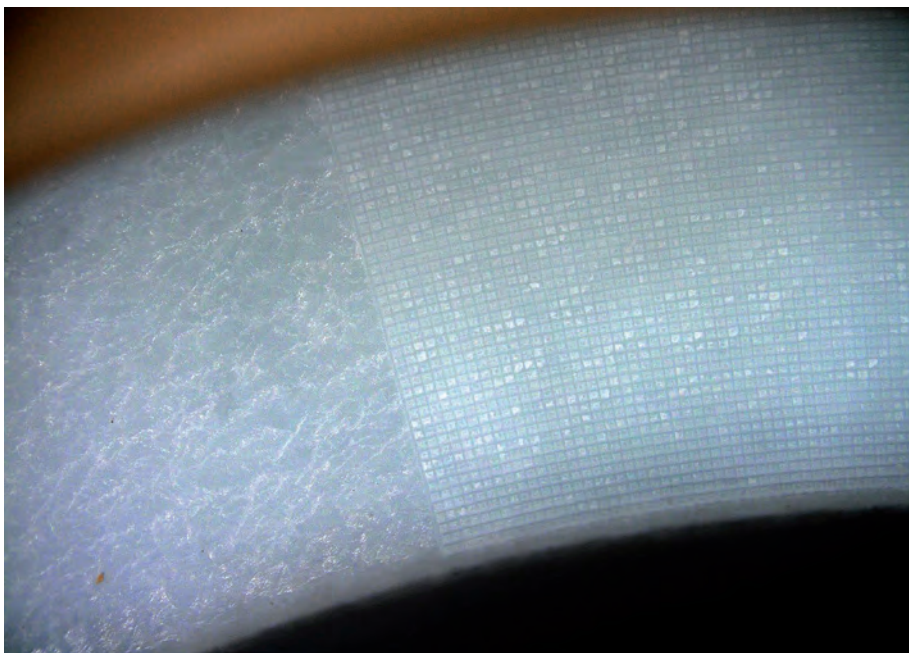
Im Zusammenspiel mit einer Laserstrukturierung des Fraunhofer ILT bauten die Forschenden gezielt innere Spannungen und mechanische Belastungen ab – nicht überall gleich, sondern lokal an vereinzelter Stellen. So bleibt die strukturelle Integrität der Schicht erhalten, und ihre funktionalen Eigenschaften, wie Verschleißfestigkeit und Reduzierung der Reibung, werden optimiert. Dies verlängert die Lebensdauer der Dichtungen deutlich. Die Kombination aus Beschichtung und Mikrostrukturierung ermöglicht zudem den Einsatz von wasserbasierten Schmiermitteln, was bisher nicht möglich war. Die Entwicklung der Dichtungen ist laut Dr. Christof Koplin, ein wichtiger Schritt zur Förderung umweltschonender Herstellungsverfahren – denn PFAS geraten vor allem bei der Herstellung in die Umwelt, weniger bei der Anwendung. *Wir schützen Ressourcen und Ökosysteme, indem wir ausschließlich unschädliche Stoffe verwenden. Zugleich erfüllen unsere Dichtungen auch anspruchsvolle Funktionsherausforderungen optimal,* freut sich Dr. Koplin, Teamleiter Polymertribologie und Biomedizinische Materialien am Fraunhofer IWM.

Gemeinsam für eine schnelle Umsetzung

Die Fraunhofer-Fachleute arbeiten eng mit Partnerunternehmen mit unterschiedlichem Anwendungsbezug daran, dass ihre Lösung schnell, erfolgreich und möglichst breit Eingang in die industrielle Praxis findet. Erste Prototypen sind bereits in Pumpen von Geothermiekraftwerken im Einsatz. Nun geht es darum, den Prozess auf große Anlagen zu übertragen und in Serienfertigung zu gehen. Parallel optimieren die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Dichtungen laufend für verschiedene Einsatzbereiche und Kundenbedürfnisse. Ein Spin-off, das die Entwicklungen vermarktet, ist bereits in der Planung.

➔ www.ilt.fraunhofer.de

➔ www.iwm.fraunhofer.de



Die Kombination aus PFAS-freier Beschichtung (links) und laserbasierter Mikrostrukturierung (rechts) ermöglicht den Einsatz von wasserbasierten Schmiermitteln (© Fraunhofer ILT)

Kreislaufwirtschaft für die Energiewende

Wasserstoff-Elektrolysezellen enthalten unter anderem sogenannte Selten-Erd-Metalle. Hat eine Elektrolysezelle ihren Dienst getan, landen die darin verbauten Materialien aktuell im Stahlschrott. Wie die Wertstoffe aus verbrauchten Elektrolysezellen so wiedergewonnen werden können, dass sie direkt für neue Zellen taugen, untersucht jetzt ein Forschungsteam der TU Bergakademie Freiberg. Die neue Methode veröffentlichen die Forschenden nach Mitteilung der TU Bergakademie Freiberg aktuell in der wissenschaftlichen Zeitschrift *Journal of Sustainable Metallurgy*.

Der Wasserstoff-Hype macht sie zu gefragten Rohstoffen für die Energiezukunft: So genannte Selten-Erd-Metalle, wie Scandium, Lanthan oder Cer. Denn in Festoxid-Elektrolysezellen für die Herstellung von Wasserstoff stecken rund 150 Kilogramm Selten-Erd-Metalle je 10-Megawatt-Modul. Laut aktuellen Ergebnissen des Teams der TU Bergakademie Freiberg lassen sich diese Metalle durch hydrometallurgische Verfahren aus den Elektroden der Elektrolysezellen zurückgewinnen – und damit künftig anstelle von primären Rohstoffen weiterverwenden.

Im Labor haben die Forschenden ihre neue Recyclingmethode schon nachgewiesen: Die jetzt veröffentlichten Ergebnisse wurden in einem kleinen Maßstab von 0,2 Gramm Zellenmaterial pro Versuch durchgeführt, wir arbeiten aber bereits daran die Ergebnisse in einen größeren Labormaßstab von derzeit bis zu 50 Gramm zu übertragen, sagt Vorschleiter Dr. Pit Völs.

Umweltschonende Aufbereitung der gefragten Metalle

Der Fokus des Teams lag auf hydrometallurgischen Recyclingmethoden, insbesondere

auf der Laugung, bei der die Metalloxide in eine wässrige Lösung überführt werden. Dafür trennen die Forschenden den Verbund aus Elektroden und Festelektrolyten zunächst mechanisch vom Stahl, der als Trennschicht und zur elektrischen Kontaktierung der Zellen eingesetzt wird. Anschließend erfolgt die von uns untersuchte Laugung der Selten-Erd-Metalle aus den Elektroden mit Säuren, erklärt Dr. Völs.

Im weiteren Projektverlauf sollen die Selten-Erd-Metalle dann mit umweltschonenden Chemikalien voneinander getrennt und recycelt werden. Zudem wird der entwickelte Recyclingansatz durch eine simulationsbasierte Ökobilanz bewertet.

Aus Alt mach Neu

Die Ergebnisse wurden im Forschungsprojekt GrInHy3.0 (Green Industrial Hydrogen) gemeinsam mit Partnern aus der Anwendung gewonnen. Gesamtziel ist eine neuartige Technologie für die Herstellung von Wasserstoff in Feststoffoxid-Elektrolysezellen. Wie der Projektleiter an der TU Bergakademie Freiberg, Prof. Alexandros Charitos, erklärt, wird die Technologie es ermöglichen,

die recycelten Metalle in den Materialkreislauf zurückzuführen. Damit sollen langfristig die Umweltauswirkungen des zukünftigen Abfallstroms, der bei der Wasserstoffherstellung entsteht, minimiert werden.

An den Versuchsanlagen der Projektpartner, des Elektrolyseur-Herstellers Sunfire SE und des Stahlproduzenten Salzgitter Flachstahl GmbH, wird die Wasserstoffproduktionstechnologie in den kommenden drei Jahren unter realen Einsatzbedingungen validiert. Pro Stunde soll die Anlage künftig 14 Kilogramm Wasserstoff produzieren.

Das Forschungsprojekt GrInHy3.0 wird bis 2027 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) gefördert.

Originalveröffentlichung

P. Völs, T. Veiga Barreiros, A. D. Laplana, et al.: Leaching of Solid Oxide Electrolyzer Cells for a Circular Hydrogen Economy; J. Sustain. Metall. 11, 1766–1777 (2025); <https://doi.org/10.1007/s40831-025-01080-9>

➔ www.tu-freiberg.de

GusChem
G. & S. PHILIPP CHEMISCHE PRODUKTE

Die effiziente Art der Wasserbehandlung.

Steigern Sie die Qualität Ihrer Produkte und Sparen Sie mit unseren eigen entwickelten Verfahren.

OT ZVO-OBERFLÄCHENTAGE
BERLIN
24.-26.9.2025
Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

Wir stellen aus
Stand Nr.:

62

Wir beraten Sie gerne persönlich über die

- langfristige Verhinderung von **Bakterien-, Algen- und Pilzwachstum** in wässrigen Lösungen
- mit der **42. BImSchV** verbundenen Maßnahmen. Auch ob Ihr Betrieb überhaupt betroffen ist.
- **Reinigung, Entkeimung und Entkalkung** wasserführender Systeme: Kiesfilter, Ionenaustauscher, Wasserkreisläufe, Module, Tauchanlagen u.a.
- **Abwasserbehandlung/-reinigung** Fäulen und Flocken, Komplexspalten, Entgiften und verschiedene Spezialbehandlungen



Besuchen Sie uns auf www.guschem.de

GusChem® - Qualität, die überzeugt!

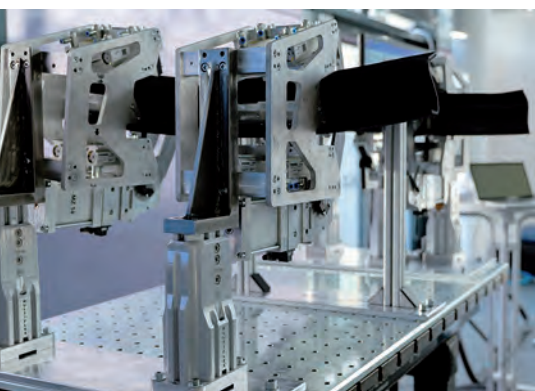
Forschungsprojekt TAVieDA

Die Herstellung von Türen für Passagierflugzeuge ist überwiegend Handarbeit. Besonders zeitaufwendig ist die Montage der Türstrukturen mit ihren Schraub- und Nietverbindungen. Viele Zwischenschritte sind erforderlich, um den direkten Kontakt unterschiedlicher Materialien zu vermeiden, der zu Korrosion führt. Werden statt Aluminium, Titan und Duroplasten hauptsächlich thermoplastische Kohlefaserverbundmaterialien (CFK) eingesetzt, die ohne Trennlagen automatisiert miteinander verschweißt werden können, geht es wesentlich schneller – die Fertigungszeit für die Türstruktur sinkt von 110 auf nur noch vier Stunden, berichtet das Fraunhofer IWU. Dies zeigt ein Forschungsprojekt von Fraunhofer IWU, Fraunhofer LBF, Trelleborg und Airbus Helicopters.

Ein Schlüssel zu kürzeren Montagezeiten liegt außerdem in der modularen Bauweise für unterschiedliche Flugzeugtürvarianten. Das Projektteam machte sich dafür gezielt auf die Suche nach Bauteilen in verschiedenen Türmodellen, die vereinheitlicht werden können. Fündig wurde es zum Beispiel beim Querträger. Die Forschenden entwarfen eine vollautomatische Montagelinie für die gängigsten Modelle und entwickelten Vorrichtungen sowie Spannelemente, die für die Füge-technologien Widerstandsschweißen und Ultraschallschweißen geeignet sind.

Von der Manufaktur zum eng getakteten, industriellen Fertigungsprozess

Gemeinsam mit den Kollegen von Airbus haben wir uns alle Türstrukturen genau angesehen, um die Geometrien für ein automatisches Spannen und Fügen anzupassen. Im Ergebnis konnten wir die einzelnen Montageschritte neu organisieren und durchgehend automatisieren, erklärt Dr. Rayk Fritzsche, Projektleiter am Fraunhofer IWU. Damit werde nur noch ein Bruchteil der bisherigen Durchlaufzeit benötigt. Lediglich für den Einbau der Verriegelungsmechanik ist noch Handarbeit erforderlich.



Am Fraunhofer IWU entwickeltes Spannelement für das automatisierte Spannen und Fügen thermoplastischer Kohlefaserverbundmaterialien bei Flugzeugtüren (z.B. Querträger)
(Bild: IWU)

Vorgesehen sind nun zwei weitgehend identische Montage- beziehungsweise Fügeanlagen, damit bei Ausfall einer Linie Ersatzkapazität zur Verfügung steht (Redundanz). Je zehn Türen können als Ergebnis verschiedener Vereinheitlichungsmaßnahmen in ein Los (Batch) zusammengefasst werden, bevor am Schichtende die Linie vollautomatisch für die nächste Modellreihe umgerüstet wird. Bezogen auf die Kapazität von 4000 Türen pro Jahr ergibt sich durch das neue Material- und Produktionskonzept ein erheblicher Skaleneffekt.

Lohnt sich die Investition in neue Produktionsanlagen?

Maxi Grobis aus dem IWU-Team Fabrikplanung, Simulation und Bewertung simuliert



Im Projekt TAVieDa wurde unter anderem die neue Dichtungsgeometrie mit Hilfe von Finite-Elemente-Simulationen entwickelt
(Bild: IWU)

te alle technischen und betriebswirtschaftlichen Aspekte der neuen Montagelinie – die sich meist wechselseitig bedingen. Zu den wichtigsten technischen Bewertungskriterien zählen die Komplexität von Produkt und Produktionsprozess, Automatisierungschancen und -risiken auch aus dem Blickwinkel von Flexibilität und Wandlungsfähigkeit oder die Gesamtanlagenverfügbarkeit in einer Kette verschiedener Einzelautomatisierungen.

Eine Automatisierung um der Automatisierung willen war keine Option. Grobis betont: *Damit eine Lösung aus einem Guss herauskommen konnte, haben wir den Gesamtprozess von Produktion und Montage der Tür betrachtet und in eine dynamische Kostenrechnung überführt.* Was technisch funktioniert, solle schließlich auch hinsichtlich Anschaffungskosten, Maschinenstundensätzen, Instandhaltungsaufwänden, Energiekosten, Kapitalbindung und Abschreibung stimmig sein. Allein das Einsparpotenzial bei den Lohnkosten oder durch kürzere Durchlaufzeiten aufzuzeigen, wäre zu kurz gesprungen. Das Ergebnis ist eindeutig.

Unter Berücksichtigung aller technischen, logistischen und betriebswirtschaftlichen Kriterien sollte die neu entwickelte Automatisierungslösung umgesetzt werden. Besonders stolz ist Grobis, dass sie mit ihrem integrierten Simulationsansatz auch die Planungszeiten um rund ein Viertel reduzieren konnten: Wer die Betriebswirtschaft von vornherein mitdenkt, spart sich bereits bei der Planung unnötige Änderungsschleifen.

Im Projekt TAVieDA (schnell-installierbares und robustes Flugzeugtürsystem unter Anwendung der Vielgestaltigkeit einer einstelltoleranten Dichtung und automatisierter Montage) arbeiteten die Institute Fraunhofer IWU und Fraunhofer LBF mit Airbus Helicopters und Trelleborg zusammen. Gefördert wurde das Projekt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo).

➔ www.iwu.fraunhofer.de

parts2clean 2025: höhere Anforderungen an die Bauteilreinigung

Strengere Sauberkeitspezifikationen für Bauteile und Komponenten, höhere Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit der Reinigung und striktere Vorgaben an die Energie- und Ressourceneffizienz der Prozesse – die industrielle Bauteilreinigung steht vor vielfältigen Herausforderungen. Lösungen, wie sich diese teilweise widersprüchlichen Ziele unter einen Hut bringen lassen, präsentiert die parts2clean. Die Informations- und Beschaffungsplattform mit dem weltweit umfassendsten Angebot zur industriellen Reinigungstechnik wird vom 7. bis 9. Oktober 2025 auf dem Messegelände Stuttgart durchgeführt. Das Rahmenprogramm der 21. internationalen Leitmesse bietet außerdem einen international gefragten Wissenstransfer zu Trends, Innovationen und Benchmark-Anwendungen.



Ob New Mobility, Elektronik, Halbleiterindustrie, Sensortechnik, Optik, Medizintechnik, Pharmaindustrie, Luft- und Raumfahrt oder Verteidigung – in nahezu allen Branchen werden Bauteile und -gruppen zunehmend kompakter, komplexer und empfindlicher gegenüber Verunreinigungen. Für die Bauteilreinigung ergeben sich daraus höhere Anforderungen an die Sauberkeit. Entsprechend braucht es angepasste beziehungsweise optimierte Reinigungsprozesse. Parallel dazu gewinnt die Sauberkeit des Fertigungsumfelds an Bedeutung, um Verunreinigungen zu minimieren sowie Kreuz- und Rückkontaminationen zu vermeiden. Diese Aspekte spielen auch eine wesentliche Rolle, wenn es um die Wirtschaftlichkeit der Reinigung geht. Darüber hinaus wird ein reduzierter Ressourcenverbrauch und verringerter CO₂-Fußabdruck auch in der Bauteilreinigung zu einer immer wichtigeren Kernanforderung.

Gefragte Reinigungslösungen,

Mit dem international aktuellsten und umfassendsten Angebot im Bereich der industriellen Reinigungstechnik präsentiert die parts2clean Lösungen, mit denen sich die gestiegenen Anforderungen an die Bauteilrei-



Ramtin Randjbar-Moshtaghin ist seit 1. Juni 2025 Project Director bei der Deutschen Messe AG
(Bild: Deutsche Messe AG)

gung unter technologischen, ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten effektiv erfüllen lassen, sagt Ramtin Randjbar-Moshtaghin, seit 1. Juni 2025 Project Director bei der Deutschen Messe AG. Das Lösungsportfolio der Aussteller ist dabei optimal an den jeweiligen Fertigungsschritt, die Bauteilgeometrie und das -material sowie die Verunreinigungen und Sauberkeitsanforderungen angepasst – von der Entgratung über die Vor- beziehungsweise Zwischenreinigung bis zur End- und High Purity-Reinigung. Themen wie Automatisierung, Digitalisierung und künstliche Intelligenz (KI) spielen dabei ebenfalls eine Rolle.

Das komplette und innovative Ausstellungsspektrum mache die parts2clean zur global wichtigsten Informations- und Beschaffungsplattform für industrielle Reinigungstechnik. Dies lasse sich auch daran ablesen, dass die internationale Leitmesse mit 99 Prozent fast ausschließlich Fachbesucher anzieht. Davon kämen rund 80 Prozent mit Investitionsabsichten, ergänzt Ramtin Randjbar-Moshtaghin. Durchgeführt wird die 21. internationale Leitmesse für industrielle Teile- und Oberflächenreinigung vom 7. bis 9. Oktober 2025 in Stuttgart.

p2c.EXPERTFORUM und Award-Verleihung

Die branchen-, technologie- und werkstoffübergreifenden Reinigungslösungen der Aussteller werden durch ein attraktives Rahmenprogramm ergänzt. Dazu zählt das als gefragte Wissensquelle etablierte, zweisprachige p2c.EXPERTFORUM, das in Kooperation mit dem Fraunhofer-Geschäftsbereich Reinigung und dem Fachverband industrielle Teilereinigung (FiT) organisiert und durchgeführt wird. Die Themen der simultan übersetzten (Deutsch <-> Englisch) Vorträge bieten Informationen zu aktuellen Herausforderungen, neuen Entwicklungen und Trends in der industriellen Teilereinigung ebenso wie zu Benchmark-Applikationen sowie Grundlagenwissen, konkretisiert Ramtin Randjbar-Moshtaghin.

Ein Highlight des Rahmenprogramms der diesjährigen Veranstaltung erwartet die Besucher auf der Sonderschaufläche des FiT: die Verleihung des 4. FiT2clean Awards. Die mit 10 000 Euro dotierte Auszeichnung prämiiert jährlich herausragende Leistungen und innovative Lösungen in der industriellen Teilereinigung.

➔ www.parts2clean.de



In nahezu allen Branchen steigen die Anforderungen an die Sauberkeit durch kompaktere und komplexere Bauteile und -gruppen, die sie empfindlicher gegenüber Verunreinigungen machen
(Bild: Deutsche Messe AG)



Die parts2clean präsentiert das aktuellste und umfassendste Angebot im Bereich der industriellen Reinigungstechnik
(Bild: Deutsche Messe AG)

Ein unsichtbarer Helfer aus der Medizintechnik begleitet unseren Alltag

Wenn ein Mensch nach einem Unfall wieder gehen kann; wenn ein Kind mit angeborenem Herzfehler operiert wird; wenn ein Dialysegerät einem Nierenpatienten jeden zweiten Tag das Leben sichert – dann ist häufig ein unsichtbarer Werkstoff im Spiel: Edelstahl für die Medizintechnik. Er fällt nicht auf, ist aber da, wenn es darauf ankommt. In Kliniken, Operationsälen, Rehazentren – auch im Alltag mit einem Implantat. Stahl ist in der heutigen Medizin ein elementarer Bestandteil.

Von der Notaufnahme bis ins Wohnzimmer: Wo Medizinstahl Menschen berührt

Was haben ein Beatmungsgerät auf der Intensivstation, ein künstliches Hüftgelenk und ein zahnmedizinisches Bohrinstrument gemeinsam? Alle bestehen aus speziell entwickeltem Edelstahl, der an medizinische Anforderungen angepasst ist. Ob sichtbar oder im Inneren des Körpers – der Einsatz ist vielseitig:

- Medizinische Geräte: Bildgebende Systeme, Dialyse- oder Beatmungsgeräte müssen dauerhaft zuverlässig und hygienisch sein.
- Chirurgische Instrumente: Klingen, Zangen, Bohrer – sie müssen präzise, formstabil und steril bleiben.
- Implantate und Prothesen: Sie verbleiben oft dauerhaft im Körper und müssen zugleich belastbar und körpervertäglich sein.
- Zahnmedizin: Von der Wurzelbehandlung bis zur Brücke – viele Anwendungen sind ohne Edelstahl nicht realisierbar.
- Pflege zu Hause: Auch im Wohnzimmer kommt Medizinstahl zum Einsatz – etwa in mobilen Pflegebetten, Rollstühlen, Infusionsständern oder Sauerstoffgeräten, die vielen Menschen ein Leben in der häuslichen Umgebung ermöglichen.

Dabei geht es nicht nur um das Material selbst – es geht um Sicherheit, Funktionalität und Lebensqualität.

Ein wachsender Bereich mit Verantwortung

Deutschland und die Schweiz sind bedeutende Standorte für die Medizintechnik. Mehr als 1400 Unternehmen mit rund 265 000 Beschäftigten arbeiten in diesem Bereich in



Deutschland. Der deutsche Branchenumsatz lag im Jahr 2024 bei über 40 Milliarden Euro, etwa zwei Drittel der Produkte wurden exportiert.

In der Schweiz arbeiten rund 71 700 Menschen in der Medizintechnikbranche (Stand 2023), was über einem Prozent der Erwerbsbevölkerung entspricht. Der Umsatz lag 2023 bei 23,4 Milliarden CHF, mit einem Wachstum von über sechs Prozent gegenüber 2021. Im Vergleich zum Gesamtstahlverbrauch Deutschlands von rund 26 Millionen Tonnen im Jahr 2024 macht die Medizintechnik zwar nur einen kleinen Anteil aus. Doch Experten gehen davon aus, dass in Deutschland jährlich etwa 260 000 bis 780 000 Tonnen Stahl für medizinische Anwendungen verarbeitet werden. Edelstahl ist dort gefragt, wo Präzision, Langlebigkeit und Hygiene gefragt sind – vom OP-Tisch bis zur häuslichen Pflege.

Werkstoffe für Gesundheit und Nachhaltigkeit

Ein Hersteller, der sich auf diese Anforderungen spezialisiert hat, ist die Swiss Steel Group. Neben hochspezialisierten Edelstählen für medizinische Anwendungen bietet das Unternehmen auch sogenannte Green Steel-Varianten an – hergestellt mit geringerer CO₂-Belastung durch Elektrolichtbogenöfen und den Einsatz von Stahlschrott. Damit verbindet sich medizinischer Fortschritt mit dem Anspruch an nachhaltiges Wirtschaften.

Eigenschaften, die den Unterschied machen

Edelstahl für die Medizintechnik wird gezielt für bestimmte Anforderungen entwickelt:

- Hohe Festigkeit für stabile Instrumente
- Steifigkeit für präzise Anwendungen
- Korrosionsbeständigkeit und gute Reinigungseigenschaften für sterile Bedingungen
- Glatte, widerstandsfähige Oberflächen zur Keimreduzierung
- Biokompatibilität für Implantate und Langzeitanwendungen

Gerade Implantate erfordern aufwendige Produktions- und Reinigungsverfahren. Nur absolut reines Material darf in den Körper eingebracht werden.

Von der Eisenhand zur Gelenkprothese

Schon im 16. Jahrhundert nutzte Götz von Berlichingen eine eiserne Prothese. Sie war schwer und mechanisch, aber dennoch ein technischer Fortschritt ihrer Zeit. Heute ermöglichen moderne Implantate Bewegung und Lebensqualität – leicht, angepasst, funktional. Die Entwicklung der Metallverarbeitung hat diese Veränderungen mitgetragen.

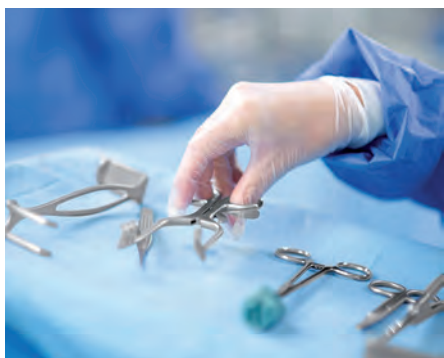
Medizinstahl ist Teil unseres Alltags

Ob im Krankenhaus oder in der eigenen Wohnung – Edelstahl aus der Medizintechnik begegnet uns häufig unbemerkt. Er sorgt dafür, dass Geräte funktionieren, Operationen gelingen und Menschen mobil bleiben. Ein Werkstoff, der zwar im Hintergrund bleibt, aber viele Fortschritte in der Medizin erst möglich macht.

Über Swiss Steel Group

Die Swiss Steel Group mit Sitz in Emmenbrücke in der Schweiz ist ein international tätiger Hersteller von Spezialangstahlprodukten. Das Unternehmen arbeitet vollständig mit Stahlschrott und Elektrolichtbogenöfen, was eine wichtige Grundlage für zirkuläre Produktion darstellt. Mit Standorten in über 25 Ländern bietet die Gruppe Lösungen in den Bereichen Baustahl, Edelstahl und Werkzeugstahl an. Im Jahr 2024 erwirtschaftete sie nach eigenen Angaben mit rund 7500 Mitarbeitenden einen Umsatz von circa 2,5 Milliarden Euro.

➔ www.swisssteelgroup.com



NMI-Expertise für neue VDI-Richtlinie zu Bioprinting

VDI-Richtlinie 5708 *Bioprinting, Methoden und Definitionen*: Was auf den ersten Blick technisch und nüchtern klingt, ist ein wichtiger Fortschritt im Zukunftsfeld 3D-Bioprinting. Die Richtlinie wurde unter der Leitung von Dr. Hanna Hartmann vom NMI Naturwissenschaftlichen und Medizinischen Institut in Reutlingen als Obfrau und Prof. Dr. Jürgen Groll vom Universitätsklinikum Würzburg als stellvertretendem Obmann entwickelt. Nach rund eineinhalb Jahren intensiver Ausschussarbeit im transdisziplinären Gremium wurde sie nach Mitteilung des NMI als Weißdruck verabschiedet. Sie schafft damit erstmals eine verbindliche, praxisnahe Grundlage für reproduzierbare und qualitätsgesicherte Bioprinting-Verfahren.

Einheitlichkeit, Qualität, Verständlichkeit

Das 3D-Bioprinting entwickelt sich dynamisch, doch fehlende Standards erschwerten bislang die Vergleichbarkeit von Ergebnissen, die Qualitätskontrolle von Biotinten und die reproduzierbare Herstellung von Strukturen, die der regenerativen Medizin, der Bereitstellung von Testsystemen für die pharmazeutische Industrie sowie für grundlegende zellbiologische Studien dienen können. Die VDI-Richtlinie schließt jetzt diese Lücke: Sie definiert zentrale Begriffe, beschreibt methodische Grundlagen, empfiehlt Mindest-

anforderungen für Materialien, Prozesse und Reproduzierbarkeit und unterstützt damit sowohl Forschung als auch industrielle Produktentwicklung. Sie richtet sich explizit an alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette – von Forschungseinrichtungen und Herstellern über Anwender bis hin zu Prüfstellen.

Einheitliche Terminologie

Mit der neuen Veröffentlichung bietet die Richtlinie Herstellern, Forschenden und Anwendern eine gemeinsame Sprache für die Definition und Anwendung von 3D-Bioprinting-Technologien. *Die transdisziplinäre Aufstellung des Richtlinien-Ausschusses war uns ein zentrales Anliegen*, sagt Dr. Hanna Hartmann, Bereichsleiterin Biomedizin und Materialwissenschaften am NMI. Die Richtlinie ist nach ihren Worten ein entscheidender Schritt, um Forschung und Entwicklung zu harmonisieren. Die Technische Regel ist seit dem 1. Mai über DIN-Media erhältlich: <https://www.dinmedia.de/de/technische-regel/vdi-5708-blatt-1/384316908>.

Klare Praxisorientierung

Unter dem Vorsitz von Dr. Hanna Hartmann und Prof. Dr. Jürgen Groll arbeitete ein interdisziplinär besetzter Ausschuss mit Vertretern aus Forschung, Industrie, Anwendung und Zertifizierung an der neuen Richtlinie.

Zentrale Begriffe wurden definiert, Anforderungen an Materialien, Prozesse und Qualitätssicherung formuliert und die Ergebnisse praxisnah aufbereitet. *Die VDI 5708 ist ein wichtiger Schritt hin zu nachvollziehbaren und vergleichbaren Standards*, erklärt Prof. Jürgen Groll. Diese seien essenziell für die Entwicklung zukünftiger Produkte – sei es in der regenerativen Medizin, in der Wirkstofftestung oder bei In-Vitro-Diagnostika. Die fachliche Grundlage der Richtlinie stammt aus dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt *SOP_BioPrint* (FKZ:13XP5071C). Ziel war es, standardisierte Abläufe für das Bioprinting zu erarbeiten – die nun Eingang in die Richtlinie gefunden haben.

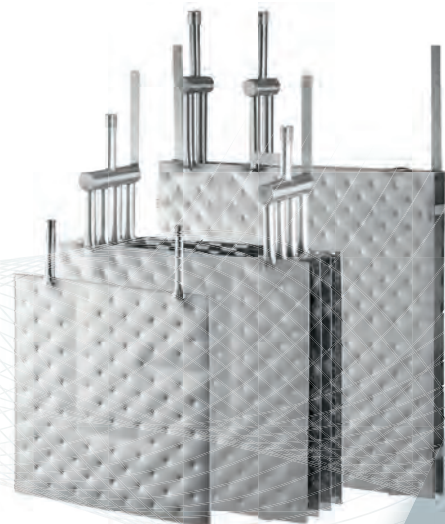
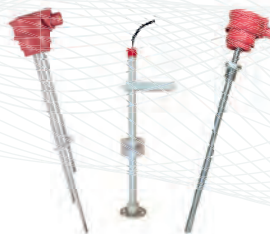
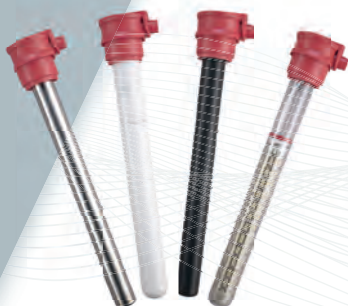
Über das NMI:

Das NMI Naturwissenschaftliche und Medizinische Institut in Reutlingen ist eine außeruniversitäre Forschungseinrichtung und betreibt anwendungsorientierte Forschung an der Schnittstelle von Bio- und Materialwissenschaften. Mit ihrer Arbeit richtet sich das Institut an die Gesundheitswirtschaft sowie an Unternehmen aus dem Fahrzeug-, Maschinen- und Werkzeugbau. Zugleich unterstützt das NMI aktiv Ausgründungen aus dem Institut.

➔ www.nmi.de

... damit die
Temperatur stimmt!

Ob so ...



MAZURCZAK
Heizen Kühlen Regeln

Mazurczak GmbH

Tel. +49 / 9122 / 98 55 0
kontakt@mazurczak.de

rotkappe.de



... oder so.

Wir REGELN das für Dich!

WeKnowCooTech: Know-how, Vernetzung und Lösungen für die Beschichtungsbranche

Community Initiative des Fraunhofer IPA

Mit der neuen Initiative **WeKnowCooTech** startet das Fraunhofer IPA eine starke Community-Offensive für alle, die die Zukunft der Oberflächentechnik und Beschichtungsindustrie aktiv mitgestalten wollen. Im Zentrum stehen die **WeKnowCooTech Expert Sessions** – ein digitales Veranstaltungsformat, das alle zwei Wochen die Highlights aus Forschung, innovative Verfahren und brennende Branchenthemen in den Fokus rückt.



Was WeKnowCooTech ist

WeKnowCooTech ist mehr als nur eine Webinar-Reihe – es ist eine digitale Plattform für Wissenstransfer, fachlichen Dialog und nachhaltige Vernetzung. In kompakten Online-Sessions geben Expertinnen und Experten aus Industrie und Forschung tiefe Einblicke in aktuelle Trends und Herausforderungen rund um:

- Pulverbeschichtung, Galvanotechnik und organische Lacke
- Nachhaltige und ressourcenschonende Verfahren
- Digitalisierung, Automatisierung und KI in der Beschichtung
- Innovationen im Anlagen- und Prozessdesign

Die Themen sind vielfältig – der Anspruch ist klar: Orientierung und Austausch und den Wissenstransfer auf Augenhöhe zu fördern.

Wissenschaft trifft Praxis

Die Expert Sessions sind offen für Fach- und Führungskräfte, die ihr Know-how teilen, neue Perspektiven gewinnen oder konkrete Impulse für ihre tägliche Arbeit mitnehmen möchten. Von klassischen Fachvorträgen bis zu interaktiven Diskussionen – die Bandbreite ist groß und wächst mit der Community.

Nachhaltigkeit und Effizienz im Fokus

Unter WeKnowCooTech werden Fragestellungen rund um nachhaltige, innovative und wirtschaftliche Beschichtungstechnologien und Beschichtungsprozesse in den Fokus gestellt und im Sinne von langlebigen, qualitativ hochwertigen Produkten mit Expertise und Hintergrundwissen fundiert unabhängig beantwortet:

- Wie können Beschichtungsprozesse umweltfreundlicher gestaltet werden, ohne an Performance zu verlieren?
- Welche biobasierten oder lösemittelarmen Lacke sind für welche Anwendungen geeignet?
- Wie lässt sich der CO₂-Fußabdruck von Oberflächenprozessen messbar reduzieren?
- Welche gesetzlichen Nachhaltigkeitsanforderungen (z. B. EU Green Deal, REACH) betreffen uns konkret?
- Wie können Kreislauffähigkeit und Recyclingfähigkeit von beschichteten Produkten verbessert werden?

Kurze Clips – klare Tipps – konkreter Nutzen

Unter WeKnowCooTech werden Interessen der Branche Know-how und Einblicke in die Arbeit am Fraunhofer IPA sowie nützliche

Praxis-Tipps in kompakten Video-Clips zur Verfügung gestellt. Unter anderem mit Themen wie Prozesswärme, CO₂-Reduktion, Haftung und Haftfestigkeit und wie Beschichtungsfehler vermieden werden können.

WeKnowCooTech ist eine Initiative des Fraunhofer IPA.

**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.

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Martin Metzner,
Leiter Forschungsbereich Oberflächenverfahren, -technik und Materialien,
Dr. Oliver Tiedje, Geschäftsbereichsleiter,
Fraunhofer IPA, Stuttgart

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

Community-Offensive WeKnowCooTech

Expert Sessions: immer dienstags, 9.00 bis 10.00 Uhr

Themenausblick:

- 29. Juli 2025: **Beschichten von Feuerzink** mit Dr. rer. nat. Rolf Nothelfer-Richter, Senior Scientist, Analytik und Stoffprüfungen, Fraunhofer IPA
- 26. August 2025: **Härtetest für Beschichtungen: Klimatische Prüfverfahren, deren Aussage und Fehlerbilder** mit Marina Schäfer, Scientist, Fraunhofer IPA

Weitere Infos, Themen und Anmeldung unter: <https://s.fhg.de/weknowcootech>

Einfluss von Präkursoren auf die Funktionalität von dünnen Schichten, hergestellt mittels C-CVD

Von Ralf Linke, Innovent Jena

Mittels Flammenpyrolyse (C-CVD) lassen sich funktionelle Beschichtungen für einen praktischen Einsatz großflächig und in hoher Qualität abscheiden. Die Eigenschaften der Schichten können durch eine gezielte Variation der Präkursor-Substanzen auf den jeweiligen Einsatz optimiert werden. Am Beispiel von dotierten SiO_2 -Beschichtungen konnten biozide Eigenschaften der Schichten durch den Einbau von Kupfer und Zink erzeugt werden.

1 Einleitung

Die chemische Dampfphasenabscheidung (Chemical Vapour Deposition – CVD) ist eine etablierte Technologie, um verschiedenste Werkstoffe, wie Metalle, Halbleiter und Glas aber auch Holz, Kunststoffe und Textilien, im Sub-Mikrometerbereich zu beschichten. Eine spezielle Ausführung der CVD-Beschichtungen stellt die Flammenpyrolyse (Combustion-CVD, kurz: C-CVD) dar. Dabei werden die oxidierende Wirkung und der Wärmeeintrag einer Flamme in das Substrat zur Beschichtung der Oberfläche eingesetzt. Daher ist das Verfahren besonders für die Abscheidung von ultradünnen oxidischen Filmen geeignet, die sich im 100-nm-Bereich großflächig und definiert aufbringen lassen.

Die Beschichtungen werden durch Zugabe von Vorläufersubstanzen (Präkursoren, engl. precursor) zum Brenngasgemisch und deren Umsetzung in der Flamme zu oxidischen Verbindungen erzeugt. In der Regel wird dabei das Substrat unter der dotierten Flamme mit definierten Parametern hindurchgeführt (Abb. 1). Die Beschichtungsbreite entspricht etwa der Brennerbreite. Wesentliche Prozessparameter sind die Energie und Reaktivität der Flammen, die maßgeblich durch das ver-

wendete Brenngas (Erdgas, Propan) und den Sauerstoffanteil (Luft oder rein) beeinflusst sind.

Darüber hinaus bestimmen die Volumenströme und das stöchiometrische Verhältnis von Brenngas und Sauerstoff die Abscheidungsbedingungen. Struktur und Morphologie der Nanobeschichtungen werden über weitere Prozessparameter wie den Abstand zwischen Brenner und Substrat, die Relativgeschwindigkeit zwischen Brenner und Substrat, die Substrattemperatur und die Anzahl der Brennerdurchläufe beeinflusst.

Die Funktionalität der abgeschiedenen Schicht wird durch die verwendeten Vorläufersubstanzen bestimmt. Damit können neben einfachen SiO_2 -Schichten (SiO_2 – Siliziumdioxid) mit unterschiedlicher Morphologie auch eine Reihe von Metalloxidschichten (z. B. Aluminiumoxid (Al_2O_3), Zinkoxid (ZnO), Wolframoxid (z. B. WO_2 bzw. WO_3), Manganoxid, Cobaltoxid) oder Edelmetallschichten (z. B. Silber) beziehungsweise als Nanopartikel (Silber und Gold) in Oxidmatrices abgeschieden werden [1]. Oberflächen können auf diese Weise mit photokatalytischen, selbstreinigenden, sensorischen, schaltbaren, bioziden und anderen Funktionalitäten ausgestattet werden. Das kostengünstige Beschichtungsverfahren zeichnet sich somit durch Eigenschaften, wie Flexibilität der Beschichtung für vielfältige Substratmaterialien, wie Metall, Glas, Keramik, Polymere, Holz und Metall, sowie die Erzeugung von diversen Funktionalitäten der Nanobeschichtung aus.

Insbesondere die flammenpyrolytische Abscheidung von dünnen SiO_2 -Schichten ist eine etablierte Oberflächentechnologie zur Vorbehandlung für die Haftungsverbesserung bei Verklebungen, Lackierungen und Bedruckungen. Auf Flachglas eignen sich diese Beschichtungen zudem als Barrierschichten gegen die Diffusion von Alkali- und Erdalkalitionen sowie als Dünnschichten zur Verbesse-

rung der Transmission. Insbesondere die Pyrosil®-Technologie (SiO_2 -Beschichtungen) hat eine weite Anwendung in der kunststoff- und metallverarbeitenden Industrie erreicht. In der Glasindustrie hat der industrielle Einsatz für Anwendungen zur Haftungsverbesserung im Industriebereich der Herstellung von Behälterglas besondere Bedeutung. Die Technologie bietet zudem ein großes Potential für kostengünstige und großflächige Flachglasbeschichtungen als Barrierschichten [2, 3] für eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit [4] oder zur Transmissionserhöhung [5].

2 Dotierte SiO_2 -Beschichtungen mit bioziden Eigenschaften – Versuche und Diskussion

Die antibakterielle Wirkung von Kupferionen (Cu^{2+}) und Zinkionen (Zn^{2+}) ist seit langem bekannt. Durch die Dotierung von SiO_2 -Schichten mit Kupfer und Zink können diese mit antimikrobiellen Funktionen versehen werden. Besonders während der Covid-19-Pandemie war das Interesse an antiviral wirkenden Beschichtungen besonders hoch. Deshalb wurden Beschichtungen mit einer entsprechenden antiviralen Wirkung entwickelt und auf ihre Wirkung getestet. Auch wenn das allgemeine Interesse an solchen Beschichtungen inzwischen nachgelassen hat, eignet sich das ausgewählte Beispiel hervorragend, um das Potential von C-CVD-Beschichtungen zu demonstrieren und überraschende Effekte als Folge der Wahl des einzusetzenden Präkursors aufzuzeigen.

Als antimikrobielle Wirkstoffe wurden Kupfer und Zink als Dotierung für die SiO_2 -Beschichtung ausgewählt. Beide Komponenten wurden dem gasförmigen Silan-Präkursor und dem Brenngasgemisch als Lösung verschiedener Salze zugegeben. Die Kupfer- und Zinkverbindungen wurden mit Hinblick auf gute Löslichkeit und die Zulassungsfähigkeit für die spätere praktische Anwendung aus-

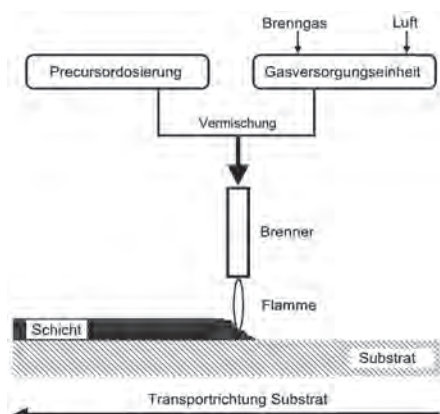


Abb. 1: Schematischer Aufbau einer C-CVD-Beschichtungsanlage

OBERFLÄCHEN

gewählt. Als Präkursoren der Wirkstoffe wurden Lösungen der jeweiligen Nitrats oder Sulfate eingesetzt. Dazu wurden Lösungen mit identischen Konzentrationen der Kupfer- und Zinkionen hergestellt. Bei der Abscheidung der dotierten SiO_2 -Schichten auf Flachglas wurden gleiche Beschichtungsparameter verwendet. Damit konnten transparente Sichten abgeschieden werden, die im sichtbaren Spektrum mit einer geringen Abnahme der Transmission einhergehen.

Bei den gewählten Beschichtungsbedingungen wurden Schichtdicken von etwa 100 nm bis 80 nm erhalten (Abb. 2, links). Die geringen Schichtdickenunterschiede sind auf die Durchführung der Beschichtung mit unterschiedlichen C-CVD-Anlagen, bei denen einige Parameter nicht vollständig übertragbar sind, zurückzuführen. Die Verwendung von unterschiedlichen Anlagen ist durch verschiedene Dosiersysteme für die flüssigen Präkursoren (Lösungen der Präkursor-Substanzen) begründet.

Zur Verneblung der Präkursor-Lösungen wurden für die Sulfat-Präkursoren ein Aerosolgenerator und für die Nitrat-Präkursoren eine Zweistoffdüse verwendet. Die Nitrat-Präkursoren erwiesen sich bei der Nutzung eines Aerosolgenerators in der zur Verfügung stehenden Anlage als zu korrosiv. Die Rauheit der Oberflächen der C-CVD-Beschichtungen, ausgedrückt in den Rauheitsparametern S_a und S_q , ist im Vergleich zum Substrat stark erhöht (Abb. 2, links). Dies wird bei C-CVD-Beschichtungen immer beobachtet. Mit der Schichtdicke nimmt auch die Rauheit zu. Die hohe Planarität und die geringe Rauheit von Flachglasoberflächen (auch als Float-Glas bezeichnet) bieten daher herausragende Voraussetzungen für präzise und genaue Messungen der voranstehenden Schichtparameter.

Die Zusammensetzung der Oberflächen von Glassubstraten und Beschichtungen wurde mit der Photoelektronenspektroskopie (XPS bzw. ESCA) bestimmt. Die Informationstiefe der Methode beträgt etwa 10 nm. Der auf luftexponierten Proben allgegenwärtige Kohlenstoff wurde als Kontamination für die Bestimmung der Zusammensetzung der Oberflächen nicht mit einbezogen. Dazu wurde unter Annahme einer homogenen Kontaminationsschicht deren Dicke berechnet. Die Konzentrationen der übrigen Elemente wurden durch die Berechnung der Signaldämpfung, auf Grundlage der ermittelten mittleren freien Weglängen bei der jeweiligen kinetischen Energie der zugehörigen Emissionen

in der Kontaminationsschicht aus Kohlenstoff korrigiert [6].

Als Hauptbestandteile der Flachglasoberfläche werden Sauerstoff, Silizium sowie Natrium und als Nebenbestandteil Kalzium gefunden, während Schwefel nicht nachgewiesen werden konnte (Abb. 3, linke Säule Referenz). Die recht hohe Natriumkonzentration von etwa 20 Atom% kann mit einer Anreicherung dieses Elements während der Lagerung des Glases und einer leichten Überbewertung der Elemente mit Emissionen bei niedrigen kinetischen Energien erklärt werden. Nach der Abscheidung der Kupfer/Zink-dotierten

SiO_2 -Schichten mit sulfatbasierten Präkursoren werden Zink und Kupfer nur im niedrigen Prozentbereich gefunden, sowie etwas Kalzium. Der deutlich erhöhte Siliziumgehalt zeigt die Matrix der abgeschiedenen Beschichtung an. Die Natriumkonzentration erscheint mit 4 Atom% recht hoch, ist aber typisch für C-CVD-Beschichtungen auf Flachglassubstraten. Dabei wird das hochmobile Natrium an der Oberfläche der Beschichtung angereichert [7].

Folglich werden auch für die Beschichtungen unter Nutzung von nitratbasierten Präkursoren praktisch dieselben Natriumkonzentrationen

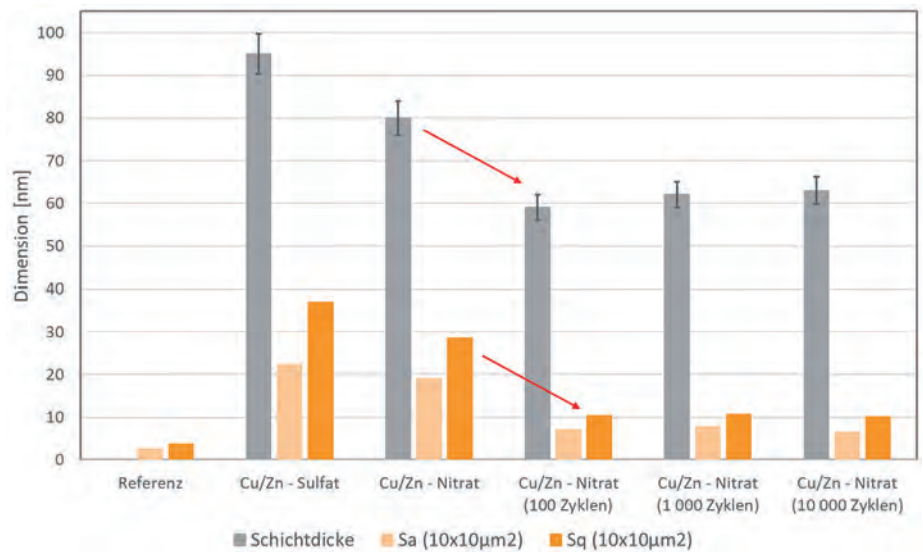


Abb. 2: Schichtdicken (Profilometer) und Rauheit (AFM) unbeschichteter sowie mit sulfat- und nitratbasierten Präkursoren beschichteter Flachglassubstrate (erste bis dritte Säulengruppe); Messung von Proben mit nitratbasierten Präkursoren entsprechend ASTM D2486 (vierte bis sechste Säulengruppe)

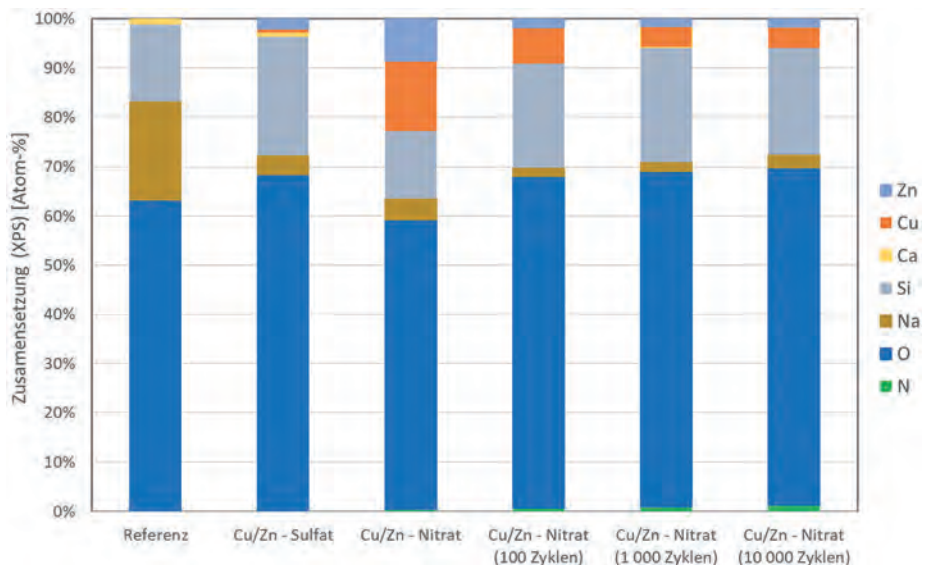


Abb. 3: Oberflächenzusammensetzung (XPS) unbeschichteter sowie mit sulfat- und nitratbasierten Präkursoren beschichteter Flachglassubstrate (erste bis dritte Säule); Messung der Schichten mit nitratbasierten Präkursoren nach verschiedenen Washtests entsprechend ASTM D2486 (vierte bis sechste Säule)

trationen gemessen. Zudem kann in den nitratbasierten Beschichtungen Stickstoff in geringen Mengen (< 1 Atom%) nachgewiesen werden. Die Konzentrationen von Kupfer mit etwa 14 Atom% und Zink mit 9 Atom% sind jedoch deutlich höher als die mit sulfatbasierten Präkursoren hergestellten Beschichtungen (Abb. 3, links). Dies ist möglicherweise zu einem kleineren Anteil auf etwas unterschiedliche Konzentrationen der Präkursorlösungen im Brenngasgemisch, die bei beiden C-CVD-Anlagen erreicht werden, zurückzuführen. Die Hauptursache ist jedoch in den Prozessen bei der Abscheidung der C-CVD-Schichten zu suchen. Weitere Beschichtungen, die mit anderen Präkursorkonzentrationen abgeschieden wurden, verhalten sich analog.

2.1 Schichteigenschaften

Für die Bestimmung der bioziden Eigenschaften der Beschichtungen wurde die antivirale Wirksamkeit in einem externen Labor geprüft. In dem Prüfverfahren in Anlehnung an ISO 21702 wird eine definierte Menge Bakteriophagen auf die unbeschichtete Referenz sowie die zu prüfenden, beschichteten Glassubstrate aufgetragen und 24 Stunden inkubiert. Anschließend werden die Phagen wieder abgelöst und in einer dekadischen Reihe verdünnt. Mittels eines Plaque-Assays werden die Plaque-bildenden Einheiten (PBE) für jede Probe bestimmt und daraus die antivirale Wirksamkeit R berechnet.

Zur Bestimmung der antiviralen Wirksamkeit wurden die Beschichtungen sowohl mit behüllten (phi 6) als auch unbehüllten (Serratia phage K) Bakteriophagen (Bakterienviren) getestet. Das unbeschichtete Flachglassubstrat (Luftseite) als Referenz und die mit Sulfat-Präkursoren hergestellten Beschichtungen zeigten bei beiden Bakteriophagen keine Wirksamkeit. Bei den mit Nitrat-Präkursoren abgeschiedenen Beschichtungen hingegen wurde bei beiden Bakteriophagen der Bereich der vollständigen Wirksamkeit erreicht (Abb. 4, links). Dabei ist die Streuung der Testergebnisse der jeweiligen Replikationsproben für die unbehüllten Bakteriophagen deutlich höher als für die behüllten, da unbehüllte Phagen empfindlicher auf ihre Umgebung reagieren.

Die antiviral wirksamen Beschichtungen (Nitrat-Präcursor) wurden anschließend auf ihre Beständigkeit mit einem leicht abrasiven Test in Anlehnung an ASTM 4286 untersucht. Die erste Bewertung wurde nach 100 Zyklen durchgeführt. Dabei wurde eine Ab-

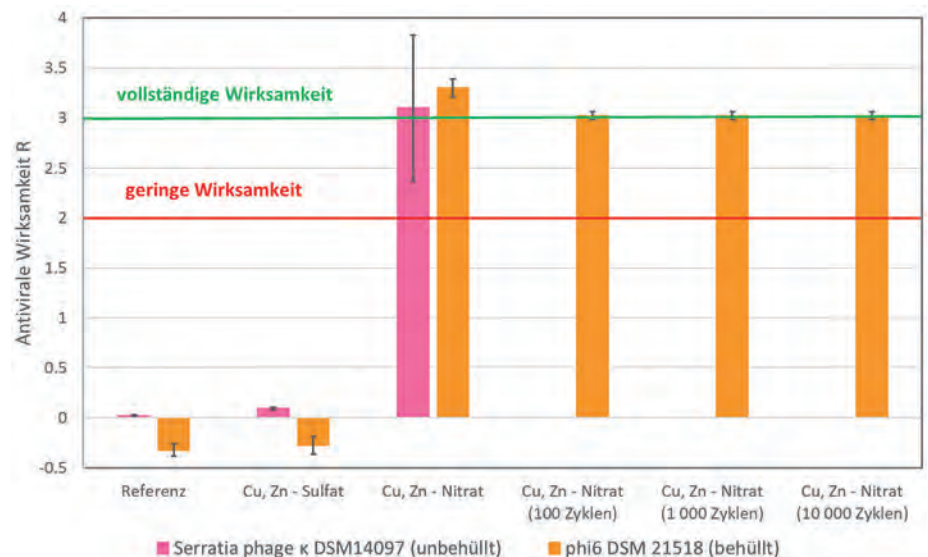


Abb. 4: Prüfung der antiviralen Wirksamkeit der mit sulfat- und nitrathaltigen Präkursoren beschichteten Flachglassubstrate sowie unbeschichteter Referenz mit behüllten und unbehüllten Bakteriophagen (erste bis dritte Säulengruppe); Prüfung der mit nitrathaltigen Präkursoren beschichteten Substrate mit behüllten Bakteriophagen nach Waschtests entsprechend ASTM D2486 (vierte bis sechste Säulengruppe)

nahme der Schichtdicke um etwa 20 nm und eine Abnahme der Rauheit auf 1/3 des Anfangswerts beobachtet (Abb. 2, rechts). Dieses Ergebnis blieb auch nach Erhöhung der Testzyklen auf 1000 und 10 000 praktisch unverändert.

Bei der Oberflächenzusammensetzung wird zunächst eine deutliche Erniedrigung der Kupferkonzentration auf etwa 7 Atom%, der Zinkkonzentration auf 2 Atom% und der Natriumkonzentration auf 2 Atom% beobachtet. Nach 1000 Zyklen wird eine weitere Abnahme der Kupfer- und Zinkkonzentration festgestellt. Die Oberflächenzusammensetzung bleibt dann jedoch nach der Erhöhung auf 10 000 Zyklen praktisch unverändert (Abb. 3, rechts). Lediglich der Stickstoffgehalt scheint sich leicht zu erhöhen.

Diese Ergebnisse lassen sich so interpretieren, dass gleich bei Beginn der Waschzyklen unzureichend haftfeste Bestandteile der Beschichtung von der Oberfläche entfernt werden. Die Abnahme der Rauheit in diesem Prozess weist zudem darauf hin, dass es sich dabei um gegen Ende des Beschichtungsprozesses abgeschiedene Partikel oder Agglomerate handeln könnte. Nach deren Entfernung wird dann die kompakte und haftfeste Schicht erreicht, die auch bei den folgenden Waschzyklen kaum mehr verändert wird.

Für die Testung der antiviralen Wirksamkeit wurde dann die unempfindlichere behüllte Bakteriophage ausgewählt. Nach dem Waschtest scheint diese Wirksamkeit etwas abzu-

nehmen, bleibt aber an der Grenze zur vollständigen Wirksamkeit (Abb. 4, rechts). Die antivirale Wirksamkeit bleibt dabei unabhängig von der Anzahl der Waschzyklen. Die anfängliche Erniedrigung der Wirksamkeit muss jedoch relativiert werden, da biologische Proben eine hohe Variabilität aufweisen und die Absolutwerte zwischen den Testreihen merkliche Abweichungen aufweisen können.

Als wirksame Komponenten in der Beschichtung werden die Kupfer- und Zinkionen angesehen. Noch nicht ausreichend geklärt ist der beobachtete Zusammenhang zwischen Wirksamkeit und Art der Gegenionen in den verwendeten Präkursoren. Naheliegender ist ein Zusammenhang mit dem nachgewiesenen Stickstoff in den mit Nitrat-Präkursoren abgeschiedenen Schichten. Die XPS-Spektren liefern jedoch keinen klaren Hinweis auf Nitrationen in der Beschichtung. Daher muss die Frage nach den Ursachen für die beobachteten Unterschiede an dieser Stelle offenbleiben.

3 Resümee

Die Ergebnisse zeigen, dass sich mit C-CVD funktionelle Beschichtungen großflächig und in hoher Qualität abscheiden lassen, die den Anforderungen einer praktischen Verwendung genügen. Es ist zudem ein interessantes Beispiel für den Einfluss der Präkursorsubstanzen auf die Eigenschaften der damit hergestellten Beschichtungen. Selbst wenn die wirksamen Bestandteile der Präkursoren die gleichen sind, können die Schichteigen-

OBERFLÄCHEN

schaften durch die gesamte Präkursorsubstanz bestimmt werden und zu überraschend verschiedenen Ergebnissen führen.

An dieser Stelle muss auch darauf hingewiesen werden, dass biozide Produkte einer strengen Regulierung unterliegen. Ihr Inverkehrbringen und ihre Verwendung wird seit 2013 durch die Verordnung über Biozidprodukte (BPR, Verordnung (EU) Nr. 528/2012) zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt reguliert. Darin ist festgelegt, dass Biozidprodukte vor dem Inverkehrbringen und der Zulassung die darin enthaltenen Wirkstoffe (Positivliste: Liste nach Artikel 9, Absatz 2, Verordnung (EU) Nr. 528/2012) vorab genehmigt und deren Lieferanten zugelassen sein müssen. Dies stellt natürlich eine hohe Hürde für die Einführung innovativer Biozidprodukte dar und ist ohne die Aussicht auf einen Volumenmarkt kaum wirtschaftlich darstellbar.

Das vorgestellte Beispiel ist jedoch ein wichtiger Bestandteil der Entwicklung von neuen C-CVD-Beschichtungen und wirft wichtige und interessante wissenschaftliche Fragestellungen für das Verständnis der Einflüsse

von Präkursoren auf Schichtbildung und deren Eigenschaften auf. Zudem konnte durch die erfolgreiche Beschichtung von Flachglassubstraten bis zu einer Breite von 120 cm gezeigt werden, dass C-CVD-Prozesse, die auch die Verwendung flüssiger Präkursoren erfordern, in einem diskontinuierlichen Prozess industriell verwertbar skaliert werden können.

Danksagung

Innovent e.V. dankt dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie für die finanzielle Unterstützung der Arbeiten im Rahmen des Förderprogramms INNO-KOM MF, Förderkennzeichen 49MF210032.

Literatur

- [1] Zunke et al.; 6-Flame pyrolysis - a cost-effective approach for depositing thin functional coatings at atmospheric pressure; in Handbook of Modern Coating Technologies 139–179, Elsevier, 2021
- [2] P. Rüffer, A. Heft, R. Linke, T. Struppert, B. Grünler: Characterisation of thin SiO_x-layers on float glass deposited by Combustion Chemical Vapour Deposition (C-CVD); Surface & Coatings Technology 232 (2013), pp. 582–586; <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.06.031>

- [3] D. Stock, R. Linke, A. Heft, et al.: Structural and topological properties of the interface between amorphous silica and sodium tetrasilicate glass studied by molecular dynamics simulation; Eur. Phys. J. B 97, 112 (2024); <https://doi.org/10.1140/epjb/s10051-024-00754-9>
- [4] T. Palenta, A. Kriltz, P. Rüffer, A. Heft, B. Grünler: Characterization of corrosion effects on float glass coated by C-CVD; Surf. Coat. Technol. 232, (2013), pp. 742–746; <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.06.090>
- [5] B. Grünler, B. Zobel, T. Richter: Verfahren zur Herstellung transmissions-verbessernden und/oder reflexionsvermindernden optischen Schichten; DE 10 2004 019 575 A1 (20.04.2004)
- [6] Graham C. Smith: Evaluation of a simple correction for the hydrocarbon contamination layer in quantitative surface analysis by XPS, Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena 148(1), (2005), pp. 21–28; <https://doi.org/10.1016/j.elspec.2005.02.004>
- [7] P. Rüffer, A. Heft, R. Linke, T. Struppert, B. Grünler: Characterisation of thin SiO_x-layers on float glass deposited by Combustion Chemical Vapour Deposition (C-CVD); Surface & Coatings Technology 232 (2013), pp. 582–586; <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.06.031>

Winterthurer Oberflächentag 2025

Am Winterthurer Oberflächentag (WOT) am 4. September 2025 stellen Fachleute aus Industrie und Forschung aktuelle Themen, Markttrends und Entwicklungen aus den Bereichen Oberflächentechnik und Beschichtungen vor

Der Schutz eines Objekts oder Materials vor äußeren Einflüssen, sei es der Schutz vor Korrosion, vor Witterung oder auch zerstörenden Mikroorganismen, ist die Hauptaufgabe von Beschichtungen. Die Anforderungen an die Beschichtung sind dabei vielfältig: chemische Stabilität, Temperaturbeständigkeit, mechanische Widerstandsfähigkeit und weitere Eigenschaften sind gefordert.

Wie diese Anforderungen in ein Beschichtungssystem integriert werden können und welche neuen Lösungen sich abzeichnen – diesen Fragen gehen die Expertinnen und Experten beim Winterthurer Oberflächentag 2025 nach. Auch die Frage, wo die Forschung heute steht, wird beleuchtet.

Nach der Begrüßung und Eröffnung der Veranstaltung durch Prof. Dr. Rene Radis, Institutsleiter IMPE, ZHAW School of Engineering, berichten Prof. Dr. Thomas Volkmer, School of Architecture, Wood and Civil Engineering, Biel und Dr. André Schaller, Bosshard Farben AG, Rümlang, über den Oberflächenschutz von

Holzbauteilen im Innenbereich, mit dem Blickwinkel von der Forschung in die Praxis.

Barrierebeschichtungen für die Reduktion der Wasserstoffpermeation in Tank- und Infrastruktursystemen sind Thema des Vortrags von Dr. Andrea Deissenberger vom Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, und Dr. Noémie Ott, Institut für Mikrotechnik und Photonik IMP, Ostschweizer Fachhochschule, Buchs SG, informiert die Teilnehmenden über den *Einfluss der Oberflächenvorbehandlung auf das Anodisieren von additiv hergestellten Al-Legierungen*. *Endfunktionale Zirkoniumphosphonat-Mehrschichten für multifunktionale Vorbehandlungen von Aluminiumoberflächen* sind Thema des Vortrags von Dr. Julian Bleich, Novelis Switzerland SA, Sierre. Mit der Thematik *Zwischen Grip und Glide – Die gezielte Steuerung des Reibverhaltens technischer Oberflächen durch gezielte Funktionalisierung* beschäftigt sich nach der Mittagspause Dr.-Ing. Orlaw Mass-

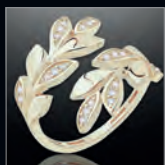
ler, De Martin AG, Wängi. Im Anschluss referiert Joël Matthey, Haute Ecole Arc Ingénierie, La Chaux-de-Fonds, über *Wear protective TiSiCN coatings deposited by RF Magnetron Sputtering and HIPIMS*. Die Vorträge *Improving Barrier Properties Against Grease and Water Vapor of Paper: The Role of Polymer Type in Cutin-Based Coatings*, gehalten von Emanuela Lo Faro, University of Modena and Reggio Emilia, Reggio Emilia, sowie *Hydrophobic Cutin-Derived Coatings for Enhanced Water and Corrosion Protection* von Prof. Dr. Elena Buratti, University of Ferrara, Ferrara, beenden das Vortragsprogramm.

Begleitend zur Vortragsveranstaltung präsentieren Partner der Veranstalter neueste Produkte zur Oberflächencharakterisierung und Beschichtungstechnik. Mit einem Laborrundgang am IMPE und dem Abend-Apéro endet der Winterthurer Oberflächentag 2025. Anmeldungen für die Veranstaltung sind bis **27. August 2025** möglich.

➔ www.zhaw.ch/impe/wot

AURUNA® 5750

Perfekte Goldschicht zu einem Kostenbruchteil



mds.umicore.com

In den letzten Monaten ist der Goldpreis für alle spürbar in die Höhe geschneit. Diese drastische Preissteigerung hat auch weitreichende Auswirkungen auf Produkte mit hochwertigen und funktionalen Goldüberzügen. Solche Produkte werden in der Produktion teurer und sind für viele Käufer somit zunehmend unattraktiv.

GROSSES EINSARPOTENZIAL VON 60 % GEGENÜBER FEINGOLD

Mit AURUNA® 5750 wurde ein Gold-Silber-Elektrolyt geschaffen, der 12-karätige End- und Zwischenschichten ermöglicht, die je zur Hälfte beide Metalle enthalten. So können im Vergleich zu reinen Goldschichten 60 % der Edelmetallkosten eingespart werden.

Lassen Sie sich auf mds.umicore.com/auruna-5750 auch durch die außerordentliche Abriebfestigkeit und Duktilität der AURUNA® 5750 Legierung überzeugen.

≡ **Bedeutender Meilenstein für GALVABAU und Pilatus**

Für die Pilatus Flugzeugwerke AG in Stans durfte GALVABAU AG ein anspruchsvolles Projekt realisieren, bestehend aus zwei autarken Galvanikanlagen mit für Pilatus neuartigen, innovativen Prozessen: Zink-Nickel und E-Coating

Seit mehr als 80 Jahren ist die Pilatus Flugzeugwerke AG in Stans am Vierwaldstätter See mit Flugzeugtechnologie aktiv. Gegründet wurde das Unternehmen am 16. Dezember 1939 als kleiner Unterhaltsbetrieb für die Schweizer Luftwaffe. Die Luftfahrtindustrie war zu dieser Zeit, weltpolitisch bedingt, geprägt von vielen Innovationen und Neuentwicklungen. Seit dieser Zeit hat sich das Unternehmen zu einem international erfolgreichen Entwickler und Hersteller in der Luftfahrt gewandelt, bei dem Schweizer Qualität und Innovation zu den Grundpfeilern der Arbeit zählen.

Die Qualität der hergestellten Fluggeräte und Teile für Flugzeuge erfordert eine hochwertige Oberflächenbehandlung. Die Herstellung der dafür erforderlichen Anlagen ist das Kerngeschäft der GALVABAU AG mit Sitz in Hergiswil, in der Nähe von Luzern. Die GALVABAU AG verfügt über jahrzehntelange Erfahrung im Bereich der Oberflächentechnik auf der Basis wertvoller Kompetenz und umfangreichem Know-how. Ein Team von 30 hochmotivierten und gut ausgebildeten Mitarbeitern befasst sich mit sämtlichen Aufgaben rund um den Anlagenbau für die Galvanotechnik. Von der Planung und dem Projektmanagement, über Konstruktion und Herstellung der Anlagen. Selbstverständlich kümmern sich die Spezialisten auch nach der Inbetriebnahme um die Anlagen und gewährleisten durch den professionellen Unterhalt und Service die einwandfreie Funktion der Anlagen. Viele der erstellten Anlagen verrichten auch noch nach Jahrzehnten ihre Arbeit wie am ersten Tag.

Die Qualität der GALVABAU-Anlagentechnik war auch für die Pilatus Flugzeugwerke AG der entscheidende Punkt zur Vergabe eines anstehenden Projekts. Allerdings stellte dieses aus einigen Gründen sehr hohe Anforderungen an die beiden Parteien:

- Sehr enge Platzverhältnisse, die eine Aufstellung auf zwei Ebenen notwendig machte
- Integration eines neuartigen E-Coating-Prozesses
- Montage und Aufbau der beiden neuen Anlagen, direkt neben der bestehenden Anodisieranlage ohne Produktionsunterbruch derselben



Neue Galvanikanlage der GALVABAU AG bei Pilatus Flugzeugwerke AG

Die GALVABAU nahm diese Herausforderungen an und installierte beide neuen Anlagen parallel zur bestehenden Anodisieranlage. Die Be- und Entladung der Bauteile erfolgt im Erdgeschoss. Von dort werden die Warenträger in die Prozessebene gehoben und durch die einzelnen Prozessschritte der Anlage geführt. Aufgrund der benötigten, hohen Anzahl an Prozesspositionen war es erforderlich, die Anlage oberhalb der Be- und Entladestation auf einem zusätzlichen Zwischenboden zu erweitern.

Anlage für E-Coating

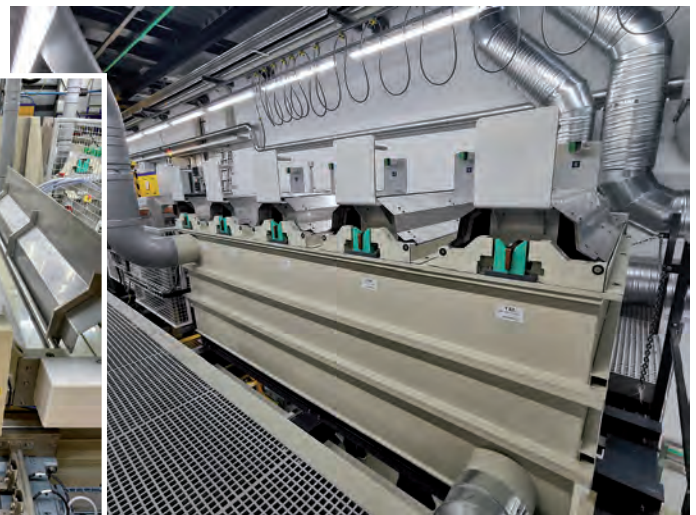
Der E-Coating-Prozess, auch bekannt als anodische Tauchlackierung (ATL), ist ein elektrochemisches, industrielles Beschichtungsverfahren, mit zertifizierter Zulassung für die Luft- und Raumfahrt. Aufgrund der Zulassung wird das Verfahren zunehmend in dieser Industrie eingesetzt.

Die Technologie hat gewisse Ähnlichkeiten mit der galvanischen Beschichtung, mit dem Unterschied, dass die Schicht nicht metallisch, sondern organisch ist. Metallische Bauteile werden hierbei in eine wasserbasierte Beschichtungslösung – bestehend aus negativ geladener Lacklösung mit Harz, Pig-

menten und Zusatzstoffen – eingetaucht. Beim Absetzen in die Beschichtungslösung wird das Bauteil automatisch an den Pluspol eines Gleichrichters (Anode) angeschlossen. Mit dem Anlegen der Spannung und den dadurch fließenden Strom wird an der Oberfläche des Bauteils das vorhandene Wasser elektrochemisch zersetzt. Dabei entsteht Sauerstoff und Wasserstoffionen werden freigesetzt. Dies entspricht einer Absenkung des pH-Werts, wodurch das gelöste Harz an der Oberfläche des Bauteils koagulierte. Über die Gleichrichterspannung sowie der Verweildauer in der Beschichtungslösung kann die Schichtdicke gesteuert werden. Die Spannung wird während des Beschichtungsprozesses auf dem eingestellten Sollwert gehalten. Erzielt wird dies, automatisch gesteuert, durch eine stetige Anpassung des Stromflusses. Die Spannung kann bis auf maximal 400 V eingestellt werden.

Die anodische Tauchlackierung zeichnet sich aus durch:

- Gleichmäßige Schichtbildung, selbst auf komplexen Geometrien und in Hohlräumen
- Hervorragenden Korrosionsschutz des ausgehärteten Lacks
- Hohe Reproduzierbarkeit des Prozesses



Details der neuen Anlage zur Abscheidung von Zink-Nickel und E-Coating

Dank eines geschlossenen Kreislaufsystems (*Closed-Loop-System*) wird die Abwasserbelastung minimiert: Der Beschichtungslack wird kontinuierlich von Spülwasser getrennt und das aufbereitete Wasser (Permeat) in die nachfolgenden Spülstufen rückgeführt. Anlagentechnisch weist der E-Coating-Prozess für die Anwendung bei der Pilatus Flugzeugwerke AG folgende besonderen Merkmale auf:

- Strömungsoptimierte Lackierposition zur Vermeidung von strömungstechnischen Totzonen, wodurch Ablagerungen vermieden werden
- Zwei autarke, externe Tauchpumpen, die ein Fördervolumen von je etwa dem zehnfachen des vorhandenen Behältervolumens aufweisen, mit Rückleitungen in den Behälter über ein Serduktoressystem. Die Rotationsgeschwindigkeit der Pumpen-

- laufräder ist entscheidend, um den Lack nicht zu schädigen
- 3D-Warenbewegung durch zwei autarke, regelbare und sich überlagernde Schwenkeinrichtungen
- Ultrafiltrationsanlage zur Trennung vom Beschichtungslack und Spülwasser aus Gründen des Umweltschutzes
- Stapelbehälter für Reinigungs- und Wartungsarbeiten

OBERFLÄCHEN

- Sicherheitseinrichtungen, insbesondere mit Berührungsschutz aufgrund der hohen erforderlichen Spannungen für die Lackabscheidung (E-Coating)
- Betrieb der Lackierposition über eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) für maximale Sicherheit bei Stromausfällen, wodurch der Beschichtungslack voll funktionsfähig bleibt

Nach dem Durchlauf durch den E-Coating-Prozess und den anschließenden Spülstufen besitzt die Beschichtung auf den Bauteilen eine Grund-Druckfestigkeit und ist somit bereits handfest. Ihre endgültige Enddruckfestigkeit erreicht sie im Umlufttrockner bei 120 °C mit integriertem Spezialfilter, womit sicher gestellt wird, dass während des Trocknungsprozesses keine Fremdpartikel auf die Bauteiloberfläche gelangen.

Vor der Entnahme auf der Be- und Entladestation werden die Bauteile in einem gekapselten Speicher mit frischer, gefilterter Zuluft gekühlt.

Anlage für Zink-Nickel mit Passivierungen

Die galvanische Zink-Nickel-Beschichtung ist in der Automobilindustrie weit verbreitet. In den letzten Jahren hat sie auch in der Luft- und Raumfahrt an Bedeutung gewonnen, da sie eine umweltfreundliche und leistungsstarke Alternative zur traditionellen Kadmiumbeschichtung darstellt.

Während die Zink-Nickel-Abscheidung aus Sicht der Prozesstechnik vergleichbar mit einer konventionellen Verzinkung ist, sind für die Nachlieferung des abgeschiedenen Zinks und Nickels besondere Einrichtungen erforderlich. Für die Zink-Nickel-Position wurde eine speziell entwickelte Lösestation für Zinkanoden integriert, die folgende Merkmale aufweist:

- Ausgeklügeltes und ergonomisches Handling der Zinkanoden
- Regelung des Zinkgehalts über eine variable Eintauchtiefe der Zinkanoden, was durch Ober- unter Unterbehälter mittels Niveauregelung und Notablassfunktion erreicht wird
- Gute Durchmischung in beiden Behältern mit filtrierter Rückführung in die Prozessposition
- Auslegung auch für kleine Aktivbad-Volumina an Zink-Nickel-Elektrolyt und geringe Warendurchsätze

Stimmen und Meinungen zum Projekt

Wir sind äußerst begeistert von der erfolgreichen Umsetzung dieser komplexen Anlage. Der E-Coating-Prozess ist für uns Neuland, doch die technischen Lösungen, die dabei zum Einsatz kommen, haben uns voll überzeugt. Besonders schätzen wir, dass wir in die Entscheidungsprozesse aktiv eingebunden wurden. Die Wahl des Lieferanten hat sich als richtig herausgestellt.

Yasar Kütükcü / Team Leader Plating & Inspection, Pilatus Flugzeugwerke AG

Die Zusammenarbeit während des gesamten Projekts war von hoher Professionalität geprägt. Besonders beeindruckt hat uns die strukturierte Vorgehensweise bei Planung und Umsetzung – jedes Detail wurde mit großer Sorgfalt berücksichtigt. Benötigte Angaben wurden bereits in frühem Zeitpunkt des Projektes gemacht und auch eingehalten.

Hanspeter Kohler / Projektleiter Heizung/Lüftung, HLE-Konzepte AG

In der Anlage können Bauteile aus Edelstahl, niedrig legierten oder unlegierten Stählen sowie Buntmetallen nach der Zink-Nickel-Beschichtung passiviert oder – falls erforderlich – auch ausschließlich passiviert werden. Die Verarbeitung erfolgt als Gestell- oder Trommelware.

Ausstattungsmerkmale beider Anlagen

Die beiden neuen Anlagen bei der Pilatus Flugzeugwerke AG verfügen über ein Deckelsystem sowie Transportwagenabsaugung für eine massive Reduzierung der Gesamtabluftmenge. Weiter sind die Transportwagen mit Tropfschalen sowie einem innovativen Personenschutzsystem ausgerüstet.

Die Anlagen werden gesteuert und geregelt über eine innovative und benutzerfreundliche High-Tech Steuerung. Über die Software wird dem Anlagenbetreiber jede erdenkliche Möglichkeit geboten, alle Prozessparameter individuell einzustellen und zu überprüfen. Mit der Erfassung und Protokollierung aller Parameter sowie deren Auswertungsmöglichkeiten wird den hohen QR-Ansprüchen der Luft- und Raumfahrtindustrie Rechnung getragen.

Gemeinsam zum Erfolg – mit Schweizer Qualität und präziser Planung

Die erfolgreiche Realisierung solcher komplexer Projekte, wie sie bei der Pilatus Flugzeugwerke AG erfolgreich abgeschlossen wurden, beginnt mit einer klaren Strategie: GALVABAU setzt auf die aktive Einbindung aller Stakeholder von Beginn an. Offene Kommunikation und partnerschaftliche Zusammenarbeit stellen sicher, dass alle Interessen berücksichtigt werden.



Zink-Löseabteil

Im Fokus steht dabei die konsequente Ausrichtung auf Schweizer Qualität – mit Produkten und Komponenten, wenn immer möglich, aus der Schweiz oder Europa – als Grundlage für den langfristigen Erfolg der Anlagen.

Dank präziser Planung und einem ganzheitlichen Projektansatz konnten die beiden Anlagen mit hoher Verfügbarkeit und niedrigen Betriebskosten realisiert werden. Somit wurde nicht nur ein technisch überzeugendes Ergebnis erreicht, sondern es wird auch ein wirtschaftlich nachhaltiger Betrieb auf Jahre hinaus gesichert.

Die Anlagen wurden termingerecht an Pilatus Flugzeugwerke übergeben, sodass direkt die Qualifizierung der Prozesse eingeleitet werden konnte.

➔ www.galvabau.swiss

≡ Ausgezeichnet innovativ: Wie CAMM die Industrie mit 3D-Magnesium und Ultraceramic® verändert

Im Rahmen einer Entwicklungsarbeit gelang es der Eloxalwerk Ludwigsburg Helmut Zerrer GmbH, die plasmaelektrolytische Oxidation für die Oberflächenbehandlung von Bauteilen aus Magnesium, hergestellt mittels 3D-Druckverfahren, zu nutzen, wodurch das Einsatzfeld für Magnesium deutlich erweitert wird. Die Verfahrenstechnik wurde jetzt mit dem German Innovation Award 2025 in den Kategorien *Material & Science* und *Transformative Technology* ausgezeichnet

Additive Fertigung eröffnet neue Wege für den industriellen Leichtbau – insbesondere mit Magnesium, dem leichtesten metallischen Konstruktionswerkstoff. In Kombination mit modernen Oberflächentechnologien bietet Magnesium hervorragende Möglichkeiten für hochkomplexe, funktionale Bauteile in sicherheitsrelevanten Anwendungen. Das CAMM-Projekt (Ceramic Additively Manufactured Magnesium), eine Kooperation des Laser Zentrums Hannover e. V. (LZH) mit der Eloxalwerk Ludwigsburg Helmut Zerrer GmbH (ELB), verknüpft erstmals Powder-bed-fusion-laser-based (PBF-LB/M) Drucktechnik mit der Ultraceramic®-Technologie (fortgeschrittene plasmaelektrolytische Oxidation – PEO) und liefert so eine zukunftsweisende Antwort auf industrielle Anforderungen in Mobilität, Luft- und Raumfahrt. Für diese Leistung wurde CAMM mit dem German Innovation Award 2025 in den Kategorien *Material & Science* und *Transformative Technology* ausgezeichnet. Die Resultate sind wegweisend: Durch die Kombination von additiver Fertigung und keramischer Oberflächenveredelung mit Ultraceramic® konnten im CAMM-Projekt hochkomplexe Magnesiumbauteile (Abb. 1) dauerhaft und zuverlässig geschützt werden.

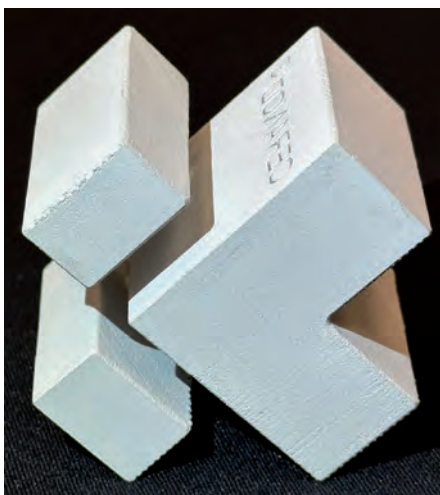


Abb. 1: Mögliche Struktur eines gedruckten Magnesiumbauteils (exemplarisch)

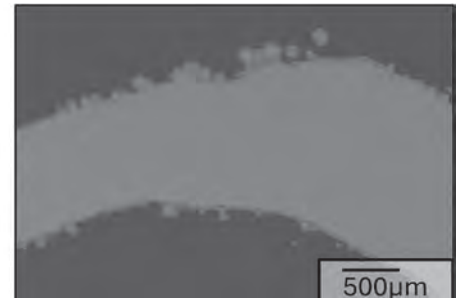
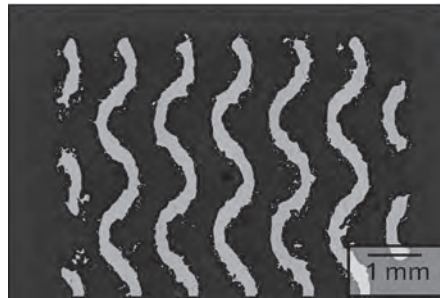


Abb. 2: Typischer Aufbau einer komplexen Struktur, die mittels Ultraceramic® veredelt ist; gezeigt ist in der REM-Aufnahme der Querschnitt zur Bewertung von Schichtdicke und Homogenität (links) sowie eine as-built-Oberfläche, die homogen von Ultraceramic® umschlossen wird (Detailaufnahme, rechts)

Selbst bei filigranen Geometrien und hohen mechanischen Belastungen bleibt die volle Funktionalität dauerhaft erhalten – mit einer um mehr als 1000-fach gesteigerten Korrosions- und Verschleißbeständigkeit gegenüber unbehandeltem Magnesium. Gleichzeitig ermöglicht der Einsatz von Magnesium in konventionellen Fertigungsverfahren bereits eine Gewichtsersparnis von bis zu 70 % im Vergleich zu Stahl – bei additiv gefertigten Komponenten liegt dieses Potential sogar deutlich höher. Das führt zu direkten Vorteilen in CO₂-Effizienz und Energieverbrauch.

1 Magnesium neu denken – additiv, komplex und beständig

Magnesium ist das leichteste metallische Strukturmetall. Dank hoher spezifischer Festigkeit und guter Energieabsorption eignet es sich ideal für Anwendungen im automobilen Leichtbau, der Medizintechnik und der Luft- und Raumfahrt. Dennoch war seine Nutzung bisher limitiert durch eine hohe Reaktivität, sowie starke Korrosionsneigung und Verschleiß. CAMM beweist, dass diese Einschränkungen heute überwunden sind. Die im Projekt entwickelte Prozesskette nutzt die Additivtechnik PBF-LB/M zur Herstellung komplexer Geometrien sowie Ultraceramic® zur Oberflächenveredelung (Abb. 2). Durch dieses Verfahren entsteht eine homogene, keramische Oberflächenschicht – gebildet

aus dem Leichtmetall selbst – atomar gebunden, langlebig und ökologisch verträglich.

2 CAMM-Prozessentwicklung: Additive Fertigung trifft Ultraceramic®

In einem mehrstufigen Prozess wurden komplexe Magnesiumbauteile aus der Legierung WE43 (mit Yttrium und seltenen Erden) additiv gefertigt und anschließend mit der Ultraceramic®-Technologie behandelt. Diese verwendet einen mild-alkalischen, wässrigen Elektrolyt – vollkommen frei von umwelt- oder gesundheitsgefährdenden Stoffen. Das durch das Anlegen sehr hoher Spannungen entstehende Plasma transformiert die Magnesiumoberfläche in eine keramische Schutzschicht, die sich homogen um das gesamte Bauteil legt und selbst feinste Geometrien und enge Spalte erreicht – ideal für den industriellen Einsatz 3D-gedruckter Strukturen unter extremen Bedingungen. Das gesamte CAMM-Projekt gliederte sich in fünf strukturierte Entwicklungsphasen. Zunächst wurde untersucht, wie sich Parameter der additiven Fertigung – insbesondere Laserleistung, Scanstrategie und Layerdicke – auf das spätere Verhalten bei der Oberflächenveredelung auswirken. Aufbauend darauf erfolgten detaillierte Untersuchungen der resultierenden Materialeigenschaften. Dazu zählten Härtemessungen, Mikro-

OBERFLÄCHEN

strukturuntersuchungen und tribologische Tests. In einem weiteren Schritt wurden mithilfe von REM- und EDX-Analysen gezielt die Effekte unterschiedlicher Veredlungsparameter auf die Porosität, Schichtmorphologie und die Wechselwirkung mit dem Substrat untersucht. Anschließend wurden komplexe Geometrien – etwa Gyroidstrukturen mit variierenden Wandstärken – gefertigt, um die Machbarkeit der Veredlung bei anspruchsvollen Bauteiltopologien zu evaluieren. Abschließend wurden alle gewonnenen Erkenntnisse in die Entwicklung eines modularen Parameterbaukastens überführt, der die gezielte Auswahl und Kombination geeigneter Prozessführungen für unterschiedliche Anwendungen ermöglicht.

3 PEO-Oberflächenmodifikation – aus Magnesium wird Hochleistungskeramik

Ultraceramic® ist eine eigens entwickelte PEO-Technologie, bei der Magnesiumoberflächen in ein keramisches Schutzsystem umgewandelt werden. Der Prozess ist vollständig wasserbasiert und PFAS-frei; die resultierende Oberfläche erfüllt die Anforderungen an eine FDA-Konformität – und eignet sich damit auch für Anwendungen in der Lebensmittel- und Medizintechnik. Das Ergebnis der Oberflächenbehandlung lässt sich charakterisieren durch folgende Kennwerte:

- Härtewerte über 900 HV0,05 bei hoher Duktilität
- einstellbare Schichtstärken zwischen 5 µm und 100 µm
- beständig gegenüber kurzzeitiger Temperaturbelastung bis 2000 °C
- homogenen Umschluss (Abb. 3), selbst bei filigraner Geometrie

Durch gezielte Parametervariation wurde im Projekt ein modulares Baukastensystem

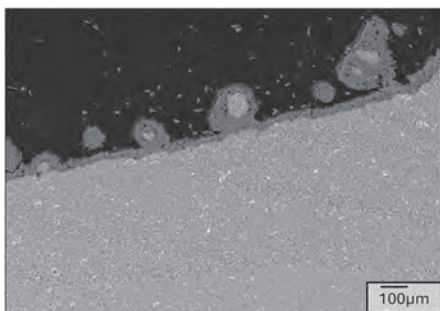


Abb. 3: Detailgetreue keramische Umhüllung einer as-built-Oberfläche im Querschliff – anhaftenden Partikel und die Innenstruktur über die gesamte Wanddicke hinweg sind homogen und gleichmäßig veredelt

Nachhaltigkeit durch Ultraceramic® auf einen Blick

- schadstofffreier Prozess für Umwelt und Mensch
- PFAS-frei – keine persistenten Schadstoffe im gesamten Prozess
- FDA-Konformität wird gewährleistet – geeignet für Anwendungen in der Lebensmittel-, Pharma- und Medizintechnik
- verlängerte Lebensdauer – drastisch reduzierte Korrosions- und Verschleißraten
- Ressourceneinsparung – geringerer Materialeinsatz durch Leichtbau
- energieeffizient – weniger Gewicht und damit geringerer Energieverbrauch im Betrieb
- Designfreiheit – komplexe Geometrien ohne Einschränkungen prozessierbar
- recycelbar und umweltfreundlich

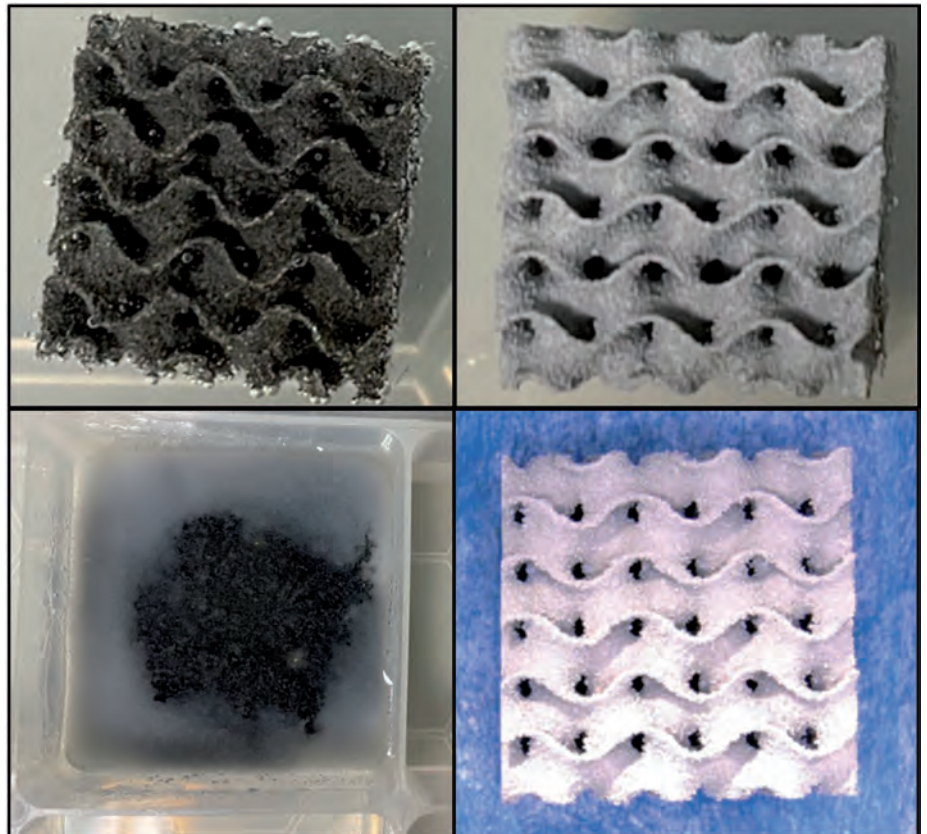


Abb. 4: Unbehandeltes Magnesium während der Exposition (links oben), das sich in salzhaltiger Umgebung innerhalb von Stunden zersetzt (links unten), wogegen die homogene Oberfläche eines veredelten Gyroid-Bauteils während der Exposition (rechts oben) nach der Exposition eine intakte stabile Oberfläche zeigt (rechts unten) und damit selbst komplexe Geometrien vollständig geschützt sind

entwickelt, das die Prozessauswahl anwendungsbezogen ermöglicht – basierend auf Material, Belastungsart und Geometrie. Diese Plattform erlaubt nun die schnelle Umsetzung neuer Designideen.

4 Korrosionsverhalten – der Unterschied ist drastisch

Im weiteren Projektverlauf wurden die realen Einsatzbedingungen simuliert, um das Verhalten der Ultraceramic®-Veredelung in anspruchsvollen Umgebungen zu analysieren. Dabei zeigte sich: Auch nach mehreren Tagen in salzhaltiger Umgebung (NaCl-Lösung)

wiesen die veredelten Bauteile nur minimale Korrosionserscheinungen auf – in scharfem Kontrast zu unbehandeltem Magnesium, das sich unter denselben Bedingungen bereits nach wenigen Stunden vollständig zersetzte (Abb. 4). Die keramische Oberfläche bleibt stabil, dicht und funktional und bietet somit langanhaltenden Schutz.

Darüber hinaus erwies sich das Verfahren als robust gegenüber geometrischen Schwankungen: Unterschiedlichste Wandstärken, Innenkanäle und Funktionsflächen konnten verlässlich funktionalisiert werden. Besonders hervorzuheben ist, dass selbst Innen-

kanäle mit ungünstigem Aspektverhältnis vollständig mit Ultracermaic® veredelt werden konnten. Dies ist nicht nur ein zentraler Nachweis für die industrielle Anwendbarkeit bei komplexen 3D-Strukturen, sondern belegt auch die Schutzwirkung der keramischen Oberfläche bis in das Innere der Bauteile – dort wo konventionelle Beschichtungsverfahren keine Korrosionssicherheit gewährleisten können.

5 Modulares System für maximale Anwendungsvielfalt

Ein entscheidender Fortschritt des CAMM-Projekts ist die Entwicklung eines modularen Systems zur Parameteranpassung. So können Schichtstärke, Porenstruktur oder Härte an branchenspezifische Anforderungen angepasst werden – ob für die Luftfahrt, die Automobilindustrie oder die Medizintechnik.

Das System erlaubt die gezielte Kombination von 3D-Druckstrategien und Ultraceramic®-Veredelungsparametern entsprechend den gewünschten Bauteileigenschaften: mechanisch, chemisch oder thermisch. Dadurch lässt sich sowohl die Performance als auch die Ressourceneffizienz optimieren – bei gleichzeitiger Sicherstellung der industriellen Skalierbarkeit.

6 Technologischer Durchbruch mit internationaler Anerkennung

CAMM überführt Werkstoff- und Prozesstechnik von TRL 4 in eine anwendungsnahe Plattform. Das Projekt wurde 2025 mit dem German Innovation Award in zwei Kategorien ausgezeichnet. Mit der Kombination aus ressourceneffizienter additiver Fertigung und umweltfreundlicher Oberflächentechnologie steht nun ein skalierbares System für Hochleistungs-Magnesiumbauteile zur Verfügung.

Mehrwert für industrielle Anwendungen von Ultraceramic® auf einen Blick

- höchste Oberflächenhärte – bis 2000 HV bei gleichzeitig hoher Duktilität
- keine Kantenunterwanderung – ideal für filigrane und funktionale Geometrien
- wartungs- und lebensdauerverlängernd – reduzierte Ersatzteilhäufigkeit
- serienfähig und skalierbar – geeignet für Stückzahlen von 1 bis 1.000.000
- optimal bei hohen mechanischen und korrosiven Belastungen
- übertrifft klassische PEO – keine Sprödigkeit, keine Rissbildung

Die Vorteile reichen von CO₂-Reduktion über Materialeinsparung bis hin zur Wartungsfreiheit. Zusätzlich können funktionale Integrationen realisiert werden, zum Beispiel durch direkte Kühlkanäle oder strukturmechanisch optimierte Topologien.

7 Fazit: Magnesium als Werkstoff der Zukunft – mit CAMM und Ultraceramic®

Das CAMM-Projekt zeigt: Magnesium kann mehr. Mit Ultraceramic® erhält es die Schutzwirkung, die für industrielle Daueranwendungen notwendig ist. Und durch den 3D-Druck entsteht die Formfreiheit, die moderne Anwendungen fordern.

- über 70 % Gewichtseinsparung gegenüber Stahl
- mehr als 1000-fach höhere Beständigkeit gegenüber ungeschütztem Magnesium
- Kostenersparnis im Bereich von 26 % bis 50 % – abhängig vom Anwendungsfall – durch reduzierte Material- und Fertigungskosten, verlängerte Lebensdauer, geringeren Wartungsaufwand und integrierte Funktionen

CAMM ist damit nicht nur eine technische Lösung, sondern ein Impuls für zukunftsweisen, nachhaltigen Leichtbau quer durch die Branchen.

Ultraceramic® entfaltet ihr Potenzial nicht nur im Bereich der additiven Fertigung, sondern



auch bei konventionell hergestellten Leichtmetallen wie Aluminium-, Titan- und Magnesiumlegierungen. Die Technologie bietet zuverlässige, langlebige und nachhaltige Lösungen als Oberflächenschutz für verschiedenste industrielle Anwendungen. Ultraceramic® hat sich aufgrund seiner exzellenten Merkmale (Kasten oben auf dieser Seite) als universelle Schlüsseltechnologie für Hochleistungsoberflächen etabliert.

Danksagung

Das CAMM-Projekt wurde im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert. ELB dankt dem Projektpartner Laser Zentrum Hannover e. V. (LZH) für die hervorragende Zusammenarbeit und die erfolgreiche Forschung im Bereich der additiven Fertigung. Durch das gemeinsame Engagement wurde eine richtungsweisende Lösung für den industriellen Leichtbau mit Magnesium realisiert. Der eingeschlagene Weg ist vielversprechend – und soll künftig im Sinne einer breiten industriellen Umsetzung weitergeführt werden.

BRW
CHEMIE

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

WIR LEBEN OBERFLÄCHENTECHNIK



Ein Unternehmen der

WOGLUM
GRUPPE

- + 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

Kompakte Heizregister mit viel Leistung und geringem Platzbedarf

Von Matthias Deuner, Schwabach

Heizregister werden als direkte Beheizung für den Einsatz in Anlagen und Behältern kundenindividuell konzipiert. Ein Heizregister kann aus einem oder mehreren Heizelementen bestehen. Diese Heizelemente setzen sich aus einem, zwei oder maximale vier beheizten Horizontalrohren zusammen (Abb. 1). Zudem zeichnet die Heizregister eine hohe Leistungsdichte aus. Hierdurch kann eine große Heizleistung im Verhältnis zum benötigten Bauvolumen zur Verfügung gestellt werden. Trotz hoher Heizleistungen sind geringe Oberflächenbelastungen möglich. Dadurch kann die Prozessflüssigkeit sachgemäß mit minimaler Verkrustung an den beheizten horizontalen Schenkeln aufgeheizt werden.

Die Abmessungen der Heizelemente lassen sich einfach an den verfügbaren Platz im Behälter anpassen. Sie eignen sich zum Einbau an der Behälterwand oder am Boden. Bei niedrigen Füllständen in Anlagen der sogenannten *Bandgalvaniken* (reel-to-reel) eignen sie sich besonders. Die kompakte Anordnung erfolgt bauseitig über Halterungen im Behälter. Die einzelnen Heizelemente können einfach zur Reinigung und Wartung ausgebaut werden.

Als Werkstoffe hierfür stehen Edelstahl 1.4571/AISI316Ti, Stahl S355J2H oder Titan 3.7035/grade 2 zur Verfügung. Die Anschlussleitung ist mit Silikon ummantelt und wird in der vom Kunden benötigten Länge mitgeliefert. Längen bis 3500 mm bei einer maximalen Leistung bis 20 kW können realisiert werden. Die Konstruktion wird hierbei anlagenspezifisch an die jeweiligen Prozessbedingungen angepasst.

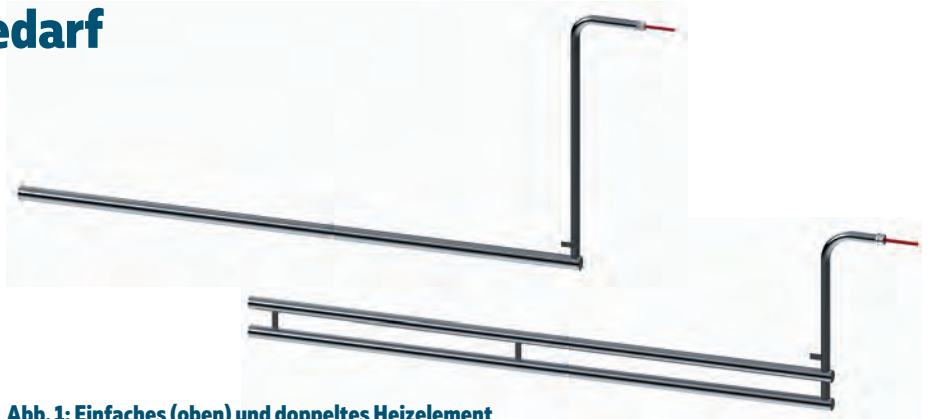


Abb. 1: Einfaches (oben) und doppeltes Heizelement

Durch die Umsetzung einer hohen Heizleistung ist der Verdrahtungs- und Installationsaufwand im Vergleich zu anderen Heizkonzepten wesentlich geringer.

Flexibel in der Anwendung

Die platzsparenden Heizungen aus den unterschiedlichen Werkstoffe bewähren sich in zwischen für verschiedene Einsatzfälle, wie an drei Beispielen aus der Praxis der galvanischen Metallabscheidung sowie der Oberflächenbehandlung von Stahl aufgezeigt werden kann.

- Heizregister aus Titan 3.7035 zur Beheizung eines Elektrolyten zur elektrolytisch Abscheidung von Nickel:

Behälterabmessungen: Länge 1100 mm, Breite 3000 mm, Höhe 1500 mm

Solltemperatur: 60 °C

Benötigte Heizleistung: 43 kW

Die Heizregister werden an der 3000 mm-Breiteseite montiert (Abb. 2). Zur Gewährleistung der erforderlichen Heizleistung werden

drei Stück Heizregister mit je zwei Heizelementen und einer horizontalen Tauchrohrlänge von 1900 mm benötigt.

- Heizregister aus Edelstahl 1.4571 zur Beheizung einer alkalischen Entfettung:

Behälterabmessungen: Länge 1130 mm, Breite 3000 mm, Höhe 1500 mm

Solltemperatur: 60 °C

Benötigte Heizleistung: 44 kW

Aufgrund des minimalen Füllstands von 125 mm müssen die Heizregister auf dem Behälterboden installiert werden (Abb. 3). Für die erforderliche Aufgabenstellung werden Heizregister mit einem Heizelement und einer Tauchrohrlänge von 2900 mm mit Stützfüßen mit 50 mm Abstand zum Behälterboden montiert.

- Heizregister aus Stahl S355J2H in einem System für das Brünieren von Stählen:

Behälterabmessungen: Länge 900 mm, Breite 2600 mm, Höhe 1150 mm

Solltemperatur: 145 °C

Benötigte Heizleistung: 49 kW

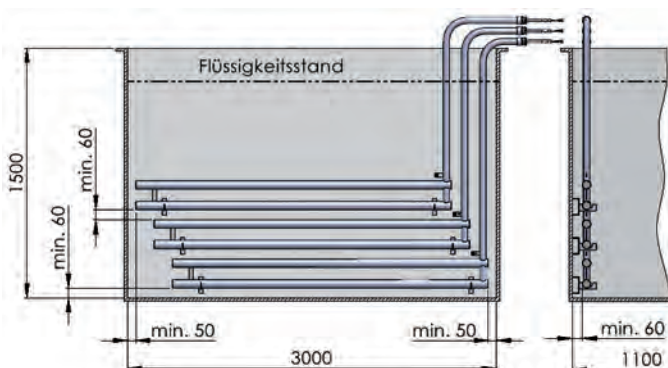


Abb. 2: Einbau an der Behälterwand mit Mindestabständen

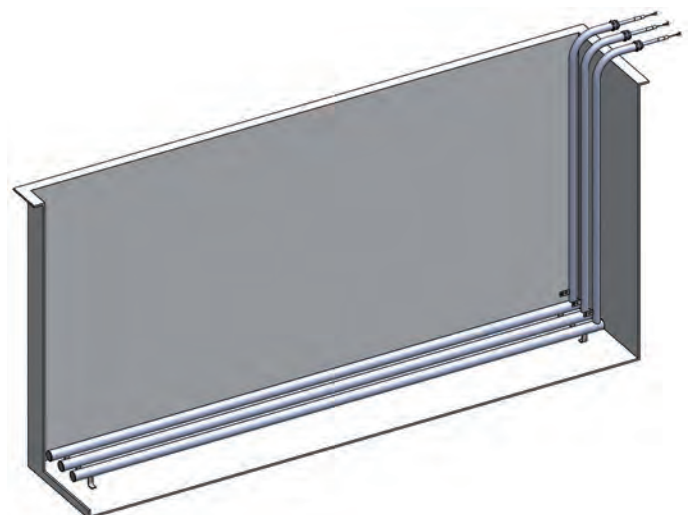


Abb. 3: Bodenmontage eines Heizelements

OBERFLÄCHEN

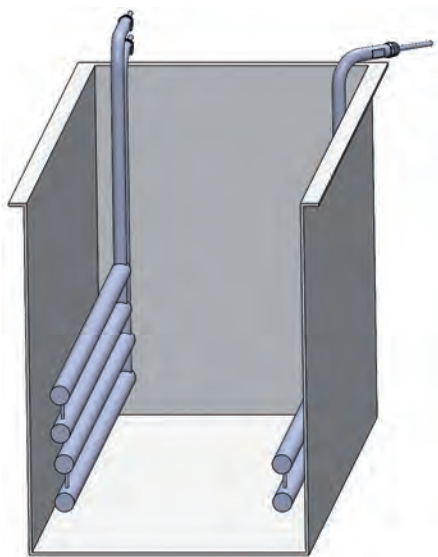


Abb. 4: Beidseitiger Einbau an Behälterwand

Insgesamt drei Stück Heizregister mit jeweils 18 kW realisieren eine Gesamtleistung von 54 kW (Abb. 4). Die Länge der beiden horizontalen Tauchrohre beträgt 2350 mm. Bei einer Brünierung ist mit einem flächigen Abtrag der Wanddicke zu rechnen. Es werden hier Rohre aus Stahl S355J2H mit einer großen Wanddicke eingesetzt.

Leistungsfähige Heiztechnologie

Die vorgestellten Heizregister zeichnen sich durch eine hohe Flexibilität im Hinblick auf

die Einbaumöglichkeiten in Anlagen zur Oberflächenbehandlung aus. Dabei eignen sie sich nicht nur für wässrige Elektrolyte oder Reinigungssysteme, sondern auch für Schmelzen aus speziellen Salzen der Brünierverfahren. In allen Fällen unterstützen sie die effiziente Nutzung der Wirklösungen aufgrund des geringen Bedarfs an Behältervolumen bei gleichzeitig maximaler Heizleistung und hoher Sicherheit und Zuverlässigkeit.

➔ www.mazurczak.de

Mikroelektronik – ein Spezialbereich der Oberflächentechnik

Die Fachgruppe Oberflächen der microTEC Südwest e. V. ist der Einladung des Instituts für Mikroelektronik Stuttgart (IMS Chips) gefolgt und informierte sich am 27. Mai rund um die Entwicklung und Herstellung von mikroelektronischen Bauteilen

Das IMS in Stuttgart

Das Institut für Mikroelektronik Stuttgart (IMS), eine Stiftung des bürgerlichen Rechts, wurde 1983 gegründet und beschäftigt heute 115 Mitarbeitende. Wie Ulrike Passlack, IMS Chips, betonte, unterstützt die gute Vernetzung mit den Einrichtungen im Wissenschaftscampus (Universität, Fraunhofer, Hahn-Schickart) die Arbeiten des Instituts. Als eine der Besonderheiten kann für die Arbeiten ein Reinraumbereich von insgesamt etwa 1200 Quadratmeter genutzt werden. Ausgeführt werden Entwicklungen zu MEMS, Nanostrukturierung, Siliziumphotonik, flexible Elektronik oder integrierte Schaltkreise. Die Finanzierung erfolgt zu 40 Prozent durch die Industrie, 30 Prozent durch das Land Baden-Württemberg und 30 Prozent sind öffentlich finanzierte Projekte.

Wichtige Arbeitsschritte beginnen bei der Vorreinigung der zu bearbeitenden Substrate. Des Weiteren werden unterschiedliche Belichtungs- und Ätzprozesse durchgeführt sowie Beschichtungen vorwiegend durch Vakuumverfahren. Belichtet wird unter anderem mittels Elektronenstrahlschreiber sowie hochauflösende Belichtungsverfahren für Strukturen bis in den Nanometerbereich. Ergänzt werden die Technologien durch hochauflösende Analysemethoden. Als Basis für die elektronischen Schaltungen werden Wafer bis zu 300 mm Durchmesser genutzt.

Umfangreiche Arbeiten richten sich auf die Arbeit mit flexiblen Substraten zur Anwendung vor allem in der Medizintechnik. Dafür wird primär eine Polymerfolie (Polyimid) verwendet, die nach Verkapselung auch in lebende Organismen implantiert werden kann. Als Verkapselung eignen sich vor allem ALD-Beschichtungen und insbesondere Parylen als Schutz gegen Feuchtigkeitsdurchtritt. Die Abmessungen entsprechender Chips liegen im Bereich von $30\text{ }\mu\text{m} \times 30\text{ }\mu\text{m}$, wobei die Gesamtabmessungen mit den notwendigen Kontaktierungen von Außen bis zu $300\text{ }\mu\text{m} \times 300\text{ }\mu\text{m}$ reichen. Zu den wichtigen Ergebnissen der Arbeiten zählt unter anderem ein Chip, mit dem die Atmung bei Früh-

geborenen überwacht werden kann. In einem weiteren Projekt wurde ein Chip von etwa 1 mm^2 hergestellt, der als Kathetersensor die Navigation bei Operationen unterstützt.

IMS Mikro-Nano Produkte

Wilhelm Kühn ist seit kurzem bei IMS als Geschäftsführer tätig und soll die Zusammenarbeit mit Geschäftskunden intensivieren. (Die IMS GmbH agiert als Partnerbereich von IMS Chips.) Im Vordergrund steht hierbei das Mikrostrukturieren, das der Industrie zugänglich gemacht werden soll. Eine bereits gute Zusammenarbeit besteht mit Zeiss, unter anderem für die Fertigung von EUV-Anlagen zur Herstellung von elektronischen Chips der



SERFILCO®
Pumpen & Filter
chemiebeständig · robust · langlebig

Der starke Partner für Industrie & Anlagenbau!

- Pumpen & Filtersysteme für die Prozessstufen: Reinigung, Entfettung, Phosphatierung, Passivierung u. galvanische Beschichtungen (Metall & Kunststoff)
- Pumpen für Eloxal-/Harteloxalverfahren
- Filtersysteme f. Elektrolyte-, Beize-, Spül- und Versiegelungsbäder
- SerDuctor®-Düsensystem zur Badbewegung ohne Luft
- Badheizer und Wärmetauscher

OBERFLÄCHEN

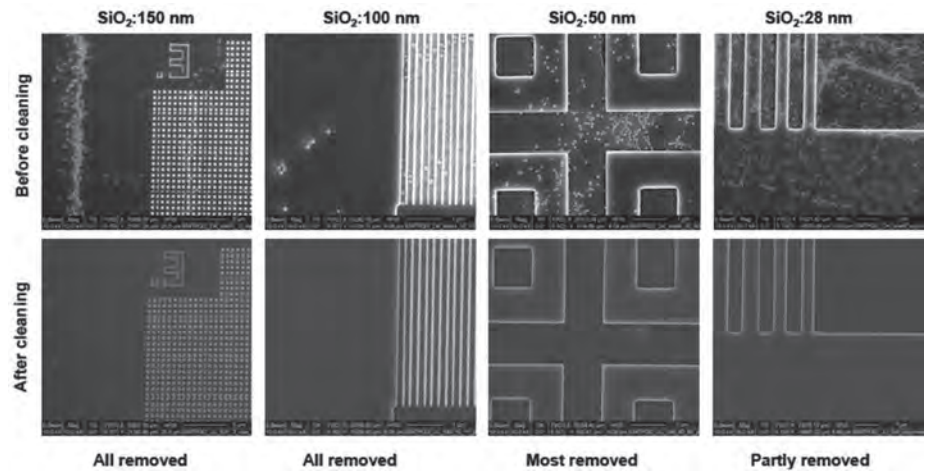
nächsten Generation. Zu den wichtigen Bauteilen dieser EUV-Scanner der neuesten Generation zählen die erforderlichen Spiegel im Gerät. Die außerordentlich hohe Qualität der Spiegel wird durch nm-Strukturierung unter Nutzung computergenerierter Hologramme (CGH) erzeugt. Ein CGH liefert Aussagen über die unerwünschten Geometrieabweichungen eines Spiegels.

Das CGH besteht aus definierten Strukturen mit Höhen von etwa 100 nm und Breiten von wenigen Nanometern. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass jeder Spiegel sein eigenes Hologramm hat, aufgrund dessen er eingestellt wird. Erstellt wird ein CGH unter Verwendung eines Substrats aus poliertem Quarz, das im ersten Schritt mit einer Chromschicht von 100 nm Dicke beschichtet wird. In diese Schicht wird die Mikrostruktur eingebracht. Wichtig ist hierbei eine gute Haftung der Chromschicht auf dem Quarzsubstrat, wozu eine optimale Reinigung der Substratoberfläche unabdingbar ist.

Neben der Reinigung beeinflusst das Anspalten der Chromschicht die Qualität der Haftung. Geprüft wird dies beispielsweise mit Bond- und Zugprüfungen, Kontaktwinkelmessungen oder mittels Ritztest. Für die Reinigung selbst wird unter anderem auf Plasmatechnologien zurückgegriffen. Schließlich werden der Einfluss der Temperatur bei der Beschichtung oder die Reinheit der eingesetzten Beschichtungsmaterialien als Einflussgröße in Betracht gezogen. Bei den durchgeführten Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass die Parameter des Sputterprozesses eine deutliche Auswirkung auf die Haftung der Schichten haben.

Reinigung für höchste Qualitätsanforderungen

In einem weiteren Vortrag erläuterte Ralf Emberger, Geschäftsführer der Sonosys Ultraschallsysteme, Reinigungsverfahren für die Mikroelektronik. Ein Arbeitsgebiet der Sonosys ist die Reinigung von Wafern für die Herstellung von Halbleiterbauelementen. Die Herausforderungen wachsen mit Reduzierung der Strukturgrößen bei Chips. Derzeit wird in der Nassreinigung das Entfernen von Partikeln unter 100 nm gefordert, wobei vor allem auf das Vermeiden von Strukturschäden durch den Reinigungsprozess Wert gelegt wird. Zu berücksichtigen ist, dass durch das Implodieren der Kavitationsblase – eine der wichtigsten Teilprozesse beim Einsatz von Schall für das Reinigen – Schäden an Nanostrukturen entstehen können. Verhindert wer-



Beispiel für die Reinigungswirkung der modernen Megascaltechnologie

(Bild: R. Emberger)

den kann das durch die Erhöhung der Schallfrequenz, da damit die Kavitationsblasen kleiner werden. Weitere Einflussgrößen sind die Temperatur, Chemikalienart und der Gasgehalt der Reinigungslösung.

Die für diesen Zweck entwickelten Megascal-Schwinger werden zur entsprechenden Reinigung am Boden der Reinigungsbecken angebracht und der Schall durchwandert die senkrecht angeordneten Wafer. Die abgereinigten Partikel wandern zur Oberfläche des Reinigungsmediums und werden über einen seitlich befindlichen Überlauf abgeführt und ausgetragen. Vorteil dieses Systems ist, dass es sich um eine statische Anordnung handelt. Umsetzbar ist diese Schallreinigung auch mit Schalldüsen, mit denen der Schall auf einen Punkt konzentriert werden kann. Dieser konzentrierte Punkt wird zum Beispiel kreisförmig über ein Substrat geführt und reinigt dabei das Substrat. Die selbe Methode kann für geringen oder hohen Durchsatz an Wafern genutzt werden. Durch die breite Variation an Schwingertypen findet Megascal in vielen Anwendungen erfolgreichen Einsatz. Ergänzt

wird das Angebot durch Schallsensoren, mit denen sich die Schallgeber je nach Anwendung optimal einstellen lassen.

Rundgang durch das Institut

Die Teilnehmer der Sitzung der Fachgruppe Oberflächen hatte die Möglichkeit, sich einen Eindruck von den Einrichtungen und Räumlichkeiten des Instituts unter fachkundiger Führung zu verschaffen. Damit können weitreichende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt sowie Kleinserien für den kommerziellen Einsatz auf dem Gebiet der modernen Mikroelektronik hergestellt werden.

Die stellvertretende Geschäftsführerin der microTEC Südwest, Dr. Christine Neuy, und der Fachgruppensprecher Prof. Dr. Volker Bucher bedankten sich bei den Gastgebern der Sitzung und den Vortragenden für den vermittelten interessanten Stoff sowie bei den Teilnehmern für ihr Interesse und ihre Mitarbeit in der Fachgruppe.

➔ www.microtec-suedwest.de



Teilnehmende der Fachgruppensitzung bei der IMS Chips in Stuttgart

(Bild: microTEC)

Trendsetter der Galvanotechnik laden ein

Die DGO-Bezirksgruppe Stuttgart war im Mai zu Gast bei der Dr.-Ing. Max Schlötter in Geislingen. Neben den Themen der galvanischen Verchromung und der Vorstellung innovativer Pumpentechnologie stand auch eine Führung durch die beeindruckenden Betriebsräume des Unternehmens auf dem Programm.

Die Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG zählt zu den wichtigsten Anbietern von galvanischen Verfahren und ist auf diesem Gebiet bereits seit mehr als 100 Jahren mit großem Erfolg tätig. Das 1912 in Leipzig – der Wiege der Galvanotechnik – gegründete Unternehmen hat seit Ende des Zweiten Weltkriegs in Geislingen seinen Hauptsitz. Dort sind alle Bereiche mit entsprechend modern ausgestatteten Einrichtungen vertreten und damit für Besucher aus dem Bereich der galvanotechnischen Beschichtung und Oberflächenbehandlung eine begehrte Besuchsadresse – was sich in der erfreulich großen Teilnehmerzahl von insgesamt 35 Personen an der Exkursion der DGO-Bezirksgruppe Stuttgart am 8. Mai zeigte. In Vertretung der Geschäftsleitung hieß Dietmar Stork, Vertrieb, die Gäste willkommen.



Dietmar Stork (rechts) begrüßt die Gäste

Der Rundgang durch die Geschäftsräume bot eine beeindruckende Darstellung der Leistungsfähigkeit eines wichtigen und global tätigen Anbieters von galvanischen Technologien. So stand zunächst eine Zeitreise von den Anfängen vor mehr als 120 Jahren in Leipzig, der kurzzeitigen Verlegung nach Berlin bis zur Etablierung des Unternehmens nach Ende des Zweiten Weltkriegs in Geislingen/Steige am Anfang der Führung. Über all diese Jahre ist die Dr.-Ing. Max Schlötter in Familienhänden verblieben, inzwischen mit den Kindern der derzeitigen Geschäftsführerin und Miteigentümerin Dr. Stefanie Geldbach die fünfte Generation seit der Unternehmens-

gründung. Der Standort in Geislingen verfügt über alle wichtigen Bereiche für die Entwicklung von Verfahren zur Oberflächenbehandlung mit Schwerpunkt galvanische Abscheidung, der Herstellung von Ausgangssalzen und -lösungen für chemische und elektrochemische Oberflächentechnik sowie über Anlagen und Geräte zur Qualifizierung der Verfahren.

Ein besonderes Augenmerk wird auf die sichere Lagerung aller erforderlicher Rohstoffe zur Herstellung der unterschiedlichen Ansätze für die Beschichtung und Bearbeitung gelegt. Dafür steht ein hochmodernes Chemikalienlager zur Verfügung. Schlötter achtet unter anderem auch darauf, ausreichend Rohstoffe verfügbar zu haben und sich so in gewissem Rahmen gegen stark schwankende Liefermengen abzusichern. Umfangreich ist auch die Ausstattung mit Prüf- und Messeinrichtungen, um alle von den Kunden geforderten Qualifizierungen in ausreichendem Maße durchführen zu können. Nach wie vor stehen hier beispielsweise Korrosionsprüfungen im Vordergrund. Aber auch Prüfverfahren für Oberflächen der Elektrotechnik und Elektronik sind ein wichtiger Bestandteil der Qualifizierung. Vor zwei Jahren stellte Schlötter zudem eine neue Prüfanlage auf Wasserstoffversprödung vor, mit der hochfeste Stähle und deren Beschichtbarkeit mit einer großen Genauigkeit kontrolliert werden können.

Einen bleibenden Eindruck hinterließ bei den Teilnehmern der Betriebsführung der Besuch des Galvanik-Technikums. Auf etwa 360 Quadratmetern stehen hier mehr als 50 Aktivpositionen der unterschiedlichen Schlötter-Verfahren bei Volumina bis zu 400 Litern für Tests zur Verfügung. Sowohl neue Verfahren als auch eingeführte Technologien für neue Anwendungen können hier vom klassischen Verzinken über neue Technologien wie die Abscheidung aus Chrom(III)-systemen bis hin zur hochpräzisen Kupferabscheidung auf Leiterplatten auf Gestell- oder Trommelteile durchgeführt werden.

Die interessanten Einblicke und Zusatzinformationen zum Unternehmen Dr.-Ing. Max Schlötter wurden durch zwei Fachverträge

ergänzt. Oliver Daum von Schlötter stellte die Leistungsfähigkeit und Nachhaltigkeit der vom Unternehmen angebotenen Elektrolyte zur Abscheidung von Chrom aus Chrom(III)-verbindungen vor und Nina Mack von Sager + Mack stellte ein vollkommen neues Umwälz- und Filtrationssystem vor.

Chrom(III)elektrolyte

Wie Oliver Daum eingangs betonte finden derzeit Chrom(III)elektrolyte vor allem für dekorative Schichten Anwendung. Die Verfahren können aus Elektrolyten auf Basis von Chlorid und von Sulfat betrieben werden. Elektrolyte mit Chlorid können mit höherem Strom belastet werden. Häufiger wird jedoch die Sulfatvariante eingesetzt (95 % der Einsatzfälle). Auf jeden Fall erforderlich ist die Verwendung von MMO-Anoden.



Oliver Daub beim Vortrag

Eine weitere Unterscheidung betrifft die eingesetzten Komplexbildner. Die komplexbildnerfreien Verfahren erlauben eine einfachere Abwasserbehandlung. Mit allen Chrom(III)-verfahren ist die Herstellung von farbigen Varianten möglich, da es sich bei den Schichten um Legierungen handelt. In der Regel sind die Verfahren auf niedrige Schichtdicken begrenzt, lediglich durch Anwendung des Pulsplatings sind höhere Dicken möglich. Inzwischen kann auf die Nachbehandlung der Chromschichten mit Chrom(VI)-lösungen verzichtet werden. Die Anlagentechnik für die Abscheidung aus Chrom(III) ist gegenüber

OBERFLÄCHEN



DGO-Bezirksgruppe Stuttgart zu Gast bei Schlötter in Geislingen (Bilder: Schlötter)

der klassischen Abscheidung aus Chrom(VI) erweitert, da eine aufwendigere Vorbehandlung erforderlich ist. Bessere Gesamteigenschaften werden durch Multilagenschichten erzielt. Die hierfür empfohlene Nachbehandlung erhöht die Korrosionsbeständigkeit und vermeidet das Austreten von Nickel aus der Unterschicht. Neben der Notwendigkeit zur Nutzung von Ionenaustauschern zur Reinigung der Elektrolyte von Fremdmetall ist ein höherer Aufwand für die Zerstörung der Komplexbildner erforderlich. Meist ist zudem ein Wechsel der Abscheidewanne sowie der Gestelle notwendig, um das Freisetzen von Resten an Chrom(VI) zu vermeiden.

Zur Anwendung kommt das neue Elektrolytssystem bei Sicherheitsteilen für Fahrzeuge. Hier erfolgt die Abscheidung auf vernickeltem Stahl. Alle Anforderungen an Dekoration sowie an Korrosion und Verschleiß werden nach Aussage von Oliver Daub bestens erfüllt. Einen gewissen Aufwand hat der Kunde in die Umrüstung der Galvanikanlage sowie die Abwassertechnik geleistet.

Funktionelle Verchromung mit Chrom(III)-elektrolyten ist erst bei wenigen Anbietern von Beschichtungen im Einsatz. Da die Eigenschaften deutlich von denen der klassischen Verchromung abweichen, ist eine Einstellung vom Elektrolyt auf das Bauteil erforderlich. Deshalb wird es bevorzugt bei großen Stückzahlen von gleichartigen Teilen, also in der Regel bei Inhouse-Beschichtungen, genutzt. Zudem muss zur Erzielung vergleichbarer Schichteigenschaften mit einer Unternickelung gearbeitet werden.

Eine Herausforderung bei der Herstellung von Hartchromschichten ist die erhöhte Neigung zur Rissbildung. Außerdem muss mit den notwendigen Legierungsbestandteilen der Chromschicht zurechtgekommen werden. Die Härte ist der von klassischem Hartchrom vergleichbar, ebenso die im Prinzip hohen erreichbaren Schichtdicken. Mechanisch ist die Schicht aus Chrom(III) gut, während die Korrosionsbeständigkeit noch verbesserungswürdig ist, ebenso wie die Streufähigkeit, die bei komplexen Geometrien eine Herausforderung darstellt. Als kostentreibend wirkt neben der komplexen Prozessfolge auch die Notwendigkeit zur Nutzung von Anschlagnickel und Aufbaunickel.

Entwicklungen richten sich darauf, weniger Fremdstoffe in die Schicht einzubauen und

damit eventuell auch auf die Unternickelung verzichten zu können.

Filtration mit dem JETMack

Nina Mack, Tochter von Unternehmensgründer Peter Mack und seit einigen Jahren im Familienunternehmen tätig, stellte die neueste Entwicklung des Pumpenspezialisten aus dem baden-württembergischen Ilshofen-Eckartshausen vor. Dass die Innovationskraft der Sager + Mack nicht nur in der Galvanotechnikbranche zu Kenntnis genommen wird, zeigt sich in der kürzlich überreichten Auszeichnung als Technologieführer für Baden-Württemberg. Wie Nina Mack einleitend betonte, zählen bei Sager + Mack Prozessverbesserung, einfaches Handling und Kos-



Nina Mack stellt den JETMack vor

tenreduktion zu den vorrangigen Zielen ihrer Entwicklungs- und Fertigungsbemühungen. Um dies zu erreichen, wird durchaus auch von den klassischen Methoden der Filterung von Medien abgewichen. Erfolgt die Filterung bish über Filtertücher oder Filtermedien mit fester Anordnung von Zu- und Ablauf, so wird bei der neuesten Geräteklasse des JETMack dieses Prinzip umgekehrt: Genutzt wird jetzt das Zyklonprinzip, um Feststoffe aus Flüssigkeiten abzuscheiden. Erreicht wird damit ein einfaches Handling ohne einer Notwendigkeit des Wechsels von Filtermedium, eine erkennbare Kostenreduktion einschließlich geringem Chemikalienverbrauch sowie das Vermeiden von Stillstandszeiten. Des Weiteren zeichnet sich die Anlage durch konstanten Durchfluss aus.



Wie alle bisherigen Geräteklassen lässt sich auch der JETMack in seinem Aufbau an die jeweilige Filtrationsmenge beim Nutzer anpassen. Installiert werden kann zum Beispiel eine drucklose Filtration oder eine direkte Leitung in die Abwasserbehandlung, was jedoch so ausgeführt wird, dass nur geringste Abfallmengen anfallen. Die genaue Auslegung der Pumpe ist von der Art des Elektrolyten abhängig und muss auf diesen eingestellt werden. Zu den Vorteilen zählt die Vermeidung von Filtermedien, die zukünftig stetig teurer werden. Zudem arbeitet das System mit weniger Energie. Aktuell werden Praxiserfahrungen mit unterschiedlichen Einsatzfällen gesammelt. Bereits bewährt hat sich nach Aussage von Nina Mack die Technologie bei alkalisch Zink und Zink-Nickel. Geeignet ist das Verfahren auf jeden Fall für alle Systeme, die partikelartige Fremdstoffe enthalten, unabhängig von deren Konzentration, aber mit einem sehr guten Reinigungsergebnis.

Ausgiebige Diskussionen und Meinungsaustausch

Im Anschluss an die Vorträge wurde ausführlich über die erfahrenen Eindrücke und technischen Neuheiten diskutiert, zu der die Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG Getränke und schmackhaftes Fingerfood bereitgestellt hatte. Alles in Allem also ein lohnender Abend, für den sich alle Gäste bedankten.

Seit 30 Jahren zuverlässiger Partner der Oberflächentechnik

QUBUS und IFO feiern Jubiläum

Vor drei Jahrzehnten startete die Unternehmensgruppe QUBUS und IFO mit einer klaren Vision: Dienstleistungen aus einer Hand für Unternehmen der Oberflächentechnik bereitzustellen. Heute, 30 Jahre später, blicken die Gründer auf eine außergewöhnliche Erfolgsgeschichte zurück – mit über 100 Mitarbeitenden, weltweit über 4000 Kunden in 75 Ländern und Standorten in Deutschland, den Vereinigten Arabischen Emiraten, China und den Niederlanden.

Was 1995 mit der Idee von vier befreundeten Oberflächenspezialisten begann, hat sich zu einem international anerkannten Experten Netzwerk entwickelt. Ihr Ziel damals: die gesamte Prozesskette der Oberflächentechnik mit professionellen Lösungen zu begleiten – von Planung und Anlagenbau über Umwelt- und Energiemanagement bis hin zu unabhängiger Laboranalytik, Gutachten und Forschung.

Zwei starke Marken – ein gemeinsamer Anspruch

Die Unternehmensgruppe vereint zwei komplementäre Säulen:

- Die QUBUS Planung und Beratung Oberflächentechnik GmbH fokussiert sich auf Beratungsleistungen rund um Managementsysteme, Umwelt- und Arbeitsschutz, Brandschutz sowie Anlagen- und Fabrikplanung.
- Das IFO Institut für Oberflächentechnik GmbH ist ein unabhängiges, akkreditiertes Prüflabor für Schichten und Schichtsysteme.

In modernen Laboren werden unter anderem Material- und Beschichtungsprüfungen, Korrosions- und Klimatests sowie Restschmutzanalysen durchgeführt. Das Laborkompetenzzentrum mit seiner ausgezeichneten und weitreichenden Ausstattung an Mess- und Prüfgeräten (insbesondere der Gerätepark zur Klimaprüfung, Prüfung der Lacke mit deren Bestandteilen sowie der Mikroskopausstattung) bietet ein breites Angebot an Prüf- und Gutachtdienstleistungen, Qualitätssicherung und Zertifizierungen.

Vom Einsatz am Burj Khalifa bis zur Elektromobilität: Die Themen, mit denen Kunden an QUBUS und IFO herantreten, sind so vielfältig wie deren Expertise. Schwerpunktmäßig kommen Anfragen aus Bauwirtschaft, Architektur und Automobilindustrie. Aber auch der Bereich *funktionelle Beschichtungssysteme*, zum Beispiel für Wasserstoffpipelines, wird in den kommenden Jahren nach den Erfahrungen von Marc Holz, langjähriger Geschäftsführer beim IFO Institut, eine immer stärkere Rolle spielen.

Blick nach vorne – und zurück auf Meilensteine

Die Unternehmensgründer Michael Müller, Christian Deyhle, Ulrich Mäule, und Hans Pfeifer blicken im Jubiläumsjahr auf viele Meilensteine: *Wir haben von Anfang an auf nachhaltige Strukturen und fachliche Tiefe gesetzt. Unser Anspruch war und ist es, Lösungen zu liefern, auf die man sich verlas-*



Bei bestem Sommerwetter konnten die Gäste ein gelungenes Fest genießen (Bild: IFO)

sen kann – unabhängig, kompetent und kundenorientiert, so deren übereinstimmende Bewertung.

Ein entscheidender Schritt in der Unternehmensentwicklung war 2018 die Übertragung der Geschäftsanteile in eine Stiftung bürgerlichen Rechts. Damit wurde nicht nur die langfristige Unabhängigkeit des Unternehmens gesichert, sondern auch die Basis für einen erfolgreichen Generationenwechsel gelegt. Auch der weitere Ausbau der internationalen Standorte steht bei dem Unternehmensverbund auf der Agenda: Eine Unternehmenserweiterung in Osteuropa ist geplant und auch der weitere Ausbau der Standorte in Asien und den Vereinigten Arabischen Emiraten steht auf dem Programm. *Dort stoßen wir auf offene und sehr dynamische Märkte*, so Marc Holz.



Geschäftsführer QUBUS und IFO am Standort Schwäbisch Gmünd (v. l.): Christian Deyhle, Ulrich Mäule, Michael Müller, Marc Holz (Bild: Qubus/IFO)



Strukturell stark, inhaltlich breit aufgestellt

Was vor 30 Jahren mit einer Idee begann, ist heute ein mittelständischer Global Player mit klarer Zukunftsstrategie. Für die nächsten Jahre stehen Innovation, Internationalisierung und Nachwuchsförderung im Fokus. Das Unternehmen ist für kommende Herausforderungen gut aufgestellt: strukturell solide, inhaltlich breit aufgestellt und getragen von einem starken Teamgeist. Vor allem war den Gründern und Geschäftsführern stets der offene und freundschaftliche Umgang mit allen Mitarbeitenden wichtig. Nicht zuletzt dadurch konnte über alle Zeit hinweg an allen Standorten ein motiviertes und engagiertes Team aufgebaut und gehalten werden.

Das 30-jährige Jubiläum wurde am 11. Juli gemeinsam mit Mitarbeitenden und geladenen Gästen im Rahmen eines Sommerfests gefeiert – ein gelungener Anlass, um zusammen auf Erreichtes anzustoßen und dankbar und motiviert in die Zukunft zu blicken.

➔ www.qubus.de

➔ www.ifo-gmbh.de

Qubus auf den ZVO-Oberflächentagen

Wir nehmen teil als **Aussteller**: Stand Nr. 3
Fachvortrag am 25. September 2025, 8:30
in Saal 5: Rückhaltung von Löschwasser
beim Betrieb von Anlagen – zum Umgang
mit wassergefährdenden Stoffen.
Qubus freut sich auf Ihren Besuch!



Im Rahmen der Jubiläumsveranstaltung hatten Besucher die Möglichkeit, Einblicke in die technischen Einrichtungen der Unternehmen zu nehmen und sich von den Spezialisten für galvanische und organische Oberflächen deren Funktion erklären zu lassen

(Bild: Qubus/IFO)

55 YEARS
MUNK
WE HAVE THE POWER

MUNK PAYBACK EFFEKT

**CO₂ reduziert – Geld gespart:
Maximaler Effizienz**

Unsere PSP Tower **sparen** Platz,
reduzieren CO₂ und Kosten - und das mit
maximale Effizienz. Sie stellen die alte Technik
in den Schatten und überzeugen mit:

- + Payback in ca. 24 Monaten
- + Niedrigere Energiekosten
- + Resilient & smart - easy versichert
- + Kompakte Bauweise & wenig Gewicht
- + Hohe Flexibilität und mehr Prozesssicherheit

Jetzt auf die **moderne** Gleichrichtertechnik von MUNK umsteigen
und **nachhaltig** profitieren!

MUNK GmbH

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



*18 V / 4000 A



ZVO-OBERFLÄCHENTAGE

BERLIN

24.-26.9.2025

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik

Wir stellen aus
Stand Nr.:

31

Hochwertige Gold-Silber-Legierung für kosteneffiziente Beschichtungen

Die Business Unit Metal Deposition Solutions (MDS) der Gruppe Umicore bietet jetzt mit AURUNA® 5750 einen innovativen Gold-Silber-Elektrolyt, der in der Galvanotechnik qualitativ konkurrenzlos scheint. Der Goldanteil von nur 50 % macht AURUNA® 5750 zu einer äußerst kosteneffizienten Lösung.

In den letzten Monaten ist der Goldpreis spürbar in die Höhe geschossen. Diese drastische Preissteigerung hat weitreichende Auswirkungen auf alle Produkte mit Goldbeschichtungen – unabhängig davon, ob es sich um dekorative oder technische Applikationen handelt. Solche Produkte werden in der Produktion deutlich teurer und sind für viele Endkunden durch die damit verbundenen Kostensteigerung zunehmend unattraktiv. Umicore MDS hat auf diese Herausforderung reagiert und mit AURUNA® 5750 einen Gold-Silber-Elektrolyt entwickelt, der laut Unternehmensmitteilung 12-karätige Zwischen- und Endschichten ermöglicht. Diese Schichten enthalten je zur Hälfte beide Edelmetalle. Aufgrund der unterschiedlichen Dichte der beiden Edelmetalle können damit im Vergleich zu reinen Goldschichten etwa 60 % der Edelmetallkosten eingespart werden.

Herausragende Eigenschaften

AURUNA® 5750 überzeugt nicht nur durch seine Kosteneffizienz. Die abgeschiedenen Schichten bestechen zudem durch ihre für Hartgold (220 HV / Härte nach Vickers) untypische Duktilität und ihre dazu scheinbar widersprüchliche, außerordentliche Abriebfestigkeit. Dies bestätigt sich im Bosch-Weinmann-Test, bei dem aufgrund des hohen Härtegrads und der schmierenden Eigenschaften des Silbers im Vergleich zu den gängigen Goldlegierungen sehr niedrige Werte für den Abrieb und Schichtabtrag erzielt werden. Im Vergleich zu Gold-Eisen- oder Gold-Kobalt-Legierungen, die ebenfalls zu einer goldgelben Metallabscheidung führen, sind die Abriebwerte bei AURUNA® 5750 sogar nahezu halbiert.

Vielseitige Anwendungsmöglichkeiten

AURUNA® 5750 ist nicht nur als edle pastellgoldene Endschicht die erste Wahl für kostenoptimierte Vergoldungen. Es eignet sich auch für schützende und farbtoneerhaltende Zwischenschichten, etwa bei Schmuckstücken oder Steckkontakten, bei denen eine intensivere Goldtönung gewünscht ist. Die Beschichtungen sind aufgrund des hohen

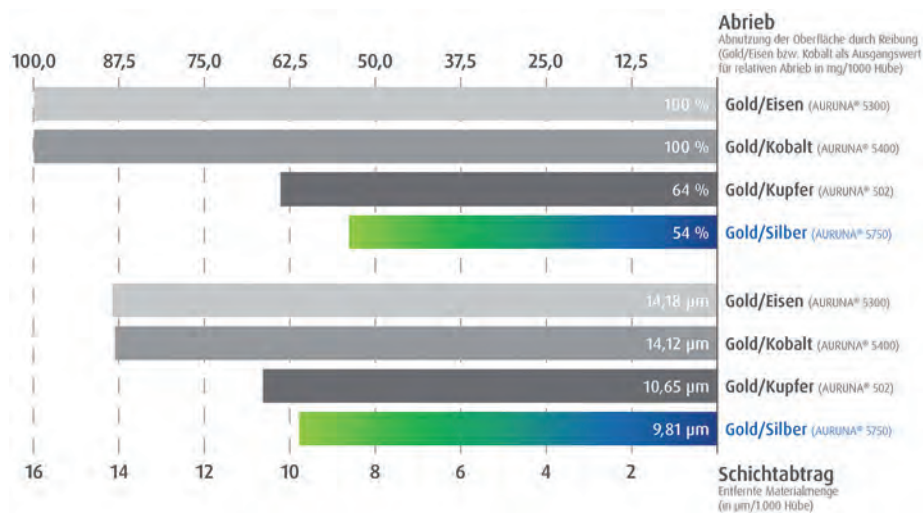
Silberanteils besonders flexibel und widerstandsfähig. Selbst bei dickeren Schichten bleibt der Glanz vollständig erhalten.

Umweltfreundliche und einfache Handhabung

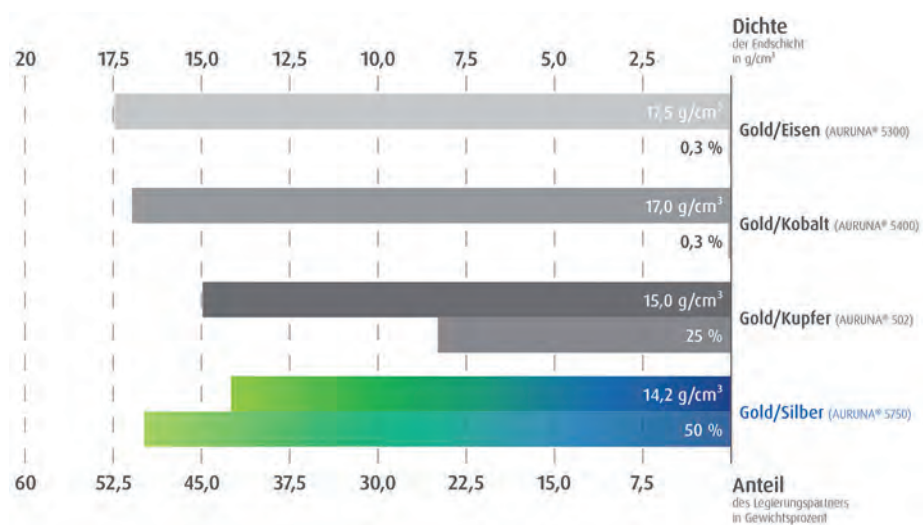
Ein weiterer Vorteil von AURUNA® 5750 ist seine geringe Umweltbelastung. Der Elektrolyt enthält keine giftigen Schwermetalle

und erfüllt somit die strengen technischen Standards der RoHS-Richtlinie. Trotzdem schützt die Legierung zuverlässig vor Korrosion. Damit verlängert die gleichmäßige und stabile Beschichtung nebenbei auch die Lebensdauer der beschichteten Objekte.

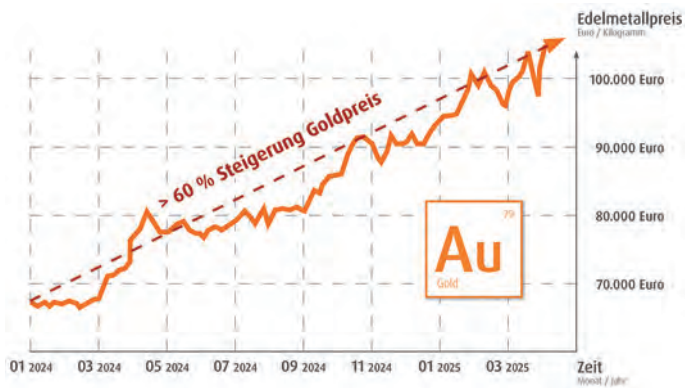
Der Elektrolyt ist leicht zu handhaben und unempfindlich gegenüber metallischen Verunreinigungen – ganz gleich, ob AURUNA® 5750



Bei einem Vergleich von möglichen Legierungen, werden die bei AURUNA® 5750 besonders niedrigen Abriebwerte ersichtlich (© Umicore MDS)



Gold hat eine hohe Dichte von etwa 19,3 g/cm³ – mehr als alle möglichen Legierungspartner. Dies bedeutet, dass bei einer Legierung weniger Masse benötigt wird, um das gleiche Volumen zu füllen. Bei AURUNA® 5750 kommt der Einspareffekt durch den 50-%igen Silberanteil zum Tragen und ermöglicht eine weitere Kosteneinsparung von etwa 10 % (© Umicore MDS)



Insgesamt zeigt der Goldpreis eine starke Aufwärtsbewegung, insbesondere aufgrund der Unsicherheiten in der globalen Wirtschaft und geopolitische Spannungen (© Umicore MDS)

für Gestell- oder Trommelware eingesetzt wird. Aufgrund der Vielzahl der Anwendungsmöglichkeiten sind unterschiedliche Schichtdicken erforderlich. Deshalb wurde darauf geachtet, dass eine rissfreie Abscheidung bis zu einer Dicke von 10 µm möglich ist. Sollten sehr dünne Schichten gewünscht sein, kann eine noch kostengünstigere Variante mit niedrigem Goldgehalt verwendet werden, wodurch sich zusätzliche Einsparungen ergeben.

Schnelle Entwicklungszeit

Mit AURUNA® 5750 setzen wir erneut Maßstäbe in der Galvanotechnik, ist sich Martin Stegmaier sicher. Der Bereichsleiter für dekorative Applikationen freut sich, seinen Kunden diesen kosteneffizienten Gold-Silber-Elektrolyt so rasch anbieten zu können, und erklärt, dass die schnelle Entwicklung aufgrund der jahrzehntelangen Erfahrung des Unternehmens mit verwandten Legierungen aus der Elektroformung möglich war. Diese etablierte Basis macht AURUNA® 5750 mit seinen wirklich herausragenden Eigenschaften zu einer zukunftsicheren Wahl für die Galvanotechnikbranche.

Prototypbeschichtung und Wirtschaftlichkeitsberechnung

Mit AURUNA® 5750 steht ein innovativer Gold-Silber-Elektrolyt als wirtschaftliche Lösung für Goldbeschichtungen bereit, der höchsten Ansprüchen gerecht wird. Thilo Kuhn, Leiter Vertrieb und Marketing, weiß jedoch, dass der Elektrolyt trotz seiner sehr guten Eigenschaften gegebenenfalls interne Hürden bei Produzenten zu nehmen hat. Er weist aber auch darauf hin, dass teilweise langwierige Qualifizierungsprozesse notwendig sind, um Produktionslinien umzustellen. Deshalb bieten wir eine unkomplizierte Prototypbeschichtung zusammen mit einer Wirtschaftlichkeitsberechnung an. So können wir etwaige Bedenken hinsichtlich eines tatsächlich lohnenden Aufwands bei einer Umstellung ausräumen.

➔ <https://mds.umicore.com/de>

Galvanikanlagen für dekorative und funktionelle Oberflächen.



Gestellanlagen
Trommelanlagen
Tischgalvanikanlagen
Einzelwannen
Ionenaustauscheranlagen



www.walterlemmen.de



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

Leiterplattentechnik
Wafer Technologie
Galvanotechnik
Medizintechnik
Filtertechnik
Apparatebau

Atmosphärische Plasmen in komplexen Prozessen - effiziente Kombination innovativer Technologien für die Praxis

Bericht über den 48. Workshop des Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma am 9. und 10. April 2025 in Chemnitz

Atmosphärendruckplasma erlaubt es, unterschiedliche Grundmaterialien einer Feinstreinigung zu unterziehen und die Oberflächen zu aktivieren. Damit können Metalle, Kunststoffe oder anorganische Substrate mit einer Beschichtung versehen werden. Sehr gute Resultate liefert die Technologie bei der Herstellung von Produkten für die Medizintechnik, für Anlagen der Elektrotechnik und Elektronik, aber auch für die Herstellung von hochbelastbaren Werkstoffverbindungen.

Der 48. Workshop AK Atmosphärendruckplasma (ak-adp) *Innovationen durch atmosphärische Plasmen* in Chemnitz, eröffnet durch Dr. Kerstin Horn (Innovent Jena), bot den etwa 50 Teilnehmern interessante Anwendungen und Entwicklungen der Technologie und präsentiert die Ergebnisse des Wettbewerbs *ZukunftADP*.

Innovationsplattform des Freistaates Sachsen

Eröffnet wurde die Veranstaltung mit einer Vorstellung der Innovationsplattform *futureSAX*, mit der kleine und mittelständische Unternehmen bei der Arbeit an Innovationen unterstützt werden. Dazu gehören eine Steigerung der Bekanntheit, Netzwerkbildung oder Unterstützung bei Forschung und Entwicklung. So lassen sich beispielsweise der Zugang zu Fördermitteln oder die Suche nach Entwicklungspartnern für innovative KMUs vereinfachen. Thematische Schwerpunkte sind unter anderem Mikroelektronik, Maschinenbau, Automation oder Wasserstoff. Damit findet eine gute Einbindung in bestehende Standorte statt, wie dem Halbleiterstandort mit mehr als 30 Milliarden Euro Innovationskapital. Die primären Aktivitäten der Plattform besteht in der Netzwerkarbeit.

Plasmachemie bei Atmosphärendruck

Den ersten Fachvortrag bestritt Dr. Dirk Hegemann, Empa, St. Gallen, der den Einfluss der Gastemperatur beim Einsatz von Plasmachemie bei Atmosphärendruck in den Mittelpunkt rückte. Solche Plasmen lassen sich unter anderem zur Oberflächenbearbeitung von Werkstoffen einsetzen.

Dafür wird beispielsweise ein elektrisch erzeugtes Plasma genutzt, bei dem eine starke Kollision der Teilchen ausgelöst wird, infolgedessen wiederum chemische Reaktionen ermöglicht werden. Das erzeugte Plasma verändert die chemische Struktur von Molekülen oder Atomen an der Oberfläche eines Materials und erlaubt damit unter anderem die Einbringung von weiteren Stoffen, wie zum Beispiel Silanen.

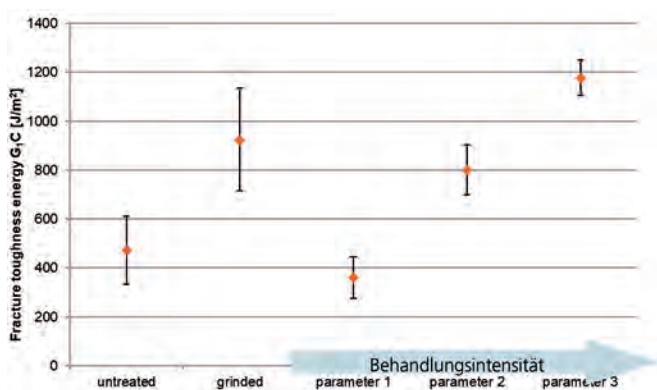
Eine anderer Reaktionsstoff ist Sauerstoff, mit dem sich Katalysatorenoberflächen reaktivieren lassen. In der Medizin werden heute schon Geräte für atmosphärisches Plasma und unter Einsatz von Katalysatoren genutzt. Die optimale Energie bei derartigen Vorgängen lässt sich mit der Arrhenius-Gleichung abschätzen. Eingesetzt wird dies beispielsweise bei der Hydrophobierung mit $\text{SiO}:\text{CH}_3$. Dies findet zum Beispiel bei Textilien Einsatz, um PFAS zu vermeiden. Aktuell kann der Ef-

fekt zwar erzeugt werden, allerdings noch nicht mit der erforderlichen Nutzungsdauer – durch mehrmaliges Waschen verliert sich der Effekt. Ein neuer Ansatz befasst sich damit, Kohlenstoffdioxid in nutzbaren Rohstoff umzusetzen.

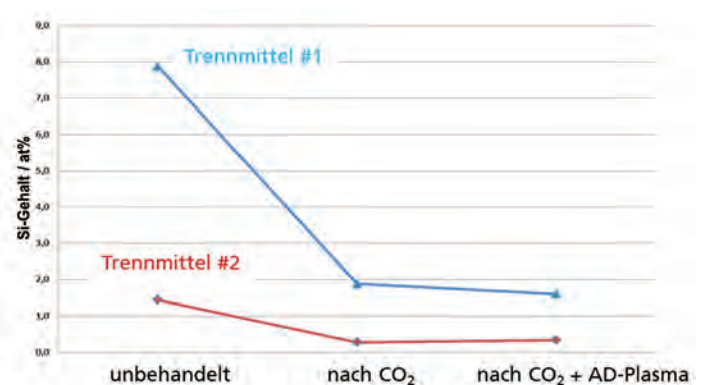
Ebenso wird das Verfahren zur Erzeugung von Ozon herangezogen. Die Umsetzung ist temperaturabhängig, wobei die besten Ergebnisse bei niedrigen Temperaturen zu verzeichnen sind. Bei höheren Temperaturen verstärkt sich die Rekombination der aktivierten Teilchen. Solche Effekte führen zur optimalen Gestaltung von Anlagen zur Produktion. Aufwändiger gestaltet sich diese Optimierung, wenn mehrere Teilschritte einer Reaktion zu berücksichtigen sind. Als ein wichtiger Schritt gilt die Plasmaheizung, bei der sowohl Reaktionsenergien als auch Ionenströme zum Tragen kommen.

Reinigung für die Adhäsion von Lacken und Klebstoffen

Wie Dr. Sergey Stepanov, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen, einleitend betonte, finden Verfahren mit Atmosphärendruckplasmen zunehmend Eingang zur Reinigung von Werkstoffen oder der Verbes-



Steigerung der Klebfestigkeit nach Behandlung mit Atmosphärendruckplasma (links) sowie Reinheit von Trennmitteln beziehungsweise Rückständen unter Einsatz einer Vorreinigung vor der Plasmareinigung (Bild: Dr. Stepanov)



serung der Haftung von aufgetragenen Beschichtungen. Die Techniken eignen sich sehr gut für Inline-Prozesse oder zur Skalierung auf unterschiedlich zu bearbeitende Flächen. So kann Atmosphärendruckplasma beispielsweise das mechanische Aufrauen von Kunststoffen für das Verkleben ersetzen. Ähnliche positive Resultate werden bei der Verwendung von Trennmitteln für die Entformung von gespritzten Bauteilen oder der Reinigung von Formen oder Bauteilen erzielt. Für Spritzwerkzeuge werden auf ein Werkzeug zum Beispiel siliziumorganische Trennmittel für eine gute Entformung aufgebracht.

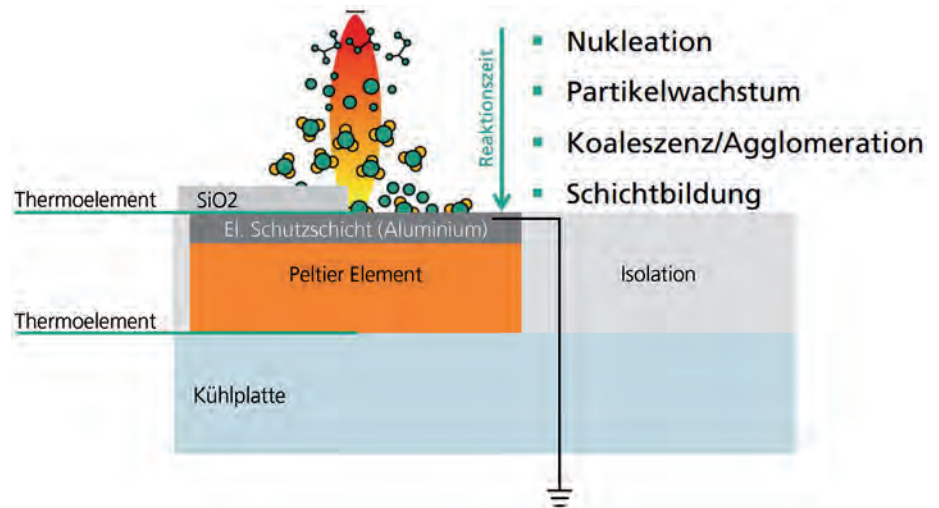
Als weiteres Reinigungsverfahren ging der Vortragende auf das Strahlen mit Kohlenstoffdioxidschnee oder mittels Laser ein. Maßgeblich für die Wahl des Verfahrens sind die Art des Substrats sowie die Art der Verunreinigung. Für den Einsatz von Lasern spielt das eingesetzte Laserlicht eine wichtige Rolle, das so auszuwählen ist, dass die Oberflächen des zu reinigenden Substrats nicht beschädigt werden. Als Kriterium für die Reinigungsqualität kann die Benetzbarkeit herangezogen werden.

Mit den vorgestellten Kombinationen von Technologien ist es möglich, ein breites Spektrum an Verunreinigungsgraden oder -arten stets optimal reinigen zu können. Für die Einstellung ist es hilfreich, die Reinigung mit einer Messmethode zur Prüfung der Reinheit zu ergänzen, zum Beispiel durch ein Interferenzverfahren.

Fügen von Kunststoff-Hybrid-Materialien

Die Anforderungen richten sich heute verstärkt auf die Möglichkeiten, Kunststoffe mit Metallen oder anderen Nichtkunststoffen mit hoher Haftung zu verbinden, beispielsweise in der Elektromobilität, um Gewicht einzusparen, wie Julian Kraft, Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfinztal, einführend erläuterte. Aktuell wird dazu eine Verbindungsschicht mit hoher Porosität zwischen beiden Materialien erzeugt, so dass eine große Oberfläche entsteht, in die der Kunststoff, in flüssiger Form aufgebracht, eindringen kann. Aufgrund der großen Fläche wird die erforderliche Verbindungsfestigkeit erzeugt. In der Praxis wird dazu beispielsweise eine Schicht aus Siliziumdioxid (SiO_2) mittels Niederdruckplasmatechnik (PECVD) aufgebracht. Ziel ist es, eine nanoporöse Haftschrift zu erzeugen.

Bei dieser Technologie lassen sich die Arbeitsparameter der Plasmabeschichtung mit



Versuchsaufbau zur Bestimmung des Wärmeeintrags in das Substrat bei Anwendung von Atmosphärendruckplasma (Bild: J. Kraft)

vertretbarem Aufwand variieren. So müssen die Parameter auf den jeweiligen Ausgangsstoff des einzusetzenden Polymers angepasst werden. Relevant sind vor allem die Temperatur und die Energie des Beschichtungsprozesses. Im Fall des Atmosphärendruckplasmas wird dazu der Wärmeeintrag in das Substrat ermittelt. So wird in entsprechenden Versuchen die lokale Wärmeverteilung auf dem Substrat unter Verwendung von Peltier-Elementen ermittelt. Aus den erhaltenen Messwerten kann mit Hilfe des Fourier-Scheiben-Theorems eine flächenbezogene absorbierte Leistung einer Wärmequelle erschlossen werden.

Eine weitere Methode zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit nutzt das Schichtwachstum auf einem Substrat, bei dem die Temperatur eine wichtige Rolle spielt.

Charakterisiert werden die Verfahren zur Verbesserung der Haftung durch Messen der Scherfestigkeit einer hergestellten Materialverbindung. Die aus diesen Daten gewonnenen Ergebnisse stellen die Grundlage dafür dar, die Technologie an komplexen Bauteilen zu prüfen.

ADP-Technologien zur Sterilisation und Desinfektion

Dr. Christian Bäuml, Relyon Plasma GmbH, Regensburg, stellte eine Technologie vor, mit der plasmaaktiviertes Wasser hergestellt werden kann, das wiederum für Prozesse der Sterilisation und Desinfektion eingesetzt wird. Dafür wird ein gepulster atmosphärischer Lichtbogen mit einer speziellen Geräteeinheit mit einer Leistung von etwa 1000 W und Prozesstemperaturen über 250 °C eingesetzt. Eine zweite Technologie arbeitet mit einer piezoelektrischen Direktentladung

(DPD) beziehungsweise einer dielektrischen Barriereentladung (DBD). Diese Plasmatechnologien werden für die Oberflächenvorbehandlung beziehungsweise zur Feinstreinigung oder Vorbehandlung vor dem Lackieren eingesetzt. Die dielektrische Barriereentladung eignet sich für Anwendungen im Gesundheitswesen, der Industrie und der Landwirtschaft.

Zu den Besonderheiten des Reaktors zur Erzeugung einer flächigen Entladung zählt die spezielle Gestaltung der Reaktoroberfläche. Im Reaktor können verschiedene Gase eingesetzt werden, wobei in der Regel hohe Ozonkonzentrationen angestrebt werden und eine aktive Kühlung vorhanden ist. Je nach eingestellter Leistung und Temperatur unter Wirkung einer aktiven Kühlung unterscheiden sich die erzeugten Gaskonzentrationen (also zum Beispiel reaktive Sauerstoff- und Stickstoffverbindungen). Je nach Arbeitsparameter lässt sich Wasser in unterschiedlicher Zusammensetzung (Anteil an aktivierten Gasteilchen) herstellen.

Plasmaaktiviertes Wasser ist Wasser, das durch eine Plasmabehandlung oder mittels Plasma erzeugtem reaktiven Gas veränderte Eigenschaften hat. Es wird unter anderem zur Oberflächendesinfektion, Lebensmitteldekontamination, Verbesserung der Keimung von Samen und Saaten, Reinigung von Geräten in der Medizin und als Düngemittel für verbessertes Pflanzenwachstum eingesetzt. Es gibt allerdings keine konkrete Spezifikation für plasmaaktiviertes Wasser, da die Zusammensetzung stark von den jeweiligen Behandlungsparametern abhängig ist. Dies führt zu einer Änderung des pH-Werts, des Redox-Potentials und der elektrischen Leitfähigkeit des Wassers. Dieses Wasser hat eine an-

OBERFLÄCHEN

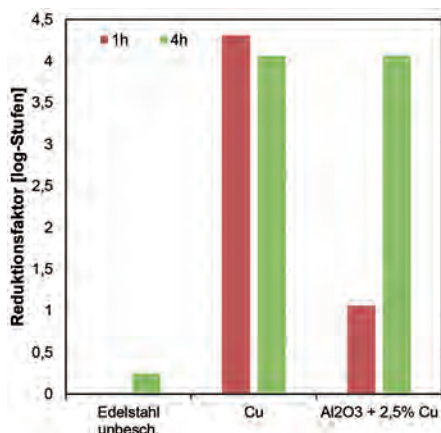
antimikrobielle Wirkung, während das Wasser, das nur aus Strom, Wasser und Luft generiert wird, als eine günstige Desinfektionslösung genutzt werden kann.

Aus Luft lassen sich so atomarer Stickstoff oder Sauerstoff erzeugen, der je nach Spezies unterschiedlich schnell weiterreagiert, zum Beispiel Wasserstoffperoxid oder Stickoxid. Je nach Zusammensetzung des Produkts werden unterschiedliche biologische Effekte ausgelöst, also beispielsweise im Hinblick auf die Zerstörung von Zellen. Mit den von Dr. Christian Bäuml, vorgestellten Reaktoren ist es möglich, serielle Zusammenschaltungen vorzunehmen und so mehrere Wirkgase zu erzeugen.

Antimikrobielle Beschichtungen

Antimikrobielle Beschichtungen, mit denen sich Adrian Würzl, Innovent Jena, befasst, sind im Bereich der Medizintechnik von großem Interesse. Für die Erzeugung und Abscheidung der Schichten eignet sich die ADP-Technik. Dabei übernimmt das Plasma sowohl die Bildung des Schichtwerkstoffs als auch die Aktivierung der Substratoberfläche. Aufgebracht wurden zum Beispiel Aluminiumoxidschichten mit unterschiedlichen Kupfergehalten, mit denen die antimikrobielle Eigenschaft von Kupfer genutzt werden kann und gleichzeitig die Abriebbeständigkeit erhöht wird. Die Schichtdicken lagen bei bis zu 60 µm. Je nach Stromstärke variieren die Porosität sowie die Neigung der Kupferpartikel zum Aufschmelzen.

Ein weiterer Einflussfaktor ist die Durchlaufzahl zur Erzeugung der Schicht. Zur Charakterisierung der Schicht wurden die Haftfestigkeit sowie der Abrieb herangezogen. Für den Abrieb spielt die Phasenverteilung eine Rolle, also die Größe der Kupferpartikel und



Bewertung der viruziden Wirksamkeit gegen modifizierten Vaccinia Virus nach 1 und 4 Stunden
(Bild: A. Würzl)

deren Zustand bezüglich Schmelzgrad. Eine weitere Messgröße ist selbstverständlich die antimikrobielle Wirkung sowie der Zeitraum der Änderung dieser Wirkung. Die Untersuchungen lassen erkennen, dass bereits ab einem Gehalt von 5 % Kupfer in der Schicht eine vergleichbare Wirkung wie auf reinem Kupfer erzeugt werden kann.

Alle relevanten Ergebnisse der Beschichtungsversuche zeigen, dass die Schicht für den Einsatz in der Praxis geeignet ist. Durch die Kombination von Aluminiumoxid und Kupfer kann eine Schicht mit hoher Lebensdauer und geringer Empfindlichkeit gegen Feuchtigkeit hergestellt werden, was von reinen Kupferoberflächen unter den Anwendungsbedingungen nicht erfüllt wird.

Glasbarrierschichten

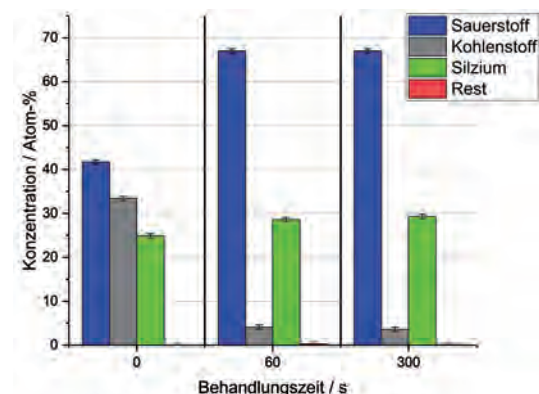
Die von Patrick With, Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung, Leipzig, vorgestellten Glasbarrierschichten werden für Geräte und Einrichtungen für erneuerbare Energien oder zur Decarbonisierung der Energiewirtschaft benötigt und erfahren dementsprechend großes Interesse. Die Herausforderung ist hier eine kostengünstige Abscheidung auf kostengünstigen Substraten. Die Glasbarrieren haben die Aufgabe, eine Durchmischung von Stoffen durch Diffusion infolge von Konzentrationsgradienten zu unterbinden. Eingesetzt wurden hier Metalloxiddünnschichten aus Präcursorsen wie Titan(IV)ethanolat. Damit werden eine präzise Schichtdicke und geringe Arbeitstemperaturen gewährleistet. Genutzt werden kann dafür die Photokonversion, mit der Metalloxid bei Normaldruck aufgebracht wird. Hierbei liegen die Temperaturen unter 80 °C bei einem Druck von 1 Atmosphäre. Wichtig sind die Messung der Beschichtungsatmosphäre und die Verfolgung des Schichtdickenwachstums. Die Abscheidung kann mit einem gepulsten Atmosphärendruck-Plasmajet (pAPPJ) durchgeführt werden. Die Gerätetechnik erlaubt die Einstellung von Größen wie Gasfluss, Abstand zum Substrat oder Geschwindigkeit der Düse über dem Substrat. Der Verlauf der Reaktion lässt sich mittels Infrarotspektroskopie verfolgen und die Wachstumsgeschwindigkeit von Filmen auf den Substraten bestimmen. Die Scangeschwindigkeit bestimmt den Grad des Stoffumsatzes an der Oberfläche beziehungsweise die Reaktionszeit (geringere Geschwindigkeit = längere Reaktionszeit). In der fertigen Schicht können sich solche unterschiedlichen Reaktionszeiten durch das Auftreten von Blasen in der Schicht bemerk-

bar machen. Unterschiedliche Schichtkombinationen lassen wie zu erwarten unterschiedliche Sauerstofftransmissionen erkennen. Diese Größe kann durch eine Optimierung des Abscheidungsprozesses oder den Einsatz von Mehrfachschichten variiert werden. Eine weitere Einflussgröße ist die Art des eingesetzten Gases für den Plasmaprozess, zum Beispiel Luft an Stelle von Sauerstoff. Die Schicht ändert dadurch zum Beispiel ihre Oberflächenstruktur in Richtung höherer Porosität, was sie allerdings für eine Nutzung als Glasbarriere eher ungeeignet macht.

Nachbearbeitung von Schichten auf Glas

Daniel Tasche, HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst, Göttingen, behandelte in seinem Vortrag die Modifikation von einbrennsilikonisierten Schichten auf Glassubstraten, die in der Medizintechnik – zum Beispiel für Spritzenkörper – verwendet werden. Sie sorgen für geringe Reibung, hohe chemische Beständigkeit oder sind wasserabweisend. Allerdings vermindert die Beschichtung die Klebeverbindung bei der Anbringung von Kanülen. Um dies zu ändern wurde ADP herangezogen.

Die Vermessung der Schicht zeigt, dass Kohlenstoff aus der Oberfläche entfernt und Sauerstoff angelagert wird. Durch die Plas-



Durch die Plasmabehandlung kann die Zusammensetzung der Oberfläche modifiziert werden
(Bild: D. Tasche)

mabehandlung wird die Schichtdicke reduziert, gleichzeitig werden aber geringere Dickenvariationen erzielt. Die Zugfestigkeit der eingeklebten Kanülen kann durch die Behandlung über etwa 300 Sekunden deutlich erhöht werden. Aufwändig war in diesem Fall die Fertigung einer geeigneten Automatisierung, damit eine hohe Zahl an Spritzen gleichzeitig behandelt werden kann.

-wird fortgesetzt-

Rieger Metallveredlung tritt Klimabündnis Baden-Württemberg bei

Seit März 2025 ist die Rieger Metallveredlung GmbH & Co. KG Mitglied im Klimabündnis Baden-Württemberg. Das Unternehmen aus Steinheim am Albuch setzt damit ein klares Zeichen für nachhaltiges und klimafreundliches Wirtschaften.

Klimaschutz ist für das Unternehmen ein langfristiges Ziel. *Wir freuen uns, Teil eines starken Netzwerks zu sein, das Verantwortung übernimmt und konkrete Maßnahmen umsetzt*, sagt Geschäftsführer Franz Rieger. Bereits heute investiert Rieger kontinuierlich in umweltschonende Technologien. So wurde zum Beispiel die Beleuchtung auf moderne LED-Technik umgestellt – eine Maßnahme, die nach Angabe des Unternehmens jährlich rund 72 800 kWh Strom einspart und die CO₂-Emissionen um circa 41 Tonnen reduziert. Mit dem Beitritt zum Bündnis verpflichtet sich das Unternehmen, seine Klimastrategie weiterzuentwickeln und einen aktiven Beitrag zur Erreichung der Landesklimaziele zu leisten.

Die Rieger Metallveredlung GmbH & Co. KG ist ein mittelständisches Familienunternehmen mit über 70 Jahren Erfahrung in der Oberflächentechnik. Es bietet eine breite Palette an Veredelungsverfahren für Metalle an, darunter Nickel-, Chrom-, Zinn- und Kupferbeschichtungen sowie Eloxalverfahren für Aluminium. Kunden aus Branchen wie der Automobilindustrie, dem Maschinenbau und der Elektrotechnik schätzen die hohe Qualität und Zuverlässigkeit der Dienstleistungen.

➔ www.rieger-metallveredlung.de

Fraunhofer IGB mit Doppelspitze

Seit 1. Juni 2025 ist Prof. Petra Kluger Mitglied der Institutsleitung des Fraunhofer-Instituts für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB in Stuttgart. Gemeinsam mit Dr. Markus Wolperdinger soll sie das Institut in die Zukunft führen und neue Märkte erschließen. Die Expertin für Tissue Engineering und Biofabrikation ergänzt mit ihren Schwerpunkten das Portfolio des Fraunhofer IGB im Bereich Gesundheit und Ernährung. Gleichzeitig übernimmt Kluger an der Universität Stuttgart in Personalunion die Leitung des kooperierenden Instituts für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP.

Das Zusammenspiel von Biologie und Technik liegt in der DNA des Fraunhofer IGB in Stuttgart, das mit seinen technologischen Lösungen vielfältige Themenfelder adressiert: von einer auf Patienten zugeschnittenen Gesundheitsversorgung über eine nachhaltige und klimaneutrale Chemie bis hin zu einer intakten Umwelt mit geschlossenen Stoffkreisläufen im Sinne der Bioökonomie. Mit Petra Kluger erfahren die Institutsleitung und insbesondere das Thema Biofabrikation am Fraunhofer IGB nun Verstärkung. Mit dessen Weiterentwicklung will das Institut wichtige Impulse in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft setzen und zukünftig neben den Leitmärkten Chemie und Gesundheitswirtschaft auch verstärkt den Leitmarkt Ernährungswirtschaft bedienen.

Mit der Ernennung von Frau Prof. Kluger setzen wir ein starkes Zeichen für die Zukunft der Biotechnologie am Fraunhofer IGB, sagt Prof. Holger Hanselka, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft. Er freut sich über die Verstärkung der Institutsleitung. Die Kunden aus den Bereichen Gesundheit, nachhaltige Chemie sowie Umwelt und Klimaschutz würden von dieser neuen Ausrichtung am Fraunhofer IGB in allen Bereichen der Wertschöpfungskette erheblich profitieren.

Prof. Petra Kluger war zuvor acht Jahre als Professorin für Tissue Engineering und Biofabrikation an der Hochschule Reutlingen tätig. Ihre Erfahrung im strategischen Forschungsmanagement baute sie parallel dazu an der Hochschule aus, wo sie von 2018 bis 2023 Vizepräsidentin im Rektorat war. Vor ihrer Berufung nach Reutlingen leitete sie die damalige Abteilung Zell- und Tissue Engineering des Fraunhofer IGB. Mit diesem Hintergrund ergänzt sie die Expertise von Institutsleiter Dr. Markus Wolperdinger, der als international anerkannter Bioökonom das Institut seit seinem Amtsantritt im Jahr 2018 geprägt hat.

Dr. Wolperdinger freut sich sehr, mit Prof. Kluger eine erfahrene und international renommierte Wissenschaftlerin für die Erweiterung der Institutsleitung des Fraunhofer IGB zu gewinnen. *Sie kennt die Fraunhofer-Gesellschaft und unser Institut aus eigener Erfahrung und bringt umfangreiche fachliche Kompetenzen in den Bereichen medizinische Biotechnologie, Biofabrikation und Novel Food mit, die das Spektrum des Fraunhofer IGB*



Prof. Petra Kluger (M.) und Dr. Markus Wolperdinger (l.) zusammen mit Fraunhofer-Präsident Prof. Holger Hanselka
(© Fraunhofer IGB)

ideal ergänzen. So könne das Institut nicht nur die bestehenden Kompetenzen vertiefen, sondern auch zusätzliche neue Märkte für seine Technologien erschließen. *Damit setzen wir wichtige Impulse in der deutschen Forschungslandschaft und stärken unser Angebot als Partner und Dienstleister für die Wirtschaft*, sagt Wolperdinger, der im Zuge der Erweiterung die geschäftsführende Institutsleitung übernimmt.

Für Prof. Kluger waren entscheidende Faktoren für ihre Rückkehr ans Fraunhofer IGB, dass sie ihre Forschung hier interdisziplinär weiterführen und zugleich neue Geschäftsfelder für das Institut adressieren kann. *Biofabrikation, also die Herstellung komplexer biologischer Produkte wie künstliche Gewebe oder kultiviertes Fleisch, ist ein echtes Grenzflächenthema, da lebende Zellen mit Materialoberflächen interagieren und Nährlösungen benötigen, um sich zu vermehren und zu differenzieren*, sagt Prof. Kluger. Ein letzter Schritt sei dann die Skalierung der Verfahren im großen Stil, um ausreichend Zellmasse produzieren zu können – in der Biomedizin ebenso wie im Lebensmittelbereich.

Die Mitwirkung in der Institutsleitung am Fraunhofer IGB geht einher mit der Professur für Grenzflächenverfahrenstechnik an der Universität Stuttgart. Mit der Berufung von Petra Kluger als Leiterin des mit dem Fraunhofer IGB kooperierenden Instituts für Grenzflächenverfahrenstechnik und Plasmatechnologie IGVP zum 1. Juni 2025 kann die seit Jahren vakante Stelle besetzt werden. Dies wird in Zukunft die Zusammenarbeit der beiden Institutionen weiter stärken und neue Synergien schaffen.

➔ www.igb.fraunhofer.de

Fortbildungen im Bereich des Eloxierens und Beschichtens setzen Impulse für die tägliche Praxis im Unternehmen

Der Verband der Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) präsentiert sein Herbst-Programm 2025: der Labor-Workshop für Eloxierer am 17. und 18. September in Schwäbisch Gmünd, das Beschichtungs- und Qualicoat-Seminar am 11. November sowie das Eloxal-Seminar am 12. und 13. November in Darmstadt. Mit seinem vielfältigen Angebot bietet der VOA – deutscher Generallizenznehmer der internationalen Qualitätszeichen Qualanod und Qualicoat – Fachkräften aus der Branche die Möglichkeit, ihr Wissen zu vertiefen, Qualität im Unternehmen fest zu sichern und innovative Verfahren kennenzulernen. Der Verband sieht in der Weiterbildung die zentrale Grundlage für Innovation, Effizienz und langfristigen Erfolg in der Branche über Ländergrenzen hinweg.

Um die hohen Standards in der Oberflächenveredelung dauerhaft zu gewährleisten, kommen der kontinuierlichen Weiterbildung und Qualitätssicherung essenzielle Bedeutung zu. Als Wirtschaftsverband trägt der VOA seit langem engagiert einen wichtigen Teil zu diesen beiden Stützpfeilern bei, denn durch gezielte Schulungen, Seminare und Workshops stellt der Verband sicher, dass Fachkräfte der Branche auf dem neuesten Wissensstand sind, ihre Fähigkeiten vertiefen und neue Technologien sowie Verfahren kennenlernen – immer mit dem übergeordneten Ziel, die Qualität der Produkte zu sichern, die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu stärken und nachhaltige Lösungen zu fördern. Zudem unterstützt der VOA als Generallizenznehmer der Qualitätszeichen Qualanod und Qualicoat die Branche dabei, internationale Standards zu erfüllen und die Akzeptanz sowie das Vertrauen in die Oberflächenveredelung von Aluminium zu erhöhen.

Labor-Workshop für Eloxierer

In Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut fem veranstaltet der VOA nach der Premiere im letzten Jahr erneut seinen praxisnahen Labor-Workshop. Die Veranstaltung richtete sich an Mitarbeitende, die bereits seit einigen Jahren in diesem Bereich arbeiten und die vorhandenen Kenntnisse im Bereich der Labor- und Messtechnik beim Eloxalprozess

vertiefen möchten. Selbstverständlich sind auch Teilnehmende aus angrenzenden Fachbereichen wie Qualitätssicherung, Produktion und Anwendungstechnik willkommen, um umfassendere Einblicke in die Labortätigkeiten zu bekommen.

Im Fokus des Workshops stehen der Vorbehandlungs- und Anodisationsprozess, der Färbeprozess sowie der Verdichtungsprozess. Mit Hilfe der Abfrage bei den Teilnehmern im Vorfeld gelingt es dem VOA, umfassend auf die Zielgruppe einzugehen. Gerade durch praktische Übungen und die Möglichkeit, eigene Problemstellungen, Fehlerbilder oder Proben einzubringen, verbessern die Teilnehmer ganz gezielt ihre Arbeit in der Labor- und Messtechnik im Eloxalprozess. Der Workshop bietet die wertvolle Gelegenheit, die Qualitätssicherung im Betrieb mit konkreten Lösungsansätzen zu stärken und die eigenen Kenntnisse praxisnah und gewinnbringend zu vertiefen.

Beschichtungs- und Qualicoat-Seminar

Im Hotel Jagdschloss Kranichstein bei Darmstadt eröffnet der VOA sein dreitägiges Weiterbildungsprogramm im November mit dem Beschichtungs- und Qualicoat-Seminar für Einsteiger sowie Fortgeschrittene. Das Seminar für alle Beschichtungsunternehmen ist von Seiten des Generallizenzgebers Qualicoat anerkannt und gilt als Pflichtfortbildung für Lizenz- und Zulassungsnehmer des gleichnamigen internationalen Qualitätszeichens. Es vermittelt fundiertes Wissen über die Beschichtung von Aluminium, die Verbesserung der Oberflächenqualität sowie die Einhaltung internationaler Standards. Für Beschichtungsunternehmen und Anwender bietet das Seminar eine ideale Plattform, um die hohen Qualitätsanforderungen, die der Generallizenzgeber stetig an die neuesten Erkenntnisse von Wissenschaft und For-

schung anpasst, zu verstehen, umzusetzen und kontinuierlich zu optimieren. Aus der Praxis informiert Ralf Heitzelmann, stellvertretender Leiter der Technischen Kommission des VOA, sowie namenhafte Referenten zu relevanten Themen aus dem Bereich der Beschichtung.

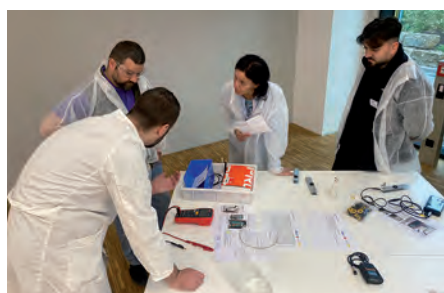
Eloxal-Seminar: Expertenwissen aus der Praxis für die Praxis

Das über zwei Tage geplante Eloxal-Seminar beleuchtet intensiv die einzelnen Prozessschritte der anodischen Oxidation von Aluminium: Kontaktieren, Reinigen und Entfetten, Beizen, Spülen und Dekapieren, Eloxieren, Vor- und Hartanodisieren, elektrolytisches Färben, Tauchfärben und Verdichten. Der Grundgedanke des Seminars: Grundlagen der einzelnen Arbeitsschritte kennen, Fehler aufdecken, beheben und Fehlermanagement betreiben, um die optimale Qualität oberflächenveredelter Produkte zu gewährleisten. Zudem bietet die Veranstaltung Einblicke in die Spezifikationen des internationalen Qualitätszeichens Qualanod. Friedhelm U. Scholten, Vorsitzender des Vorstands, leitet das Seminar als versierter Experte auf diesem Gebiet.

Mit seinen drei Fortbildungsveranstaltungen im Jahr 2025 setzt sich der VOA dafür ein, Fachkräfte mit aktuellem Wissen auszustatten und so die Qualität der Oberflächenveredelung auf höchstem Niveau zu halten. Denn: Gut geschulte Mitarbeiter sind die Basis für innovative Lösungen, effiziente Prozesse und zufriedene Kunden.

Anmeldeschluss für den Labor-Workshop war bereits der 31.7.2025, für die beiden Seminare der 5.9.2025; gegebenenfalls stehen nach diesen Terminen noch freie Kapazitäten zur Verfügung. Weitere Informationen und die Möglichkeit zur Anmeldung auf

➔ www.voa.de.



Wertvoller Austausch in kleinen Gruppen beim Labor-Workshop (Bild: VOA e. V.)

Hochschule Aalen verleiht Lehr- und Forschungspreis

Prof. Dr. Klaus Maier und Prof. Dr. Iman Taha für besonderes Engagement ausgezeichnet

In einer feierlichen Kollegenrunde wurde der diesjährige Lehrpreis der Hochschule Aalen an Prof. Dr. Klaus Maier und der Preis für besonderes Engagement in der Forschung an Prof. Dr. Iman Taha verliehen. Der Lehrpreis und der Forschungspreis der Hochschule Aalen werden einmal im Jahr an zwei Professoren verliehen. Studierende bringen für die Lehrpreisvergabe ihre Vorschläge mit ein. Eine Kommission bestehend aus einem Vertreter des Rektorats, dem Didaktik-Beauftragten der Hochschule sowie studentischen Vertreterinnen und Vertretern entscheidet dann über die eingereichten Vorschläge. Innovative Lehre und die gute Betreuung von Studierenden stehen dabei im Fokus.

Aufwendig kuratierte Lehrveranstaltungen

Für sein besonderes Engagement in der Lehre wurde jetzt Prof. Dr. Klaus Maier, Dekan der Fakultät Elektronik und Informatik, ausgezeichnet. Hervorragende Lehre lebt nach den Worten von Prof. Dr. Andreas Ladurner vom Engagement der Lehrenden. Prof. Dr. Klaus Maier werde von seinen Studierenden sehr geschätzt für seine ansteckende Begeisterung, perfekt gestalteten Lernunterlagen und Prüfungsvorlagen. Und dass er immer als Ansprechpartner für die Beantwortung studentischer Fragen zur Verfügung steht, die zwischen den Veranstaltungen aufkommen, erklärte Prof. Dr. Andreas Ladurner, Prorektor für Lehre, in seiner Laudatio auf den Preisträger. Besondere Anerkennung verdiene auch der Umstand, dass Prof. Maier neben der Belastung durch sein Dekansamt trotzdem die Zeit für außergewöhnlich aufwendig kuratierte Lehrveranstaltungen finde. Der Informatiker lehrt seit 2020 an der Hochschule Aalen, im vergangenen September wurde er Dekan der Fakultät Elektronik und Informatik.

Vor seiner Berufung an die Hochschule arbeitete der gebürtige Stuttgarter zehn Jahre im Bereich Forschung und Entwicklung für Software-basierte Elektronikprodukte. Der Preis ist eine große Wertschätzung der eigenen Lehre, freute sich Maier, dem das Unterrichten sehr viel Spaß macht. Unsere Studierenden umarmen die Welt, ihre Offenheit ist inspirierend. Der Umgang mit den jungen Leuten – das ist einfach toll.

Beeindruckender Start

Den Preis für herausragendes Engagement in der Forschung geht dieses Jahr an eine Professorin: Prof. Dr. Iman Taha lehrt und forscht seit dem Wintersemester 2021/ 2022 im Schwerpunkt Kunststofftechnik und Leichtbau des Studiengangs Materialien für Nachhaltigkeit an der Fakultät Maschinenbau und Werkstofftechnik. Im Fokus ihrer Forschungsaktivitäten stehen biobasierte und biologisch abbaubare Kunst- und Verbundwerkstoffe. Prof. Dr. Iman Taha hat an der Hochschule einen beeindruckenden Start hingelegt: Neben einer außergewöhnlich hohen Einwerbung von Drittmitteln zeigt sich ihr besonderes Engagement durch ihre Aktivitäten im strategischen Querschnittsfeld Nachhaltigkeit/Kreislaufwirtschaft, sagte Forschungsprorektor Prof. Dr. Volker Knoblauch in seiner Laudatio. So war die gebürtige Düsseldorferin beispielsweise maßgeblich an der Einwerbung und Koordination des Projektes ReWitAI – der Re-Integration hochwitterungsbeanspruchter Altkunststoffe in die Kreislaufwirtschaft – beteiligt, das vom MWK-Programm für angewandte Nachhaltigkeitsforschung PAN HAW gefördert wird.

Leuchttürme für die Hochschule

Auch mit der Einwerbung einer Prepreganlage im MWK-Programm HAW-Forschungsgröß-



Rektor Prof. Dr. Harald Riegel sowie die Prorektoren Prof. Dr. Volker Knoblauch und Prof. Dr. Andreas Ladurner (v. r.) mit den beiden Preisträgern Prof. Dr. Iman Taha und Prof. Dr. Klaus Maier (2. v. l.)

(Bild: HS Aalen/S. Stüven-Kazi)

geräte war Taha erfolgreich. Einen bedeutsamen Beitrag hat sie zur Einwerbung der Carl Zeiss-Stiftungsprofessur für Life Cycle Engineering von Materialien, Fertigungsprozessen & Produkten für Ressourceneffizienz und Klimaschutz geleistet. Ihr Blick geht nach Aussage von Knoblauch über den Tellerrand ihrer eigenen Forschungsaktivitäten hinaus. Das zeige sich auch darin, dass sie außerhalb der Hochschule Verantwortung übernehme, wie beispielsweise im Promotionsverband der Hochschulen für angewandte Wissenschaften in Baden-Württemberg, würdigte Knoblauch ihr großes Engagement und fügte schmunzelnd hinzu: Ihr Tag scheint mehr als 24 Stunden zu haben.

Mit ihren Forschungsthemen rund um Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft treibe sie für die Hochschule strategisch wichtige Forschungsprojekte voran, die Leuchttürme für die Hochschule seien. Mit großer Freude nahm Taha die Urkunde aus den Händen des Prorektors für Forschung entgegen und meinte: Diese Auszeichnung ehrt mich sehr – einen Job ohne Forschung kann ich mir nicht vorstellen. Forschung bedeutet mir alles.

➔ www.hs-aalen.de

INSERENTENVERZEICHNIS

Brenscheidt Galvanikservice	U2	Walter Lemmen GmbH	39	Umicore Galvanotechnik	23
BRW Elektrochemie	29	Mazurczak GmbH	17	WOTech GbR	1
Deutsche Messe AG	U3	Munk GmbH	37	ZVO e.V.	Titel
ELB Zerrer	U4	Renner GmbH	Titelbanner		
GusChem	13	Serfilco	31		

22. Norddeutscher Galvanotag

Am 22. Mai fand in Hannover-Altwarmbüchen der 22. Norddeutsche Galvanotag statt. Tagungsleiter Andreas Zahl konnte neben den fast 70 Teilnehmern auch den technischen Geschäftsführer der DGO, Dr. Daniel Meyer, zu seinen Gästen zählen. Daniel Meyer begrüßte die Teilnehmer auch im Namen des DGO-Vorstands und leitete die Fachtagung ein. Andreas Zahl, Mitbegründer des Norddeutschen Galvanotags von der ersten Stunde an, verabschiedete sich Ende 2024 in den wohlverdienten Ruhestand. Damit einhergehend gab er auch die Leitung der Bezirksgruppe Nord ab, ebenso wie sein Stellvertreter Rudi Fließwasser.



Der Norddeutsche Galvanotag war erneut sehr gut besucht (Bild: DGO)

Als neues Leitungsteam der BG Nord und somit künftige Organisatoren des Norddeutschen Galvanotags wurden Stefan Fließwasser, Montblanc Simplo GmbH, Hamburg (Leiter), und Alexander Spreen, Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH, Geislingen an der Steige (Stellvertreter), vom Vorstand der DGO berufen. Thomas Kruggel, Leiter der BG Bielefeld, bleibt im Amt und wird als erfahrener Mitorganisator der Veranstaltung das neue Leitungsteam der BG Nord bei der Ausrichtung des Norddeutschen Galvanotags tatkräftig unterstützen und ergänzen.

Wie gewohnt beinhaltete die Tagung zwei Themenblöcke. Der erste Block *Aktuelles aus der Galvanotechnik* wurde von Thomas Kruggel moderiert. Den zweiten Block *Einblicke in eine Lohngalvanik und Normen* moderierte Stefan Fließwasser.

Unter dem Titel *Effizient, sicher und clever Temperieren* referierte zunächst Christian Gaugigl von der Mazurczak GmbH in Schwabach und definierte wichtige Begriffe wie *Effizienz, Sicherheit, und Clever* im Kontext des Temperierens. Weiterhin wurden die Effekte

von Isolierung, Abdeckung und Luftabsaugung dargestellt. Besonderen Raum gab der Referent den Themen Brandschutz, Wärmerückgewinnung und dem Temperieren kritischer Prozesslösungen wie konzentrierter Salzsäure und Phosphatierungen.

Steffen Genz, Färber & Schmidt GmbH in Stuttgart berichtete zum Thema *Moderne Schwermetall-Fällungsmittel und aktuelle Methoden der Abwasserbehandlung*. Zunächst stellte er die in der Galvanotechnik am häufigsten vorkommenden Komplexbildner Cyanide, Amine und organische Säuren vor. Darauf aufbauend wurden Lösungsansätze aufgezeigt, wie man den einzelnen Stoffen die schädliche Wirkung auf das Abwasser nehmen kann. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf der Fällung von dreiwertigem Chrom als Chrom(III)hydroxid. Interessant war der Hinweis, dass ein Chrom(VI)verbot seitens der Europäischen Union möglicherweise nun doch nicht erfolgen wird.

Am Ende des ersten Vortragblocks erläuterte Dietmar Stork von der Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG aus Geislingen an der Steige das Thema *Glanz- und Hartchrom: Innovative Chrom(III)elektrolyte - leistungsstark und nachhaltig*. Der Vortrag behandelte den Übergang von Chrom(VI)- zu Chrom(III)prozessen in der dekorativen und funktionalen Verchromung. Neben der Abwasserbehandlung wurden verschiedene Elektrolyte beziehungsweise deren Eigenschaften vorgestellt. So gibt es Glanzchromelektrolyte, die frei von Komplexbildnern sind und Hartchromelektrolyte, bei denen die typische Makrorissbildung durch einen stark verringerten Einbau von Kohlenstoff unterdrückt wird. Damit werden nickelfreie Beschichtungen möglich. An weiteren Beispielen zeigte der Referent, dass man bei der Metallverteilung und somit auch bei der Tiefenstreuung erhebliche Verbesserungen gegenüber der herkömmlichen Technik erzielt hat.

Den zweiten Vortragsblock eröffnete Joachim Ramisch von der Riesmetall GmbH in Nördlingen mit seinem Thema *Ein Leben für die Galvanotechnik: Die Abenteuer eines Lohngalvanikers Teil 2: Weniger ist mehr. Wie man von der 3-Schicht-Droge herunterkommt*. Beginnend mit der deutschen Wiedervereinigung, über die europäische Neuordnung bis hin zur Globalisierung musste die Firma Riesmetall eine stetige Erosion seiner Kundenbasis in der Schraubenindustrie hinnehmen, die zeitweise bis zu 80 Prozent des Umsatzes lieferte. Die hierdurch erforderlichen Maßnahmen wurden erläutert:

- Völlige Tilgung aller Bankkredite
- Keine Neuanschaffungen, sondern Wartung und Langzeiterhaltung des bestehenden Inventars auf hohem Niveau
- Rückbau aller Komponenten, die nur für den 3-Schicht-Betrieb notwendig waren
- Weitgehende Automation aller Bürotätigkeiten
- Implementierung eines wirkungsvollen Systems zur Überwachung von Material- und Energieverbrauch

Interessant waren auch die Ausführungen zum Fahrzeugpark der Firma Riesmetall. Hier wird noch wahre Nachhaltigkeit gelebt.

Abschließend referierte Dr. Jens Uwe Riedel, IchemAnalytics GmbH Detmold, zum Thema *Update Normung DIN 50940 Teil 2: Bestimmung der inhibierenden Wirkung von Beizinhibitoren oder Wasserstoffversprödung in der Vorbehandlung – Ein Ausblick auf die neue DIN-Norm 50940 Teil 2*. Das Beizen von Metallen stellt einen wesentlichen Erfolgsfaktor für die folgende galvanische Beschichtung dar. Beizinhibitoren bremsen die Metallauflösung und eine mögliche Wasserstoffversprödung. Der Vortrag zeigte die Grenzen und Möglichkeiten der Bestimmung von fertigungsbedingten Materialschäden und der Wirksamkeit unterschiedlicher Beizinhibitoren auf. Aktuelle Arbeiten an der neuen DIN-Norm 50940 Teil 2 sollen hier für mehr Anwendungssicherheit bei Kunden und Lieferanten in der Beurteilung und Anwendung unter anderem von Beizinhibitoren sorgen. Es wurden die in der Norm zur Anwendung kommenden Prüfverfahren im Überblick vorgestellt und ihre Bedeutung auf die Prozessüberwachung diskutiert.

Zum Abschluss der Tagung bedankte sich Andreas Zahl bei den Referenten und dem Auditorium für die interessanten Vorträge und Diskussionsbeiträge. Stefan Fließwasser und Thomas Kruggel überreichten Andreas Zahl zum Abschied einen Präsentkorb.



Andreas Zahl erhält zur Verabschiedung einen Präsentkorb von Stefan Fließwasser (l.) und Thomas Kruggel (r.) (Bild: DGO)

Dies nahm Andreas Zahl zum Anlass, sich für die vielen Jahre der guten Zusammenarbeit mit Fachkollegen der gesamten Branche, die ja relativ klein und fast familiär ist, zu bedanken. Der nächste Norddeutsche Galvanotag ist für den 28. Mai 2026 geplant. Andreas Zahl
www.dgo-online.de

DGO-Bezirksgruppe Thüringen

Zum Thema *Galvanik mit System – Wie Statistik und KI die Cr(III)-Galvanik entschlüsseln* berichtete Dr. Christoph Baumer, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik der TU Ilmenau in der Abendveranstaltung der DGO-Bezirksgruppe Thüringen. Die Abscheidung aus trivalenten Chromelektrolyten und die Datenauswertung mittels Statistik und Machine Learning basieren auf Ergebnissen, die aus dem Projekt *DigiChrom* stammen. Mithilfe von digitalen Werkzeugen sollen die komplexen Zusammenhänge zwischen Prozessparametern, Schichtstruktur und resultierenden Eigenschaften bei der Chrom(III)abscheidung analysiert werden.

Das Projekt *DigiChrom* mit elf Kooperationspartnern ist auf der Plattform *Material Digital* des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) angesiedelt. Dr. Baumer verwies in seinem Vortrag auf die Prozess-Struktur-Eigenschaftsbeziehung für effiziente galvanische Prozesse bei der Umstellung von Chrom(VI) auf Chrom(III). Dazu wurden verschiedene Arbeitspakete mit Projektdetails vergeben. Der praktische Teil der Untersuchungen umfasste dabei Abscheidungen sowohl in einem 1-L-Becherglas als auch in einer kleintechnischen Anlage mit Warenträger und drei Aktivbecken mit je 12 L Fassungsvermögen. Die Abscheidungen erfolgten aus einem kommerziellen Chrom(III)-elektrolyten für dekorative Chromschichten.

Auf die Schichtqualität wirkten sich besonders die Elektrolytalterung, die Standzeit und der Fremdmetallanteil an Nicken und Eisen aus. Sie beeinflussen sowohl Schichtdicke, Glanz, Farbe als auch das Korrosionsverhalten. Die dazu ermittelten Messwerte wurden digital erfasst, mit einheitlicher Datenstruktur versehen und in einer SQL-Datenbank allgemein zugänglich abgelegt. Die Datenauswertung mit unterschiedlicher Güte erfolgte unter Anwendung der statistischen Methoden Linearer Regression, Multipler Regression und Neuronalen Netzen.

Es konnte nachgewiesen werden, dass die Chromschicht hauptsächlich von Beschichtungszeit, Nickel- sowie Eisengehalt, Komplexbildnern und pH-Wert beeinflusst wird. Positive und negative Einflüsse bezüglich der Qualität der Chromschicht wurden mit unterschiedlicher Güte je nach Auswerteverfahren ermittelt. Durch Messstellenvariation konnte der Einfluss der Strömung auf die Schichtdickenverteilung bestimmt werden. Auch die unterschiedliche Stand- und längere Ruhezeit des Elektrolyten wirkten sich negativ auf das Abscheideverhalten aus.

Angaben zu Korrosionsuntersuchungen mittels Salznebeltest, elektrochemischen Korrosionsmessungen und weiteren Untersuchungen sind angedacht. Die Vorstellung eines Interfaces in Form eines Chatbots soll die umfangreichen Daten zur Chrom(III)abscheidung bündeln und Fragen effizient und interaktiv beantworten.

DGO-Bezirksgruppenvorsitzender Mathias Fritz bedankte sich bei Dr. Christoph Baumer für den interessanten Vortrag, sowie für die Einblicke in die umfangreiche Arbeit im Projekt *DigiChrom* und kündigte die nächste Veranstaltung in Ilmenau an.

Dr. Peter Kutzschbach

www.dgo-online.de

tung GmbH in Lüdenscheid wurden fünf Vorträge zu den Themen technische Sauberkeit, Trends in der Oberflächentechnik, Digitalisierung in der Galvanotechnik, Designtrends im Automobilbau und Brandschutz in der Galvanotechnik präsentiert.

Markus Bauer von Firma Tec Sa Control berichtete über die deutliche Steigerung der Anforderungen an die technische Sauberkeit von Bauteilen in den letzten Jahren, zum Beispiel in der Automobilindustrie und zeigte an Fallbeispielen die Bedeutung des Themas auf. Dr. Klaus Wojczykowski von der Firma MacDermid-Enthone berichtete über die Aktivitäten des DGO-Forschungsausschusses, die weltweiten Investitionen in Forschung und Megatrends, aktuelle Forschungsprojekte und Forschungstrends in der deutschen Industrie, die durch Stoffverbote, Energie- und Ressourceneffizienz und gestiegene technische Anforderungen angestoßen werden.

Dr.-Ing Peter Schwanzer vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA berichtete über Chancen für Unternehmen durch die Einführung der Digitalisierung, über die Situation in einer Galvanik und zeigte anhand von Anwendungsfällen, zum Beispiel in der IPA-Lerngalvanik, die Nutzung der Digitalisierung auf. Jörg Friedrich von der Firma Car Men GmbH berichtete über Designtrends von metallischen Oberflächen im automotiven Exterior und Interior in China, USA und Europa. Dabei sprach er vom Focus auf neue Zonen im Automobil, die bisher für dekorative Oberflächen nicht berücksichtigt wurden.

Im letzten Vortrag referierte Mark Deimel von der Firma Driesch Anlagentechnik GmbH über technische Brandrisiken in galvanischen Anlagen sowie organisatorische/menschliche Brandrisiken. Anhand von Beispielen zeigte er nachgewiesene Brandursachen auf und gab Vorschläge und Tipps zum vorbeugenden Brandschutz beziehungsweise zu Vorkehrungen zur Vermeidung von Bränden.

Im Anschluss an die Vorträge nutzten die Teilnehmer noch die Gelegenheit, sich bei einem kleinen Imbiss mit den Referenten und untereinander auszutauschen.

www.dgo-online.de

DGO-Bezirksgruppe Nürnberg

Udo Krüger und Manfred Hoos haben für ihre BG-Mitglieder am 3. Juni eine Exkursion mit gleich zwei spannenden und nicht alltäglichen Firmenbesuchen organisiert. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen erhielten äußerst interessante Einblicke in die Produktionsprozesse



Dr. Christoph Baumer (l.), Mathias Fritz
 (Bild: Dr. Kutzschbach)

14. Südwestfälischer Oberflächentag war voller Erfolg

Am 20. Mai 2025 trafen sich zum mittlerweile 14. Mal rund 90 Teilnehmer von Galvaniken aus der Region beim Südwestfälischen Oberflächentag in der SIHK zu Hagen. Wie üblich wurde die Veranstaltung gemeinsam mit der DGO-Bezirksgruppe Iserlohn durchgeführt, um Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen von oberflächenbearbeitenden Betrieben durch Fachvorträge und Erfahrungsaustausch über Neuigkeiten und Trends in der Oberflächentechnik zu informieren.

Unter der Moderation von Dr. Sven Hering von der Metoba Metalloberflächenbearbei-

VERBÄNDE

der Firmen MMR Eyewear Brillenmanufaktur in Thyrnau sowie Elektrovac Hermetic Packages in Salzweg.

Im modernen Luxusbus starten die Teilnehmer zur Exkursion in den Bayrischen Wald. Ein kleines Frühstück und ein gut sortiertes Getränkeangebot sorgten für eine kurzweilige Anreise zum ersten Tagesziel in Thyrnau nahe Passau, zur MMR Eyewear Brillenmanufaktur Thyrnau.

Nach der Begrüßung und einleitenden Worten führten die beiden Juniorchefs die Teilnehmer durch die einzelnen Werksbereiche, wo die jeweiligen Fertigungsschritte für Brillenfassungen, Bügel und Scharniere vorgestellt wurden. Die Firmenleitung hob stolz ihre Expertise in Bezug auf die handwerkliche Fertigung, das Material-Knowhow sowie den eigenen Maschinen- und Werkzeugbau hervor. MMR fertigt exklusive Brillen für namhafte Hersteller und Designer. Neben dem sogenannten *Acetat*, einem biobasierten Kunststoff, fertigt man dort besondere Gestelle aus Silber, welche erst durch Prägen und weitere mechanische Verformungsprozesse eine hohe Festigkeit und Elastizität erreichen, wie es für Brillen erforderlich ist. Auf Kundenwunsch werden auch vereinzelt andere Werkstoffe eingesetzt. Die Exkursionsteilnehmenden lernten zu ihrer Überraschung, wie viele Einzelschritte für das Fertigen von hochwertigen Brillengestellen erforderlich sind.

Im Anschluss an das leckere Mittagessen im Gasthaus Edlfortner in Thyrnau ging es dann nur wenige Kilometer weiter nach Salzweg zur Firma Elektrovac Hermetic Packages. Zusammen mit seinem Team empfing Geschäftsführer Alfred Füllgraf die BG-Teilnehmer und stellte zunächst in einer Präsentation die Elektrovac-Gruppe im Allgemeinen und die wesentlichen technischen Vorgänge für die Herstellung von Glas-Metalldurchführungen vor.

Glas-Metalldurchführungen kommen immer dann zum Einsatz, wenn zumeist elektronische Komponenten, aber auch zum Beispiel pyrotechnische Ladungen für Zünder gegen die Außenumgebung langlebig und ohne Leistungsverlust abgekapselt werden müssen. Sie werden gegenüber Kunststoffverbindungen bevorzugt, wenn es *grob* wird: etwa Temperaturen bis zu 450 °C, häufige Temperaturwechsel, hohe Luftfeuchtigkeit und/oder Feuchtwechsel, aggressive Medien wie Öl, Treibstoff, Salzwasser sowie Druckbelastung bis zu 2000 bar. Eine Glas-Metalldurchführung besteht typischerweise aus einem Metallaußenteil, einem Glasformteil

und einem oder mehreren Innenleitern. Diese Bauteile werden bei circa 1000 °C unter Schutzgasatmosphäre hermetisch dicht verschmolzen.

In drei Einzelgruppen erfolgte die ausführliche Besichtigung der verschiedenen Produktionsbereiche. Im Anschluss fand im Casino der Elektrovac bei Kaffee, Kuchen, Eis und kühlen Getränken ein reger Austausch über die jeweiligen Besichtigungen statt.

Das BG-Leitungsteam überreichte als Dank für den freundlichen Empfang und die gewährten Einblicke in die Produktionsabläufe Gastgeschenke an die Geschäftsführer und die Betreuer der beiden Führungen. Dank gilt hier noch einmal Wolfgang Wagner für die Einladung und die Organisation vor Ort (Führung, Speis und Trank). Für die Rückfahrt spendierte die Firma Elektrovac eine großzügige Auswahl an Sandwiches, die zusammen mit den herrlich kühlen Getränken aus der Bar des Luxusbusses genüsslich verzehrt wurden.

Die Reisegruppe bedankt sich bei Udo und Vera Krüger sowie dem gesamten Leitungsteam der Bezirksgruppe für die hervorragende und bis ins Detail bestens organisierte Exkursion.

Ulrich Ludwig

➔ www.dgo-online.de

Call for papers: Vortragsaufruf für das 31. Leipziger Fachseminar am 3. März 2026. Jetzt Vorschläge bis 31. August einreichen!

Das Leipziger Fachseminar ist seit langen Jahren eine der erfolgreichsten Veranstaltungen der DGO. Auf der Ganztagsveranstaltung, die jährlich mehr als 200 Besucher zählt, treffen sich zahlreiche Aussteller, hochkarätige Vortragende und namhafte Branchenvertreter zum fachlichen und persönlichen Austausch. Ein besonderer Publikumsmagnet sind die stets aktuellen Vortragsthemen, die die neuesten Entwicklungen und Trends in der Branche aufgreifen.

Das Organisationskomitee des Leipziger Fachseminars ruft nun alle Branchenmitglieder auf, bis zum **31. August 2025** Vortragsthemen für das kommende 31. Leipziger Fachseminar, das am 3. März 2026 wie gewohnt im CCL Leipzig stattfindet, einzureichen. Das Komitee gibt keine Themenschwerpunkte vor, jeder Vortragsvorschlag ist willkommen. Die Vortragsdauer liegt bei 30 Minuten, wovon 20 bis 25 Minuten auf den Vortrag entfallen, der Rest ist Diskussionszeit.

Interessenten senden ihren Vortragsvorschlag (formlos den Vortragstitel sowie ein Abstract

von ¼ A4-Seite) bitte spätestens bis zum **31. August 2025** an Marion Regal, E-Mail: marion.regal@t-online.de Für Rückfragen steht ebenfalls Marion Regal entweder per Mail oder per Telefon sehr gern zur Verfügung (Mobil: + 49 (0) 177 26 77 972).

Das Komitee freut sich auf zahlreiche Zusendungen.

➔ www.dgo-online.de

Zentralverband Oberflächen-technik e. V. (ZVO)

ZVO onlineDialog: REACH-Beschränkungs-vorschlag Chromtrioxid

In seinem 26. ZVO onlineDialog am 3. Juli stellte der ZVO den gegenwärtigen Stand des REACH-Beschränkungs-vorschlags zu Chrom(VI)-verbindungen vor.

Im April 2025 schlug die ECHA einen Entwurf für die Beschränkung diverser Cr(VI)-verbindungen vor, darunter auch Chromtrioxid. Sie soll in absehbarer Zeit das Autorisierungsverfahren obsolet machen.

Seit 18. Juni 2025 ist eine öffentliche Konsultation aktiv, in der über ein Online-Portal Kommentare zum Entwurf abgegeben werden können. Der ZVO plant eine allgemeine Kommentierung, allerdings sind einige der gestellten Fragen unternehmensspezifisch. Im ZVO onlineDialog thematisierte Malte-Matthias Zimmer, ZVO-Ressortleiter Umwelt- und Chemikalienpolitik, zunächst Inhalte und mögliche Folgen des Beschränkungs-entwurfs: Insbesondere zeigt der Beschränkungs-entwurf einige Ungereimtheiten sowie ungewöhnliche Ansätze. So soll die Umweltauswirkung über absolute Werte für jährliche Emissionen in Wasser und Luft reguliert werden, Grenzwerte am Arbeitsplatz und damit Schutzwürdigkeit werden abhängig von der Verwendung vorgegeben. Nicht zuletzt ist bemerkenswert, dass zum Konzept des Grenzwerts zurückgegangen wird, das vor mittlerweile 15 Jahren als unzureichend verworfen worden war.

Auch die Fragen der Public Consultation wurden präsentiert und eingeordnet.

Zusätzlich diskutierte Dr. Zimmer mit den rund 30 Teilnehmern, wie die Fragen beantwortet werden sollen, damit jedes Unternehmen im eigenen, aber auch im Brancheninteresse teilnehmen kann, um nicht den NGOs das Feld zu überlassen. Ein kleiner Teilnehmerkreis wird hierzu in den kommenden Tagen erneut zusammenkommen und Ideen für die Kommentierung entwickeln.

www.zvo.org



**Highlight-
Thema:
HIGH PURITY**

Cleaning redefined!

parts2clean

**Internationale Leitmesse für industrielle
Teile- und Oberflächenreinigung**

**7. – 9. Oktober 2025
Stuttgart • Germany
parts2clean.de**

Weitere
Informationen:



**parts2
clean**

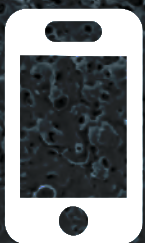
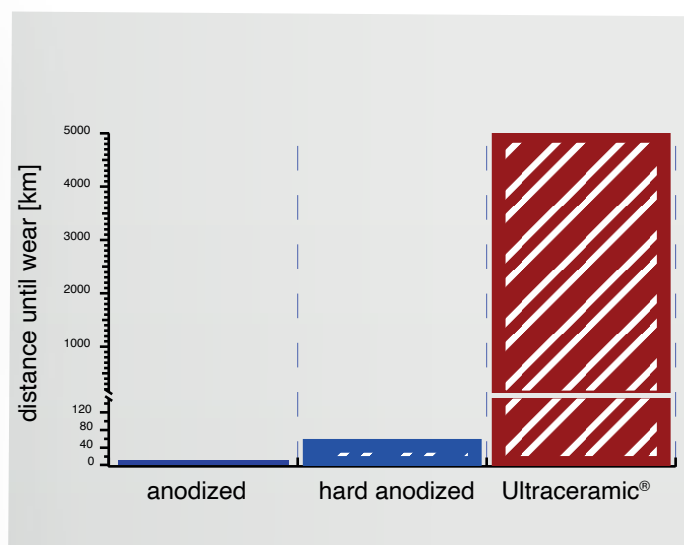


Beyond Anodizing – Enter Ultraceramic®

Ultraceramic® outperforms conventional anodization by a factor of up to 1000 in wear resistance, with significantly enhanced corrosion protection.

When aluminium, magnesium, or titanium needs more than just a surface treatment – we deliver lasting performance, built into the oxide layer itself.

Ultraceramic® – Plasma Electrolytic Oxidation Innovation for Lightweight Metals. Built to endure. Designed to protect.



Learn more about that final touch that makes all the difference.