

WOMAG

 Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche



WERKSTOFFE

Forschungsfeld Leichtbau

WERKSTOFFE

Intelligente Prozesssteuerung mit Lab-on-a-Chip

WERKSTOFFE

Pultrusion: Das Beste kommt erst noch

OBERFLÄCHEN

GalvanoFusion – Elektrochemische Verfahren für Wolframschichten

OBERFLÄCHEN

Nachwuchsmangel in der Galvanotechnik und Konsequenzen daraus

SPECIAL

Reduktion von Metalloxiden und Metallsulfiden auf Metalloberflächen durch ADP-Technologie

JUNI 2026

Branchen-News täglich: womag-online.de

JETZT ANMELDEN!

<https://oberflaechentage.zvo.org>

Anmelde-
schluss:
14. September
2026
13 Uhr

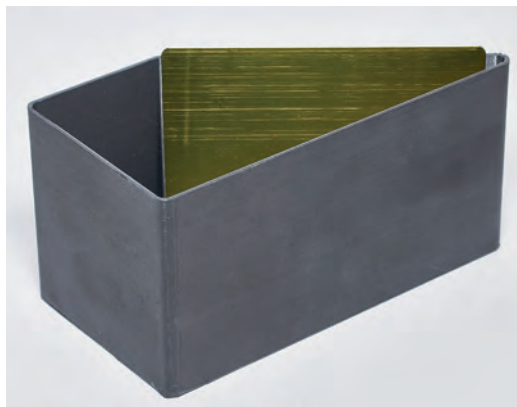
OT

ZVO-OBERFLÄCHENTAGE
KARLSRUHE
16.-18.9.2026

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik



Hull-Bleche in Top-Qualität mit Premium-Service

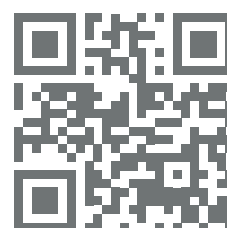


Hull-Bleche aus **Stahl, Aluminium, Messing, Bronze, Kupfer**
Hull-Zellen aus **Acryl, PVC, 3D-Druck** • Winkelkathoden



MET AT LAB

Hull-Bleche & Zubehör



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

Erfolgreiche Veranstaltung bestätigt Interesse an Oberflächentechnik



Vermutlich hatten einige der Aussteller der Surface Technology GERMANY in Stuttgart vor der Messe Bedenken im Hinblick auf einen Erfolg. Schließlich sind aktuell die Rahmenbedingungen für ein erfolgreiches Wirtschaften alles andere als zufriedenstellend, sowohl durch nationale als auch durch internationale Herausforderungen. Doch die Erwartungen wurden übertroffen: mit mehr als 4600 Besucher darf die Messe als erfolgreich eingestuft werden und die über 210 Aussteller zogen mehrheitlich eine positive Bilanz. Insbesondere die Qualität der Gespräche wurden als sehr gut eingestuft, was durchaus die Hoffnung bestärkt, dass daraus im Nachgang die dringend benötigten Umsätze werden.

Neben den guten Fachgesprächen mit nationalen und internationalen Besuchern war das hohe Interesse an Fachthemen auch bei den Besucherzahlen des ExpertForums mit den angebotenen 48 Fachvorträgen über die gesamte Breite der Oberflächentechnik erkennbar. Vom ersten bis zum letzten Vortrag war das Forum gut besucht, natürlich mit dem Höhepunkt der Verleihung des Innovationspreises *DIE OBERFLÄCHE*. Die Inhalte der Vorträge des ExpertForums werden in dieser und der nächsten Ausgabe der WOMag im Überblick zusammengefasst (Beitrag Seite 28 ff).

Neben dem Schwerpunkt Galvanotechnik waren auch Aussteller auf der Messe vertreten, die Bereiche der unterschiedlichen physikalischen Beschichtungsverfahren bedienen. Physikalische Beschichtungen erfahren beispielsweise aufgrund ihrer Eignung als Schutz gegen Verschleiß ein hohes Interesse. Neben den Technologien in Vakuumanlagen finden sich auch die Plasmaverfahren unter Atmosphärendruck zunehmend in industriellen Anwendungen. Eine Technologie auf diesem Gebiet ist in einem Fachbeitrag in der vorliegenden Ausgabe beschrieben, die sicher im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik auf hohe Resonanz stoßen wird (Seite 22 ff).

Neben dem Schwerpunkt Galvanotechnik waren auch Aussteller auf der Messe vertreten, die Bereiche der unterschiedlichen physikalischen Beschichtungsverfahren bedienen. Physikalische Beschichtungen erfahren beispielsweise aufgrund ihrer Eignung als Schutz gegen Verschleiß ein hohes Interesse. Neben den Technologien in Vakuumanlagen finden sich auch die Plasmaverfahren unter Atmosphärendruck zunehmend in industriellen Anwendungen. Eine Technologie auf diesem Gebiet ist in einem Fachbeitrag in der vorliegenden Ausgabe beschrieben, die sicher im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik auf hohe Resonanz stoßen wird (Seite 22 ff).

Mit diesen und weiteren interessanten Einsatzfälle, wie sie uns in dem weiten Feld der Oberflächentechnik täglich begegnen, möchten und müssen wir unsere Jugend ansprechen. Denn die fehlenden Nachwuchskräfte stellen die Industrie derzeit vor große Herausforderungen (Beitrag Seite 25 ff). Mit der WOMag hoffen wir hier Unterstützung leisten zu können und ergänzen damit Aktivitäten, wie sie beispielsweise das Fraunhofer-Institut IST beim Zukunftstag 2026 geboten hatte (Beitrag Seite 19).

WOMAG - VOLLSTÄNDIG ONLINE LESEN

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



 **UNSERE
KOMPETENZ**
UND ERFAHRUNG FÜR
IHRE PROZESSE

PROCESS ENGINEERING

QWE
by **RENNER**

NEU!

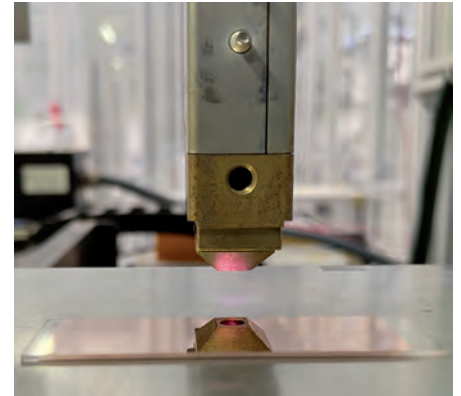


RENNER
PUMPEN UND FILTER

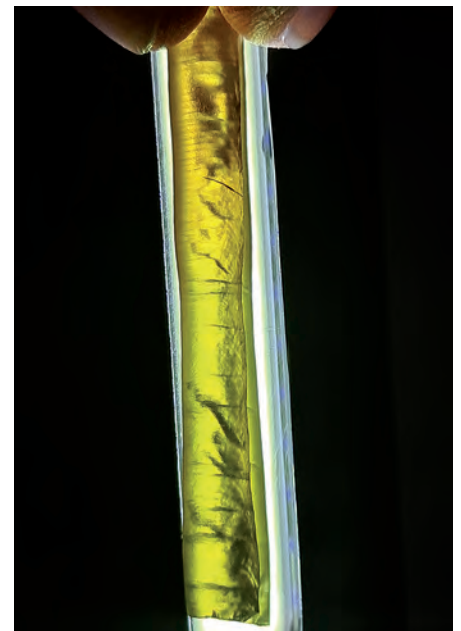
INHALT



8 Effiziente Entwicklung bei Technologien für den modernen Leichtbau



22 Entfernen von Metalloxiden



16 Neue Kristalle durch Lasertechnik



18 Optimierung beim Einsatz von Pumpen und Filtern in der Nasschemie

WERKSTOFFE

- 4** Allgegenwärtige Laser
- 8** Fraunhofer-Forschungsfeld Leichtbau
- 10** Intelligente Prozesssteuerung mit Lab-on-a-Chip und KI-basiertem Smart Drying
- 12** Neue Materialien für die Elektrolyse
- 13** Pultrusion: Das Beste kommt erst noch
- 14** Innovative Batteriematerialien für sichere und nachhaltige Energiespeicher
- 15** Perfekt abgedeckt – von Anfang an. Saubere Kanten. Sichere Prozesse
- 16** Miniaturisierte, robuste Strahlquellen für die Quantentechnologie
- 18** ONE Process Engineering by Renner – Dreistufiges Technik-Support-Angebot an Bestands- und Neukunden

19 Zukunftstag am Fraunhofer IST – Einblicke in die Welt der Beschichtung

OBERFLÄCHEN

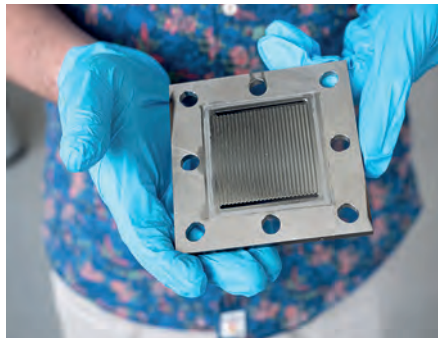
- 20** GalvanoFusion – Elektrochemisches Verfahren für Wolframschichten
- 22** Atmospheric pressure plasma for the reduction of metal oxide and metal sulfide containing surfaces
- 25** Galvanik 2030 – Wenn der Nachwuchs ausbleibt: Konsequenzen für Berufsschule und Weiterbildungskette
- 28** Großes Interesse an neuen Technologien und Verfahren der Oberflächentechnik
- 32** Erwartungen erfüllt: Erfolgreicher Abschluss der SurfaceTechnology GERMANY
- 33** TOP 100-Auszeichnung bestätigt kontinuierliche Innovationskraft



25 Entwicklung bei Nachwuchskräften für die Oberflächentechnik



28 Neuartige Beschichtungen



12 Werkstoffe für die Elektrolyse

34 Oberflächentechnik und High-End-Anwendungen

36 Auf die Oberfläche kommt es an

VERBÄNDE

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

UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

39 SurTec International – L&R Kältetechnik

40 Stellenangebot - Steinbeis Transfer Zentrum

Zum Titelbild: 16 Fraunhofer-Institute bündeln ihre Kompetenz und bilden damit eine leistungsstarke, interdisziplinäre Plattform entlang der gesamten Wertschöpfungskette des Leichtbaus – Beitrag auf Seite 8ff

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

Erscheinungsweise

10 x jährlich, wie in den Mediadaten 2026 angegeben

Herausgeber und Verlag

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

Verlagsleitung

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

Redaktion/Anzeigen/Vertrieb/Abo

siehe Verlagsleitung

Bezugspreise

Jahresabonnement für WOMag-Online: 149,- €, inkl. MwSt.

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

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

Inhalt

WOMag berichtet über:

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

Leserkreis:

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

WOMag-Beirat

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

Bankverbindung

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

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

Gerichtsstand und Erfüllungsort

Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Waldshut-Tiengen

Herstellung

WOTech GbR

Grafische Gestaltung (Grundlayout)

Wasserberg GmbH

Druck

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

≡ Allgegenwärtige Laser

Seit nunmehr drei Jahrzehnten ist der AKL – International Laser Technology Congress als wichtige Austauschplattform der Lasercommunity etabliert. Vom 22. bis 24. April strömten 544 Fachleute aus 21 Ländern, rund 90 Vortragende und 57 ausstellende Unternehmen und Institutionen zum AKL'26 nach Aachen. Dort ließ in der Gerd Herziger Session am 23. April ein hochkarätig besetztes Podium die Entwicklung der letzten 30 Jahre Revue passieren und richtete den Blick in die Zukunft einer zunehmend allgegenwärtigen Lasertechnik, wie das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT berichtet.



Dr. Jochen Stollenwerk, kommissarischer Leiter des Fraunhofer ILT, eröffnete die Gerd Herziger Session des AKL'26

(© Fraunhofer ILT / Andreas Steindl)

Laser sind allgegenwärtig. Aus Rechenzentren und Telekommunikation, klinischer Diagnostik und Therapie, der Fertigung von zunehmend elektrischen Automobilen, aus Smartphonefabriken, aus der Halbleiterfertigung, dem Markieren, Beschriften, Strukturieren und Funktionalisieren von Oberflächen,

der Materialbearbeitung vom Schneiden und Bohren bis zum Schweißen und Löten sind sie branchenübergreifend nicht mehr wegzudenken. Und mit der Fusion, den Quantentechnologien sowie dem Lasereinsatz in Landwirtschaft, Bergbau, Offshore und unter Wasser oder im Bereich humanoider Robotik und zur blitzschnellen Abwehr ganzer Drohenschwärme kündigen sich neue Zukunftsmärkte mit einem teils enormen ökonomischen Potenzial an.

Hinzu kommt der rasante Ausbau von Rechenzentren, der zu beinahe zwei Dritteln durch den exponentiell steigenden Einsatz von künstlicher Intelligenz (KI) getrieben ist. In seinem Vortrag in der Gerd Herziger Session zählte Dr. Hagen Zimer, CEO Laser Technology und Vorstandsmitglied der TRUMPF SE + Co. KG auf, warum dieser Ausbau der Branche Rückenwind gibt: *Für KI-Chips, Kühlung, Verbindungen wie CPU-Parallelverbindungen, Lochbohrungen sowie den Zuschnitt der Bleche, aus denen solche Rechenzentren größtenteils bestehen, braucht es unterschiedlichste Laserverfahren.* Daher gehe das Wachstumspotenzial in diesem Feld weit über jene EUV-Technologie zum Strukturieren von Wafern mit Strukturgrößen von demnächst zwei Nanometern (nm) hinaus, die

TRUMPF auch für die nächste Generation von KI-Chips an den niederländischen Systemintegrator ASML liefert – und deren Entwicklung sehr langen Atem erforderte: 15 Jahre forschten und entwickelten TRUMPF, ZEISS, das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena, ASML und andere Partner an dieser Schlüsseltechnologie für die Mikrochip-Herstellung.

Eine Ameise in Manhattan finden

Die mit CO₂-Lasern angeregte extreme ultraviolette (EUV) Strahlung ist für das Erzeugen der nm-feinen Chipstrukturen unverzichtbar. Laser mit kurzen Wellenlängen braucht es laut dem Executive Vice President Industrial der Coherent Gruppe in Europa, Dr. Christopher Dorman OBE, aber auch für die Qualitätsprüfung in der Mikroelektronik- und Halbleiterindustrie. *Vor 20 Jahren wurden Wafer mit Wellenlängen im grünen Spektralbereich geprüft,* berichtete er. Statt dieser Wellenlängen um 500 nm setze man heute 266 nm und künftig noch kürzere Wellenlängen für eine noch schnellere und präzisere Prüfung ein. Und das sei auch dringend erforderlich. Denn die In-Prozess-Fehlerprüfung für heutige nm-strukturierte Wafer mit 300 Millimeter Durchmesser komme der Aufgabe gleich,



Die Diskutanten der Podiumsdiskussion High Power and High Energy Lasers – Quo Va-dis? (v.l.n.r.): Damien Buet, Christopher Dorman, Trevor D. Ness, Constantin Häfner, Hagen Zimer, Jochen Stollenwerk

(© Fraunhofer ILT / Andreas Steindl)



Bei der Gerd Herziger Session kamen führende Vertreter aus Industrie und Wissenschaft zusammen, um die zukünftige technologische Ausrichtung der Hochleistungs- und Hochenergielaser zu diskutieren

(© Fraunhofer ILT / Andreas Steindl)



Dr. Christopher Dorman sieht großes Wachstumspotenzial für die Photonik, weil Laser in immer mehr Anwendungsfeldern oft hochkomplexe Aufgaben lösen
(© Fraunhofer ILT / Andreas Steindl)

Manhattan in zwanzig Sekunden abzuscanen und dabei eine einzelne Ameise nicht nur aufzuspüren, sondern auch ihre Art zu bestimmen.

Dorman hatte weitere Beispiele, die den Fortschritt der letzten 30 Jahre belegen. So habe der Wechsel von CO₂- auf Faserlaser die Geschwindigkeit beim Laserschneiden von 15 Zentimeter auf neun Meter m pro Minute steigen lassen. Im Dreischritt steigender Leistungen, kürzerer Pulsdauern und flexiblerer Wellenlängen habe der Laser Märkte gewonnen und sei nun ein unverzichtbarer Fortschrittstreiber. Um Wachstum und steigende technologische Anforderungen bedienen zu können, treibe die Industrie mit Unterstützung der Forschung immer komplexere Lösungen voran. So auch in der Durchflusszytometrie zur Zählung und Analyse von Zellen. Mit zwei Lasern schafft das Verfahren 10.000 Zellen pro Sekunde. *Mit neun unterschiedlichen Wellenlängen lassen sich bis zu 150.000 Zellen pro Sekunde zählen und analysieren*, erklärte Dorman. Für die Diagnose von Erkrankungen wie Leukämie reicht es, dabei einzelne Zellen zu finden.

Photonik bleibt eine Branche mit Rückenwind

Lasertechnik ist auch Enabler der rasch expandierenden Herstellung von OLED-Bildschirmen, die sich laut Marktprognosen in den nächsten Jahren von zehn auf 20 Millionen Quadratmeter Gesamtfläche verdoppeln soll. Hier sind laut Dorman Excimer-Laser gesetzt. *Wir brauchen weiterhin unterschiedliche Ansätze entlang des Wellenlängenspek-*

trums, von UV mit Excimer-Lasern bis zum Ferninfrarotbereich mit CO₂-Lasern sowie verschiedenste Technologien dazwischen, betonte er. Trotz des aktuellen makroökonomischen Gegenwinds sieht er im immer breiteren und komplexeren Lasereinsatz ein solides Fundament für weiteres Wachstum; zumal die Photonik alle zehn Jahre eine neue Technologie mit riesigem Marktpotenzial entwickle. Aktuell gebe es mit der Fusion und dem Quantencomputing sogar zwei. *Der Laser wird allgegenwärtig*, erklärte Dorman – und war sich darin mit den anderen Experten auf der Bühne einig.

Darunter Trevor Ness, Senior Vice President und Chief Revenue Officer bei IPG Photonics. Er zeichnete ein Zukunftsbild, in dem Laser flächendeckend in Infrastrukturen, Systeme und Prozesse integriert sein und so zuverlässig arbeiten werden, dass kaum noch über sie gesprochen wird. *Ich glaube, dass die erfolgreichsten Laseranwendungen diejenigen sein werden, die wir gar nicht bemerken. Sie werden im Alltag allgegenwärtig sein*, sagte er. So wie der Laser in den letzten Jahrzehnten durch technologische Fortschritte eine enorme Steigerung der Qualität und Skalierbarkeit ermöglicht habe, werde er auch künftig durch immer höhere Leistung, Energie, Flexibilität und Zuverlässigkeit neue Felder erschließen. Der immer breitere industrielle Einsatz von Faserlasern sei eng mit ihrer Leistungssteigerung und Zuverlässigkeit verbunden, die auf die rasante Entwicklung bei Halbleiterlasern zurückzuführen sei.

Moore'sches Gesetz gilt auch für Diodenlaser

Der Fortschritt bei Diodenlasern hält mit dem Moore'schen Gesetz Schritt, berichtete Ness. Die Folge: starkes Wachstum in der Laserindustrie und enorme Produktivitätszuwächse



Trevor D. Ness entwarf in seinem Vortrag ein Zukunftsbild, in dem der Laser allgegenwärtig ist
(© Fraunhofer ILT / Andreas Steindl)

bei Anwendern, die die Faserlaser heute zum Markieren, Schneiden, Schweißen sowie zunehmend für die Reinigung, Trocknung und Wärmebehandlung einsetzen. Immer besseres Prozessverständnis, digitale Lösungen für die Strahlformung und -steuerung und In-line-Prozessüberwachung erweitern das Anwendungsspektrum fortlaufend. *Heute fertigen wir routinemäßig Laser mit einer Leistung von über 60 Kilowatt samt zugehöriger Optik. Sie eröffnen unter anderem neue Horizonte beim Laserschneiden, wo sie etablierte Technologien wie das Plasmaschneiden ablösen*, erklärte er. Schneidköpfe mit optimierten Funktionen würden es im Zusammenspiel mit neuer Sensorik ermöglichen, was lange als unmöglich galt: Faserlaser schneiden routinemäßig hoch reflektierende Metalle wie Aluminium, Kupfer oder Messing. Der breite Lasereinsatz unter anderem auch in handgeführten Schweißgeräten werde durch die Verfügbarkeit hoher Leistungen und stark rückläufiger Kosten pro Watt vorangetrieben. Neue Anwendungen wie spektrometrische Atemanalysen in der medizinischen Diagnostik, Präzisionsbearbeitung mit Spotgrößen unter zehn Mikrometern (µm), Quantentechnologie oder Lasereinsätze in der Verteidigung seien neue Chancen für die Laserbranche – mit denen jedoch ethische Verantwortung einhergehe, die einen sorgfältig durchdachten Einsatz der gelenkten Energie erfordere.

In Anwendungen statt in Technologien denken – und KI einsetzen!

Die Lasertechnik selbst rückt laut Ness in den Hintergrund. *Wir müssen uns auf ihre intuitive Anwendung und auf passgenaue hochintegrierte Lösungen für unsere Kunden konzentrieren*, mahnte Ness. Er sehe eine neue Ära allgegenwärtiger intelligent eingebetteter Laserfunktionen anbrechen, welche die Industrie und das Arbeiten an sich revolutionieren werde.

Er prognostiziert, dass der Laser der Zukunft intelligent ist, KI-fähig, auf Roboterplattformen mobil wird, skalierbar, kostengünstig und in großen Stückzahlen verfügbar. Als Beispiel nannte er die Integration in humanoide Roboter. Diese könnten in gefährlichen, beengten und bisher unzugänglichen Umgebungen arbeiten. Der Laser wird zum Werkzeug des Roboters, der dort arbeiten kann, wo heute Menschen ihr Leben riskieren: in nuklearen Infrastrukturen, in der Tiefsee, im Weltraum oder auch in giftigen Bereichen. Gemeinsam versprechen humanoide Roboter und Laser die Automatisierung qualifizierter Arbeit. Zu-



Dr. Hagen Zimer mahnte in seinem Vortrag mehr Innovationsgeschwindigkeit an
(© Fraunhofer ILT / Andreas Steindl)

dem würden Exoskelette und Roboter das Leben von Menschen mit Behinderung verändern. All das sei transformativ und potenziell disruptiv. Für Ness wirft das neue Fragen auf: *Was passiert, wenn Laser nicht mehr die Einschränkung darstellen? Wenn Leistung verfügbar, Kosten kein Hindernis mehr und die Integration kinderleicht ist*, fragte er.

Diese Fragen treiben auch Hagen Zimer um. Die eigentliche Differenzierung des Lasersystems liege mittlerweile nicht mehr im Laser selbst, sondern darin, wie man Anwendungen jeweils umsetzt. Die Basis seien Laser mit den richtigen Komponenten für die Strahlführung, immer mehr Sensorik, Digitalisierung, KI und hinterlegte Datenbanken. *Wir müssen KI einsetzen, um Laserprozesse bei unseren Kunden zu steuern. Wir erweitern unsere Hardware-Plattform entsprechend*, berichtete er. Denn es gelte, schnell neue Geschäftsfelder zu erschließen und Innovationen deutlich schneller als bisher zu entwickeln, um im zunehmenden internationalen Wettbewerb bestehen zu können.

Zimer beleuchtete in seinem Vortrag den strategisch klug eingeleiteten Aufstieg der chinesischen Laserbranche. Diese gewinne in ihrem Heimatmarkt und auch weltweit immer höhere Marktanteile. Westliche Unternehmen müssten schneller, vernetzter und mit klarem Fokus auf den Kundennutzen arbeiten, um ihre starke Position zu verteidigen. *Für Kunden ist nicht der Laser selbst entscheidend, sondern seine Funktion, sein Preis, seine Zuverlässigkeit und ein reibungsloser Service*, sagte er.

Wachstumsfelder humanoide Roboter, Rechenzentren, Verteidigung

Hagen Zimer berichtete, dass große Automobilhersteller aktuell ganze Fabriken in Roboterfabriken umwandeln, um dort humanoide Roboter zu fertigen. Hier gebe es viele Laseranwendungen: ob bei der Herstellung der

Strukturteile, Batterien, Antriebe, Sensoren, Aktuatoren oder auch der Mikrochips. Neben dem Ausbau der Rechenzentren sieht der Experte darin ein Feld, das Wachstum verspricht. Und nach vielen internen Diskussionen habe sich TRUMPF entschlossen, im Bereich der Drohnenabwehr aktiv zu werden. Neben der ethischen sei auch die technische Fragestellung komplex. Um eine Drohne auf 1 Kilometer Entfernung trotz atmosphärischer Turbulenzen binnen Millisekunden zuverlässig zu treffen, brauche es höchste Präzision. Mit Rhode & Schwarz konzentriere sich TRUMPF auf die mobile bodengestützte Drohnenabwehr. Dafür montiere man 30- bis 50-kW-Laser auf Fahrzeuge.

Alle Experten auf dem Podium waren sich einig, dass die Verteidigung ein wichtiger Markt mit viel Wachstumspotenzial für die Photonik werden wird. Gleiches gilt für Fusionskraftwerke, wobei Zimer hier deutlich skeptischer klang als seine Kollegen. *Wenn wir dieses Geschäft in Deutschland und Europa betreiben wollen, müssen wir uns besser abstimmen*, mahnte er.

Die für alle Beteiligten oft schmerzhafteste, 15-jährige Entwicklungsphase der EUV-Technologie habe gezeigt, dass es eine richtige Push-Pull-Beziehung brauche, um derartige Projekte zu einem guten Ende zu führen. *Diese Zeit war nur durch die sehr starke Verbindung der Partner und die klare Nachfrage zu überstehen*, berichtete Zimer. Wenn sich in der Fusion nicht jemand finde, der ein Fusionskraftwerk bauen will, dafür konkrete Aufträge vergibt und eine Lieferkette für Laser und Optiken, Gläser und Dioden aufbaut, dann werde es sehr schwer, diese Technologie zu realisieren. Es brauche beispielsweise mindestens 100 bis 200 Millionen Euro, um die für Fusionskraftwerke erforderlichen 2-kJ-Laser zu entwickeln. Solche Investitionen bräuchten ein solides Geschäftsmodell.

Lieferketten und Innovationsökosysteme für die Fusion

Deutlich optimistischer ist in dieser Frage Damian Buet, CEO der Amplitude Laser Group. Fast ein Viertel der 400 Beschäftigten arbeitet in der Forschung und Entwicklung und entwickelt neben Femtosekundenlasern für medizinische und industrielle Anwendungen Großlaser mit hoher Energie und Peek-Leistungen von bis zu drei Petawatt. Diese sind jedoch nicht mit Blick auf ihre Effizienz oder hohe Wiederholraten designt. Bisher basieren die Hochenergielaser auf der Verstärkung mit Blitzlampen. *Die Spitzenforschung beginnt*



Damian Buet sprach über die Herausforderungen für Hochenergielaser und deren Potenzial in der Fusion

(© Fraunhofer ILT / Andreas Steindl)

gerade erst, sich mit der Effizienzfrage und dem kontinuierlichen 10- bis 20-Hz-Betrieb für Kraftwerke zu befassen, sagte er. Aber er sei zuversichtlich, dass die technologischen Herausforderungen lösbar sind, wenn es entsprechenden Pull aus dem Markt gebe. Der Blick auf andere Märkte wie Batterien oder Photovoltaik, wo die Modulkosten seit 1976 um 99,6 Prozent gesunken sind, zeige, dass dies oft schneller geht, als erwartet. Er ist zu 100 Prozent davon überzeugt, dass sich die Fusionstechnologie durchsetzen wird und warb dafür: *Europa verfügt über unglaublich viele komplementäre Stärken. Wir können das Rennen gewinnen. Lasst es uns angehen*. Dorman stimmte zu. Er sieht in der Magnetfusion (MFE) wie auch in der Trägheitsfusion (IFE) große Chancen für die Laserindustrie. *Die Hochtemperatur-supraleitenden Magnetbänder für MFE-Reaktoren werden mit Lasern hergestellt und erst recht brauchen IFE-Kraftwerke eine riesige Anzahl von Lasern*, sagte er.

Und auch der kommissarische Leiter des Fraunhofer ILT, Dr. Jochen Stollenwerk, entwickelte in seinem Eröffnungsvortrag *Scaling Photons, Scaling Impact: High average Power, high pulse energy, and intelligent control* ein Szenario, in dem die Forschung an cw- und Ultrakurzimpuls (UKP)-Lasern mit steigenden Durchschnittsleistungen, Steuerung und Regelung von Laserverfahren den Weg zur kommerziellen Energieerzeugung mit Fusion ebnet. Künftige Fusionsantriebe müssten Impulse im Multi-Megajoule-Bereich bei hohen Wiederholungsraten liefern, mit einem Wirkungsgrad in der Größenordnung von zehn

bis 20 Prozent und einer Lebensdauer von vielen Milliarden Schüssen. *Dies ist eine enorme Herausforderung, die Innovationen bei den Verstärkungsmedien, der Kühlung, Optik und der Systemarchitektur erfordert*, erklärte er. Das Fraunhofer ILT bringe sein Fachwissen in den Bereichen Laser mit hoher Durchschnittsleistung, skalierbare Optikfertigung und Systemmodellierung ein, um gemeinsam mit Partnern Konzepte zu entwickeln, die auf kommerzielle Fusionskraftwerke skaliert werden können.

Lösungen parallel und schnell vorantreiben

Es wird laut Stollenwerk entscheidend sein, die Reifegrade aller Schlüsseltechnologien parallel und schnell zu erhöhen. Denn in lasergetriebenen Fusionskraftwerken müssten verschiedenste Teilsysteme nahtlos zusammenwirken: Zielkonstruktion und -fertigung, Hochleistungs-Zielinjektion, Lasertreiber mit einigen hundert Strahlen, Optiken, Tritium-Brennstoffkreislauf, Blanket- und Kammernsysteme sowie die gesamte Anlagentechnik und der Betrieb. Für jeden dieser Bereiche gebe es vielversprechende Ansätze, von fortschrittlicher Target-Fertigung und der Erzeugung der Hochenergiepulse bis hin zu strahlungsbeständigen Materialien und modularen Anlagenkonzepten. *Der Schlüssel liegt darin, diese koordiniert und geleitet von unseren umfassenden physikalischen und ingenieurtechnischen Modellen weiterzuentwickeln, und dabei die komplexen Wechselwirkungen innerhalb der Anlage zu erfassen*, betonte er. KI und digitale Photonik könnten auf dem Weg dahin eine sehr wichtige Unterstützung werden.

Prof. Constantin Häfner hatte in seiner Zeit als Leiter des Fraunhofer ILT entscheidenden Anteil daran, dass nicht nur das Aachener Institut, sondern auch die Bundesregierung früh die Weichenstellung in Richtung Fusion eingeleitet hat. Heute ist er im Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft für die Bereiche Forschung und Transfer verantwortlich. Auf dem AKL'26 betonte er die große Bedeutung dieses Technologiefeldes für die Photonik und zeichnete dabei nach, in welchem Tempo die Bundesregierung die Fusion zu einem zentralen Forschungsthema gemacht hat. Erst zwei Wochen vor dem Kongress hatte das



Prof. Constantin Häfner warb für den schnellen und entschlossenen Aufbau von industriellen Ökosystemen für den Einstieg in die Fusionsenergie

(© Fraunhofer ILT / Andreas Steindl)

Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) eine Erhöhung des Forschungsbudgets auf drei Milliarden Euro noch in dieser Legislaturperiode bekanntgegeben. Extrapoliert auf die kommenden acht bis zehn Jahre sei ein Budget von acht Milliarden Euro denkbar. *Mit diesem massiven Vorstoß übernimmt Deutschland die Führung darin, die Vision Fusion mit einer konkreten Mission zu unterfüttern*, erklärte Häfner in Aachen.

Fusionsforschung auf drei Säulen mit Hubs an früheren AKW-Standorten

Laut Häfner fließt die Forschungsförderung in drei Wissenssäulen. In der Magnetfusion gebe es eine klare Entscheidung für einen skalierten Stellarator – und damit gegen das Tokamak-Konzept. In der Laserfusion werde Deutschland an seine führende Rolle in der Optik und Photonik anknüpfen. Und die dritte Säule betrifft die Materialien, darunter die Herausforderung, in Kraftwerken aus Lithium Tritium zu erbrüten. Der Zeitplan sei straff. Vier Wochen bleiben Interessenten, sich für die laufenden Ausschreibungen zu bewerben. Die Bundesregierung lege in diesem Fall das Tempo vor, dass die Industrie fordere, erklärte Häfner und sandte einen Dank nach Berlin. *Wir arbeiten nun am Aufbau von Konsortien, welche die Fusions-Hubs in Deutschland betreiben*. Sie würden dafür verantwortlich sein, eine Fusions-Roadmap in konkrete inhaltliche Roadmaps zu übersetzen, um die Industrialisierung aller benötigter Technologiebausteine mit dem Ziel eines Fusionskraftwerks in den 2040er-Jahren voranzutreiben. Die

Fusions-Hubs sollen Lieferketten aus Industrie und Forschung zusammenzubringen – von Fusions-Start-ups über Technologieintegratoren bis zur Großindustrie, Energieversorgern und VC-Firmen sowie internationalen Partnern. Es sind Keimzellen, die nun wichtige photonische Innovationsökosysteme hervorbringen sollen. Es gehe darum, Märkte zu schaffen, die Mission zu steuern und infrastrukturelle Anker an Standorten zu schaffen, an denen es bereits Stromnetze, Kühlwasser und Fachleute gibt, die mit Strahlung umgehen können.

Schlüssel zu neuen Absatzmärkten für die Photonik

Im Zentrum steht der Aufbau von Lieferketten. Hier liegt Häfner zufolge der Schlüssel zur Kostensenkung. *Wir müssen skalieren, kommerzialisieren und auf dem Weg Nachfrage nach Schlüsselkomponenten schaffen, damit die Märkte deren Weiterentwicklung finanzieren*, betonte er. Es brauche Absatzmärkte für neue Laser, Materialien, Optiken und andere Komponenten, um die Kosten durch Skaleneffekte schnell herunterzubringen. Gelingt das, werde der Laser zum Massengut für den Rest der Welt. Er werde in der Produktion allgegenwärtig. *Fusion dient in diesem Szenario als Vehikel, um Zugang zu neuen Märkten zu erhalten, welche wir anführen werden, wenn wir die gesteckten Technologie- und Kostenziele erreichen*, erläuterte er. Das mache die Technologie so interessant für Deutschland.

Mögliche Spillover-Märkte sieht auch er in der gerichteten Laserenergie zur Drohnenabwehr, im Einsatz von Hochenergielasern als Treiber für Secondary Sources zur Erzeugung von EUV-, Röntgen- oder Neutronenstrahlung – oder auch im sprichwörtlichen Lasertoaster. Denn im Zielkorridor für die Fusion könnten Laserdioden derart günstig werden, dass sie die Heizdrähte in Toastern ersetzen können. *Wir können viel erreichen. Die Fusion ist ein Innovationsfeld, in dem die Photonik Wachstumspotenziale in Märkten erschließen kann, die sie aus dem Nichts schafft*, sagte er. Dafür brauche es Mut, Geschwindigkeit und Kooperationsgeist.

➔ www.ilt.fraunhofer

Fraunhofer-Forschungsfeld Leichtbau bündelt einzigartige Kompetenzen aus 16 Instituten

Seit 2025 leitet das Fraunhofer IWU das Forschungsfeld Leichtbau. Dieser Zusammenschluss bündelt die Kompetenzen von 16 Fraunhofer-Instituten und bildet damit eine leistungsstarke, interdisziplinäre Plattform entlang der gesamten Wertschöpfungskette des Leichtbaus – von der Materialentwicklung bis zur validierten Anwendung im Produkt. Ziel ist es nach Mitteilung des Fraunhofer IWU, Unternehmen integrierte Forschungs- und Entwicklungsleistungen *aus einer Hand* bereitzustellen und Innovationen effizient in industrielle Anwendungen zu überführen.

Das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Chemnitz, koordiniert nun diese Aktivitäten. Aus wegweisenden Ideen werden erst dann Innovationen, wenn sich Konzepte auch in Produkte übersetzen lassen: Diesem Gedanken folgend, legt das Fraunhofer IWU den Fokus auf den werkstoff- und fertigungsgerechten Leichtbau. Ein zentraler Ansatz ist der sogenannte *Systemleichtbau*, bei dem Materialien, Konstruktion und Produktionsprozesse ganzheitlich optimiert werden. Ziel dabei ist es, Gewicht zu reduzieren, Ressourcen zu sparen und gleichzeitig die Leistungsfähigkeit von Bauteilen für Anwendungen etwa im Automobil-, Maschinen- und Anlagenbau zu erhöhen.

Beispiel 3D-FiberTrain

In dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWE) geförderten Projekt *3D-FiberTrain* zeigten die Institute Fraunhofer IWU und Fraunhofer IMWS gemeinsam mit Industriepartnern, wie durch die Kombination von großformatigem 3D-Druck und dem 3D-Tapelegeverfahren die werkzeugfreie Herstellung von komplexen und hoch-

belastbaren thermoplastischen Faserverbundbauteilen für Schienenfahrzeuge gelingt. Der Verzicht auf Formwerkzeuge, der hohe Automatisierungsgrad und der Einsatz von wiederverwendbaren Thermoplast-basierten Ausgangsmaterialien senken die Herstellkosten ebenso wie den CO₂-Fußabdruck. Dies gilt besonders für die Herstellung kleiner und mittlerer Stückzahlen.

Innerhalb von drei Jahren realisierte das Konsortium zwei großformatige Demonstratoren: eine Frontschürze sowie eine Bugnase eines Hochgeschwindigkeitszuges. Das eingesetzte glasfaserverstärkte Polycarbonat wurde gezielt so ausgewählt und modifiziert, dass es die extrem hohen, schienenfahrzeugspezifischen Brandschutzanforderungen erfüllt. Der integrierte Flammenschutz stellt besondere Herausforderungen bei der Verarbeitbarkeit im 3D-Druck dar. Diesen begegneten die Forschenden mit vorangestellten Prozesssimulationen, die beispielsweise den thermisch bedingten Bauteilverzug oder Delaminationen vorhersagen können und so kostspielige Fehldrucke vermeiden.

Darüber hinaus ermöglichten spezielle Strukturoptimierungsmethoden, die Anzahl der auf-

gebrachten Verstärkungstapes auf das mechanisch notwendige Minimum zu reduzieren; neben dem Entfall von Formwerkzeugen ein entscheidender Hebel für die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens. In weiterführenden Arbeiten soll zukünftig die direkte Verarbeitung von Rezyklat im großformatigen 3D-Druck untersucht werden, um die Kreislaufführung von thermoplastischen Schienenfahrzeugkomponenten weiter voranzutreiben. Das Projekt belegt damit das Potenzial von additiver Fertigung, Entwicklungszeiten im Schienenfahrzeugbau drastisch zu verkürzen und gleichzeitig nachhaltige, recyclingfähige Leichtbaustrukturen zu realisieren.

Fraunhofer-Forschungsfeld Leichtbau: Starke Allianz aus 16 Instituten

Das Forschungsfeld vereint umfassende Kompetenzen für die Entwicklung und Optimierung hochmoderner Fertigungsprozesse für Leichtbaustrukturen, darunter hybride Thermoplast-Bauteile, RTM- und Hochdruck-RTM-Verfahren, automatisierte Tape- und Prepregverarbeitung sowie innovative Ansätze zur Nutzung von recycelten Fasermaterialien. Ergänzt wird dies durch Expertise in



Großformatiger 3D-Druck im vom BMW geförderten Projekt *3D-FiberTrain*: Druck der Bugnase eines Hochgeschwindigkeitszuges

(© Fraunhofer IWU)



Leichtbau für großvolumige Bauteile: Die neu entwickelte flexible Fräskinematik auf einer Linearachse bearbeitet ein CFK-Flugzeugseitenleitwerk im Maßstab 1:1 mit hoher Präzision

(© Fraunhofer IFAM)



Anlage für multifunktionale und smarte Oberflächenveredelungen, beispielsweise für optische Funktionen oder zur Erzielung von Antihaf-beziehungswise antibakteriellen Eigenschaften. Auch Dünnschicht-sensorik kann aufgebracht werden
(© Fraunhofer IST)



Pyrolyseofen des Fraunhofer IGCV zur Untersuchung des Recyclings faserverstärkter Kunststoffe (Separation von Fasern und Matrix mittels Pyrolyse); kreislaufwirtschaftliche Ansätze spielen für die Akzeptanz von Composites eine wachsende Rolle(© Fraunhofer IGCV / Thomas L. Fischer)

Verbindungs- und Oberflächentechnologien, etwa in der Klebtechnik, Laserbearbeitung und funktionalen Oberflächenveredelung, um multifunktionale und langlebige Produkte zu realisieren.

Für die Absicherung der entwickelten Lösungen stellt das Forschungsfeld eine umfangreiche Test- und Validierungsinfrastruktur bereit. Diese reicht von hochauflösender zerstörungsfreier Prüfung, etwa mittels Hochenergie-CT für große Bauteile, bis hin zu realitätsnahen Prüfständen für komplette Fahrzeuge. Ergänzt wird dies durch spezialisierte Verfahren wie Röntgendiagnostik bei Crashbelastungen sowie umfassende Prüf- und Bewertungsmethoden für neuartige Werkstoffe, einschließlich biobasierter und naturfaserverstärkter Materialien.

Neben diesen technologischen Kernkompetenzen steht das Fraunhofer-Forschungsfeld für Kreislaufwirtschaft und entwickelt Lösungen für das Recycling von Composites, die

Wiederverwendung von Materialien sowie digitale Ansätze zur Optimierung von Recyclingprozessen.

Einen weiteren Schwerpunkt bildet der Leichtbau für batteriegetriebene Fahrzeuge. Hier werden funktionsintegrierte Strukturen, neue Batteriekonzepte und CO₂-reduzierte Leichtbaulösungen entwickelt, die sowohl die Energieeffizienz als auch die Reichweite zukünftiger Mobilitätslösungen erhöhen. Das Fraunhofer IWU ist dabei federführend in der Erforschung von Metallschaum als innovative Lösung für leichte und robuste Batteriegehäuse mit optimiertem Thermomanagement.

Perfekte Ergänzung: das Fraunhofer IAP

Jüngstes Mitglied im Forschungsfeld ist seit einem Jahr das Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP. Das Fraunhofer IAP konzentriert seine Leichtbauaktivitäten insbesondere auf polymerbasierte Werkstoffe und Faserverbundtechnologien.



Mit Carbon Lab Factory Lausitz errichtet das Fraunhofer IAP eine Pilotanlage zur Herstellung von Carbonfasern

(© Fraunhofer IAP / Kristin Stein)

Es entwickelt maßgeschneiderte Leichtbaulösungen von der Synthese spezieller Polymere über Halbfabrikate und Prototypen bis hin zu industrietauglichen Fertigungsprozessen für Hochleistungsbauteile. Auch die Nachhaltigkeit zirkulärer Werkstoffe, etwa durch die Entwicklung biobasierter Polymere und Carbonfasern sowie recyclinggerechter Verbundwerkstoffe, wird durch das Fraunhofer IAP vorangetrieben. Dabei adressiert das IAP gezielt End-of-Life-Szenarien und Strategien zur Wiederverwertung von Leichtbaustrukturen. Nicht zuletzt arbeitet das Institut an Leichtbaulösungen für Wasserstoffspeicher und hoch effiziente Rotorblätter für Kleinwindanlagen, bei denen Konstruktion, Aerodynamik und Fertigung gemeinsam optimiert werden.

➔ www.iwu.fraunhofer.de

Fraunhofer-Forschungsfeld Leichtbau

Im Fraunhofer-Forschungsfeld Leichtbau kooperieren die Fraunhofer-Institute Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut, EMI; Chemische Technologie, ICT; Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, IFAM; Gießerei-, Composite- und Verarbeitungstechnik, IGCV; Integrierte Schaltungen, IIS; Lasertechnik, ILT; Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen, IMWS; Produktionstechnologie, IPT; Schicht- und Oberflächentechnik, IST; Windenergiesysteme, IWES; Werkstoffmechanik, IWM; Werkzeugmaschinen und Umformtechnik, IWU; Zerstörungsfreie Prüfverfahren, IZFP; Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit, LBF; Holzforschung, WKI; Angewandte Polymerforschung, IAP

➔ www.leichtbau.fraunhofer.de

Intelligente Prozesssteuerung mit Lab-on-a-Chip und KI-basiertem Smart Drying

Reinigungs- und Trocknungsqualität sowie Ressourcenverbrauch und Kosten automatisch im Griff

Eine stabil hohe Prozessqualität sowie Einsparungen bei Energie, Ressourcen und Betriebskosten – Forderungen, denen wasserbasierte Reinigungsprozesse heute gerecht werden müssen. Um diese Ansprüche sicher und effizient umzusetzen, hat Ecoclean das innovative Lab-on-a-Chip-System entwickelt. Es hält die Qualität der Reinigungs- und Spülstufen durch automatisierte Analysen auf Basis verschiedener Messverfahren auf einem optimalen Level. Die neue Smart-Drying-Technologie ermöglicht die KI-gestützte, intelligente Steuerung und Optimierung von Trocknungsprozessen mit Warmluft und Vakuum.

Steigende Ansprüche an die Bauteilqualität führen zu komplexeren Reinigungsprozessen. Vorgegebene Sauberkeitsspezifikationen müssen dabei stabil und reproduzierbar eingehalten werden. Verbunden ist dies immer häufiger mit höheren Dokumentationspflichten der Prozessparameter. Gleichzeitig steht die Anforderung im Raum, energie- und ressourcenschonender zu reinigen, um den CO₂-Fußabdruck und Kosten zu verringern. Dem gegenüber steht der Mangel an Fachpersonal mit entsprechender Ausbildung und Reinigungskompetenz.

Ecoclean reagiert auf diese Situation mit innovativen Entwicklungen wie dem Lab-on-a-Chip (LOC)-System und der Smart-Drying-Technologie für die automatisierte Überwachung und intelligente Steuerung der Reinigungsqualität. Diese Lösungen stellen sicher, dass Reinigungs- und Trocknungsprozesse optimal ablaufen und erfüllen durch die konstante Erfassung der Parameter auch Dokumentationsvorgaben.

LOC – umfassende Medienanalysen mit nur einem System

Für die Analyse der Konzentration von Reinigungs- oder Passivierungsmedien sowie der Verschmutzung der Lösungen sind bisher verschiedenste Sensoren erforderlich, die abgestimmt auf das jeweilige Medium beziehungsweise den Prozess eingesetzt werden. Die Messungen erfordern darüber hinaus üblicherweise zahlreiche manuelle Eingriffe. Die aufwändige Ermittlung der Medienqualität führt nicht selten dazu, dass Reinigungsmedium unabhängig vom Verbrauch nachdosiert wird. Ebenso werden Medienwechsel nach wie vor teilweise zeitabhängig durchgeführt. Beides kann zu einer nicht optimalen Qualität der Medien sowie zu einer Ressourcenverschwendung führen.

Dies ändert sich mit dem neuen LOC-System, das sowohl in Mehrstufentauch- als auch in Kammeranlagen integriert werden kann. Die Kombination von verschiedenen Messverfahren in nur einem System eröffnet eine enorme Bandbreite bei der Reiniger- und Medienanalyse. Und das, ohne jede Stufe mit verschiedenen Sensoren auszustatten sowie unabhängig vom eingesetzten Reinigungs-

oder Passivierungsmedium und Prozess. Die Probennahme erfolgt bei den anlagenintegrierten Systemen automatisch aus den jeweiligen Stationen, die mit der Auswerteeinheit verbunden sind.

Für die Ermittlung der Reinigerkonzentration stehen die Verfahren Titration, pH-Wert, Leitfähigkeit und erstmals auch die Messung der Oberflächenspannung zur Verfügung. Letzte-



Eine stabil hohe Prozessqualität und Einsparungen bei Energie, Ressourcen und Betriebskosten ermöglicht das innovative LOC-System durch automatisierte Analysen der Reinigungs- und Spülstufen auf Basis verschiedener Messverfahren (Bild: Ecoclean)

re ermöglicht bei modularen Reinigungssystemen den im Medium vorhandenen Tensidanteil separat zu bestimmen und ermöglicht dadurch die gezielte Nachdosierung dieser Komponente. Die Verunreinigung der Stufen kann mittels Fluoreszenz- und Leitwertmessung erfolgen. Diese Messmethoden werden zukünftig durch Verfahren zur Ermittlung der Total Organic Contamination (TOC) und der Partikelmessung ergänzt. Welche Messungen mit der aus dem Medium gezogenen Probe durchgeführt werden, lässt sich über die Anlagensteuerung eingeben. Zwischen der Probennahme sorgt eine automatische Spülung dafür, dass die Ergebnisse unverfälscht auf dem Display angezeigt und bei Bedarf entsprechende Aktionen, beispielsweise die Nachdosierung von Medium oder Wasser beziehungsweise ein Mediumwechsel, initiiert wird.

Bei der ebenfalls verfügbaren Standalone-Variante werden die Proben manuell aus den zu kontrollierenden Medien entnommen; das weitere Prozedere erfolgt ebenfalls automatisch. Bei beiden Alternativen lassen sich die Messmethoden bedarfsgerecht kombinieren und weitere Funktionen beziehungsweise neue Messmethoden können einfach integriert werden.

Smart Drying – optimale Trocknung bei minimiertem Zeit- und Energiebedarf

Die Trocknung zählt nicht nur zu den energieintensivsten Prozessen, sondern ist durch den Zeitbedarf auch der Flaschenhals in der Teilereinigung. Trotzdem kommt es nicht selten zu Problemen – insbesondere, wenn unterschiedliche Bauteile zu reinigen und zu trocknen sind. Um auf der sicheren Seite zu

sein, werden Trocknungsprozesse häufig anhand eines Worst-Case-Teils zu lange ausgelegt, was sich durch einen erhöhten Energiebedarf mit entsprechend hohen Kosten und eine verminderte Produktivität auswirkt.

Das Ziel ist es daher, mit einem minimierten Energie- und Zeitbedarf optimal getrocknete Teile aus der Anlage zu bekommen. Es wurde von Ecoclean mit der KI-gestützten, intelligenten Smart Drying-Technologie für einen kombinierten Prozess aus Warmluft- und Vakuumtrocknung umgesetzt. Basis ist ein speziell für diese Anwendung entwickelter Feuchte-Temperatursensor, der bei verschiedenen Anlagentypen des Herstellers inzwischen zum Standard gehört.

Um die Trocknung zeit- und energieoptimiert zu steuern, wurde das KI-Modell der Smart Drying-Technologie zunächst mit Daten aus Tausenden Trocknungsversuchen mit unterschiedlichsten Bauteilen und Zielparametern angelernt. Auf Grundlage dieses Know-how bewertet die KI die Qualität des jeweils stattfindenden Trocknungsprozesses durch die Analyse der Parameter Feuchtigkeit, Temperatur und Druck in der Prozesskammer. Sie entscheidet dann, welche Aktion für eine optimale Trocknung als nächstes am sinnvollsten ist. Das kann beispielsweise bei dünnwandigen Teilen oder Werkstücken aus Kunststoff die Zuführung von Warmluft sein. Wesentlich für den Einsatz der Smart Drying-Technologie sind verfahrenstechnisch stabile, reproduzierbare Prozesse, durch die in der Prozesskammer immer gleiche Voraussetzungen herrschen. Verschlossene Dichtungen oder nicht regelmäßig kalibrierte Sensoren beispielsweise führen hier zu Veränderungen.

Zu den nächsten Entwicklungsschritten bei Ecoclean zählt, die Erkenntnisse aus dem Machine-Learning auf den Einsatz von KI für die Steuerung und Optimierung von Reinigungs- und Spülprozessen zu übertragen.

Über die SBS Ecoclean-Gruppe

Die SBS Ecoclean-Gruppe entwickelt, produziert und vertreibt Anlagen, Systeme und Services für die industrielle Bauteilreinigung und Oberflächenbearbeitung sowie maßgeschneiderte Automatisierungslösungen. Ein weiteres Geschäftsfeld ist die Entwicklung und Serienproduktion von effizienten alkalischen Elektrolysesystemen für die dezentrale Erzeugung von grünem Wasserstoff. Innovationstreiber sind die beiden in Deutschland ansässigen Kompetenzzentren, welche die globalen Gruppenunternehmen mit technischer Expertise, Forschung und wegweisenden Entwicklungen unterstützen.

Die Reinigungslösungen, die weltweit führend sind, tragen bei Unternehmen aus den unterschiedlichsten Branchen, wie beispielsweise Maschinenbau, Halbleiter-Zulieferindustrie, Präzisionsoptik, Medizintechnik, Automobil- und Zulieferindustrie, Mikro- und Feinwerktechnik, Luft- und Raumfahrt sowie Verbindungstechnik rund um den Globus dazu bei, in hoher Qualität effizient und nachhaltig zu produzieren. Die Unternehmens-Gruppe vereint die Marken Ecoclean, UCM und Mhitraa. Sie ist mit elf Produktionsstandorten in Deutschland sowie acht weiteren Ländern weltweit vertreten und beschäftigt rund 900 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Doris Schulz

➔ www.ecoclean-group.net



Wir schließen Ihren Energiekreislauf

Lufttechnische Anlagen
Abluftreinigung
Ventilatoren

Wärmerückgewinnungssysteme
Prozesskühlung
Modernisierung bestehender Anlagen

AIRTEC MUEKU GmbH
Im Ganzacker 1
56479 Elsoff / Germany
+49 (0) 2664 / 997386-0
info@airtec-mueku.de
www.airtec-mueku.de

Neue Materialien für die Elektrolyse

Grünen Wasserstoff günstiger herstellen

Grüner Wasserstoff – mit erneuerbarer Energie aus Wasser hergestellt – ist ein wichtiger nachhaltiger Treibstoff und Energiespeicher. Seine industrielle Herstellung ist allerdings deutlich teurer als die konventionelle Gewinnung von Wasserstoff aus fossilen Quellen. Empa-Forschende entwickeln mit ihren Partnern Materialien für die Wasserelektrolyse, die nicht nur leistungsfähiger und günstiger sind, sondern sich auch in industriellem Maßstab skalieren lassen.

Wasserstoff kann fossile Brennstoffe ersetzen und ist somit ein wichtiger Pfeiler der Energiewende. Die Idee ist simpel: Strom aus erneuerbaren Quellen plus Wasser ergibt Wasserstoff und Sauerstoff. Verbrennt man den Wasserstoff, so reagiert er mit atmosphärischem Sauerstoff wieder zu Wasser und der Kreis schließt sich – ganz ohne Treibhausgasemissionen.

So zumindest der Idealfall. In der Realität hat die Herstellung von grünem Wasserstoff mittels Elektrolyse starke Konkurrenz. Über 90 Prozent des Wasserstoffs werden heute aus fossilen Quellen gewonnen, überwiegend aus Erdgas. Der Hauptgrund: Der nachhaltigere Wasserstoff aus der Elektrolyse ist rund doppelt so teuer in der Herstellung.

In einem vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) und der französischen Agence Nationale de la Recherche (ANR) unterstützten Projekt wollen Empa-Forschende aus dem Labor *Materials for Energy Conversion* Abhilfe schaffen. Ein Kostentreiber der Elektrolyse sind nämlich die Materialien, die bei der Herstellung der Elektrolyseure zum Einsatz kommen. Gemeinsam mit Forschenden der französischen Forschungsinstitute Institut de la Corrosion in Brest und LEMTA in Nancy arbeiten die Empa-Forschenden an günstigeren Alternativen für zwei Schlüsselkomponenten der Elektrolysegeräte.

Keine Angst vor Korrosion

Im Visier der Forschenden steht die sogenannte *Polymer Electrolyte Membrane Water Electrolysis*-Technologie, kurz PEMWE. PEMWE-Elektrolyseure sind effizient und kompatibel mit Energieschwankungen, die aus erneuerbaren Quellen zu erwarten sind. Die Umgebung, die im Elektrolyseur herrscht, ist allerdings korrosiv. In der zentralen Kammer des Elektrolyseurs löst sich Stahl schlichtweg auf wie Zucker in einer Tasse Tee, so Empa-Forscher Konstantin Egorov. Selbst Komponenten, die nicht mit dem hochsauren

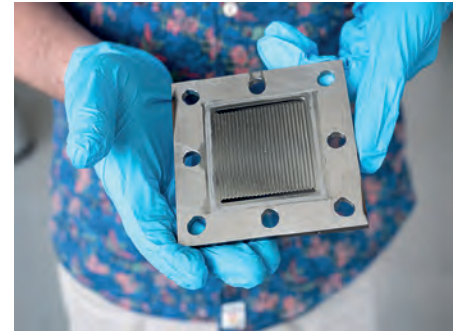
Milieu in Kontakt kommen, korrodieren. Und schon geringste Mengen an gelöstem Metall im hochreinen Wasser, das zur Elektrolyse in das Gerät strömt, führen zu Einbußen in seiner Leistung und seiner Lebensdauer.

Die Komponenten für die Zu- und Ableitung des Wassers und der entstehenden Gase innerhalb des Elektrolyseurs bestehen deshalb aus Titan, das sowohl teuer als auch schwierig zu verarbeiten ist. Selbst das ist nicht genug: Damit das Titan nicht oxidiert und die Wirksamkeit des Elektrolyseurs beeinträchtigt, müssen die Bauteile noch mit dem Edelmetall Platin beschichtet werden, was die Kosten weiter in die Höhe treibt.

Materialwissenschaftler Egorov sucht deshalb nach Wegen, das teure Platin zu ersetzen, ohne die Korrosionsbeständigkeit zu beeinträchtigen. Dafür setzt er auf eine besondere Form des Titanoxids, das sogenannte hochkristalline sauerstoffarme Rutil. Bei diesem Oxid fehlen an bestimmten Stellen Sauerstoffatome, was dem Material eine gute Leitfähigkeit verleiht, während seine Hochkristallinität für eine hohe Korrosionsbeständigkeit sorgt – genau die richtigen Voraussetzungen für die PEMWE-Elektrolyse. Das Trägermaterial Titan ersetzen die Forschenden durch Stahl. Stahl ist nicht nur günstiger, sondern auch viel einfacher zu verarbeiten. *Das ermöglicht neue, fortschrittliche Komponentendesigns, die die Effizienz der Zelle steigern*, erklärt Egorov. Dank der robusten Beschichtung soll die korrosive Umgebung dem Material nichts mehr anhaben können.

Die Umsetzung in der Industrie gleich mitgedacht

Die ersten Ergebnisse bestätigen die hohe Korrosionsbeständigkeit der innovativen Beschichtung. Die Forschenden konnten laut Egorov eine Methode entwickeln, um die erste Komponente des PEMWE-Elektrolyseurs, die sogenannte bipolare Platte, erfolgreich mit Titanoxid zu beschichten. Die Methode,



Die bipolare Platte zeigt keine Spur von Korrosion (Bild: Empa)

die der Empa-Wissenschaftler dafür nutzt, heißt physikalische Gasphasenabscheidung (engl. physical vapour deposition oder PVD) und ist in der Industrie weit verbreitet. *Es ist uns wichtig, etwas zu entwickeln, was die Industrie tatsächlich gebrauchen kann*, betont der Forscher.

Die Komponenten, die Egorov an der Empa herstellt, unterziehen seine Partner gründlichen Korrosionstests, zunächst unter Laborbedingungen, dann in einem funktionierenden Elektrolyseur. Die bipolare Platte hat die Tests bereits erfolgreich überstanden. Als nächstes wollen die Forschenden eine weitere Schlüsselkomponente mit Titanoxid beschichten, die sogenannte poröse Transportschicht.

Die Beschichtung von porösen Materialien birgt laut Egorov viele Herausforderungen. Die Poren müssen gleichmäßig beschichtet werden, damit das darunterliegende Material nicht korrodiert, zugleich dürfen sie aber nicht verstopfen. Der Beschichtungsexperte ist jedoch zuversichtlich, dass dies machbar ist. Das Projekt läuft noch bis 2026. Danach hoffen die Empa-Forschenden, einen Industriepartner an Bord zu holen, um die innovative Technologie in Richtung Kommerzialisierung weiterzuentwickeln.

Anna Ettl

www.empa.ch

Pultrusion: Das Beste kommt erst noch

Symposium *Leichtbau ein Profil geben* am 16. und 17. Juni 2026 in Chemnitz

Pultrusion ist ein vollautomatisches Fertigungsverfahren, bei dem Fasern durch ein Harzbad geführt und als getränktes Material anschließend durch eine beheizte Form gezogen werden. Im ausgehärteten Zustand entsteht ein Profil mit besonders hoher mechanischer Festigkeit. Es kann direkt in die gewünschte Geometrie gezogen und in beliebiger Wandstärke, bei Bedarf auch mit Hohlkammern oder Hinterschneidungen gefertigt werden. Durch die Kombination verschiedener Fasern und Harzsysteme lassen sich gewünschte Eigenschaften exakt einstellen. Hohe Produktionsgeschwindigkeiten, niedrige Herstellkosten und ihre konstante Qualität machen pultrudierte Profile auch für völlig neue Anwendungen attraktiv, etwa in Solaranlagen, Rotorblättern von Windkraftanlagen oder E-Auto-Batterien. In Betonkonstruktionen sind diese Profile korrosionsanfälligerem Stahl als Armierungsmaterial weit überlegen, berichtet das Fraunhofer IWU.

Ein Grund für zusätzliche *Karriereaussichten* der außergewöhnlich steifen und dabei sehr leichten Profile ist, dass es nun Alternativen zu nicht recycelbaren duroplastischen Harzen gibt. Denn inzwischen geht der Trend zu nachhaltigen Lösungen wie zum Beispiel der Nutzung von thermoplastischen Matrixsystemen. Diese Profile können nicht nur am Lebensende vollständig recycelt werden, sondern lassen sich nach der Herstellung unter Wärme auch nachträglich noch umformen.

Damit sind solche Profile auch aus ökologischer Sicht bestens geeignet für die Unterkonstruktionen von Solaranlagen, wo es neben einer hohen Korrosionsbeständigkeit auf eine stabile Statik ankommt: Großflächige Paneele bieten dem Wind viel Angriffsfläche. Diese ist bei Rotorblättern von Windkraftanlagen ausdrücklich erwünscht, sodass es auch hier auf einen verwindungssteifen Kern ankommt. Automatisierte Herstellverfahren bieten dabei besondere Chancen, wenn Fachkräfte fehlen oder arbeitsintensive Arbeitsschritte entfallen können. Im Tiefbau sind pultrudierte Betonarmierungen (GFK-Rebars) klassischem Baustahl vorzuziehen, da sie salz- und korrosionsbeständig sind und somit die Lebensdauer von Brücken und Tunneln erheblich erhöhen. Das Material verrottet nicht, ist extrem beständig gegen Chemikalien und gegenüber witterungsbedingten Einflüssen. In Batteriegehäusen und als Unterbodenschutz wiederum sind leichte, crashsichere und elektrisch isolierende Strukturen von großem Vorteil. In Schienenfahrzeugen lassen sich Kabelführungen und Elektronik direkt in das pultrudierte Profil von komplexen, multifunktionalen Bauteilen integrieren.

Am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU wurde das Verfahren in den vergangenen zehn Jahren

stetig perfektioniert. Zu den Stärken des Instituts zählen komplexe Profilstrukturen im industriellen Maßstab sowie ein breitgefächertes Material- und Anlagenrepertoire, von klassischen Harzbädern über die Verarbeitung von hochreaktiven 2K-Systemen bis hin zur thermoplastischen Pultrusion (reaktiv und schmelzebasiert). Es ist nach eigenen Angaben die weltweit einzige Forschungseinrichtung, die gekrümmte Pultrusionsprofile herstellen kann.

Die Forschenden beherrschen die gesamte Wertschöpfungskette von der Auslegung mit modernsten Simulationsansätzen über die Fertigung bis hin zur Analytik. Das Materialspektrum umfasst inzwischen auch hochreaktive Harzsysteme, Thermoplaste sowie Kohlenstoff- & Naturfasern. Das Fraunhofer IWU arbeitet an querschnittsveränderlichen Profilen ebenso wie an gradierten Strukturen, um den Aushärtegrad für eine bessere Verbundhaftung an definierten Stellen des Bauteils besser einstellen zu können. Auch Metalle oder Sensoren können bei Bedarf integriert und Begleitprozesse wie Imprägnierung, Aushärtung und Verzug simuliert werden.

Symposium *Leichtbau ein Profil geben*

Die sechste Ausgabe des Symposiums am 16. und 17. Juni 2026 ist gleichzeitig die Jubiläumsausgabe zu zehn Jahren Pultrusion am Fraunhofer IWU. Im Mittelpunkt der Veranstaltung stehen neben dem Austausch mit Expertinnen und Experten:

– Live Pultrusion mit einem Proxima™ Harzsystem zur Herstellung einer völlig neuartigen Klasse von duroplastischen Polyolefinen. (Die Polymerketten werden chemisch vernetzt und bilden ein nicht schmelzbares Netzwerk, das außerordentlich formstabil, temperaturbeständig und mechanisch



Pultrusion: lange, leichte und zugleich hochfeste Faserverbundprofile (Bild: IWU)

steif ist.) Das System basiert auf einer mit dem Nobelpreis ausgezeichneten Katalysatortechnologie und weist im Vergleich zu herkömmlichen Duroplasten einen deutlich geringeren CO₂-Fußabdruck auf. Extrem niedrige Viskosität und einstellbare Reaktivität kann die Wirtschaftlichkeit noch einmal erheblich steigern.

– Hybride Profile – vorgestellt werden die Ergebnisse aus einem Jahrzehnt Forschung und Entwicklung zur Inline-Herstellung von hybriden Pultrusionsprofilen. In mehreren öffentlichen Großprojekten gelang der Nachweis, dass solche Profile in Fahrzeugen im Crashfall sehr viel Energie aufnehmen können und mit klassischen Fügösungen wie dem Schweißen kompatibel sind, nicht zuletzt dank modifizierter und mittlerweile patentierter Verfahrensvariationen in der Pultrusion.

Nähere Informationen sind zu finden unter der Homepage des Instituts.

➔ www.iwu.fraunhofer.de

Innovative Batteriematerialien für sichere und nachhaltige Energiespeicher

Batterien müssen leistungsfähig, sicher und nachhaltig sein – gleichzeitig sollen sie kosteneffizient produziert werden können. Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung IAP entwickelt neue Materialien für Batterien der nächsten Generation. Im Fokus stehen maßgeschneiderte Polymerelektrolyte, Membranen und Separatoren, biobasierte Carbonmaterialien sowie leistungsfähige Katalysatoren – entwickelt für industrielle Anwendungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Ob Elektrofahrzeug, stationärer Energiespeicher oder tragbare Elektronik – die Energiedichte, Schnellladefähigkeit, Lebensdauer und Sicherheit einer Batterie werden wesentlich durch ihre Materialien bestimmt. Forschende des Fraunhofer IAP im Potsdam Science Park entwickeln maßgeschneiderte neue Batteriematerialien und bündeln ihre Kompetenzen in der Polymerchemie, der Membran- und Separatorprozessierung, der Entwicklung biobasierter und maßgeschneiderter Carbonmaterialien, der Katalysatorherstellung sowie im Scale-up. Ziel ist nach Aussage von Dr. Benjamin Heyne, Leiter der Abteilung Energiematerialien am Fraunhofer IAP, eine integrierte Materialplattform – von der Synthese über das Scale-up bis hin zu Prototypenherstellung und -charakterisierung. *Unternehmen erhalten von uns Unterstützung von der ersten Idee bis zur Überführung in größere Maßstäbe.*

Feste Elektrolyte als Alternative

Konventionelle Batterien basieren überwiegend auf flüssigen Elektrolyten, die bei Beschädigung Sicherheitsrisiken bergen und in ihrem Temperaturbereich begrenzt sind. Das Fraunhofer IAP arbeitet daher an festen Polymerelektrolyten. Diese ermöglichen einen effizienten Ionentransport, sind mechanisch stabil, nicht flüchtig und bieten verbesserte thermische Eigenschaften. Einige der entwickelten Systeme erreichen bereits hohe ionische Leitfähigkeiten von $> 10^{-4}$ S/cm bei Raumtemperatur. Durch gezielte molekulare Anpassung lassen sich mechanische, thermische und elektrochemische Eigenschaften präzise einstellen. Die Materialien sind mit verschiedenen Batteriesystemen kompatibel, darunter Natriumionen-, Zink-Luft- oder Lithiumionenbatterien. Neben den rein polymeren Elektrolyten werden auch Polymerkompositelektrolyte entwickelt, bei denen organische und anorganische Komponenten kombiniert werden. Dadurch lassen sich Leitfähigkeit, Stabilität und Sicherheit weiter optimieren. Auch Polymerkomposit-Kathoden werden realisiert. Dabei wird ein Katho-

denmaterial, wie zum Beispiel Natrium-Vanadium-Phosphat (NVP), mit der Polymermatrix kombiniert. Da dieselbe Polymermatrix wie im Polymerelektrolyten verwendet wird, lassen sich Grenzflächenwiderstände zwischen Kathode und festem Polymerelektrolyten vermeiden. Beide Schichten verbinden sich besser und lassen sich im Idealfall sogar kovalent miteinander verknüpfen.

PFAS-freie Membranen und Separatoren

Membranen und Separatoren übernehmen in Batterien eine zentrale Sicherheits- und Funktionsrolle. Sie trennen die Elektroden voneinander und ermöglichen gleichzeitig einen selektiven Ionentransport. Das Fraunhofer IAP entwickelt chemisch und mechanisch stabile Separatoren mit gezielt einstellbarer Porenarchitektur. Porengröße und Porosität können an spezifische Anforderungen angepasst werden. Ein besonderer Fokus liegt auf PFAS-freien Lösungen, denn die schwer abbaubaren Stoffe stehen zunehmend in der Kritik. PFAS-freie Materialien werden künftig die Zulassung von neuen Batteriesystemen erleichtern. Sie sind dabei nicht nur umweltfreundlicher, sondern zugleich leistungsfähiger und langlebiger. *Unsere Materialien lassen sich in bestehende Produktionsprozesse integrieren und tragen gleichzeitig zu einer höheren Stabilität und Zyklisierbarkeit der Zellen bei*, erklärt Dr. Murat Tutus, Leiter der Abteilung Membranen und Separatoren am Fraunhofer IAP.

Biobasierte Carbonmaterialien und Katalysatoren ohne kritische Elemente

Für Elektroden werden am Fraunhofer IAP biobasierte Carbonmaterialien auf Basis der nachwachsenden Rohstoffe Cellulose und Lignin entwickelt. Sie bieten neben ökonomischen und ökologischen Vorteilen auch vielfältige Möglichkeiten zur Strukturbildung. Während der Präkursorherstellung und der Carbonisierung können zum Beispiel Porenstruktur, spezifische Oberfläche, elektrische und thermische Leitfähigkeit, chemische Reinheit und Funktionalisierung gezielt eingestellt



Neue Batteriematerialien, zum Beispiel chemisch und mechanisch stabile Separatoren mit gezielt einstellbarer Porenarchitektur

(© Fraunhofer IAP / Jadwiga Galties)

werden. Dadurch lassen sich Elektrodenstrukturen optimieren, neue Funktionen integrieren und fossile Rohstoffe zum Teil ersetzen. Im Bereich der Katalysatoren ist es ein Ziel, den Einsatz von kritischen Elementen deutlich zu reduzieren und gleichzeitig hohe katalytische Aktivität sowie Langzeitstabilität zu gewährleisten. Partikelgröße, Oberflächenchemie und strukturelle Eigenschaften werden präzise kontrolliert, um reproduzierbare industrielle Prozesse zu ermöglichen. *Entscheidend ist, dass wir Struktur und Oberfläche exakt einstellen können*, so Dr. Christoph Gimmler, Leiter der Abteilung Nanoskalige Energie- und Strukturmaterialien am Fraunhofer IAP. So entstünden Materialien mit definierten Eigenschaften, die skalierfähig seien und sich zuverlässig in industrielle Fertigungsprozesse integrieren ließen.

Von der Entwicklung zur Anwendung

Die Materialien befinden sich derzeit im fortgeschrittenen Entwicklungsstadium. Funktionsmuster liegen im Labormaßstab vor, erste Tests in vollständigen Batteriezellen laufen. Die Aktivitäten sind zudem im Arbeitskreis Materialentwicklung für Energiespeicher und -anwendungen verankert. Die Übertragung in größere Produktionsmaßstäbe erfolgt in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern.

➔ www.iap.fraunhofer.de

≡ Perfekt abgedeckt – von Anfang an. Saubere Kanten. Sichere Prozesse

tesa® Maskingbänder für exakte Ergebnisse ohne Nacharbeit

Ableben vor dem Kleben zahlt sich aus: Mit den tesa® Masking-Produkten bietet Ruderer Klebetechnik durchdachte Lösungen für präzise, saubere und wirtschaftliche Arbeitsprozesse in Industrie und Handwerk. Die hochwertigen Abdeckbänder schützen nach Mitteilung des Unternehmens angrenzende Flächen zuverlässig, ermöglichen exakte Farbkanten und reduzieren Nacharbeit auf ein Minimum – ob bei Lackierungen, Pulverbeschichtungen oder anspruchsvollen Klebeanwendungen.

Saubere Ergebnisse beginnen mit der richtigen Vorbereitung. Beim Kleben, Lackieren oder Beschichten entstehen häufig Klebstoff- oder Farbüberschüsse, die angrenzende Flächen verunreinigen und zeitaufwändige Nacharbeiten erfordern. tesa®-Maskierungsbänder schaffen hier Abhilfe: Überschüssiger Klebstoff lässt sich effizient mit dem Abdeckklebeband entfernen, sensible Oberflächen bleiben geschützt. Das Ergebnis sind saubere Prozesse ohne zusätzliches Nachreinigen oder Nacharbeiten.

Ein zentrales Qualitätsmerkmal ist die Präzision. tesa®-Maskierungsbänder sorgen für glatte, messerscharfe Übergänge und kompromisslose Farbkanten, selbst bei anspruchsvollen Oberflächen. Damit eignen sie sich ideal für professionelle Lackierarbeiten, Pulverbeschichtungen sowie Klebe- und Spachtelprozesse, bei denen es auf exakte Linienführung ankommt. Gleichzeitig überzeugen die Produkte durch ihre Widerstandsfähigkeit. Hitze, Chemikalien und Ofentrocknung stellen im industriellen Umfeld hohe Anforderungen an Materialien. tesa® Masking-Lösungen sind laut Ruderer für solche Bedingungen ausgelegt und schützen Oberflächen selbst unter Extrembelastungen zuverlässig. Je nach Produkt sind Temperaturbeständigkeiten bis +200 °C (kurzzeitig) realisierbar.

Drei Lösungen für unterschiedliche industrielle Profi-Anforderungen

Mit einer abgestimmten Auswahl an Allround- und Präzisionskrepbbändern deckt Ruderer Klebetechnik nahezu jede Maskieraufgabe ab:

- tesa® 4334 Präzisionskreppe ist ein hochwertiges Abdeckband aus extra dünnem, reißfestem Washi-Spezialpapier. Es ermöglicht scharfe Farbkanten bei Klebe-, Lackier- und Spachtelarbeiten. Das Band haftet sicher auf glatten sowie leicht strukturierten Untergründen, ist rückstandsfrei entfern-

bar und kurzfristig temperaturbeständig bis +150 °C. Ideal für Anwendungen, bei denen höchste Präzision gefordert ist.

- Das temperaturbeständige Papier-Abdeckband tesakrepp® 4309 – gekrepptes Papierabdeckband ist für anspruchsvolle Klebe- und Spritzarbeiten mit anschließender Trocknung bis etwa +120 °C konzipiert. Es kombiniert hohe Flexibilität, starke Anfangshaftung und ein gutes rückstandsloses Entfernen. Dank seiner Anpassungsfähigkeit lassen sich auch gewölbte Flächen und Kurven zuverlässig und sauber abkleben.
- Das hitzebeständige PET-Abdeckband tesa® 50620 mit silikonbasierter Klebmasse eignet sich besonders für anspruchsvolle Abdeck- und Schutzanwendungen, etwa bei der Pulverlackbeschichtung. Es haftet zuverlässig, sorgt für scharfe Farbkanten und unterstützt eine gute Lackhaftung. Selbst nach thermischer Belastung bis +200 °C (30 Minuten) lässt es sich rückstandsfrei in einem Stück entfernen.

Wirtschaftlichkeit durch Prozesssicherheit in Industrie und Handwerk

Neben der Präzision stehen Effizienz und Wirtschaftlichkeit im Fokus. Die Maskierungsbänder lassen sich leicht verarbeiten, haften sicher auf vielen Oberflächen – etwa Metall, Kunststoff, im Automobilbereich oder im Möbelbau – und reduzieren durch ihre Rückstandsfreiheit den Reinigungsaufwand sowie Materialverluste. Die Rückseite widersteht Abrieb unter Druck, gleichzeitig bieten die Produkte eine hohe chemische Beständigkeit. Das spart Zeit, senkt Kosten und erhöht die Prozesssicherheit.

Für bestmögliche Resultate ist die Auswahl des geeigneten Bandtyps entscheidend:

- Flachpapier: ideal für gerade Linien und höchste Präzision – scharfe Kanten stehen im Vordergrund



Präzision, Schutz und Effizienz: tesa® Masking-Abdeckbänder für industrielle Anwendungen sorgen für saubere Farbkanten, hohe Temperaturbeständigkeit und wirtschaftliche Prozesse – optimal abgestimmt auf professionelle Klebe-, Lackier- und Beschichtungsarbeiten (Bild: Ruderer Klebetechnik GmbH)

- Gekreppte Bänder: besonders geeignet zum Ableben von Kurven
- Leicht gekreppt: weniger scharfe Kanten, jedoch flexibel für gebogene Formen einsetzbar
- Hoch gekreppt: Optimal für starke Kurven und enge Radien, bei denen Anpassungsfähigkeit wichtiger ist als eine absolut scharfe Kante

Mit dem Leitsatz *Präzision, Zuverlässigkeit, Effizienz* – für jede industrielle Abdeckaufgabe positioniert Ruderer Klebetechnik GmbH die tesa® Masking-Produkte als durchdachte Lösung für professionelle Anwender. Das Prinzip ist klar: Sauber kleben statt mühsam reinigen – und überschüssigen Klebstoff einfach mit dem Abdeckband entfernen.

➤ www.ruderer.de

Miniaturisierte, robuste Strahlquellen für die Quantentechnologie

Ein Konsortium aus Industrie und Forschung hat nach Mitteilung des Fraunhofer ILT im Projekt *HiPEQ* neue laserbasierte Ansätze entwickelt, um miniaturisierte robuste Strahlquellen für Quantentechnologie-Anwendungen zu realisieren. Unter anderem gelang es mithilfe von Lasern neuartige Isolator kristalle zu züchten. Das mit 6,22 Millionen Euro vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) geförderte Projekt hat in der Laufzeit von November 2021 bis Juli 2025 weitere beachtliche Fortschritte erzielt. Das Fraunhofer ILT in Aachen konnte maßgeblich dazu beigetragen.

Noch sind Strahlquellen für Quantentechnologie-Anwendungen oft komplex, groß und zu wenig robust für den Einsatz im Feld. Dafür bedarf es miniaturisierter und möglichst flexibel einsetzbarer Systeme. Eine solche Strahlquelle hat das BMFTR-Förderprojekt *HiPEQ – Hoch-integrierte PIC-basierte ECD-LS für die Quantentechnologie* entwickelt.

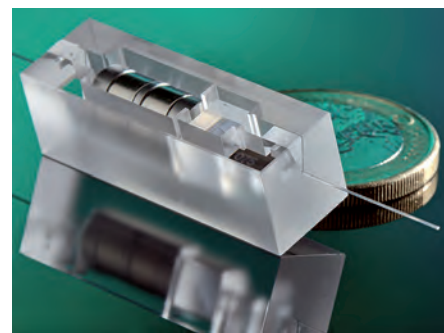
Koordiniert vom späteren Systemintegrator TOPTICA hat ein Konsortium aus Industrie und Forschung Demonstratoren von zwei miniaturisierten Strahlquellen aufgebaut. Bei nur $22 \times 9 \times 6 \text{ cm}^3$ Außenmaß bieten sie Raum für alle Systemkomponenten. Das Konzept ist zudem auf andere Wellenlängen erweiterbar. Sie sind also in einem breiten Spektrum an quantentechnologischen Anwendungen einsetzbar.

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT konnte im Projekt maßgeblich zur erfolgreichen Zucht bisher nicht verfügbarer Kristalle für neuartige Faraday-Isolatoren beitragen. In einem zweiten Arbeitspaket haben die Aachener ein gläsernes Packaging-Modul mit μm -genauen Halterungen für wichtige Sys-

temkomponenten und für die Faserkopplung realisiert.

Kompakt, robust und flexibel einsetzbar

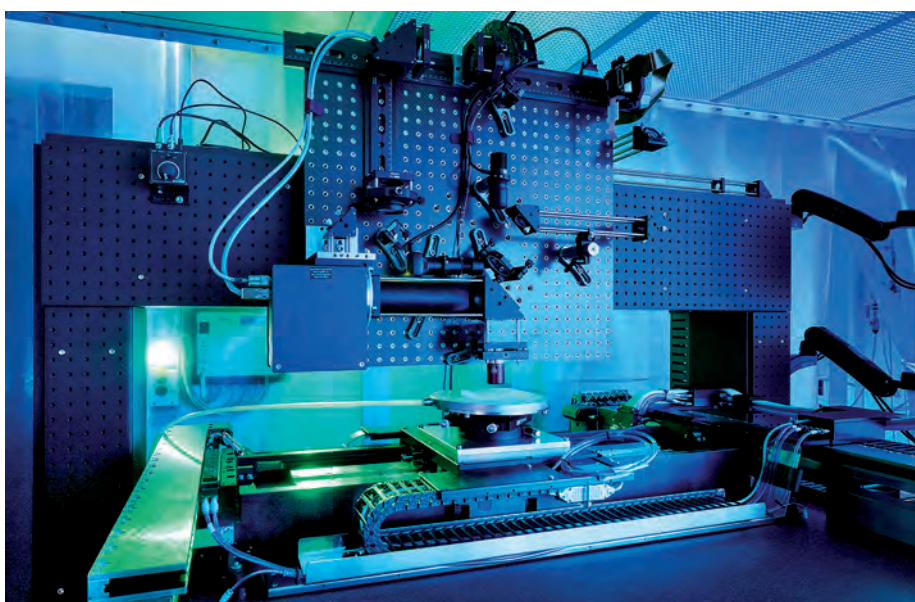
Die Lasersysteme basieren auf photonisch integrierten Schaltkreisen (PICs), Lichtleitern, einer Faserkopplung und einem optischen Isolator, der Rückreflexe der Strahlung in den Laser abschirmt. Diese Schlüsselkomponente basiert auf speziellen Kristallen, die den magneto-optischen Faraday-Effekt zeigen: Wird ein Magnetfeld angelegt, dreht sich im Kristall die Polarisationssebene einfallender Lichtwellen. Durch diese Faraday-Rotation kann reflektiertes Licht, wenn überhaupt, dann nur extrem gedämpft zur Strahlquelle zurückgelangen. Auf diese Weise wenden Isolatoren Schäden ab und sorgen für jene Schmalbandigkeit der Laser, die für Quantentechnologie-Anwendungen essenziell ist. Bisher basieren Faraday-Isolatoren meist auf Terbium-Gallium-Granat (TGG), das bei sichtbarem und nah-infrarotem Licht eine hohe Verdet-Konstante aufweist; diese gibt die Stärke des Faraday-Effekts an. *TGG-Isola-*



Das im Förderprojekt *HiPEQ* entwickelte, im SLE-Prozess gefertigte Packaging-Modul integriert Optiken, Isolator und Strahlteiler auf engstem Bauraum und unterstützt deren μm -genaue Ausrichtung (Bild: ILT)

toren haben üblicherweise eine Länge von etwa 25 Millimetern, berichtet Florian Rackerseder, der Projektverantwortliche des Fraunhofer ILT. Für die Miniaturisierung seien Kristalle mit höherer Verdet-Konstante gefragt, die die Abschirmung auf weniger Bauraum leisten. Diese Kristalle für Faraday-Isolatoren habe man im *HiPEQ*-Projekt gezüchtet und erprobt.

Die Wahl fiel auf ein Material basierend auf dem in der Natur nicht vorkommenden Terbium-(III)-Oxid (Tb_2O_3). Es hat eine dreimal höhere Verdet-Konstante als TGG und ist besonders für Laser im blauen Wellenlängenbereich geeignet, für die es bisher kein geeignetes Material gab. *Tb₂O₃ monokristallin zu züchten, ist eine Herausforderung, sagt der Experte, weil bei Schmelztemperaturen jenseits von 2.500 °C präzise Temperaturgradienten beim Übergang in die stabile Phase einzuhalten sind.* Gemeint ist der Übergang vom geschmolzenen keramischen Ausgangsmaterial zum Tb_2O_3 -Kristall. Die Abkühlraten sind entscheidend für die Qualität des Kristalls; der Prozess ist derart sensibel, dass es mit konventionellen Methoden der Kristallzucht bisher nie gelang, Tb_2O_3 in der für Isolatoren erforderlichen Größe und Qualität herzustellen. Um die kubische Phase, in der das Material gezüchtet wird, zu stabilisieren, und dadurch den Züchtungsprozess zu vereinfachen



Auf einer solchen SLE-Anlage des assoziierten Projektpartners LightFab GmbH konnte das Team des Fraunhofer ILT das Packaging-Modul in der erforderlichen Präzision fertigen

(Bild: ILT / Ralf Baumgarten)

chen, wurde eine Co-Dotierung mit Lutetiumoxid (Lu_2O_3) eingesetzt.

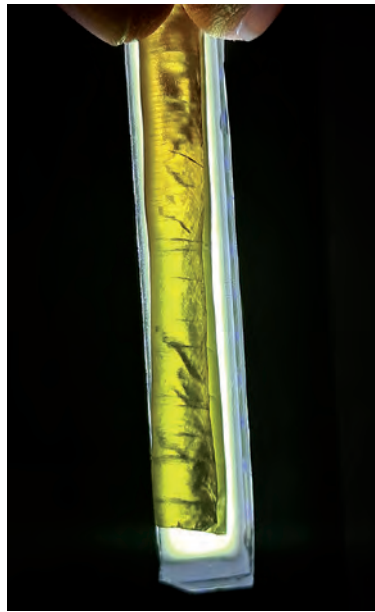
Lasertechnik als Schlüssel für Züchtung hochreiner Kristalle

In einem HiPEQ-Teilprojekt haben SurfaceNet, Laserline und das Fraunhofer ILT eine neue Anlage entwickelt und realisiert, in der $(\text{Tb}_x\text{Lu}_{1-x})_2\text{O}_3$ -Isolator-Kristalle im so genannten laserbasierten optischen Floating-Zone-Verfahren (LOFZ) heranwachsen. Der Übergang von der geschmolzenen Keramik zum Kristall findet am Rand der Floating-Zone statt, auf die rundum vier Bearbeitungsoptiken gerichtet sind. Diese lenken die Strahlung von vier Diodenlasern mit je 3 kW maximaler optischer Leistung auf den keramischen Nährstab und schmelzen ihn zum Einkristall um.

Die in Simulationen optimierte Bestrahlung mit trapezförmigen, äußerst homogenen Strahlprofilen gewährleistet gleichmäßige Heizleistungsdichten in der Floating-Zone. Die Intensitätsverteilung im Fokus ist über Anpassungen im Strahlengang einstellbar. *Die trapezförmige Geometrie bietet den Vorteil, dass ein Großteil der eingebrachten Laserenergie die Keramik aufschmilzt und der Rest die Temperatur beim Erstarren zum Kristall reguliert*, erklärt Rackerseder. In dem kontinuierlichen Umschmelzprozess mit konstanter Vorschubgeschwindigkeit dürfe der Kristall den Temperaturbereich nahe dem Schmelzpunkt nur mit exakt spezifizierten Abkühlraten verlassen. Das Team konnte diese Anforderung mithilfe des präzisen gesteuerten LOFZ-Verfahrens erfüllen. *Wir sind damit erstmals in der Lage, $(\text{Tb}_x\text{Lu}_{1-x})_2\text{O}_3$ -Isolator-Kristalle in der geforderten Größe und Qualität herzustellen*, erklärt er.

Vollständig integriertes System

Die neuen Isolatorkristalle hat das HiPEQ-Konsortium in einem weiteren Teilprojekt in modulare miniaturisierte Strahlquellen integriert. Auch hierzu hat das Fraunhofer ILT maßgeblich beigetragen. Es hat einen individuell an verschiedene Systemauslegungen adaptierbaren Faser-Chip-Koppler konstruiert und diesen aus Glas gefertigt. Die nötige Flexibilität und Präzision erreichte das Team mithilfe des Selektiven Laser-induzierten Ätzens (SLE): Ein Laser belichtet Mikrostrukturen in Glas, die sich danach präzise herausätzen lassen. Das ermöglicht es, komplex geformte Hohlräume im Innern von Glas zu realisieren. In dem Projekt war diese individuelle Formgebung des SLE-Verfahrens der Schlüssel dazu, beide Strahlquellen mit Wel-



Die Projektpartner des Konsortiums konnten neuartige mit Lutetiumoxid co-dotierte Terbi-um(III)oxid-Kristalle züchten ©SurfaceNet

lenlängen von 461 nm (blau) und 637 nm (rot) jeweils monolithisch fertigen zu können, obwohl Komponenten unterschiedlicher Abmessungen darin verbaut sind. Der Faraday-Isolator ist ebenso passgenau integriert, wie die flexibel für die jeweiligen Faserdurchmesser auslegbare Schnittstelle vom PIC zu den Lichtleitern samt Ein- und Auskopplungsoptiken und Strahlteilern. Der SLE-Prozess gewährleistet die μm -genaue Einpassung der jeweils unterschiedlichen Module beider Demonstratoren.

Dass das umliegende Material denselben Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist wie die optischen Komponenten, macht den Faser-Chip-Koppler robuster gegenüber Temperaturschwankungen, erklärt Sandra Borzek, die Verantwortliche für diesen Teil des Projekts am Fraunhofer ILT. Hierbei verbieten sich angesichts der hohen Präzisionsanforderungen Spannungen infolge unterschiedlicher Materialausdehnung. Und es gab noch einen weiteren Treiber für den Projektansatz: *Bislang werden die Laserstrahlquellen für die Quantentechnologien meist manuell justiert*, sagt sie. Jede Komponente von den Optiken über die Isolatoren und Strahlteiler bis zu den Fasern mit einstelligen μm -Durchmessern werde individuell eingesetzt und ausgerichtet.

Das Ziel: Minimierter Justage- und Montageaufwand

Die Photonik sucht Lösungen, die den Montage- und Justage-Aufwand minimieren und die geforderte Präzision weitgehend auto-

matisch einhalten. Das monolithisch in einem einzigen SLE-Prozess gefertigte Packaging-Modul kommt dem schon nahe. Im Idealfall dient es nach der Bestückung mit den optischen Komponenten als fixe Baugruppe, die sich mithilfe des so genannten Flip-Chip-Bondings an den PIC anbinden lässt. Ursprünglich wollte das SLE-Team die Optiken zum Ein- und Auskoppeln des Lichts im SLE-Prozess mitfertigen und per Laser polieren. Doch die Politur der Linsen im Bauteil war unmöglich und ihre Oberfläche nach dem SLE-Prozess zu rau. Die Forschenden haben deshalb verschiedene Lösungsansätze entwickelt, um Artefakte und Restwelligkeiten auf den Oberflächen zu eliminieren. *So sind wir auch dem Ziel integrierter Optiken und deren Politur ein großes Stück nähergekommen*, berichtet Borzek. Das Team entschied, die Optiken im SLE-Prozess ohne feste Anbindung an den monolithischen Glaskörper mit herzustellen. So lassen sie sich zum Polieren entnehmen und anschließend exakt dort einsetzen, wo sie entnommen wurden.

HiPEQ hat Know-how für künftige Strahlquellen generiert

Mit dieser erfolgreichen Züchtung der $(\text{Tb}_x\text{Lu}_{1-x})_2\text{O}_3$ -Isolator-Kristalle, der optimierten Prozessstrategie für die SLE-basierte Optikfertigung und der Direktintegration der mikroskopischen Kopplungsstrukturen ins makroskopische Gehäuse hat HiPEQ wichtige Meilensteine erreicht. Das Konsortium hat das nötige Know-how generiert, um flexible Systemauslegungen mit verschiedenen Isolatoren mit deutlich reduziertem Montage- und Justage-Aufwand umsetzen zu können. Auf dieser Basis könnten die gläsernen Packaging-Module für flexible Systemauslegungen künftig im SLE-Prozess binnen Tagen μm -genau hergestellt werden. *Die neuartigen Faraday-Isolatoren sind eine Schlüsseltechnologie für die weitere Miniaturisierung*, sind Borzek und Rackerseder überzeugt. HiPEQ habe damit wichtige Beiträge zur Robustheit, Vielseitigkeit und zum reduzierten Justage-Aufwand von Lasern für quantentechnologische Anwendungen geleistet.

Kontakt

Florian Rackerseder M. Sc., Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Gruppe Optikdesign und Diodenlaser,
E-Mail: florian.rackerseder@ilt.fraunhofer.de

Sandra Borzek M. Sc., Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Strukturierung transparenter Materialien,
E-Mail: sandra.borzek@ilt.fraunhofer.de

➔ www.ilt.fraunhofer.de

ONE Process Engineering by Renner –

Dreistufiges Technik-Support-Angebot an Bestands- und Neukunden

Unter der Botschaft *Unsere Kompetenz und Erfahrung für Ihre Prozesse bringt das Unternehmen Renner, weltweit bekannt für seine exzellenten Pumpen und Filter, jetzt ein neues Beratungs- und Service-Angebot auf den Markt: ONE Process Engineering by Renner. Mit den zunächst drei ONE Leistungspaketen machen die schwäbischen Innovationstreiber ihre langjährig vorhandenen Produkt- und Engineering-Kompetenzen ab sofort allen ihren Kunden zugänglich und setzen damit neue Maßstäbe im Bereich Technischer Support.*



Seit jeher überzeugt Renner mit Innovationen, wie zuletzt mit der neuen Filter-Baureihe HE-RF 1500, die in 2025 erstmals präsentiert wurde und für Staunen sorgte. Jetzt beweist das Unternehmen erneut seine Innovationsstärke und vollzieht mit den neuen ONE Process Engineering-Leistungspaketen den nächsten logischen Schritt in seiner 45-jährigen Unternehmensgeschichte und bietet mit diesem Angebot von *Rundum-Sorglos-Paketen* nun auch faktisch echte Komplettlösungen aus einer Hand an.

Drei ONE-Leistungspakete

Die neuen ONE-Leistungspakete transformieren die im Unternehmen langjährig vorhandenen Produkt- und Engineering-Kompetenzen in ein neues Technik-Support-Angebot an potenzielle und bestehende Kunden. So wurden diese speziell für Betriebe mit kritischen Produktionsprozessen, hohen Verfügbarkeitsanforderungen oder mehrjährig bestehenden Renner-Installationen entwickelt, die gesteigerten Wert auf planbare Betriebskosten legen und die Vorteile einer langfristigen Partnerschaft erkannt haben und zu schätzen wissen.

Ziel des Renner Process Engineering ist es, in Unternehmen für Risikominimierung, Prozesssicherheit und messbare Effizienzgewinne zu sorgen. Hierfür werden zunächst drei ONE-Leistungspakete angeboten: der ONE Effizienz-Check, der ONE Installationsprozess und der ONE Langzeitservice.

ONE Effizienz-Check

Im Rahmen des ONE Effizienz-Checks wird eine strömungstechnische Analyse und Optimierung der im Unternehmen verwendeten Pumpensysteme mit messbarem ROI durchgeführt. Die Messungen selbst werden entweder vor Ort oder im Renner Werk vorgenommen. Anschließend erarbeitet Renner ein detailliertes Konzept zur Strömungsoptimierung und Druckverlustreduzierung.



tinuierlichem Filterbetrieb und chemischen Prozessen mit hohen Förderleistungen.

Der ONE Installationsprozess

Der ONE Installationsprozess beinhaltet eine umfassende Unterstützung – angefangen von der Auslegung über die Installation bis hin zur erfolgreichen Inbetriebnahme. Dabei stellen die Experten von Renner sicher, dass die neu in Betrieb genommenen Pumpen- und Filtersysteme von Beginn an optimal laufen. Somit werden jegliche Verzögerungen und Anlaufschwierigkeiten vermieden und Risiken minimiert.

Prädestiniert für den ONE Effizienz-Check sind Unternehmen mit bereits bestehenden Anlagen, steigenden Energiekosten oder geplanten Maßnahmen zur Modernisierung. Ebenso relevant ist er für Betriebe mit kon-



Dieses Leistungspaket empfiehlt sich also vorwiegend bei der Planung und beim Bau von Neuanlagen, bei Anlagenerweiterungen sowie beim Produktwechsel in bestehenden Linien oder bei der Integration von Systemen in komplexe, bereits vorhandene und markenfremde Prozessumgebungen (z. B. Galvaniklinien, chemische Umwälzsysteme, Filtrationsanlagen etc.).

ONE Langzeit-Service

Dieser Service wird für alle Renner-Kunden angeboten und ist nicht auf wenige bestimmte Branchen beschränkt. Wichtiges Merkmal ist neben dem grundlegend vorhandenem Prozess-Know-how, die langfristige Verfügbarkeit von Pumpen, Filtern, Zubehör und allen Ersatz- und Verschleißteilen aus dem Hause Renner. Zudem wird hier höchste Prozesssicherheit durch einen proaktiven Service und eine jederzeit optimale technische Unterstützung verbunden.

Sollte es dennoch mal zu einem Fehler- und/oder Störfall kommen, werden im Rahmen des ONE Langzeit-Services nicht nur die Symptome analysiert, sondern es wird auch den Ursachen auf den Grund gegangen. Ziel

45 Jahre Renner GmbH – eine Erfolgsgeschichte von Beginn an

Als 1981 der Maschinenbautechniker Wolfgang Renner zusammen mit seiner Frau Berta in ihrer Garage im schwäbischen Maulbronn den Schritt in die Selbstständigkeit wagten, konnte niemand ahnen, wie erfolgreich sich ihr damaliges *Kleinstunternehmen* in nur 45 Jahren entwickeln und unter der Ägide seiner vier Kinder zu einem der Marktführer im Segment der Pumpen- und Filtertechnik werden würde.

Inzwischen sind bereits zwei Enkel des Gründers mit an Bord, und diese dritte Generation des Familienunternehmens kann durchaus stolz darauf sein, dass Renner mit seinen neuen ONE-Leistungspaketen einen weiteren Meilenstein gesetzt hat, um das Unternehmen weiterhin auf Erfolgskurs zu halten. Und ein schöner Anlass zum Feiern des 45-jährigen Betriebsjubiläums ist es natürlich auch – zu dem sicher alle überzeugten Kunden des Pumpenherstellers aus Maulbronn gratulieren!



➔ Renner GmbH, Glaitstraße 43, 75433 Maulbronn-Schmie / www.renner-pumpen.de

ist es, durch frühzeitige Ursachenbehebung Folgeschäden, die teure Notfall-Reparaturen unabdingbar machen, zu vermeiden. Und selbst nach Ablauf der Garantie von Renner-Produkten stehen die Experten aus Maulbronn ihren Kunden als kompetente und zuverlässige Partner zur Seite.

Die drei neuen ONE-Leistungspakete ergänzen somit das schon umfangreiche Sortiment aus rund 14.000 verschiedenen Produktvarianten beziehungsweise -ausführungen; aus dem bisherigen Produktlieferanten und Lösungsanbieter wird also auch ein überzeugender Prozesspartner.

Zukunftstag am Fraunhofer IST – Einblicke in die Welt der Beschichtung

Ein 1 Millimeter dünnes Blech, eine Beschichtungsanlage und viele neugierige Fragen: Beim Zukunftstag 2026 am Fraunhofer IST konnten Schülerinnen und Schüler erleben, wie aus einer einfachen Oberfläche ein funktionales Hightech-Material wird. Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Holzforschung WKI öffnete das Institut seine Türen und gab den jungen Gästen einen praxisnahen Einblick in die Welt der angewandten Forschung.

Im Mittelpunkt stand die Frage, wie eine leistungsfähige Oberfläche entsteht. Die 16 Mädchen und acht Jungen lernten, warum eine gründliche Reinigung eine entscheidende Voraussetzung für hochwertige Beschichtungen ist und welche Technologien dabei zum Einsatz kommen. Dabei wurde deutlich, wie stark selbst kleinste Verunreinigungen die Qualität einer späteren Schicht beeinflussen können.

Besonders anschaulich wurde dies an einem praktischen Beispiel: Ein 1 Millimeter dickes Blech diente als Ausgangspunkt, um verschiedene Schritte der Beschichtungstechnik zu veranschaulichen. Die Jugendlichen bereiteten eigene Proben vor und konnten beobachten, wie in einer Beschichtungsanlage hauchdünne Schichten auf ihr Blech aufgebracht wurden. Solche Schichten verleihen Oberflächen gezielt neue Eigenschaften und

können Bauteile dadurch zum Beispiel widerstandsfähiger machen, vor Verschleiß schützen oder ihre Lebensdauer verlängern.

Auch ein Blick in die Analytik gehörte zum Programm. Dort wurde sichtbar, wie beschichtete Oberflächen untersucht und bewertet werden. Moderne Analyseverfahren machen selbst kleinste Strukturen sichtbar und helfen dabei, die Eigenschaften einer Beschichtung genau zu verstehen.

Der Zukunftstag machte die Forschungsarbeit am Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST für die Jugendlichen unmittelbar erlebbar und zeigte, wie vielfältig die Themen rund um Materialien und Oberflächen sind. Gleichzeitig bot der Tag eine wertvolle Gelegenheit, junge Menschen frühzeitig für technische Berufe, naturwissenschaftliche Fragestellungen und die Welt der angewandten Forschung zu begeistern.



Zukunftstags am Fraunhofer IST (Bild: IST)

Das Fraunhofer IST bildet in den Bereichen Technik, IT und Verwaltung aus. Darüber hinaus haben Studierende die Möglichkeit, im Rahmen von Praktika, Abschlussarbeiten oder als studentische Hilfskräfte erste Einblicke in die Forschungspraxis zu gewinnen und diese aktiv mitzugestalten.

➔ www.ist.fraunhofer.de

GalvanoFusion – Elektrochemisches Verfahren für Wolframschichten

Ein Forschungsverbund aus dem Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) und Spezialelektrolyt-Hersteller IoLiTec unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA entwickelt eine weltweit neuartige Technologie zur elektrochemischen Abscheidung von reinen Wolframschichten.

Das bis Ende 2028 laufende Projekt zielt darauf ab, die Innenwände künftiger Fusionsreaktoren – die sogenannte erste Wand – mit Wolframschichten zu schützen. Wolfram ist durch seine Hitzebeständigkeit und Robustheit das Material der Wahl für plasma-exponierte Oberflächen, die Belastungen von bis zu zehn Megawatt pro Quadratmeter standhalten müssen. Als sogenanntes Refraktärmetall mit einem Schmelzpunkt über 3000 °C widersteht Wolfram selbst extremen thermischen Belastungen. Doch das Material ist selten: Mit nur einem Millionstel der Erdkruste gilt es als Konflikthohstoff und ist mechanisch äußerst schwer zu verarbeiten. Ganze Bauteile aus Wolfram zu fertigen ist daher weder wirtschaftlich noch praktikabel. Die Lösung: eine dünne Wolframschicht auf einem einfacher handhabbaren Trägermaterial.


Wasserfreie Elektrolyte

Die wissenschaftliche Herausforderung liegt in der Natur des Metalls selbst: Klassische galvanische Verfahren, wie sie in der Industrie eingesetzt werden, scheitern an einer physikalischen Hürde: Wolfram besitzt eine sehr geringe Wasserstoffüberspannung. In wäss-

rigen Elektrolyten wird daher kein Metall abgeschieden, sondern nur Wasserstoff erzeugt. Der Forschungsverbund betritt daher mit wasserfreien Elektrolyten auf der Basis von ionischen Flüssigkeiten und organischen Lösungsmitteln wissenschaftliches Neuland. *Es existiert weltweit kein Verfahren zur elektrochemischen Abscheidung von reinem Wolfram – weder industriell noch im Labor*, betont der Projektleiter Andreas Waibel vom Fraunhofer IPA.

Die drei Partner bringen komplementäre Expertise ein: Das IPP definiert die Anforderungen an die Schichten und führt anwendungsnahe Prüfungen unter fusionsrelevanten Bedingungen durch. Das Fraunhofer IPA entwickelt den gesamten Beschichtungsprozess mit dem Ziel einer späteren industriellen Skalierung. IoLiTec steuert das Know-how zur Formulierung der speziellen ionischen Flüssigkeiten bei.

Das Projekt *GalvanoFusion – Elektrochemische Abscheidung von Wolframschichten für Fusionsreaktoren aus nicht-wässrigen Elektrolyten* wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFT) im Rahmen des Förder-



Fraunhofer
IPA

Wir produzieren Zukunft

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

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

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



Das mit Wolfram-beschichteten Ziegeln ausgestattete Plasmagefäß des ASDEX-Upgrades am MPI für Plasmaphysik in Garching bei München (Bild: MPI für Plasmaphysik / V. Rohde)

programms *Fusion 2040 – Forschung auf dem Weg zum Fusionskraftwerk* unter dem Förderkennzeichen 13F1034A mit einer Laufzeit vom 1. Januar 2026 bis 31. Dezember 2028 gefördert.

Kontakt

Dr.-Ing. Stefan Kölle, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA,
E-Mail: stefan.koelle@ipa.fraunhofer.de

➔ www.ipa.fraunhofer.de



Aluminium perfekt veredelt – mit System, Erfahrung und Innovation

Schlötter präsentiert ein neu entwickeltes Produktportfolio für die Anodisierung, Vor- und Nachbehandlung (Sealing) und Konversionsschichten von Aluminium. Modernste Technologien – für maximale Qualität, Effizienz und Nachhaltigkeit.

Ihr Vorsprung mit Schlötter

Sofort startklar: Tagfertige Lieferung ab Lager Geislingen

Know-how inklusive: Schulung und Service-Analytik durch erfahrene Fachleute

Nachhaltig verpackt: Recycling-Gebinde mit praktischem Rücknahmeservice

Transparent & zukunftsorientiert: CO₂-Fußabdruck aller Verfahren jederzeit abrufbar

Schlötter – Über 110 Jahre Leidenschaft für perfekte Oberflächen. Forschung, Entwicklung und Produktion: Made in Europe.

Atmospheric pressure plasma for the reduction of metal oxide or metal sulfide containing surfaces

By Raveena Pradeep, Oliver Beier, Klaus Vogelsang, Adrian Würzl and Andreas Pfuch, Jena



Zum online-Artikel

Atmospheric pressure forming gas plasma (95 % N₂ / 5 % H₂) was investigated for the removal of copper oxide and silver sulfide tarnish layers under ambient conditions. The process enables inline dry treatment without vacuum or chemical etchants, targeting industrial surface restoration. Tarnished layers up to approximately 100 nm were homogeneously created and could be successfully reduced by the plasma process. Thickness variations, electrical properties, layer morphology and surface chemistry were analyzed using spectroscopic ellipsometry, 4-point probe measurements, scanning electron microscopy (SEM) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS).

Atmosphärendruck-Plasma zur Entfernung von Oxiden und Sulfiden auf Metalloberflächen

Atmosphärendruck-Plasma (95 % N₂ / 5 % H₂) wurde zur Entfernung von Kupferoxid- und Silbersulfidbelägen unter Umgebungsbedingungen untersucht. Der Prozess ermöglicht eine Inline-Trockenbehandlung ohne Vakuum oder chemische Ätzmittel und zielt auf die industrielle Oberflächenrestaurierung ab. Beläge bis zu etwa 100 nm wurden homogen erzeugt und konnten erfolgreich durch Plasmabehandlung reduziert werden. Dickenvariationen, elektrische Eigenschaften, Schichtmorphologie und Oberflächenchemie wurden mittels spektroskopischer Ellipsometrie, Vierpunkt-Messungen, Rasterelektronenmikroskopie (REM) und Röntgen-Photoelektronenspektroskopie (XPS) analysiert.

1 Introduction

Copper and silver are widely used in electrical industries and consumer products due to their excellent electrical conductivity, functional reliability and visual appearance. However, exposure to ambient environments leads to the formation of surface oxides and sulfides, such as copper oxides and silver sulfide, which degrade electrical performance, impair solderability, accelerate corrosion, and ultimately reduce manufacturing yield and long-term device reliability [1]. Effective and scalable surface restoration methods are therefore essential for modern high-volume production.

Conventional oxide removal techniques present significant limitations. Wet chemical etching relies on strong acids that pose environmental and safety concerns [2]. Thermal reduction processes require elevated temperatures, catalysts and high energy input [3]. Low-pressure plasma treatments, although effective, demand vacuum systems and complex infrastructure, limiting inline integration and increasing operational costs [4]. Atmospheric plasma treatment offers a promising alternative, enabling rapid, compatible processing under ambient pressure without vacuum equipment [5-7]. Operating at temperatures below 200 °C, this approach is well suited for temperature-sensitive components and high-throughput manufacturing. Under these conditions, copper oxide and silver sulfide are converted to their respective met-

als, with water vapor or hydrogen sulfide as the primary reaction byproduct, thereby minimizing chemical waste and environmental impact [8-9].

In this study, well-defined copper oxide and silver sulfide layers were prepared to systematically assess the effectiveness of atmospheric-pressure plasma jet (APPJ) treatment using a N₂/H₂ gas mixture as reducing process gas. The treated surfaces were subsequently analyzed to quantify the degree of reduction and the overall process performance.

2 Experimental Procedures

Due to their industrial significance and vulnerability to surface oxidation, copper and silver were selected for the reduction of oxides and sulfides using atmospheric-pressure plasma. The substrates used in this study included glass slides (75 × 25 mm²), silicon wafers (20 × 10 mm²) and AlMg₃ aluminum alloy substrates (90 × 70 mm²) coated with an inorganic plasma chemical oxidation layer (PCO[®]) [10-11]. Prior to metal deposition, the substrates were subjected to a standardized cleaning procedure to remove surface contaminants. The cleaning process consisted of successive ethanol washes, followed by nitrogen-assisted drying to prevent exposure to moisture and airborne contaminants. Metallic thin films were deposited on these substrate types using a thermal evaporation system in order to obtain continuous and uniform metallic layers with compara-

ble thickness across all samples. On the glass substrates and the silicon wafers, the entire substrate area was either coated with copper or a chromium / silver multilayer. The thin chromium layer (thickness ≈ 10 nm) was applied to improve the adhesion between the glass substrate and the silver layer. On the other hand, conductive paths were created on the PCO[®]-insulated aluminum substrates by depositing the copper coating through a corresponding shadow mask. This type of material and layer structure offers potential as an aluminum core circuit board (Metal Core Printed Circuit Board – MCPCB). The metal evaporation process for creating copper or chromium / silver films was performed in a chamber (SASKIA Hochvakuum- und Labortechnik) under high-vacuum conditions, with a base pressure of around 3 · 10⁻⁶ mbar, in order to minimize oxidation and impurity incorporation during film growth. High-purity copper, chromium and silver pellets were used as source materials and loaded into the thermal evaporation system. Thin copper or silver films with thicknesses in the range of 200 nm to 300 nm were deposited by controlling the film growth using a quartz crystal microbalance FTM6 system (Edwards). The controlled deposition environment enabled the formation of dense, adherent copper and silver films suitable for the subsequent procedures and plasma treatment.

The formation of copper oxide layers was achieved by thermally annealing copper-

coated samples in ambient air using hotplate or oven treatment. Annealing temperatures of 150 °C and 200 °C were employed, with different time periods of 5, 10 and 15 minutes, respectively. After annealing, the samples were allowed to cool naturally to room temperature. Noticeable visual changes were observed following thermal annealing, manifested as color variations on the copper samples. Using the selected annealing times, the oxidation of the applied copper films did not proceed fully throughout the entire film but occurred only partially. Thus, typically after annealing a copper film with an oxidized surface layer was obtained.

The formation of silver sulfide (Ag_2S) layers was achieved through an in-situ generation of hydrogen sulfide (H_2S) gas, which subsequently reacted with the metallic silver coating. The sulfidation reaction was carried out in a desiccator, thereby promoting hydrogen sulfide generation. To optimize the thickness of the silver sulfide layer, different amounts of sodium sulfide (Na_2S) and 85 % orthophosphoric acid (H_3PO_4) were evaluated: 1 g Na_2S with 1 ml H_3PO_4 , 2 g Na_2S with 2 ml H_3PO_4 , and 3 g Na_2S with 3 ml H_3PO_4 . The thickness of the resulting silver sulfide layer increased with increasing reactant amounts, indicating that the availability of hydrogen sulfide gas directly influences sulfidation kinetics. Based on these observations, the combination of 3 g sodium sulfide and 3 ml orthophosphoric acid was selected as the optimal condition, producing a uniform, adherent, and reproducible silver sulfide layer of around 70 nm thickness after 6 hours of exposure. Shorter interaction times resulted in correspondingly lower layer thicknesses. Conducting the reaction inside a desiccator ensured minimal exposure to atmospheric moisture, enhancing the uniformity and quality of the silver sulfide layer.

The thickness and optical properties of the formed copper oxide and silver sulfide layers were determined by spectroscopic ellipsometry (SE850, Sentech Instruments GmbH). Measurements were performed at incidence angles of 50°, 60°, and 70° over a spectral range of 350 nm to 820 nm. The instrument operates according to the step-scan analyzer principle with a diode array detector, providing high measurement sensitivity. Data evaluation was carried out using *Spectrarray II* software, enabling the determination of layer thickness, optical constants and surface/interface roughness based on effective medium approximation models. For fitting of the

data, a classical oscillator model (for Ag and CuO), a damped oscillator model by Leng [12] (for Ag_2S) and an internal data base file layer (for Cu) have been used. Further information on additional analytical methods used, such as 4-point probe measurements to evaluate the sheet resistance, scanning electron microscopy (SEM) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) are included later.

Plasma surface treatment of metal-coated samples containing copper oxide and silver sulfide on the surface were performed using a commercially available *Tigres CAT600* (Fig. 1) atmospheric-pressure plasma jet (APPJ). In this experimental configuration, the plasma nozzle was maintained in a fixed vertical position, while the copper and silver substrates were mounted on a motorized XY-stage. This setup ensured high spatial precision and consistent treatment velocities by translating the samples beneath the stationary plasma discharge. The plasma reduction was performed using forming gas composed of 95 % nitrogen and 5 % hydrogen at an input pressure of 6 bar. The distance from the nozzle to the substrate was maintained at 5 mm to 6 mm for all the experimental runs.

The translational velocity of the plasma nozzle relative to the sample surface as well as

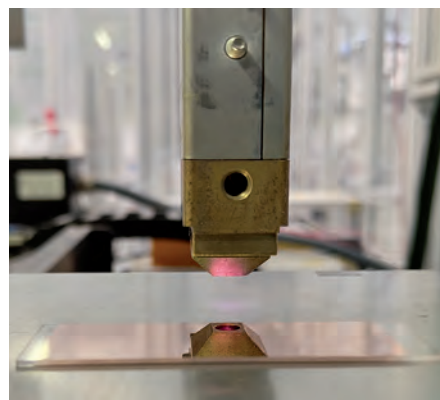


Fig. 1: Experimental setup showing the plasma jet with N_2/H_2 gas mixture after the treatment procedure of the glass substrates initially containing copper and copper oxide

Tab. 1: Overview of the plasma parameters

Parameter	CuO	Ag_2S
Process gas	N_2/H_2	N_2/H_2
Power	540 – 600 W	480 – 600 W
Velocity	20 – 150 mm/s	40 – 100 mm/s
Plasma-Substrate distance	5 – 6 mm	6 mm
Meandering distance / Overlap	4 / 2 mm	4 / 2 mm
Number of treatments	2 – 17	1 – 2

the number of treatments were investigated, in order to control the effective plasma exposure time. The electrical power was also varied within narrow limits. *Table 1* gives an overview of the plasma parameter range used for the treatments of the copper oxide and silver sulfide containing samples, respectively.

3 Results

3.1 Plasma reduction of CuO to Cu

Based on ellipsometric investigations it was possible to determine the thickness of the oxidized region on top of the evaporated copper films (Fig. 2). Thus, preliminary thermal oxidation trials revealed a significant influence of the heating method on the formation and uniformity of the resulting copper oxide layer. Specifically, annealing at 200 °C using a convection oven produced a more homogeneous and continuous copper oxide film compared to samples oxidized on a hotplate under similar temperature conditions. The improved uniformity observed for oven-annealed samples is attributed to the isotropic heat distribution and controlled thermal environment provided by the oven. In contrast, hotplate annealing resulted in non-uniform oxidation, likely due to uneven heat transfer at the substrate-heater interface. In all cases, a linear increase of the copper oxide layer thickness with the annealing time was observed. As a result of this investigation, the oven treatment at 200 °C was chosen for further sample preparation, resulting in copper oxide layer thicknesses up to around 100 nm, depending on the annealing time (maximum 15 min).

Reduction of the copper oxide layer occurred locally as the plasma jet traversed the oxidized surface, resulting in a progressive transformation of the oxidized films into metallic copper along the scan path. The post-treatment evaluation was initially performed by visual inspection, which revealed a rapid and pronounced change in surface appearance. Within seconds of plasma exposure,

the dark oxide layer was removed, exposing a bright metallic copper surface, indicating effective oxide reduction. *Figure 3* shows two examples of the plasma reduction performed on the coated glass slides (top) and the PCO®-insulated aluminum substrates with conductive paths (bottom), respectively.

OBERFLÄCHEN

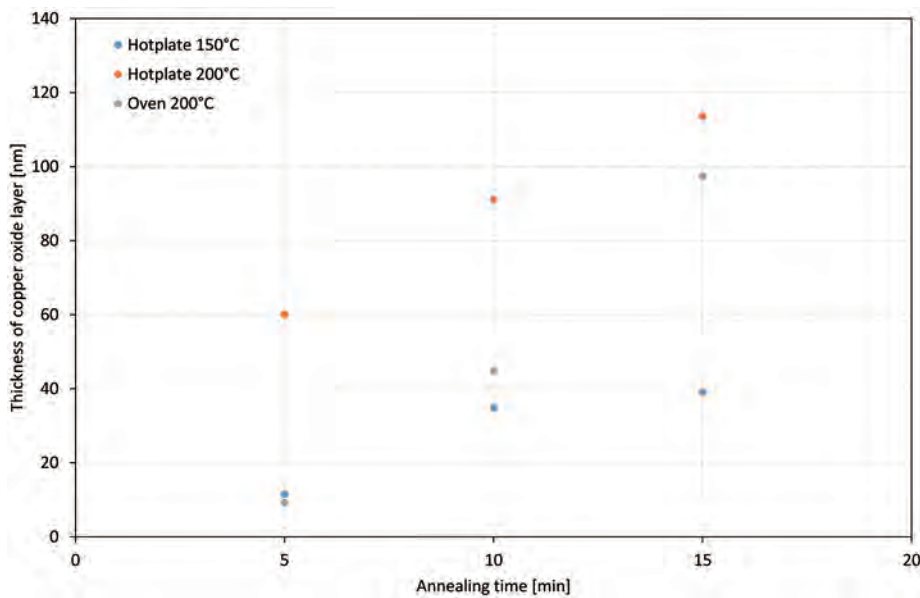


Fig. 2: Comparison of ellipsometric thickness of layers annealed on a hotplate at 150 °C and 200 °C and in an oven at 200 °C

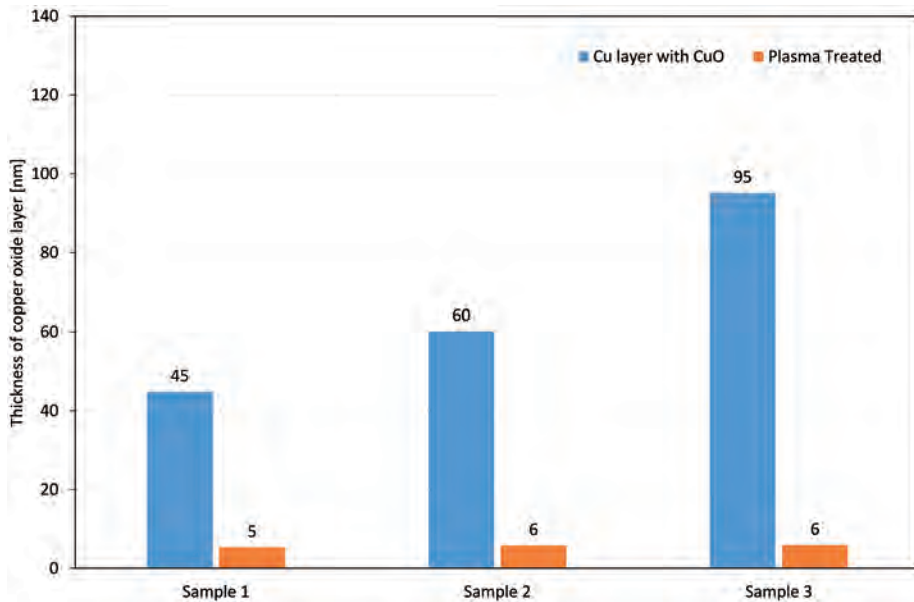


Fig. 4: Ellipsometric copper oxide thickness of the copper coatings on glass thermally annealed in an oven at 200 °C with increasing times up to 15 min and after subsequent plasma treatment

Surface morphology and film thickness evolution were characterized using a combination of ellipsometry and high-resolution scanning electron microscopy (SEM). Spectroscopic ellipsometry was employed as a non-destructive primary technique to evaluate changes in oxide film thickness at each processing stage, including the as-deposited copper films, after thermal oxidation and following atmospheric-pressure plasma treatment. This approach enabled quantitative monitoring of oxide growth and its subsequent reduction, as shown in *Figure 4*.

Spectroscopic ellipsometry measurements revealed systematic variations in copper oxide film thickness throughout the different

processing stages. Initially, the as-deposited copper films with only marginal oxide content after thermal evaporation were analyzed. The ellipsometric parameters of these samples were used as a baseline reference in the layer model for the fitting procedure of the remaining samples and to evaluate the oxide thicknesses after thermal annealing and subsequent plasma treatment. As before, thermal oxidation at 200 °C for 15 min in an oven led to an increase of copper oxide thickness to about 95 nm. Following atmospheric-pressure plasma treatment, the oxide thickness decreased to 6 nm, indicating pronounced oxide reduction. A similar trend was observed for samples with initially thinner oxide layers,

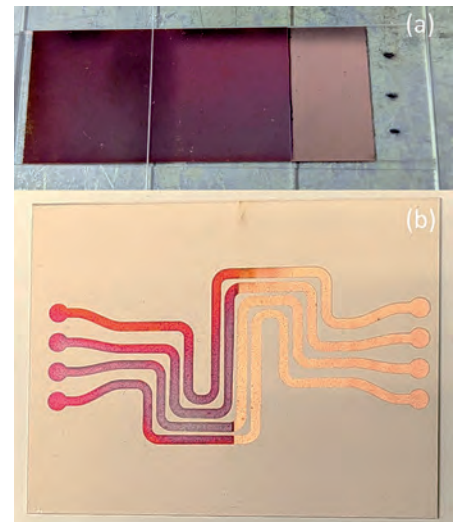


Fig. 3: Plasma-induced removal of the copper oxide layer and exposure of metallic copper – right side of the sample was plasma treated: copper-on-glass sample (a) and PCO®-insulated aluminum sample with conductive paths (b)

produced by shorter annealing times during thermal oxidation. These results demonstrate that ellipsometry provides quantitative insights into oxide growth and plasma-induced changes, confirming its suitability for monitoring thickness evolution throughout the processing sequence.

Changes in the copper oxide content were accompanied by variations in sheet resistance. The sheet resistance on the coated glass samples was measured using a NAGY SD-600 Sheet Resistivity Meter, operating according to the 4-point probe principle. For each sample, the average of three measurements was calculated. Due to the copper oxide formation by oven treatment, an increase in sheet resistance from initially about 80 mΩ (200 nm copper layer) to 100 mΩ was detectable, in the case of copper oxide thicknesses around 100 nm. Following the plasma treatment, the sheet resistance decreased again towards 80 mΩ, improving the electrical properties into the range of the initial copper layers.

Read more at womag-online.de

The entire article is available for viewing on WOMag-online.de. Furthermore, the reduction of silver sulfide on silver surfaces by ATP is explained, as well as the use of the technology.

The total length of the article is about 5 pages with 7 illustrations, 1 table, and 12 references.

Galvanik 2030 – Wenn der Nachwuchs ausbleibt: Konsequenzen für Berufsschule und Weiterbildungskette

Von Benjamin Trinks, Berufliches Schulzentrum für Bau- und Oberflächentechnik, Zwickau

Die Ausbildungszahlen in der Galvano- und Oberflächentechnik gehen seit Jahren zurück. Damit wird nicht nur die betriebliche Fachkräftesicherung, sondern auch die Stabilität der Berufsschulstandorte und der Weiterbildungskette (Technikerfortbildung, Meisterqualifizierung, Studium) werden beeinträchtigt. Anhand weniger belastbarer Kennzahlen können eine Einordnung dieser Entwicklung vorgenommen, daraus konkrete Folgen für die Beschulung abgeleitet und umsetzungsorientierte Hebel formuliert werden. Leitgedanke ist die Erkenntnis: ohne Ausbildung keine Fachkräfte – ohne Fachkräfte keine Galvanik [1].

1 Einleitung

Die Branche der Oberflächentechnik ist hoch spezialisiert und zugleich systemrelevant: Ohne qualifizierte Fachkräfte sind Prozesssicherheit, Qualität und Lieferfähigkeit nicht dauerhaft zu gewährleisten. In kleinen Berufen entsteht dabei ein zusätzlicher Engpass, der häufig unterschätzt wird: Die Berufsschule ist nicht nur Lernort, sondern ein Strukturanker. Sinkende Jahrgänge wirken daher doppelt – sie treffen Betriebe direkt über den Arbeitsmarkt und Schulen indirekt über Klassenbildung, Blockplanung, Personalbindung und Ausstattung. Die Folge ist ein Risikoprofil, das nicht mit Einzelmaßnahmen zu lösen ist, sondern ein abgestimmtes Vorgehen von Betrieben, Verbänden, Schulen und Verwaltung erfordert.

2 Datenlage:

Wenige Zahlen, klare Aussage

Die Ausbildungsbasis der Oberflächenbeschichter hat sich in den letzten Jahren spürbar verkleinert. Der Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO) weist für den Ausbildungsbestand (gesamt) beim Oberflächenbeschichter einen Rückgang von 844 (2010) auf 387 (2024) aus; beim Verfahrensmechaniker für Beschichtungstechnik liegt der Bestand 2024 bei 633 [2] (Abb. 1). Gleichzeitig zeigt der ZVO, dass 2024 bundesweit insgesamt über elf Prozent weniger Oberflächenbeschichter ausgebildet wurden als im Vorjahr [2].

Ergänzend weist das Bundesinstitut für Berufsbildung BIBB für den Beruf Oberflächenbeschichter (Deutschland, IH/Hw) für 2024 eine Lösungsquote von 33,3 Prozent aus [3] (Tab. 1). Das ist für kleine Jahrgänge ein harter Befund: Wenn schon der Einstieg kontinuierlich schwächer wird und gleichzeitig ein erheblicher Anteil der Verträge vorzeitig en-



Abb. 1: Ausbildungszahlen im Bereich Oberflächenbeschichter und Verfahrensmechaniker für Beschichtungstechnik

Tab. 1: Neuabschlüsse Oberflächenbeschichter sowie Vertragslösungen und Quote

Berichtsjahr	2022	2023	2024
Neuabschlüsse	150	132	132
Vertragslösungen	57	57	57
Lösungsquote in %	32,9	33,3	33,3

det, sinkt die Nettozahl der künftigen Fachkräfte deutlich.

Für das Bundesland Sachsen wird die Lage durch den Evaluationsbericht zur Teilschulnetzplanung konkret greifbar. In der Anlage mit den Schülerzahlen (2019/2020 bis 2024/2025) fällt der Rückgang am Standort Zwickau (Z2) deutlich aus (Abb. 2): Oberflächenbeschichter von 71 auf 32, Verfahrensmechaniker für Beschichtungstechnik von 54

auf 36 [5]. Hier wird sichtbar, was in der Praxis zählt: Jahrgangsstärken bewegen sich am Rand dessen, was tragfähige Fachklassenbildung langfristig zulässt.

3 Folgen für die Berufsschule: Standortstabilität, Unterrichtsqualität, Ressourcen

Die unmittelbare Folge sinkender Jahrgänge ist die Instabilität der Klassenbildung. Der Evaluationsbericht arbeitet mit dem Kriterium der Mindestschülerzahl und bewertet Standorte – je nach Erreichen der Mindestgrößen – als tragfähig, bedingt tragfähig oder nicht tragfähig. Für den Bildungsgang Oberflächenbeschichter und Verfahrensmechaniker für Beschichtungstechnik (Z2) wird die Beschulung als *bedingt tragfähig* einge-

OBERFLÄCHEN

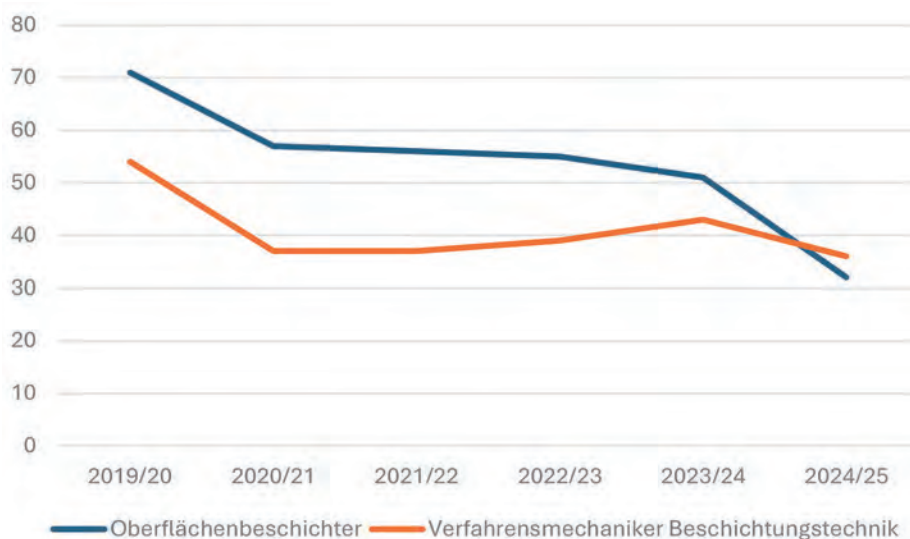


Abb. 2: Schülerzahlen am Standort Z2 (Sachsen) für Oberflächenbeschichter und Verfahrensmechaniker für Beschichtungstechnik im Zeitraum 2019/20 bis 2024/25 [5]

ordnet, weil es sich um einen Landes- beziehungsweise länderübergreifenden Standort handelt und lediglich die hälftige Mindestschülerzahl erreicht wird [4]. Das ist keine Theorie, sondern hat operative Konsequenzen: Blockpläne, Prüfungsorganisation und Lehrereinsatz werden empfindlich gegen Schwankungen; jede Vertragslösung oder jeder Betriebswechsel wirkt sofort auf die Organisationsfähigkeit. Damit ist die Kernaussage für den Schulbetrieb eindeutig: Beide Bildungsgänge liegen am Standort Z2 dauerhaft im Grenzbereich der Klassenbildung. Die *Tragfähigkeit* ist nicht stabil abgesichert, sondern hängt an der überregionalen Bedeutung und an Ausnahmeregelungen zur Mindestschülerzahl.

Parallel verschiebt sich der Unterricht inhaltlich. Kleine Klassen sind nicht automatisch ein Qualitätsgewinn. In der Realität steigt die Heterogenität (Vorbildung, Leistungsstand, Sprache, Lerngewohnheiten), wodurch der Anteil an Grundlagensicherung zunimmt und Fachvertiefung zurückgedrängt wird. Der Beitrag *Berufsschulen im Umbruch – digital und praxisnah* [6] beschreibt diesen Zusammenhang aus Sicht der beruflichen Bildung klar: Berufsschulen benötigen ausreichend und gut ausgebildete Lehrkräfte, Zeit für heterogene Lerngruppen und eine enge Zusammenarbeit mit Betrieben, um Praxisnähe zu sichern [6]. Für technische Berufe bedeutet das: Ohne Personal- und Zeitressourcen kann Modernisierung nicht zuverlässig in Unterricht überführt werden.

Hinzu kommt ein Fixkostenproblem: Galvanotechnische Beschulung und schulische Praxisnähe benötigen Räume, Arbeitsschutz,

Messtechnik, Chemikalienkompetenz und betreute Übungsanteile. Diese Infrastruktur bleibt weitgehend konstant, auch wenn die Lerngruppen kleiner werden. Sinkende Jahrgänge erhöhen damit die Kosten pro Kopf und verschärfen den Rechtfertigungsdruck bei Investitionen – genau in einer Phase, in der technologische Anforderungen eher wachsen als sinken.

Der Lehrkräftemangel verstärkt die Lage strukturell. Eine Pressemitteilung zur Situation an Berufsschulen nennt bis 2030 einen Bedarf von 60.000 neuen Berufsschullehrkräften, da fast die Hälfte der damaligen Lehrkräfte bis dahin in den Ruhestand geht; zugleich würden deutlich weniger Lehrkräfte ausgebildet als benötigt [7]. Für kleine Fachbereiche ist das besonders kritisch: Wenige Personen tragen viel Spezialwissen; Ausfälle oder Abgänge lassen sich nicht kurzfristig kompensieren.

4 Weiterbildungskette: Wenn unten weniger kommt, wird es oben dünn

Die Branche lebt nicht nur von Facharbeit, sondern ebenso von Aufstiegsqualifikationen. Technikerfortbildung, Meisterqualifizierung und Hochschulstudium sind die Stufen, aus denen später Prozessverantwortliche, Ausbilder und Fachlehrkräfte hervorgehen. Die Reportage *Wer Zukunft will, muss ausbilden* [8] beschreibt, dass mit sinkenden Ausbildungszahlen zum Oberflächenbeschichter auch die Basis für Galvanotechniker in der zweijährigen Vollzeitfortbildung schrumpft; zugleich wird die Verantwortung der Unternehmen betont, die Ausbildung aktiv zu stützen [8].

Noch deutlicher wird das Risiko in einem Bericht zu den Oberflächentagen 2025: Dort wird von *kritisch kleinen* Anmeldezahlen gesprochen und berichtet, dass Behörden angekündigt hätten, Lehrgänge zu beenden, wenn die Zahlen so bleiben. Als Reaktion wird ein neues Modell der Technikerfortbildung vorgestellt: alternierende Angebote Solingen/Schwäbisch Gmünd sowie die Umstellung von Vollzeit auf Teilzeit; Präsenzünterricht soll künftig Montag bis Mittwoch stattfinden, weitere Tage bleiben Betriebszeit [9]. Der Kern ist klar: Weiterbildung wird organisatorisch angepasst, weil die bisherigen Modelle unter dem Druck kleiner Kohorten und betrieblicher Personalbindung nicht mehr stabil funktionieren.

Damit entsteht eine Kettenreaktion: Wenn Weiterbildung ausdünn, fehlen mittel- und langfristig genau die Personen, die Ausbildung im Betrieb wieder tragen (Ausbilder), Schulentwicklung fachlich stützen (Lehrkräfte) und Innovation in Prozesse übersetzen (Techniker/Ingenieure) (Abb. 3). Die Nachwuchsfrage ist damit keine *Azubi-Frage*, sondern eine Frage der gesamten Personalarchitektur.



Abb. 3: Wirkungskette sinkender Jahrgänge (Bild: B. Trinks nach [1, 4, 6, 9])

5 Handlungshebel: Gewinnung, Bindung, Struktur

Aus der hier vorgenommenen Betrachtung zum Thema Ausbildung leiten sich drei miteinander verknüpfte Handlungsfelder ab:

– Erstens muss die Gewinnung von Auszubildenden in kleinen Berufen als Daueraufgabe organisiert werden. Ein Beitrag zur Nachwuchssuche in der Galvanotechnik betont, dass klassische Methoden der Fachkräftegewinnung an Wirkung verlieren und *moderne und nachhaltige Personalkonzepte* gefragt sind; zugleich wird frühe und offensive Werbung an Schulen als zentraler Schlüssel beschrieben [10]. Das ist der Punkt, an dem Betriebe traditionell stark sind, wenn sie es konsequent tun: Sichtbarkeit über echte Praxis, klare Berufspro-

file, verlässliche Praktikumsfenster und Ansprechpartner.

- Zweitens muss die Bindung während der Ausbildung verbessert werden. Die BIBB-Lösungsquote zeigt, dass nicht nur der Zugang das Thema ist, sondern auch der Verbleib im Vertrag [3]. Für die Schule heißt das: frühe Diagnostik von Grundlagen (Mathematik, Naturwissenschaften), abgestimmte Förderwege und eine stabile Lernortkooperation. Für Betriebe heißt das: planmäßige Anleitung, regelmäßige Rückmeldung und ein Ausbildungsklima, das Leistung fordert, aber Orientierung bietet.
- Drittens ist eine strukturelle Diskussion legitim, wenn sie dem Ziel dient, Eintrittsbarrieren zu senken und Abbrüche abzufedern. Daraus lässt sich ein Impuls formulieren: Neuordnung der Ausbildung und Prüfungsordnung als mögliche Option, um die Attraktivität zu erhöhen und Spezialisierungen stärker nach hinten zu legen [1]. In der Logik eines Stufenmodells wäre denkbar, nach einer breiten Grundqualifikation früher einen verwertbaren Abschluss zu ermöglichen und das dritte Jahr gezielt zur Spezialisierung zu nutzen (Abb. 4). Das ist kein Schnellschuss, sondern ein Arbeitsauftrag an Sozialpartner, Kammern und Fachgremien.

6 Fazit

Die Zahlen zeigen eine klare Richtung: weniger Einstieg, relevante Vertragslösungen, stark schwankende Jahrgangsstärken. Für die Berufsschule bedeutet das Standort- und Organisationsdruck, steigende Kosten pro Kopf und wachsende Anforderungen an Personal. Für die Branche bedeutet es: Ohne stabile Ausbildung verliert die Weiterbildungskette

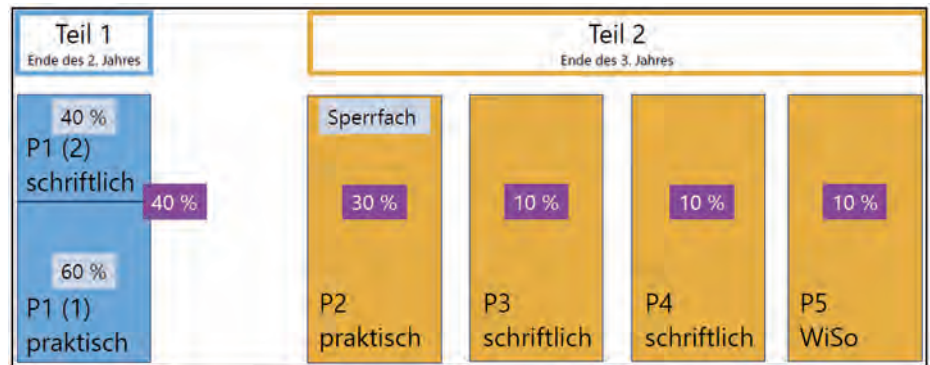


Abb. 4: Prüfungsstruktur der gestreckten Abschlussprüfung (GAP) – Teil 1 / Teil 2 und Gewichtung [11]

Substanz – und damit langfristig die Fähigkeit, Qualität, Innovation und Ausbildung selbst abzusichern.

Die Lösung ist nicht *eine Maßnahme*, sondern ein verlässliches Paket: Sichtbarkeit und Rekrutierung, Vertragsstabilität durch gute Begleitung sowie eine offene, sachliche Strukturdebatte zur Ausbildungsordnung. Die zentrale Botschaft bleibt bewusst einfach, weil sie stimmt: ohne Ausbildung keine Fachkräfte – ohne Fachkräfte keine Galvanik [1].

Literatur

- [1] B. Trinks: Galvanik 2030 – Wenn der Nachwuchs ausbleibt: Konsequenzen für Betriebe, Schulen, Branche; Präsentation (Vortragsanteil Schule), 31. Leipziger Fachseminar 2026
- [2] Zentralverband Oberflächentechnik e.V. (ZVO): Jahresbericht 2024 (Shortcut); Hilden: ZVO, Redaktionsschluss 15.05.2025
- [3] Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB): DAZUBI Datenblatt – Oberflächenbeschichter/-in (24302), Deutschland, Zuständigkeitsbereich IH/Hw; Datenauszug 2024 (Projektdatei)

- [4] Sächsisches Staatsministerium für Kultus (SMK): Evaluation des Teilschulnetzplanes für die berufsbildenden Schulen im Freistaat Sachsen; Dresden, 01.02.2026
- [5] SMK: Anlagen zum Bericht „Evaluation des Teilschulnetzplanes...“ – Anlage 1 (Rahmendaten: Bildungsangebote und Schülerzahlen 2019/20 bis 2024/25); Dresden, 01.02.2026
- [6] K. Hanke: Berufsschulen im Umbruch – digital und praxisnah; Manuskript zur Sendung „Das Wissen“, SWR Kultur, 24.01.2026
- [7] Bertelsmann Stiftung (Pressemitteilung): Berufsschulen brauchen bis 2030 60.000 neue Lehrer; Gütersloh, 29.10.2018
- [8] Wer Zukunft will, muss ausbilden; in: Galvanotechnik, Ausgabe 5/2025, S. 602–607; Leuze Verlag, 2025
- [9] OT 2025: Nachhaltigkeit, Effizienz, Ausbildung und Unternehmerforum; in: Galvanotechnik, Ausgabe 11/2025, S. 1415–1420; Leuze Verlag, 2025
- [10] Special zur Nachwuchssuche / Nachwuchs: Wider den Fachkräftemangel; in: Galvanotechnik, Ausgabe 7/2025, S. 893–902; Leuze Verlag, 2025
- [11] IHK Chemnitz (2025): Neuordnung der Bauhauptberufe zum 01.08.2026 (Schulungsunterlage)

BRW
CHEMIE

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

WIR LEBEN OBERFLÄCHENTECHNIK

- + **Metarox** – Entfettung
- + **Avant / Amex Elcid** – saure Zinksysteme
- + **Royal** – cyanidische Zinksysteme
- + **Nickofan** – Nickelsysteme
- + **Cobre/Cuprofan** – cyanidische und alkalisch cyanfreie Kupfersysteme
- + **Colorchrom** – Passivierungen
- + **Metastrip** – Beizenfetter 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

≡ Großes Interesse an neuen Technologien und Verfahren der Oberflächentechnik

Das ExpertForum auf der Surface Technology GERMANY 2026 bot einen breiten Blick auf Neuerungen der Oberflächentechnik – von Verfahren zur Oberflächenbearbeitung über Beschichtungen bis hin zu den zahlreichen Nutzungsmöglichkeiten moderner Datentechnik in der Fertigung. Das Interesse und die Zahl der Zuhörer waren erfreulich hoch und verhalfen den vortragenden Ausstellern der Messe zu weiterführenden und regen Fachgesprächen. Diese unterstreichen die Wichtigkeit der Branche der Oberflächenbehandlung und Beschichtung für die Hersteller von Produkten in allen Bereichen der Fertigung und zeigen zugleich, dass Entwicklungen auf breiter Front zu neuen und innovativen Ergebnissen führen. Nachfolgend wird ein kurzer Überblick über die Inhalte der Vorträge gegeben.

Vorbehandlung und Reinigung

Entgraten und Reinigen in einem Schritt

Dass interessante Neuentwicklungen im Bereich der Oberflächentechnik durchaus auch von jungen Nachwuchskräften kommen, zeigte der Vortrag von Jonas Münz, Ultratec Innovation. Er hatte sich im Rahmen eines Praktikums mit Ultraschallanwendungen befasst und ein Verfahren zur Kombination von Reinigung und Entgraten unter Einsatz von Ultraschall entwickelt, mit dem er zum Gewinner im Bundeswettbewerb *Jugend forscht* wurde. Für das Verfahren wird eine Sonotrode eingesetzt, durch die Oberflächen gezielt mit Schallwellen beaufschlagt werden. Aufgrund von auftretenden Kavitationsblasen erfahren Zonen wie fertigungsbedingte Grate eine so hohe mechanische Belastung, dass sie brechen. Die entsprechenden Bereiche eines Werkstücks werden hierbei an der Sonotrode entlanggeführt und so in kurzer Zeit entgratet und gereinigt. Mit der aus dem Verfahren entwickelten vollautomatisch arbeitenden

Anlage werden unter anderem empfindliche Bauteile aus Werkstoffen wie Titan, Edelstahl oder auch Zinkdruckguss für den Maschinenbau oder die Medizintechnik – von der Schraube über Implantate bis hin zu Kanülen – effizient bearbeitet.

Kostenaspekt beim Reinigen

Frank-Holm Rögner vom Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP befasst sich bereits seit vielen Jahren, unter anderem im Rahmen verschiedener Fraunhofer-Initiativen zum Thema Reinigen, mit den unterschiedlichen Anforderungen und Lösungen bei der Reinigung von Oberflächen. Auf diesen Erfahrungen basiert ein Konzept zur Optimierung des Reinigungsergebnisses bei gleichzeitiger Minimierung der dabei entstehenden Kosten.

Erforderlich ist dabei die Erstellung von Spezifikationen aus den technischen Erfordernissen von Reinigungsprozessen. Wichtiges Kernelement ist die Festlegung von Grenzwerten. Diese müssen einerseits die wirklich

notwendige Sauberkeit zur Erreichung der Reinigungsergebnisse festlegen und andererseits auch messtechnisch erfassbar sein bei minimalem Kostenaufwand. Um dies zu erreichen, ist eine Reihe von Fragestellungen zu beantworten, wie sie beispielsweise in der DIN 4878-02 aufgezeigt werden. Wichtig ist hierbei die prozesskettenübergreifende Betrachtung der Sauberkeit oder eine detaillierte Planung und Dokumentation der Reinigungsprozesse.

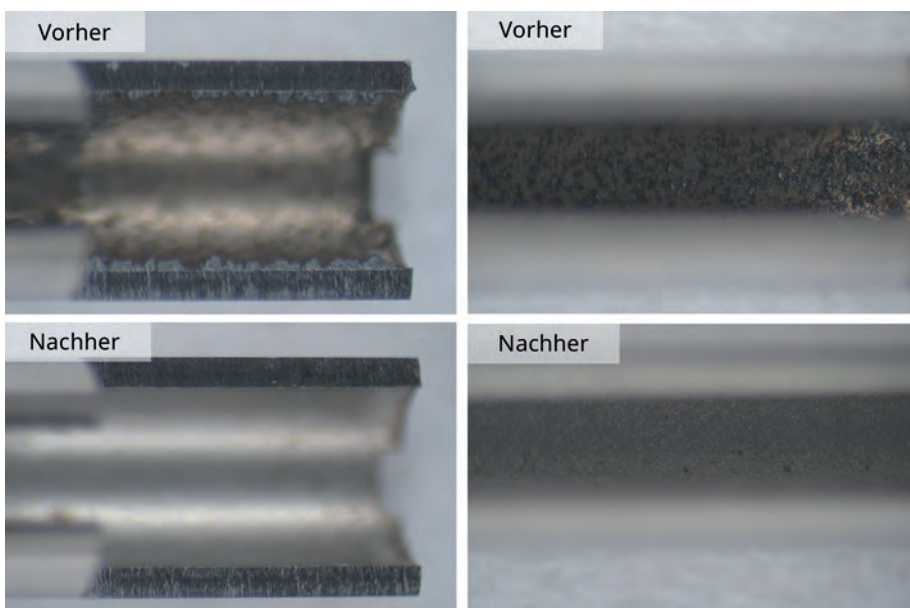
Beizentfetter mit verbesserten Eigenschaften

Das Beizen und Entfetten zählt zu den wichtigen Vorbehandlungsschritten bei der Beschichtung von Stählen, beispielsweise mit Zink oder Zink-Nickel. Frank Ottofülling, Dr.-Ing. Max Schlötter, stellte dazu ein neues Verfahren (Slotclean BEF 4350) vor.

Wichtige Komponente bei dieser chemischen Bearbeitung ist Salzsäure, die sehr effizient vorhandene Zunder- und Oxidschichten von Stählen entfernt. Allerdings entsteht hierbei atomarer Wasserstoff, der in den Stahl eindiffundieren und zu Schäden durch Wasserstoffversprödung führen kann. Um die Gefahr der Wasserstoffversprödung kleinzuhalten, werden solchen Beizen Inhibitoren und Netzmittel zugegeben. Diese wiederum weisen oft gesundheits- und umweltkritische Risiken auf. Das neue Verfahren kann diese Nachteile vermeiden; es wurde dazu umfangreichen Prüfungen, wie sie in der DIN 50969 vorgeschlagen sind, unterzogen. Der Vortragende erläuterte die Prüfungen unter Einsatz von Permeationszellen und C-Ring-Prüfung. An einer galvanischen Beschichtung mit Zink-Nickel wurde das neue Verfahren in der Praxis erfolgreich validiert.

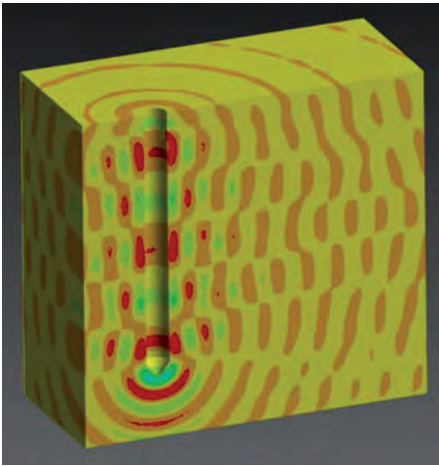
Simulation in der Ultraschallreinigung

Für die Reinigung in nasschemischen Verfahren ist der Einsatz von Ultraschall essentiell.



Bearbeitung von lasergeschnittenem Edelstahl mit Ultraschall

(Bild: Ultratec Innovation)



Beispiel der akustischen Simulation für einen Stabschwinger (Bild: Dr. Dreyer)

Die Reinigungswirkung beruht hierbei auf der mechanischen Wirkung der akustischen Kavitation an der Oberfläche von Festkörpern. Für einen optimierten Einsatz der Ultraschallschwinger bieten sich Simulationsverfahren an, die Dr. Thomas Dreyer, Weber Ultrasonics, vorstellte.

Bei einer entsprechenden Simulation werden beeinflussende Größen wie die Schallleistung, Position und Anzahl der Ultraschallschwinger sowie Geometrie und Material des Behälters, in dem die Reinigung erfolgt, berücksichtigt. Mit Hilfe der Simulation sind die Zonen sich abschwächender Schallwirkung, wie die Grenze zwischen Reinigungsmedium und Luft oder einer höheren Distanz zwischen Schwinger und Ort im Medium, zu erkennen. Damit wird deutlich, an welcher Stelle das zu reinigende Objekt die größte Wirkung erfährt. Des Weiteren kann geprüft werden, welche Geometrie und Zahl der Schwinger oder Anordnung der Schwinger im Behälter die beste Wirkung erzielt. Für den Nutzer ergibt sich dadurch neben optimalen Reinigungsergebnissen in der Regel auch eine Einsparung an Energie.

Vakuumdestillation

Roger Homberger, H2O GmbH, befasst sich mit der Entwicklung und Herstellung von Anlagen zur Vakuumdestillation von Wasser und wässrigen Medien, wie sie in der Oberflächentechnik verbreitet im Einsatz sind. Das von ihm vorgestellte Verfahren zeichnet sich durch eine hohe Effizienz aus und ermöglicht dadurch einen besonders umweltfreundlichen Umgang mit der Ressource Wasser bei gleichzeitig geringem Energieverbrauch.

Es empfiehlt sich hierbei, die Anlagen auf die jeweilige Problemstellung hin zu optimieren, wie verschiedene Anwendungsbeispiele erkennen lassen. Neben der Reduzierung des

Wasserverbrauchs spielt die Vermeidung des Anfalls von Abwasser eine wichtige wirtschaftliche Rolle, sowohl in Bezug auf Kosten als auch in Bezug auf Unabhängigkeit von behördlichen Kontrollen und Auflagen. Der vollautomatische Betrieb von Anlagen zur Vakuumdestillation sorgt zudem für geringe Betriebskosten beim Anwender.

Reinigung mittels Laser

Eine Reinigungstechnologie ohne Einsatz von nasschemischen Produkten stellte Jan Sommer, clean Laser, in Form der Hochgeschwindigkeitslasertechnik vor. Hierbei wird der Effekt genutzt, dass starke, kurze Laserimpulse in der Lage sind, Stoffe wie organische Verunreinigungen oder anorganische, störende Beläge zu entfernen, ohne eine darunter befindliche Metallschicht zu beschädigen.

Anwendung findet die Technologie, unter anderem durch Faserlaser bis zehn Meter Länge, für die Vor- und Nachbehandlung von Schweißnähten, das Entrosten und Entlacken oder für die Vorbereitung von Klebeflächen. Großes Interesse findet die Laserreinigung in der E-Mobilität zur Bearbeitung von Speicherzellen vor dem Einbau, um optimale Kontaktflächen zu gewährleisten. Zu weiteren Vorteilen der Technologie zählen der relativ geringe Platzbedarf der Anlagen und deren einfache Integration in mechanische Fertigungslinien.

Laserstrukturierung in der Medizintechnik

Die Legierung Nickel-Titan (Nitinol) wird aufgrund des Formgedächtniseffekts in der Medizintechnik angewendet. Dazu ist es je nach herzustellendem Objekt erforderlich, Nitinol mit Edelstahl zu verbinden – ein Thema, mit dem sich Dr. Dagmar Martin, Naturwissenschaftliches und Medizinisches Institut an der Universität Tübingen NMI, befasst.

Bei flächigen Verbindungen kann durch eine Laserbehandlung eine poröse Oberflächenstruktur erzeugt werden, die gute Anbindungsmöglichkeiten für Klebstoffe bietet. Zu beachten ist, dass der Materialabtrag sowie der Wärmeeintrag minimiert werden. Eine



Zapfengeometrie zur Erzeugung einer Verbindung zwischen den Enden zweier Nitinoldrähte (Bild: Dr. Martin)

besondere Herausforderung ist die Verbindung von zwei Nitinoldrähten. Hierfür wurde ein Zapfengeometrie getestet, bei der neben der Laserbehandlung unter anderem Erodieren eingesetzt wird.

Prüfung der Reinigungsqualität

Reinigungsverfahren und deren Ergebnisse sind zu einem großen Teil abhängig von der Möglichkeit, die Sauberkeit präzise zu prüfen. Bei einer geforderten hohen Reinigungsqualität kommen dafür die Methoden XPS (Röntgen-Photoelektronenspektroskopie) und TOF-SIMS (Flugzeit-Sekundärionen-Massenspektrometrie) in Betracht, Verfahren, die Andrey Lyapin, Physical Electronics, vorstellte. Bei XPS wird die Oberfläche eines Körpers mit Röntgenstrahlung beschossen und die daraus folgende Energieabstrahlung gemessen. Je nach Energie lassen sich die verschiedenen Elemente unterscheiden. Mit Hilfe von TOF-SIMS werden Materialien ionisiert und können dann mittels Massenspektrometrie identifiziert werden, wobei die Identifikation durch Referenzmaterialien besonders effizient möglich ist.

Neue Verfahren der Galvanotechnik

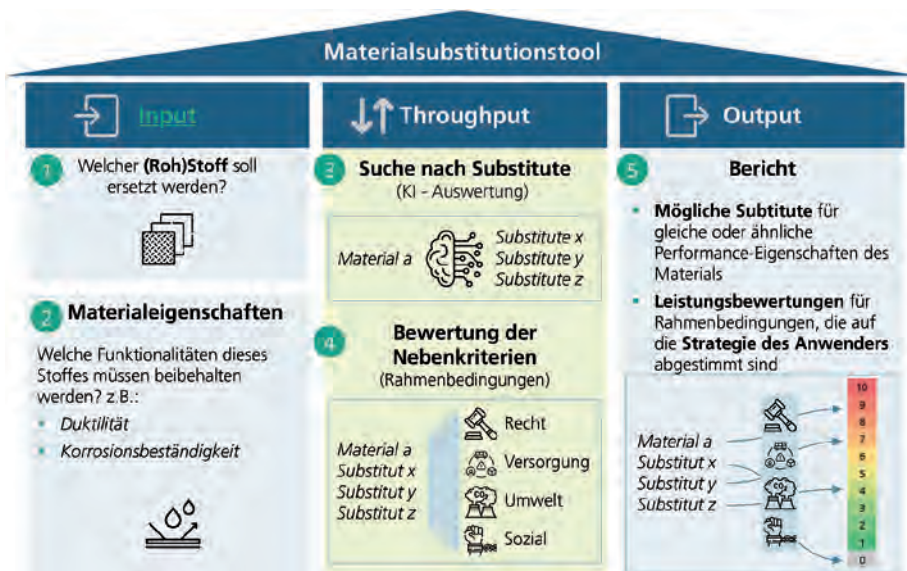
Produktion mit digitaler Unterstützung

Galvanotechnische Verfahren zur Abscheidung von Metallen sind durch ihre komplexen Prozessbedingungen charakterisiert, da eine große Zahl an unterschiedlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften der Elektrolyte und der Abscheidungsvorgänge das Ergebnis Schicht beeinflussen. Dies veranlasst Klaus Schmid vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA dazu, sich im Rahmen von Entwicklungsarbeiten mit den neuen Werkzeugen Digitalisierung und künstliche Intelligenz zu befassen. Um die digitalen Werkzeuge sinnvoll einsetzen zu können, empfiehlt es sich, im Vorfeld des Einsatzes weitreichende Planungen zu digitaler Infrastruktur und Zielen der Entwicklungsarbeiten vorzunehmen. Derzeit wird die Abscheidung von Chrom aus Chrom(III)-systemen mit Hilfe digitaler Unterstützung betrachtet; dabei werden unter anderem auch Änderungen durch Substitute oder die Verwendung von unterschiedlichen Grundwerkstoffen berücksichtigt.

Nachhaltige Beschichtungen

Innovationen im Hinblick auf nachhaltige Beschichtungen sind die Schwerpunkte von drei Förderprogrammen, deren Inhalte Dr. Luca

OBERFLÄCHEN



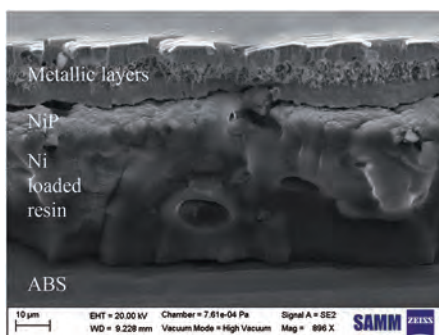
Beispiel für eine KI-gestützte Suche zur Materialsubstitution

(Bild: K. Schmid)

Magagnin von der AIFM beziehungsweise der Polytechnischen Hochschule Mailand in seinem Vortrag näher vorstellte.

Auch hier spielt die Abscheidung von Chrom aus Chrom(III)elektrolyten eine wichtige Rolle. Im Projekt *Mozart* wird an der Herstellung von Alternativschichten zu Hartchrom gearbeitet. Hier stehen Metallmatrixschichten mit Nanopartikeln im Vordergrund, bei denen Nickel als Matrixschicht ohne Borsäureinsatz abgeschieden wird. Ein neuer Ansatz zur galvanischen Metallisierung von Kunststoff basiert auf der Beschichtung mit einem wasserbasierten Lack auf Acrylbasis mit Nickel-Precursoren. Durch Tauchen in eine wässrige Lösung mit Natriumborhydrid (NaBH_4) erfolgt die Aktivierung der Nickelpartikel gefolgt von einer stromlosen und anschließend galvanischen Beschichtung gemäß den Standards. Die bisherigen Untersuchungen bestätigen eine gute Haftfestigkeit der so erzielten Beschichtung.

Ein weiteres drängendes Problem ist die Entfernung von PFAS aus dem Grundwasser.



Schichtaufbau eines metallisierten Kunststoffes unter Einsatz von metallhaltigen Acryllacken (Bild: Dr. Magagnin)

Hierfür wird mit magnetischen Eisenpartikeln gearbeitet, die so behandelt sind, dass ein hoher Adsorptionsgrad an PFAS erzielt wird. Damit lassen sich die adsorbierten Verbindungen mit magnetischen Feldern abfangen und entfernen. Die Technik besteht unter anderem durch die Verwendung von kostengünstigen Hilfsstoffen.

Elektrolyt- und Abfallmanagement bei Chromelektrolyten

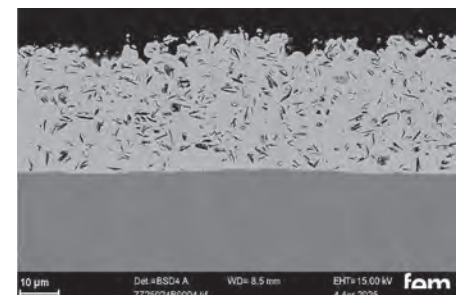
Nach wie vor ist für bestimmte Anwendungen Chrom aus Chrom(VI)verfahren das Verfahren der Wahl. Durch die Nutzung eines Verfahrens zur Reduktion- und Oxidation von Bestandteilen eines Elektrolyten, vorgestellt von Patrick Raetz, STS Industries, und damit zur Regenerierung von konzentrierten Chrom(VI)elektrolyten spart Ressourcen, reduziert die Abfallmengen an Chromat und liefert den Behörden Argumente, um rechtliche Genehmigungen für den Umgang mit sechswertigem Chrom zu erhalten.

Der Reaktor kann zur Zerstörung von anionischen Harzen, Reduktion des im Spülwasser enthaltenen Chromats oder zur gleichzeitigen Konzentration von verdünnten Chromlösungen bei gleichzeitiger Oxidation der enthaltenen reduzierten Spezies eingesetzt werden. Eine Skalierung erfordert die Vervielfachung von Einheitenreaktoren, wobei Satellitengeräte nach Bedarf dimensioniert werden.

Beständig und verschleißfest – Zinn-Nickel mit Grafit

Michael Schwöd, Dr.-Ing. Max Schlötter, gab einen Überblick über die ausgezeichneten Eigenschaften einer neuen, galvanisch abge-

schiedenen Zinn-Nickel-Legierung mit Grafit-einlagerungen mit 64 % Zinnanteil. Mit dieser Beschichtung werden die Anforderungen nach hoher Korrosionsbeständigkeit, guter elektrischer Leitfähigkeit, hoher mechanischer Festigkeit bei Reibbelastung und ohne Neigung zum Kaltverschweißen erfüllt. Da bei der galvanischen Abscheidung die Graphitpartikel sowohl an der Oberfläche als auch im Inneren der Schicht vorhanden sind, wird zugleich eine gute Langzeitbeständigkeit der Eigenschaften gewährleistet. Das Korrosionspotential der Zinn-Nickel-Schicht mit Grafit rückt in die Nähe des Potentials von chemisch abgeschiedenem Nickel mit hohem Phosphorgehalt, was die gute Korrosionsbeständigkeit bedingt. Die Abscheidung kann sowohl für Gestell- als auch für Trommelteile mit guter Schichtzusammensetzung erfolgen.



Verteilung des Graphits in der Zinn-Nickel-Schicht (Bild: M. Schwöd)

Qualifizierung von Mitarbeitern

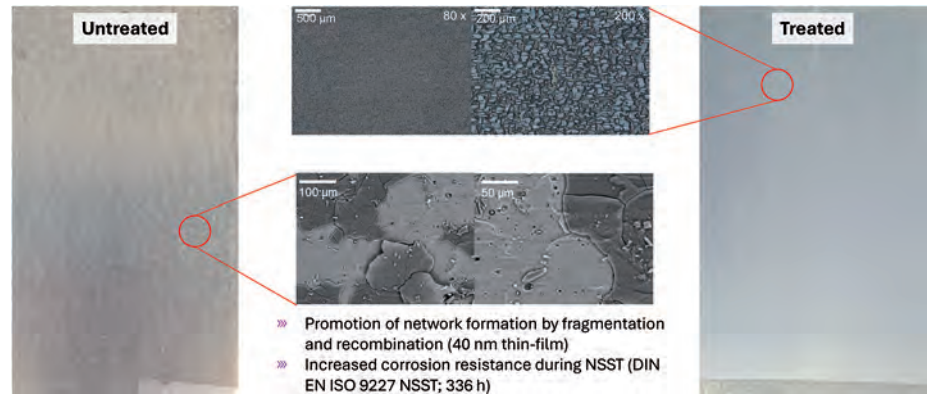
Fachkräftemangel in der Galvanik

Nach Ansicht von Berater Robert Rohn kann in der galvanotechnischen Fertigung nicht unbedingt von einem Fachkräftemangel gesprochen werden. Vielmehr sollten die Unternehmen ihre Mitarbeitenden zielgenau auf die jeweiligen Bedürfnisse ihres Betriebs qualifizieren. Dass dies möglich sein sollte, konnte der Vortragende in seiner Praxis mehrfach feststellen. Inzwischen befasst sich Robert Rohn in seinem eigenen Unternehmen mit guten Ergebnissen mit diesen Herausforderungen.

Vermeidung von PFAS in der Oberflächentechnik

Hydrophobe Beschichtungen ohne PFAS

Verbindungen, die dem Typus PFAS zugehören, zeichnen sich durch ihre hohe chemische Beständigkeit aus, sind dadurch aber in der Natur auch nicht zerstörbar und diesbezüglich als kritisch anzusehen. Aufgrund der hohen Beständigkeit eignen sie sich auch als Oberflächenschutz. Kevin Braun von der Molecular Plasma Group (mpg) befasst sich mit speziellen Anlagentechniken auf Basis von Atmosphärendruckplasma. Diese bieten die Möglichkeit, Oberflächen von nahezu allen Materialien so zu modifizieren, dass sich ihre Eigenschaften gezielt verändern lassen. Zudem zeichnen sich Anlagen für Atmosphärendruckplasma durch ihren vergleichsweise einfachen Aufbau, insbesondere das Fehlen einer Vakuumeinrichtung, aus. Für die Bearbeitung werden lediglich Gase als Zusatzmaterial eingesetzt, wobei neben Luft beispielsweise Stickstoff oder Argon genutzt wird. Anwenden lässt sich das Verfahren auf großflächige Oberflächen ebenso wie auf diejeni-



Oberflächenveränderung durch Atmosphärendruckplasma von Aluminium zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit (Bild: K. Braun)

gen von Partikeln mit Durchmessern von wenigen Mikrometern bis zu einigen Millimetern.

Tribo- und Korrosionsbeständigkeit ohne PFAS

Dr. Anna Buling, ELB Eloxalwerk Ludwigsburg, nutzt zur Herstellung von Oberflächen, die sich durch eine hohe Beständigkeit gegen tribologische und chemische Belastungen auszeichnen, das Plasmaanodisieren.

Bei dieser Technologie wird die klassische Anodisation von Aluminiumwerkstoffen mit einer speziellen Art der Plasmabeschichtung kombiniert. Hierbei entstehen sehr dichte und hochfeste Oxidschichten. In Erweiterung der Plasmaanodisation können spezielle Stoffe, wie beispielsweise PEEK, in die Oberfläche eingebaut werden. Damit wird beispielsweise die Reibungseigenschaft der Oberfläche zusätzlich verbessert. -wird fortgesetzt-

MUNK
WE HAVE THE POWER!

**POWER
YOUR WAY**
MUNK SiC TECHNOLOGY



MUNK GmbH

Gewerbepark 8+10 | D-59069 Hamm-Rhynern
Tel.: +49 2385 74-0 | Mail: vertrieb@munk.de

www.munk.de | [f](#) [in](#) [v](#)

Erwartungen erfüllt:

Erfolgreicher Abschluss der SurfaceTechnology GERMANY

Mit über 4600 Besuchern aus 46 Nationen – ein Auslandsanteil von 30 Prozent – ist die SurfaceTechnology GERMANY erfolgreich beendet worden. Die über 210 Aussteller ziehen eine durchweg positive Bilanz: intensive Gespräche, ein hoher Anteil an erstklassigen Kontakten und ein gut besuchtes STG. ExpertForum an allen drei Tagen haben die gesetzten Erwartungen erfüllt. Als Querschnittstechnologie ist die Oberflächentechnik in allen Industriebereichen als Bestandteil in der Produktionskette bestätigt.

Ramtin Randjbar-Moshtaghin, Projektleiter der SurfaceTechnology GERMANY bei der Deutschen Messe AG ist sehr zufrieden mit dem Verlauf der Veranstaltung, das spiegelten auch die Rückmeldungen der Ausstellerwider. Erneut wurde in den drei Tagen deutlich, dass der gemeinsame Austausch nicht wegzudenken ist und eine erfolgreiche Messe ausmacht so Randjbar-Moshtaghin. Dr. Martin Riester, Referent Oberflächentechnik im VDMA bestätigt, dass sich gerade in wirtschaftlich anspruchsvollen Zeiten der wahre Wert eines starken Netzwerks zeigt. Die SurfaceTechnology GERMANY hat eindrucksvoll gezeigt, dass trotz schwieriger Rahmenbedingungen der Innovationsgeist unserer Branche ungebrochen ist. Gemeinsam machen wir Oberflächentechnik zukunftsfähig.

Der Fachbesucheranteil liegt erwartungsgemäß hoch, was sich auch in der Qualität der Gespräche widerspiegelt. Die stärksten Besucherländer waren nach Deutschland die Schweiz, Türkei, Italien, Österreich und Frankreich. Erfreulicherweise habe die Messe den

Anteil an internationalen Besuchern halten können und sei auf einem ähnlichen Niveau wie zur Vorveranstaltung, so das Resümee von Ramtin Randjbar-Moshtaghin.

Hohe Qualität der Gespräche

Ein Publikumsmagnet der SurfaceTechnology GERMANY stellt traditionell der Gemeinschaftsstand des Zentralverbands Oberflächentechnik e. V. (ZVO) dar. Mit seinen 60 Unternehmen lieferte der Gemeinschaftsstand auch dieses Mal eine beeindruckende Präsentation der Galvanotechnik. *Unser angesichts der aktuellen wirtschaftlichen und geopolitischen Situation verhaltenen Erwartungen an die SurfaceTechnology GERMANY 2026 wurden übertroffen: Von Beginn an war die Besucherresonanz ausgezeichnet, ohne dass die bekanntermaßen gute Besucherqualität darunter gelitten hat*, betonte Christoph Matheis, Hauptgeschäftsführer des Zentralverbands Oberflächentechnik e. V. (ZVO). Die Stimmung auf der Messe war durchweg positiv und lässt auf einen baldigen wirtschaftlichen Aufschwung hoffen. Einziger Wermutstropfen: die wenigen Aussteller aus Beschichterkreisen, für die es zahlreiche Anfragen gab. Hier wird der ZVO Kontakte vermitteln.

Großer Informationsbedarf im Forum

Die wirtschaftliche Situation in Deutschland und die globalen Unsicherheiten ließen befürchten, dass die SurfaceTechnology GERMANY 2026 eher ein bescheidenes Ergebnis liefern könnte – doch das Gegenteil ist eingetreten.

Die insgesamt 48 Vorträge des STG. ExpertForums stießen auf ein hohes Interesse und konnten vom ersten bis zum letzten Vortrag eine hohe Besucherzahl vermelden. Die klassischen Themen wie Reinigung und Vorbehandlung oder neue Verfahren, Anlagen und Geräte für die Beschichtung fanden ebenso reges Gehör, wie die aktuell im Fokus stehenden Anwendungen von KI in der Oberflächentechnik, die Digitalisierung oder alternative Beschichtungsverfahren durch die Nutzung von physikalischen Beschichtungsarten.

Zu den Höhepunkten im Forum zählte die Verleihung des Stuttgarter Innovationspreises *DIE OBERFLÄCHE* durch das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA. Den ersten Preis erhielt die gemeinsame Entwicklung LAMA der Firmen SLCR Lasertechnik GmbH und Dörken Coatings GmbH & Co. KG. Der zweite Preis ging an die BIA Kunststoff- und Galvanotechnik GmbH & Co. KG für das Remap-Konzept, das erstmals Class-A-Hochglanzoberflächen aus Kunststoffzyklen in der dekorativen Galvanik ermöglicht. Über den dritten Preis freut sich die Firma Enayati Oberflächentechnik GmbH für das AgTherm-Hochtemperatur-Silberschichtsystem, das das Einsatzspektrum von Silber in der Leistungselektronik bei Dauertemperaturen über 200 °C deutlich erweitert.

Die nächste SurfaceTechnology GERMANY wird vom **20. bis zum 22. Juni 2028** in Stuttgart stattfinden.

➔ www.messe.de



(Bild: WOTech)



(Bild: WOTech)

TOP 100-Auszeichnung bestätigt kontinuierliche Innovationskraft

Die wiederholte Auszeichnung als TOP 100 Innovator bestätigt den Innovationskurs der ELB – Eloxalwerk Ludwigsburg Helmut Zerrer GmbH. Das 1960 gegründete Unternehmen mit Sitz in Ludwigsburg entwickelt mit rund 40 Mitarbeitenden – darunter sechs Fachkräfte im Bereich Forschung und Entwicklung – funktionale Oberflächenlösungen für Leichtmetalle wie Aluminium, Magnesium und Titan. Im Fokus stehen leistungsfähige, nachhaltige und zukunftsorientierte Verfahren für industrielle Anwendungen.

Als Spezialist für funktionale Oberflächenveredelung bietet ELB Technologien, die industrielle Bauteile widerstandsfähiger, leistungsfähiger und langlebiger machen und auch ständig weiterentwickelt werden. Unter dem Markennamen CERANOD® bündelt das Unternehmen unterschiedliche Technologien zu anwendungsorientierten Oberflächenlösungen für anspruchsvolle Einsatzbereiche. Dazu zählen elektrochemische Verfahren ebenso wie moderne plasmakeramische und hybride Systeme.

Mit ULTRACERAMIC® hat ELB seit vielen Jahren ein Verfahren am Markt, das Leichtmetalllegierungen bis hin zu Metall-Matrix-Kompositen in hochbelastete Applikationen bringt. Dieses Produkt steht beispielhaft für den Anspruch des Unternehmens, bestehende Verfahren gezielt weiterzuentwickeln und neue funktionale Potenziale zu erschließen. Im Mittelpunkt steht dabei nicht die Bindung an eine einzelne Technologie, sondern die bestmögliche Lösung für die jeweilige Anwendung.

Innovation ist bei ELB kein Einzelprojekt, sondern Teil der Unternehmensstrategie. Forschung und Entwicklung sind seit vielen Jahrzehnten fest im Unternehmen verankert. Kundenbezogene Entwicklungsprojekte, geförderte Forschungsvorhaben sowie die Zusammenarbeit mit Hochschulen und Forschungspartnern bilden die Grundlage für kontinuierliche Weiterentwicklung und neue technologische Lösungen.

Dabei entstehen Innovationen sowohl aus den Anforderungen der Kunden als auch aus wissenschaftlicher Zusammenarbeit. Gemeinsam mit Forschungspartnern konnten bereits unterschiedliche Entwicklungsprojekte erfolgreich umgesetzt werden – unter



Dr. Anna Buling, Geschäftsführerin der ELB Eloxalwerk Ludwigsburg Helmut Zerrer GmbH, freut sich über die Auszeichnung des Unternehmens

anderem im Bereich des Korrosionsschutzes für Offshore-Windkraftanwendungen oder bei Forschungsarbeiten zu bioresorbierbaren Magnesiumimplantaten für die Medizintechnik. Durch ein eigenes Inhouse-Engineering können Entwicklungen zudem gezielt skaliert und an individuelle Kundenanforderungen angepasst werden.

Ein wesentlicher Bestandteil der Innovationsarbeit ist das Thema Nachhaltigkeit. Innovative Oberflächentechnologien tragen dazu bei, Leichtmetallkomponenten langlebiger zu machen, Ressourcen einzusparen und Materialeinsätze zu reduzieren. Bereits heute entwickelt und betreibt ELB Prozesse ohne kritische oder gesundheitsgefährdende Stoffe. PFAS-freie und umweltverträgliche Alternativen gehören ebenso zum technologischen Anspruch wie ressourcenschonende und wassersparende Prozesse. Bereits seit vielen

Jahren nutzt das Unternehmen zudem Geothermie zur Prozesskühlung sowie zur Heiz- und Klimatisierung der Büroräume.

Die TOP 100-Auszeichnung würdigt deshalb nicht einzelne Produkte oder Technologien, sondern insbesondere das strukturierte Innovationsmanagement und die Fähigkeit, Innovation dauerhaft und systematisch im Unternehmen zu verankern. Die wiederholte Auszeichnung bestätigt den eingeschlagenen Weg – und ist gleichzeitig Ansporn, diesen konsequent weiterzugehen.

Möglich wird dies durch ein Team, das Erfahrung, technisches Know-how und Innovationsgeist verbindet. Denn nachhaltige Innovation entsteht nicht zufällig – sie entsteht durch Zusammenarbeit, Forschung und den Anspruch, technologische Lösungen kontinuierlich weiterzudenken.

➔ www.ceranod.de

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



[Zum online-Artikel](#)

Ein interessanter Technologiebereich der Beschichtung ist die Herstellung von Mikro- und Nanostrukturen auf unterschiedlichen Flächenskalen, um beispielsweise Fortschritte in der Mikroelektronik oder bei der Herstellung von hydrophoben und hydrophilen Eigenschaften zu erreichen. Zur Verbesserung von Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit werden Kombinationen von Beschichtungsverfahren wie das thermische Spritzen oder spezielle Anodisationsmethoden untersucht, aber auch Entwicklungen bei der Modellierung und Simulation von Angriffen auf Oberflächen stehen im Fokus. Diese und weitere Themen standen im Mittelpunkt der Fachtagung in Ulm.

Der Leiter des DGO-Fachausschusses Forschung Dr. Klaus Wojczykowski betonte in seinen einleitenden Worten die Bedeutung eines schnellen und effizienten Transfers von Innovationen aus der Forschung in die Industrie, um mit immer schnelleren Technologiekonzyklen mithalten zu können. Für den wichtigen Bereich der Beschichtungstechnologien ist es empfehlenswert, Innovationen in benachbarten Gebieten wie etwa der Lack- und Plasmatechnologie nicht gleichgültig zu verdrängen, sondern sie in eigene, kombinierte Lösungen zu integrieren. Daraus können ihm zufolge dann besonders wettbewerbsfähige und wertschöpfende *High-End*-Produkte entstehen. Das diesjährige Ulmer Gespräch sollte Impulse geben, wie ein effizienter Technologietransfer praktisch möglich ist. Neuartige Beschichtungssysteme aus der Forschung, insbesondere aus der *kombinierten Oberflächentechnik*, könnten beispielweise daraufhin in Betracht gezogen werden, diese zu High-End-Anwendungen werden zu lassen, vor allem in Bereichen mit sehr hohen Anforderungen wie der Luft- und Raumfahrt, Militär-, Medizin- und Informationstechnik.

Dr. Wojczykowski bedankte sich bei seiner Begrüßung insbesondere bei der Firma Kiesow, das die Veranstaltung durch Sponsoring unterstützt und damit zu erkennen gibt, dass das Ulmer Gespräch wichtige Beiträge zur Weiterentwicklung der Oberflächentechnik liefert. Zu den wichtigen Aspekten dieser Tagung zählt die Betrachtung über den Tellerand der klassischen Galvanotechnik hinaus, was Dr. Wojczykowski zufolge bei den aktuellen multiplen Krisen besonders wichtig ist. Katja Feige eröffnete den ersten Block, der mit der Verleihung von DGO-Ehrenmitgliedschaften begann. DGO-Vorsitzender Dr. Martin Metzner freute sich, besonders herausragenden Persönlichkeiten mit der Ehrenmitgliedschaft auszuzeichnen. Dazu zählen Patricia Preikschat und Prof. Dr. Nasser Kanani. Beide

zeichnen sich durch großes fachliches Wissen und großes Engagement für die DGO aus.

OGO-Nasser-Kanani-Preis 2026

Der DGO-Nasser-Kanani-Preis geht in diesem Jahr an Andreas Winter von der Technische Universität Ilmenau. Er erhält den Preis in Würdigung seiner exzellenten Beiträge zur elektrochemischen Oberflächentechnik, bei denen sich der Aspekt der Nachhaltigkeit als klarer roter Faden durch seine Arbeiten zieht. Bei der galvanischen Abscheidung von Aluminiumschichten mit eingelagerten Nickelteilchen hat er eine sorgfältige Analyse der Stromtransienten mit Theorien des elektrochemischen Keimwachstums durchgeführt. Eine technische Anwendung dieser reaktiven Schichten ist das ressourcenschonende Fügen elektrischer und elektronischer Komponenten. Weiterhin hat er mit in-situ-Mikrogravimetrie die Abscheidegeschwindigkeit und Stromausbeute von Chrom(III)elektrolyten in verschiedenen Alterungszuständen untersucht und die vorliegenden Komplexe mit potentiometrischer Titration charakterisiert. Das bessere Verständnis der Komplexumwandlungen als Funktion von Zeit und Temperatur ermöglicht effektivere Prozess-

führungen. Die verschiedenen intermetallischen Phasen in recycelten Aluminiumgusslegierungen zeigen stark unterschiedliches Verhalten beim Anodisieren und erschweren durch Bildung von Rissen, Lunkern und Einschlüssen eine hochwertige Oberflächenvergütung. Winter hat den Einfluss von Gefüge und Zusammensetzung auf das anodische Verhalten von Al-Si-Legierungen mit typischen Zusätzen (u. a. Eisen, Mangan, Kupfer, Chrom, Magnesium) und den darin auftretenden intermetallischen Phasen de profundis untersucht. Diese Arbeiten leisten erstklassige Beiträge zur Ressourceneffizienz beim Einsatz recycelter Aluminiumgusslegierungen.

Nachhaltige Prozesse in der elektrochemischen Oberflächentechnik

Andreas Winter arbeitet seit etwa sieben Jahren an unterschiedlichen Themen aus dem Bereich der elektrochemischen Oberflächenbehandlung. Eines dieser Themen umfasst die Keimbildung und das Wachstum bei der Abscheidung von Aluminium-Nickel-Dispersionsschichten aus nichtwässrigen Systemen. Daraus hergestellte Folien kommen in der Verbindungstechnik zur Anwendung. Es findet dabei eine Unterpotentialabscheidung



Dr. Klaus Wojczykowski (links) überreicht den DGO-Nasser-Kanani-Preis 2026 an Andreas Winter (Bild: Dr. Meyer/DGO)



Prof. Dr. Kanani, Stifter des DGO-Nasser-Kanani-Preises, mit dem diesjährigen Preisträger Andreas Winter (Bild: Dr. Meyer/DGO)

statt, wobei den Untersuchungen zufolge Nickelpartikel die Abscheidung auslösen, indem sie als Keimbildungszentren wirken.

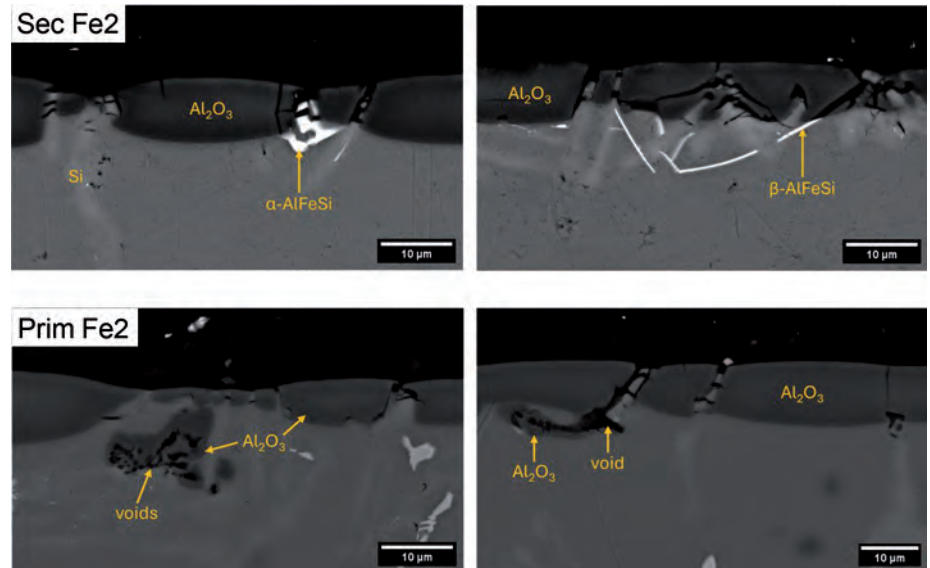
In weiteren Arbeiten befasst sich Winter mit der galvanischen Abscheidung von Chrom aus Chrom(III)elektrolyten. Hierbei zeigte es sich, dass durch Lagerung der Elektrolyt zu einer geringeren Abscheiderate führt, was sich mit der Umlagerung der Chrom(III)komplexe im Laufe der Zeit begründen lässt. Diese kann durch Absenken des pH-Werts rückgängig gemacht werden. Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass eine Änderung der Komplexstruktur erfolgt.

In seiner Masterarbeit befasst sich der Preisträger mit dem Einfluss der Mikrostruktur auf die Anodisierbarkeit von Gusslegierungen von recyceltem Aluminium. Bei den untersuchten Recyclinglegierungen spielt der unvermeidliche und schwankende Eisen-gehalt eine wichtige Rolle bei der Anodisierbarkeit. Zudem führen Fremdmittelgehalte (z. B. enthaltenes Chrom) den Untersuchungen zufolge zur Variation bei der Bildung von intermetallischen Phasen. Durch Änderung der Abkühlbedingungen bei der Herstellung der Metallkörper lässt sich die Phasenstruktur beeinflussen. Ein feineres Gefüge bewirkt signifikante Verbesserungen der Barriere-eigenschaften. Vorteilhaft wirkt sich die einfach zu realisierende Gefügeverfeinerung zur Entfernung der störenden Fremdmittel aus.

High-End – Perspektiven der Technikgeschichte

In seinem Vortrag gab Prof. Dr. Christian Kehrt, Technische Universität Braunschweig, einen Überblick über die Entwicklung der Industrialisierungsprozesse in Deutschland mit dem Fokus auf die Beantwortung der Frage, was unter *High-End* überhaupt zu verstehen ist. Hierfür ist nach seiner Meinung der Blick sowohl auf erfolgreiche als auch auf fehlgeschlagene Innovationen zu richten. Ausgangsbasis ist die industrielle Revolution, die erkennen lässt, dass eine solche Entwicklung ein komplexer, vielfältiger und heterogener Prozess ist. Deutschland hat sich dabei im Vergleich mit anderen Ländern nur sehr schleppend entwickelt. Heute wird der Standort Deutschland zwar als sehr gut aufgestellt und zukunftsfähig eingeschätzt, was aber durch die aktuellen Entwicklungen zu nichte gemacht wird. Gefordert sind wirksame Neuerungen mit Schwerpunkt auf das Produktionssystem als Gesamtes.

Die Einschätzung, was High-End überhaupt ist, erfordert eine Betrachtung von Bereichen



Zusammensetzungen von Aluminiumoberflächen unter Einfluss von Fremdmitteln wie beispielsweise Chrom (Bild: A. Winter)

wie Luxus, Low-Tech oder High-Tech. Die Anfänge der industriellen Entwicklungen hin zu High-End-Entwicklungen und Produkten, die lange als *Made in Germany* geschätzt wurden, lagen bei Arbeiten von Werner Siemens. In dessen Arbeit ist unter anderem auch Galvanotechnik enthalten, die mit der Entwicklung und dem Bau von elektrischen Telegrafen verbunden ist. Die große Nachfrage nach diesen Geräten verhalf der sich damit befassenden Industrie zum Wachstum, allerdings auch in Verbindung mit hochriskanten Technologien wie dem Verlegen von Seekabeln zwischen den Kontinenten. Verbesserungen wurden erzielt, indem Industrieunternehmen wie Siemens & Halske kontinuierlich Verbesserungsarbeiten betrieben.

Eine Entwicklung, deren Verschwinden nur schwierig zu erklären ist, betrifft das Fahrzeug mit Elektroantrieb. Porsche hat bereits um 1900 ein E-Fahrzeug mit Erfolg auf den Markt gebracht. Nach Ansicht des Vortragenden könnte das Bedürfnis der Menschen nach einem gewissen Abenteuer im Bereich der Mobilität der Grund dafür sein, dass sich Elektrofahrzeuge nicht durchsetzen konnten. Ein weiteres Beispiel für Anstieg und Niedergang war der VW-Käfer, der ab Mitte 1970er-Jahre vollkommen eingebrochen ist. Zurückzuführen ist das auf eine falsche Perspektive des Managements. VW konnte sich aus der Misere retten, indem Marken wie der VW-Golf oder die Dieselsechologie als Antrieb forciert wurden.

Besonders wichtig war der Strukturwandel in den 1970er-Jahren, bei dem vor allem der Aufstieg der asiatischen Staaten den Druck

auf die Industrie hochhielt. Branchen, die in dieser Zeit unter die Räder kamen, waren die Hersteller von Kameras für das klassische Fotografieren oder Uhren – mit Ausnahmen. Erfolgreich bei dieser Wandlung war unter anderem der Uhrenhersteller Junghans, der es erreichte, die klassische mechanische Uhr als Luxusprodukt zu etablieren. Durch diesen Schritt konnte auch ein Bereich der Uhrenindustrie in der DDR am Leben erhalten werden. Bei der Betrachtung der Industrieentwicklung zeigt es sich, dass innovative Neuheiten in der Regel sehr lange Entwicklungszeiträume erfordern. Beispiele sind A-320 von Airbus oder ein Senkrechtstarter für militärischen Einsatz. Zu den neueren Hightech-Strategien zählen die Nanotechnologie, Gentechnik oder die Entwicklungen im Bereich der IT. Zum Erfolg beigetragen haben im übrigen eine gute Marken- und Marketingtechnologie.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

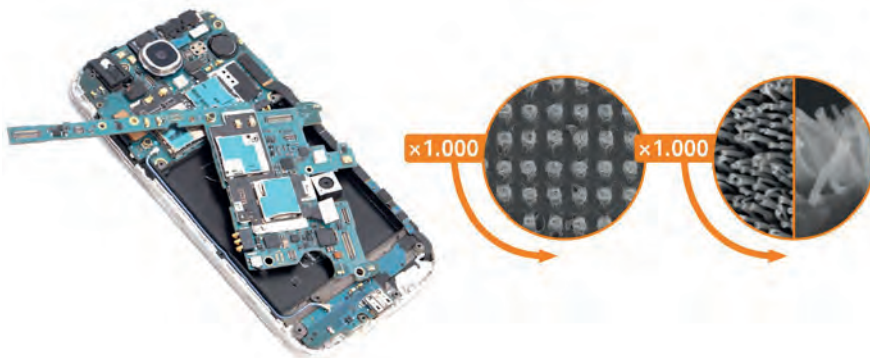
WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Die weiteren Vortragsthemen sind:

- Intelligente reflektive Oberflächen
- Oberflächenplattform für High-End
- Kombination von PEO und thermisch Spritzen
- Abscheiden von Nanostrukturen
- Oberflächen für die Luftfahrt.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 4 Seiten mit 5 Abbildungen.

Auf die Oberfläche kommt es an

Ein neues Simulationstool für Kunststoffverarbeiter soll die Entwicklung von funktionalisierten, recyclingfähigen Bauteilen schneller, kostengünstiger und ressourcenschonender ermöglichen. Das Fraunhofer-Institut für Mikrostruktur von Werkstoffen IMWS in Halle (Saale) und das Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM in Kaiserslautern bündeln nach Mitteilung des Fraunhofer ITWM ihre Kompetenzen in den Schwerpunkten der patentierten Mikro-/Nanostrukturierung und der skalenübergreifenden Simulationssoftware.



Smartphone: Durch Mikro- und Nanostrukturierung lassen sich Fügeverbindungen von Kunststoffkomponenten verbessern und gleichzeitig diffuse Reflexionen auf Displayoberflächen reduzieren
 (© Fraunhofer IMWS / freepik)

Die Oberflächen von Kunststoffbauteilen benötigen für Anwendungen in der Automobilbranche, der Medizintechnik oder der Verpackungsindustrie oft spezielle Charakteristika, um beispielsweise definierte Haftkräfte, eine gesteuerte Benetzbarkeit oder auch optische Eigenschaften wie diffuse Reflexion möglich zu machen. Derzeit werden diese Funktionen meist über Additive oder Beschichtungen erreicht. Dies ist jedoch nachteilig für die Kreislauffähigkeit, da die Kunststoffe dann nicht mehr sortenrein sind. Zudem steigen die Prozesskosten. Eine leistungsfähige Alternative ist eine rein morphologische Oberflächenfunktionalisierung, wie sie am Fraunhofer IMWS entwickelt wurde: Mikro- und Nanostrukturen erzeugen direkt die gewünschten Grenzflächeneigenschaften.

Mit diesem patentierten Verfahren, das auch für den Spritzguss geeignet ist, können wir Kunststoffoberflächen großflächig und biologisch inspiriert strukturieren – ganz ohne chemische Additive, sagt Annika Thormann, Projektleiterin am Fraunhofer IMWS. Durch das

neue Simulationstool machen wir diese Technologie für die kunststoffverarbeitende Industrie schneller zugänglich und schaffen die Basis für recyclingfähige, ressourcenschonende Produkte.

MESHFREE bildet den Spritzgussprozess von der Nano- bis zur Makroskala ab

Im Projekt 3-ScaleSim entwickeln die beiden Fraunhofer-Institute ein skalenübergreifendes Simulationstool auf Basis der gitterfreien MESHFREE-Software, die vom Fraunhofer ITWM entwickelt und 2024 mit dem Josephvon-Fraunhofer-Preis ausgezeichnet wurde. Der Digitale Zwilling des Spritzgussprozesses verknüpft das Strukturdesign auf der Makro-, Mikro- und Nanoskala mit Materialdaten und Prozessparametern wie Druck und Temperatur. Eine Nano-Mikro-Makro-Datenbank sowie begleitende Experimente am Fraunhofer IMWS ermöglichen die iterative Validierung und Verfeinerung der Modelle.

Ziel ist es, aufwendige Machbarkeitsstudien weitgehend durch virtuelle Versuche zu er-

setzen und die Mikro-/Nanostrukturierung bereits in frühen Entwicklungsphasen zuverlässig zu bewerten. Indem wir MESHFREE von der Makroskala in den Mikro- und Nanobereich erweitern, machen wir den gesamten Spritzgussprozess erstmals durchgängig simulierbar, erklärt Isabel Michel, Projektleiterin am Fraunhofer ITWM. Unternehmen erhielten damit präzise Vorhersagen zur Strukturausprägung und zu den Oberflächeneigenschaften, bei deutlich reduzierten Entwicklungszeiten.

Verkürzte Entwicklungszeiten für KMU und Anwendungen von Automobil bis Medizintechnik

Das Ergebnis des Projekts soll ein Gesamtprozess-Demonstrator aus mikro-/nanostrukturierten Spritzgussteilen und dem zugehörigen Simulationstool sein. Kunststoffverarbeiter, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen, können damit Varianten von Werkzeugdesigns, Polymeren und Prozessfenstern digital durchspielen, bevor sie in die Produktion investieren. Das senkt Kosten und Risiken, verkürzt Entwicklungszyklen und beschleunigt die Entscheidungsfindung.

Die Technologie adressiert zentrale Herausforderungen der Kunststoffbranche: Ressourcenschonung, Kreislauffähigkeit und hohe Anforderungen an die Funktion von Kunststoffoberflächen. Die kunststoffverarbeitende Industrie kann in Anwendungsgebieten wie Konsumgüter, Medizintechnik, Verpackungen und Automotive davon erheblich profitieren. Perspektivisch lässt sich der datenbankgestützte Ansatz auch auf andere Werkstoffe wie Metalle übertragen.

➔ www.itwm.fraunhofer.de

INSERENTENVERZEICHNIS

airtec MUEKU	11	GusChem	U3	Steinbeis-Transferzentrum	40
Brenscheidt Galvanikservice	U2	Munk GmbH	31	ZVO e.V.	Titel
BRW Elektrochemie	27	Renner GmbH	1		
ELB Zerrer	U4	Dr.-Ing. Max Schlötter	21		

Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. (DGO)

DGO verleiht Ehrenmitgliedschaften

Die Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO) hat im Rahmen des diesjährigen Ulmer Gesprächs Ehrenmitgliedschaften an Prof. Dr.-Ing. Dr. habil. Nasser Kanani und Patricia Preikschat in Anerkennung ihrer Verdienste für die DGO verliehen.

Prof. Nasser Kanani studierte Materialwissenschaften an der Montanuniversität Leoben und der TU Berlin. Er promovierte 1974 auf dem Gebiet der Festkörperphysik an der TU Berlin und habilitierte sich dort 1979 für das Fach Elektrochemie, wo er bis zur Emeritierung das Fachgebiet der Galvanotechnik als Professor vertrat. Als Gastprofessor lehrte er darüber hinaus am MIT Massachusetts Institute of Technology in Cambridge/USA sowie an der University of Florida in Gainesville. Neben der Lehrtätigkeit baute Prof. Kanani zunächst bei der Schering AG und später bei Atotech den Bereich Qualitätsprüfung auf, welchen er über Jahrzehnte leitete. Zwischen 1993 und 2005 war er Head of Materials Science Department der Atotech Deutschland GmbH in Berlin. Hier beschäftigte er sich mit seinem Team von Wissenschaftlern und Ingenieuren mit der Qualifizierung von galvanotechnisch abgeschiedenen metallischen Schichten.

Seinen Arbeiten ist es ganz wesentlich zu verdanken, dass galvanotechnische Produkte den anerkannt hohen Qualitätsstandard erreichten, den sie heute haben. Die wissenschaftlichen Ergebnisse seiner Arbeiten hat Prof. Kanani in über 200 Artikeln in Fachzeitschriften sowie zahlreichen Fachbüchern und Vorträgen veröffentlicht. Auch hat er etliche Lehrbücher über sein Fachgebiet Galvanotechnik verfasst und wurde mehrfach für sei-

ne wissenschaftlichen Leistungen ausgezeichnet.

Seit 2022 wird der von Prof. Kanani gestiftete *DGO-Nasser-Kanani-Preis* jährlich an junge Forschende für eine Arbeit auf dem Gebiet der elektrochemischen Oberflächentechnik unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte der Nachhaltigkeit verliehen. Die Stiftung des Preises ist ein besonderer Beitrag und Anreiz für junge Forschende auf dem Gebiet der Galvano- und Oberflächentechnik und erhöht die Bekanntheit sowie das Image der DGO.

Durch seine wissenschaftlichen Arbeiten und seine Lehrtätigkeit hat Prof. Kanani einen wesentlichen Beitrag für den Stellenwert der Galvanotechnik und die Bedeutung der DGO erbracht. Prof. Kanani trat am 1. Januar 1983 in die DGO ein und wurde 2007 bereits mit der DGO-Plakette ausgezeichnet. Der Vorstand der DGO dankte Prof. Dr.-Ing. Dr. habil. Nasser Kanani für seine herausragenden Verdienste um die DGO und die gesamte Branche und beglückwünschte ihn zur Vergabe der Ehrenmitgliedschaft.

Patricia Preikschat gründete 1993 gemeinsam mit zwei Kollegen die SurTec GmbH und entwickelte diese zu einem führenden und international agierenden Unternehmen auf dem Gebiet der Spezialchemikalien für die Oberflächen- und Galvanotechnik. Den Unternehmensgründern ging es dabei stets um die Entwicklung von umweltfreundlichen und nachhaltigen Produkten, wie beispielsweise die weltweit eingesetzte Dickschichtpassivierung auf Basis von dreiwertigem Chrom.

Patricia Preikschat ist seit 2002 persönliches DGO-Mitglied und war von 2004 bis 2011 Mitglied im Vorstand. In den Jahren 2004 bis 2005 war sie stellvertretende Leiterin und von 2006 bis 2009 engagierte sie sich als Vorsitzende des Vorstands. Sie erhielt 2024 bereits die DGO-Plakette für ihr außergewöhnliches Engagement.

Vor mehr als 30 Jahren war Patricia Preikschat Mitbegründerin des DGO Arbeitskreises Wasserstoffversprödung. Der Arbeitskreis nimmt bis heute eine zentrale Bedeutung für die DGO ein. Sie hat den AK sowohl fachlich als auch materiell stets unterstützt, wobei vor allem ihr außerordentlich fundiertes Wissen für die Branche von unschätzbarem Wert ist. So hat ihr Engagement wesentlich dazu beigetragen, dass heute sicherheitsrelevante, hochfeste Bauteile gefahrlos galvanotechnisch behandelt werden können.

Das Gesamtwirken von Patricia Preikschat für die Galvanotechnik und die DGO geht weit über das normale ehrenamtliche Maß hinaus und ist hierbei für das Image und die Wirksamkeit der DGO von herausragender Bedeutung. Der Vorstand der DGO dankte ihr herzlich für ihre herausragenden Verdienste um die DGO und die gesamte Branche.

➤ www.dgo-online.de

Zentralverband Oberflächentechnik e.V. (ZVO)

REACH-Revision gestoppt

Die Europäische Kommission hat laut ZVO die geplante Revision der REACH-Verordnung vorerst gestoppt. Damit wird eines der zentralen Regulierungsvorhaben im Bereich der europäischen Chemikalienpolitik nicht wie ursprünglich vorgesehen weiterverfolgt. Zeit für einen realistischen Neustart der europäischen Chemikalienpolitik.

Für die Oberflächentechnik und die gesamte industrielle Wertschöpfungskette ist diese Entscheidung von erheblicher Bedeutung. Die bislang diskutierten Vorschläge zur Revision der REACH-Verordnung hätten tiefgreifende Auswirkungen auf den Einsatz von bewährten Stoffen und Prozessen gehabt – mit potenziell weitreichenden Konsequenzen für Innovation, Wettbewerbsfähigkeit und industrielle Produktion in Europa.

Aus Sicht des ZVO ist die Entscheidung der Kommission daher ein wichtiges Signal. Sie eröffnet die notwendige Gelegenheit, die bisherigen Ansätze grundlegend zu überdenken und stärker an den realen Anforderungen der industriellen Praxis auszurichten.

Die Diskussionen der vergangenen Monate haben deutlich gemacht, dass zentrale Elemente der geplanten Revision kritisch zu bewerten sind. Insbesondere:

- Das Konzept des *Essential Use* birgt erhebliche Rechtsunsicherheiten und ist für viele industrielle Anwendungen – gerade in



Dr. Martin Metzner überreicht die Urkunden zur Ehrenmitgliedschaft der DGO an Prof. Dr. Kanani (links) und Patricia Preikschat



(Bild: Dr. Meyer / DGO)

VERBÄNDE

der Oberflächentechnik – kaum praktikabel abgrenzbar.

- Pauschale Stoffgruppenansätze (*Generic Approach*) drohen, differenzierte Risikobetrachtungen zu ersetzen und bewährte Anwendungen ohne ausreichende wissenschaftliche Grundlage einzuschränken.
- Zunehmende regulatorische Komplexität belastet insbesondere kleine und mittlere Unternehmen unverhältnismäßig stark und bindet Ressourcen, die für Innovation und Transformation benötigt werden.

Vor diesem Hintergrund war die Gefahr real, dass eine übereilte Revision zu einer weiteren Verlagerung industrieller Wertschöpfung aus Europa geführt hätte – ohne einen entsprechenden Mehrwert für Umwelt- oder Gesundheitsschutz zu erzielen.

Der ZVO setzt sich daher weiterhin für eine zielgerichtete, wissenschaftsbasierte und praktikable Weiterentwicklung von REACH ein. Dazu gehören insbesondere die Beibehaltung des bewährten risikobasierten Ansatzes, eine klare Differenzierung zwischen kritischen und unverzichtbaren Anwendungen sowie eine spürbare Entlastung von kleinen und mittleren Unternehmen.

Die Pause bei der REACH-Revision sollte nun genutzt werden, um gemeinsam mit Industrie, Behörden und Wissenschaft eine tragfähige Grundlage für die künftige Ausgestaltung der europäischen Chemikalienpolitik zu erarbeiten. Für den ZVO ist klar: Europa braucht eine Chemikalienregulierung, die hohe Schutzstandards mit industrieller Leistungsfähigkeit verbindet – und damit die Grundlage für Innovation, Nachhaltigkeit und Wertschöpfung am Standort Europa sichert.

➔ www.zvo.org

Zweite Musterklage zur Anerkennung von Chromtrioxid als Zwischenprodukt erfolgreich

Wie der ZVO mitteilt, konnte in der *Intermediate-Kampagne*, die vom ZVO initiiert und mit Unterstützung der Kanzlei Baumeister aktiv begleitet wird, in Niedersachsen ein weiterer Erfolg verbucht werden.

Das Verwaltungsgericht Hannover hat in seinem (noch nicht rechtskräftigen) Urteil vom 24. April 2026 (Az. 11A 2877/21) festgestellt, dass der in der Galvanik eingesetzte Stoff Chromtrioxid ein Zwischenprodukt im Sinne des Art. 3 Nr. 15 REACH-VO darstellt und insoweit keiner Autorisierungspflicht unterliegt. Das Gericht stützt seine Entscheidung

ausdrücklich auf das vom ZVO erstrittene Urteil des VGH Mannheim vom 9. April 2025 (Az. VGH 10 S 1332/23).

2018 hatte der ZVO beschlossen, fünf Musterklagen in fünf Bundesländern zu finanzieren, um die zwischen der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA), der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und dem ZVO streitige Frage gerichtlich zu klären, ob Chromtrioxid in seiner Anwendung in der Oberflächentechnik ein Zwischenprodukt (*Intermediate*) im Sinne von REACH darstellt. Seit Jahren steht der ZVO auf dem Standpunkt, dass Chromtrioxid im REACH-Prozess als Zwischenprodukt einzustufen ist und es somit keiner Autorisierung bedarf.

Nach Baden-Württemberg war nun auch die zweite Musterklage in Niedersachsen erfolgreich. Damit deutet sich nach Ansicht des ZVO eine Tendenz an, nach der das Urteil des VGH Mannheim eine Leitentscheidung werden könnte, die auch von den Gerichten in den anderen Bundesländern anerkannt wird.

➔ www.zvo.org

ZVO und CETS im Austausch mit ECHA

Der ZVO hat gemeinsam mit dem europäischen Dachverband CETS den direkten Dialog mit der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) in Helsinki gesucht, berichtet der ZVO. Vor Ort vertraten Lukas Hanstein, ZVO-Leiter Politik, sowie Dr. Malte-Matthias Zimmer, Präsident CETS und ZVO-Ressortleiter Umwelt- und Chemikalienpolitik, die Interessen der Oberflächentechnik. Ergänzt wurde die Delegation durch die Unternehmerin Sari Virta, Geschäftsführerin des finnischen Galvanikunternehmens EFORIT.

Im Mittelpunkt des Austauschs stand die neu eingerichtete *SME-Focus Group* der ECHA – ein wichtiges Instrument, um die Perspektive kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) stärker in die europäische Chemikalienregulierung einzubringen. Nach Ansicht des ZVO ist entscheidend, dass dieses Format nicht nur formal besteht, sondern in der Praxis zu spürbaren Verbesserungen für die betroffenen Unternehmen führt.

Die Gespräche machten deutlich, dass gerade im Rahmen von REACH viele KMU weiterhin vor erheblichen Herausforderungen stehen. Komplexe Verfahren, hohe bürokratische Anforderungen und unzureichender Zugang zu verständlich aufbereiteten Informationen erschweren eine effiziente Umsetzung der regulatorischen Vorgaben.

ZVO und CETS haben daher mit der ECHA konkrete Ansatzpunkte diskutiert, um die Zusammenarbeit mit KMU zu verbessern und regulatorische Prozesse praxisnäher zu gestalten. Im Zentrum standen die Maßnahmen:

- Bessere Zugänglichkeit von Informationen: Zentrale Dokumente und Inhalte der ECHA sollten konsequent in allen Amtssprachen der EU verfügbar sein, um Sprachbarrieren abzubauen und eine breite Verständlichkeit sicherzustellen. Außerdem wurde der überbordende Umfang der Dokumente zusammen mit zahlreichen Querverweisen – die als Weblinks oft veraltet sind – kritisiert. Für KMU sind tausende von Seiten nicht erfassbar und schon gar nicht umsetzbar.

- Frühzeitige, verlässliche Information: Regulatorische Entwicklungen müssen Unternehmen so früh wie möglich erreichen, um ausreichend Zeit für Anpassungen und Rückmeldungen zu haben.

- Frühzeitige Einbindung der Praxis: Konsultationen sollten bereits vor der formalen Veröffentlichung enger mit KMU abgestimmt werden, um frühzeitig praxistaugliche Lösungen zu entwickeln. CETS und ZVO brachten Praxis-Checks ins Spiel. Regularien müssen nicht nur verständlich sein, sondern auch vollzogen werden können. Dies sollte im Kleinen insbesondere bei KMU getestet werden, bevor sie breit ausgerollt werden. ECHA wurde dazu explizit eingeladen.

- Konsequenter Bürokratieabbau: Die Reduktion von administrativen Lasten bleibt eine zentrale Voraussetzung, um die Wettbewerbsfähigkeit der mittelständisch geprägten Oberflächentechnik in Europa zu sichern. Es wurde eine strikte Ergebnisorientierung angemahnt: vor konkreten Maßnahmen die Definition messbarer Ergebnisse, nach Einführung die Überprüfung, ob die Ziele realisiert wurden. Wenn nicht, sollte die Regularie entfallen. Hier wären Praxis-Checks besonders nützlich.

- Regularien müssen Bestand haben: Permanente Änderungen, Überarbeitungen, Reviews etc. nehmen Zeit für die Umsetzung.

Der ZVO begrüßt ausdrücklich die Einrichtung der *SME-Focus Group* und wird sich weiterhin aktiv in deren Ausgestaltung einbringen. Ziel ist, die Stimme der mittelständischen Industrie in Europa zu stärken und sicherzustellen, dass Regulierung nicht an der betrieblichen Realität vorbeigeht.

➔ www.zvo.org

Chemeon und SurTec schließen strategische Allianz

Das US-amerikanische Unternehmen Chemeon Surface Technology und SurTec International, beides spezialisierte Unternehmen in der Oberflächentechnologie, haben eine strategische Allianz geschlossen. Ziel der Partnerschaft ist es, den Marktzugang zu erweitern und den Einsatz von leistungsfähigen und nachhaltigen Lösungen für die Oberflächenbehandlung weltweit zu fördern.

Die Allianz vereint komplementäre regionale Stärken: Während Chemeon den Zugang zu ausgewählten SurTec-Lösungen für die Oberflächenbehandlung auf dem US-Markt ausbaut, wird SurTec Chemeon-Produkte international anbieten und Kunden dabei mit lokaler technischer Expertise sowie einer etablierten Infrastruktur unterstützen.

Da weltweit strengere regulatorische Anforderungen den schrittweisen Ausstieg aus der Verwendung von sechswertigem Chrom vorantreiben, erweitert die Partnerschaft die Verfügbarkeit von nach MIL-DTL-81706B (QPL) qualifizierten Chemikalien. Dazu zählen Chemeons patentierter eTCP®-Korrosionsschutz auf Basis dreiwertiger Chemie (mit seinem charakteristischen violett-farbenen visuellen Indikator) sowie die SurTec-650-Serie dreiwertiger Konversionsschichten.

Diese strategische Allianz ist für Dr. Madylon Meiling, CEO von Chemeon, ein wichtiger Schritt auf dem Weg zu sichereren und nachhaltigeren chemischen Lösungen für die Oberflächenbehandlung. *Durch die Kombination unserer Innovationskraft, Erfahrung sowie unserer Marketing- und Vertriebskompetenz erweitern wir den Zugang zu globalen Lieferketten und beschleunigen den weltweiten Übergang weg von gefährlichen Stoffen. Gleichzeitig bieten wir durchgängige End-to-End-Lösungen, die Leistungsfähigkeit und regulatorische Konformität verbessern.*

Diese Allianz stärkt unser globales Portfolio für Oberflächenbehandlung durch eine gezielte Zusammenarbeit mit der US-Expertise von Chemeon, erklärt Dr. Karsten Grünke, CEO von SurTec. Durch die Verbindung des breiten Technologieportfolios und der internationalen Präsenz von SurTec mit den bewährten Lösungen und der Marktkenntnis von Chemeon sei SurTec bestens aufgestellt, um Kunden zu unterstützen, insbesondere in Regionen mit steigenden regulatorischen Anforderungen und hohen Leistungsanforderungen.

Zentrale Elemente der strategischen Allianz zwischen Chemeon und SurTec sind:

- Integration der US-Aktivitäten von SurTec mit dem Center of Technical Excellence von Chemeon in Nevada, das als Satellitenstandort für Vertriebsaktivitäten sowie für Schulungen zu dreiwertigen Konversionsschichten und Anodisierung dient
- Gegenseitige Schulung der Vertriebs- und Technikteams, um abgestimmte Empfehlungen und eine konsistente Kundenbetreuung sicherzustellen
- Gemeinsame Aktivitäten in Forschung und Entwicklung, analytischer Prüfung sowie Marketing, einschließlich technischer Webinare und gemeinsamer Auftritte auf Branchenmessen.

➔ www.surtec.com

35 Jahre L&R Kältetechnik

More than cold – nach diesem Grundsatz projektiert, baut und installiert die L&R Kältetechnik GmbH & Co. KG energieeffiziente Kälteanlagen für die Industrie – und das seit mittlerweile 35 Jahren. Dieses besondere Jubiläum wurde am 9. Mai 2026 gemeinsam mit den Mitarbeitenden und ihren Familien am Standort in Sundern gefeiert.

Was im Mai 1991 mit einer klaren Idee begann, ist heute ein erfolgreiches, international tätiges Familienunternehmen: Gegründet wurde L&R von Burkhard Rüßmann mit dem Ziel, kältetechnische Anlagen für die Kunststoff- und Gummiverarbeitung zu entwickeln. Schon früh zeigte sich, dass das Know-how weit darüber hinaus gefragt ist. Heute zählen unter anderem die Oberflächentechnik, die Chemieindustrie und die pharmazeutische Produktion (Kühlen, Gefrieren und Lagern bis zu -80 °C von Wirkstoffen und Zwischenprodukten) zu den wichtigsten Einsatzbereichen. Trotz des Wachstums ist eines bis heute der Anspruch geblieben: jede Anlage individuell zu planen und technisch auf höchstem Niveau umzusetzen. Energieeffizienz, Zuverlässigkeit und der verantwortungsvolle Umgang mit Ressourcen stehen dabei im Mittelpunkt. Heute beschäftigt das Unternehmen nach eigenen Angaben rund 160 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, darunter 15 Auszubildende in technischen und gewerblichen Berufen. *Unsere Stärke sind die Menschen hinter den Projekten – ihr Einsatz, ihr Know-how und ihre Verbundenheit zum Unternehmen*, sagt Firmengründer Burkhard Rüßmann, der L&R gemeinsam mit seinen Söhnen André (CTO) und Sebastian (CFO) sowie Thomas Imenkämper (CSO) führt.

Ein aktuelles Zukunfts-Thema ist die Kombination von Kälteanlagen mit Wärmepum-



Thomas Imenkämper, Burkhard Rüßmann, André Rüßmann, Sebastian Rüßmann (v.l.n.r)
(© L&R Kältetechnik)

pentechologie. Burkhard Rüßmann erklärt: *Wir nutzen die Abwärme, die bei der Kälteerzeugung entsteht, sinnvoll weiter – das spart Energie und macht unsere Lösungen noch nachhaltiger.* Auch ergänzende Technologien zur Effizienzsteigerung von Kühlprozessen gewinnen zunehmend an Bedeutung. Ein besonderes Beispiel für die Innovationskraft des Unternehmens ist der Geschäftsbereich *Art of Cryo*. Die Wurzeln reichen dabei weit zurück: Bereits 1995 realisierte L&R auf Usedom die erste Kälte-Therapiekammer. Die technologische Grundlage stammt somit aus über 30 Jahren Erfahrung im Bau leistungsstarker Kälteanlagen. Seit rund sechs Jahren bündelt L&R diese Kompetenz unter der Marke *Art of Cryo* und entwickelt daraus eigenständige Lösungen für Regeneration, Leistungsfähigkeit und Wohlbefinden. Zum Einsatz kommen echte Raumtemperaturen von bis zu -110 °C in mehrstufigen Anlagenkonzepten. Ganz im Sinne von *More than cold* wurde das Portfolio gezielt erweitert: Neben Kältekammern gehören heute auch das Flow-System sowie das Multi Cryo Hacking-System (MCS) dazu. Im *Art of Cryo-Lab* in Sundern-Hachen können diese Anwendungen direkt erlebt werden.

Für seine Innovationskraft wurde L&R auch bereits mehrfach ausgezeichnet – 2026 zählt das Unternehmen zu den TOP 100 der innovativsten Mittelständler Deutschlands. Im Mittelpunkt der Jubiläumsfeier standen nicht Zahlen oder Technik, sondern die Menschen: Mitarbeitende, Familien und Wegbegleiter, die das Unternehmen über Jahrzehnte geprägt haben. Für Burkhard Rüßmann bedeuten 35 Jahre familiengeführte Unternehmensgeschichte bedeuten vor allem 35 Jahre Vertrauen, Zusammenhalt und gemeinsame Entwicklung. *Darauf sind wir stolz und dankbar – und genau das haben wir an diesem Tag gemeinsam gefeiert.*

➔ www.lr-kaelte.de

Materialwissenschaftler / Laboringenieur Werkstofftechnik (m/w/d) mit Schwerpunkt Werkstoffe, Mikroskopie, Schadensanalyse und Tribologie

Sie begeistern sich für Werkstoffe, moderne Analytik und anspruchsvolle Laboruntersuchungen? Sie möchten an spannenden Industrieprojekten mitwirken und modernste Mikroskopie- und Analyse-technik einsetzen?

Das Steinbeis-Transferzentrum Tribologie in Anwendung und Praxis an der DHBW Karlsruhe ist spezialisiert auf die Analyse von Oberflächen, Beschichtungen und Werkstoffen. Wir unterstützen Industrieunternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen bei komplexen Fragestellungen rund um Werkstoffcharakterisierung, Tribologie und Schadensanalyse.

Zur Verstärkung unseres Teams suchen wir eine engagierte Persönlichkeit Begeisterung für Materialwissenschaften, analytische Methoden und Industrieprojekten.

Ihre Aufgaben

- Durchführung von Untersuchungen mittels Rasterelektronenmikroskopie (SE, BSE, EDX, microXRF, EBSD)
- Metallographische Gefügeuntersuchungen mit Licht- und Rasterelektronenmikroskopie
- Erstellung metallographischer Schiffe einschließlich Ätzung zur Gefügekontrastierung
- Fraktographische Untersuchungen im Rahmen von Schadensanalysen
- Lichtmikroskopische Analysen mit Stereo-, Auflicht- und Digitalmikroskopie
- Durchführung und Dokumentation von Schadensanalysen zur Klärung von Bauteilversagen
- Auswertung und Aufbereitung von Untersuchungsergebnissen für Kundenprojekte

Ihr Profil

- Erfolgreich abgeschlossenes Studium der Materialwissenschaften, Werkstofftechnik oder einer vergleichbaren Fachrichtung
- Idealerweise erste praktische Erfahrung in Werkstoffanalyse, Mikroskopie oder Schadensanalyse
- Erfahrung mit REM-Methoden von Vorteil
- Strukturierte, selbstständige und sorgfältige Arbeitsweise
- Teamgeist sowie ausgeprägte Kommunikationsfähigkeit
- Sehr gute Deutschkenntnisse (mindestens C1)
- Gute Englischkenntnisse

Wir bieten Ihnen

- Spannende und abwechslungsreiche Projekte mit direktem Praxisbezug
- Arbeiten mit modernster Labor- und Analysetechnik
- Engagiertes und kollegiales Team
- Eigenverantwortliches Arbeiten mit Gestaltungsspielraum
- Flexible Arbeitszeiten
- Fachliche Weiterentwicklung

Kontakt

Steinbeis-Transferzentrum Tribologie in Anwendung und Praxis
Prof. Dr.-Ing. Dietmar Schorr
Erzbergerstraße 121
76133 Karlsruhe

Website: www.steinbeis-analysezentrum.com
E-Mail: info@steinbeis-analysezentrum.com
Telefon: 0721 9735 831



STZ Tribologie
Steinbeis Transfer Zentrum

Neue Methode zur Abwasserbehandlung.

Zugabe GusChem® - WF20A bei Behandlungsstart,
Zugabe GusChem® - WF20B am Ende — das war es schon!

Was bringt das?

- **Stabile Flocke**, gut filtrierbar und klares Filtrat
- **Einfache Behandlung** von komplexbildnerhaltigem Abwasser
- **Entfernen** von **Verfärbungen** im Klarwasser
- **Verringert** den **CSB-** oder **AOX-Wert** im Abwasser
- **GusChem® - WF20A** wirkt als **Reduktionsmittel** für **Chrom (VI)**, und **fällt Chrom (III)** sicher aus (auch aus 3-wertigen Chrombädern!)
- Frei von Polyacrylamiden
- Kein Gefahrgut

Wir helfen gerne bei der Integration in Ihre vorhandene Abwasserbehandlung.

Besuchen Sie uns auf www.guschem.de



GusChem® - Qualität, die überzeugt!



Armor for Lightweight Metal Precision from CERANOD®

ULTRACERAMIC® –
The knight's armor for your
lightweight metal



Just like a knight's armor deflects impact and wear,
ULTRACERAMIC® PEO technology forms a ceramic shield –
on lightweight metals.

More than a coating – it's built-in, atomic-level protection.

Whether primary or recycled, cast or wrought, ULTRACERAMIC®
gives lightweight metals the strength it sought.

CERANOD® gives lightweight metals unmatched strength for:

- **Functionality** – reduced wear and improved movement
- **Medical** – clean, biocompatible surfaces
- **Design** – perfect fusion of form and function
- **Industry** – long-lasting durability

Lightweight. Resilient. Ready for impact.

