

WOMAG

≡ Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche



PSP Tower

Das Effizienz-Power-Konzept

wirtschaftlich ▪ robust ▪ flexibel

**Gleichrichter
schnell verfügbar!**

Fragen Sie uns:
Telefon 02385/7415

- Hoher Wirkungsgrad
- Beliebig erweiterbar
- Alle Schnittstellen
- 1500 A – Hochstrommodule mit Netzfilter
- Hohe Verfügbarkeit (Redundante Varianten)
- Kompaktes Design – („Modultausch einfach nach vorne“)



www.munk.de

MUNK
WE HAVE THE POWER!

WERKSTOFFE

Einsatz von Lasertechnik für die Elektromobilität

OBERFLÄCHEN

Optimierte High-Performance Zink-Nickel-Technologie

WERKSTOFFE

Interferenzfilter des Fraunhofer IST auf Marsmission

OBERFLÄCHEN

Bedeutung der Elektromobilität für die Galvanotechnik

WERKSTOFFE

Leichtbauinnovationen von Werkstoffen bis Fertigungstechnologie

SPECIAL

PEO-Beschichtung von niedrig legiertem Stahl

MAI 2021

Branchen-News täglich: womag-online.de



Erfolgreiche Partnerschaft

3S | Selective Separation System
Nachhaltigkeit liegt in der Verantwortung
der Marktführer*

- ökologische und CO₂-reduzierte Technologie
- kein Zyanid und weniger TOC
- einfache Abwasserbehandlung
- keine Teilneuansätze erforderlich (no bleed and feed)
- kein Ausfrieren von Karbonat notwendig
- robustes und wartungsarmes System
- break-even der Investition < 1 Jahr

* siehe Artikelbeitrag S. 24 - 25



Gutes aus zwei Welten vereint



Die aktuellen Bemühungen zur Gewichtsreduzierung bei Fahrzeugen machen deutlich, dass auch in Zukunft nicht auf die Verwendung des wichtigsten metallischen Werkstoffes Stahl verzichtet werden kann. Die mechanischen Eigenschaften in Kombination mit Verfügbarkeit und der guten Möglichkeit zum Recycling spielen dabei wichtige Rollen. Andererseits bietet sich mit Aluminiumwerkstoffen aufgrund deren geringen Gewichts und der guten Beständigkeit gegen Oxidation/Korrosion und Reibung/Verschleiß eine zukunftsweisende Alternative beziehungsweise Ergänzung zu Stählen, vor allem für den Bau von Fahrzeugen.

Optimal wäre natürlich eine Kombination der guten Eigenschaften von beiden Metallen. Erste Denkansätze könnten beispielsweise dahin gehen, Stahl mit Aluminium zu beschichten und das Aluminium anschließend durch anodische Oxidation mit einer sehr beständigen Aluminiumoxidschicht aufzurüsten. Allerdings ist die Beschichtung mit Aluminium sehr aufwändig und damit sehr teuer, von einigen technischen Herausforderungen einmal abgesehen.

Einen neuen und sehr interessanten Ansatz verfolgt Frank Simchen mit Entwicklungsarbeiten an der TU Chemnitz. Ihm gelingt es, aus einer wässrigen Lösung von Natriumaluminat, also einer löslichen Verbindung aus Aluminium und Sauerstoff, unter Anwendung der plasmalektrolytischen Oxidation eine Aluminiumoxidschicht herzustellen. Er umgeht also mit seiner Technologie den aufwändigeren Zwischenschritt der Abscheidung einer dickeren Aluminiumschicht als Ausgangspunkt für die Herstellung der Aluminiumoxidschicht. Diese Abscheidung durch plasmalektrolytische Oxidation führt er auf Stahl als Grundwerkstoff aus und verschafft so dem Stahl eine ausgezeichnete Schutzschicht mit einer Dicke von aktuell etwa 80 µm gegen Oxidation und Reibverschleiß. In seinem Beitrag auf Seite 22 in der vorliegenden Ausgabe befasst sich Frank Simchen mit der Prozessdiagnostik für die Abscheidung. Diese ist erforderlich, um die Schicht weiter zu verbessern und deren Eignung für die unterschiedlichen Grundwerkstoffe zu untersuchen. Es bleibt spannend auf dem Gebiet der modernen Oberflächentechnik und wir können sicher auch in Zukunft mit weiteren interessanten Ergebnissen aus Chemnitz rechnen!

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.



- DAS starke Netzwerk aus Herstellern und Partnern der Galvanobranche -



DU COS

Der Experte für Automatisierungssysteme



MUNK

Profi in der Gleichrichtertechnologie für industrielle Anwendungen



Linnhoff & Partner
GALVANOTECHNIK GMBH

Spezialist für Trommelaggregate, Hochstromkontakte und Galvanozubehör



HARTER
drying solutions

Führender Anbieter von energiesparenden Trocknungsanlagen



MAZURCZAK
THERMOPROZESSE
SYNOTHERM®
WÄRMETAUSCHER

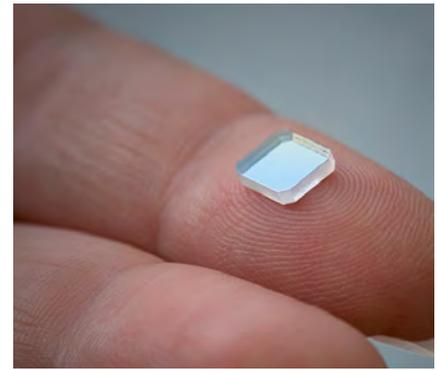
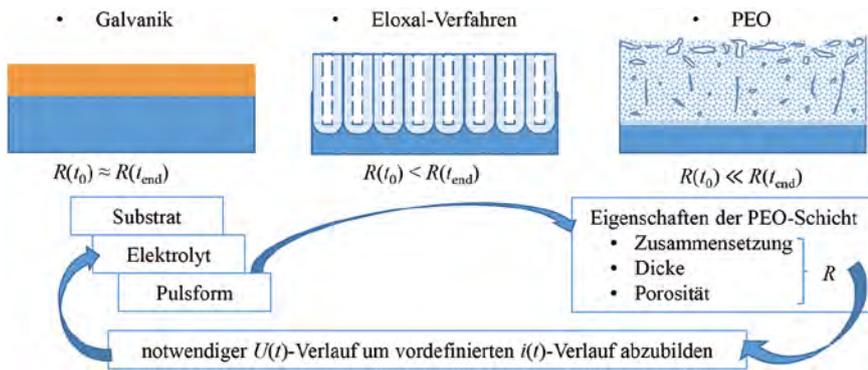
Ihr Komplettanbieter zum Heizen - Kühlen - Regeln



Sager Mack
Leading the way in pumps and filters

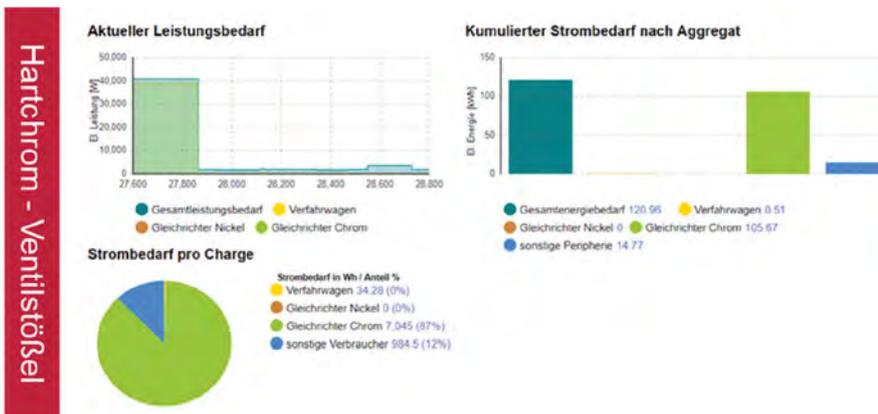
Geniale Pumpen und Filter

INHALT

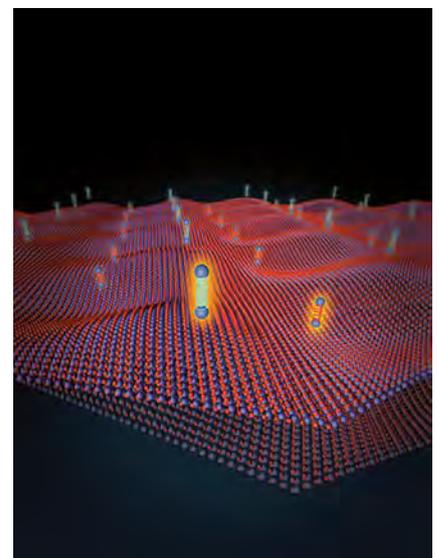


22 PEO-Technologie zur Herstellung neuartiger Schutzschichten auf Stahl

7 Interferenzfilter des IST



20 Effizientes Ressourcen- und Chemikalienmanagement am Beispiel Chrom



13 Neue Materialeigenschaften

WERKSTOFFE

- Lasersymposium Elektromobilität LSE'21: Elektrisierende Inspirationen aus Aachen
- Medizintechnik und Gesundheit, Produktion und Industrie 4.0 sowie neueste Technologietrends
- Technologie des Braunschweiger Fraunhofer-Instituts IST landet auf dem Mars
- Leichtbau-Innovationen von Werkstoffen bis zur Fertigungstechnologie
- Durchsichtige Nanoschichten für mehr Solarstrom
- Gemeinsam für mehr Nachhaltigkeit
- 10 Jahre Thüringer Innovationszentrum Mobilität
- Moiré-Effekt: Wie sich Materialeigenschaften verdrehen lassen
- Ein umfassender Ansatz für hocheffiziente Perowskit-Solarzellen

2 5|2021 WOMAG

WERKSTOFFE

- HoLiB und MikroPuls: Doppelter Lasereinsatz für die Produktion von Batteriezellen
- Stichtag für Chrom(VI) rückt näher

OBERFLÄCHEN

- Woche der Umwelt – Fraunhofer IPA zu Gast beim Bundespräsidenten
- Erfolg für Chemnitzer Galvanotechniker
- Synergetische Analyse und Verbesserung von Ressourceneffizienz und Chemikalienmanagement in der Oberflächentechnik – Teil 4
- Methoden der Elektrolytentwicklung und Prozessdiagnostik für die plasmaelektrolytische Oxidation am Beispiel der PEO von niedrig legiertem Stahl

INHALT



26 Galvano- und Oberflächentechnik auch bei E-Fahrzeugen unerlässlich



28 Kunstwerk mit Kupfer



24 Neues Zink-Nickel-System

OBERFLÄCHEN

- 24 CO₂-Einsparung durch optimierte High-Performance Zink-Nickel-Technologie
- 26 Bedeutung der Elektromobilität für die Galvano- und Oberflächentechnik
- 28 Von Gronau nach New York: OTG reinigt Copper Rug vor Ausstellung in Kunstgalerie

BERUF + KARRIERE

- 29 TU Ilmenau und TITK Rudolstadt schaffen gemeinsame Professur für Kunststofftechnik
- 30 Bayerisch-österreichische Kompetenz im Leichtbau
- 31 Prof. Dr. Harald Riegel wird Rektor der Hochschule Aalen

UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

- 32 Hendor B.V. – Schaeffler AG

Zum Titelbild: Munk entwickelt und produziert seit mehr als 50 Jahren qualitativ sehr hochwertige Stromquellen für unterschiedlichste Einsatzfälle www.munk.de

IMPRESSUM

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

Erscheinungsweise

10 x jährlich, wie in den Mediadaten 2021 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. 10 vom 10. Oktober 2020

Inhalt

WOMag berichtet über:

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

Leserkreis:

WOMag ist die Fachzeitschrift für Fachleute des Bereichs 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 Verlages 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, 2016

Lasersymposium Elektromobilität LSE'21: Elektrisierende Inspirationen aus Aachen



[Zum online-Artikel](#)

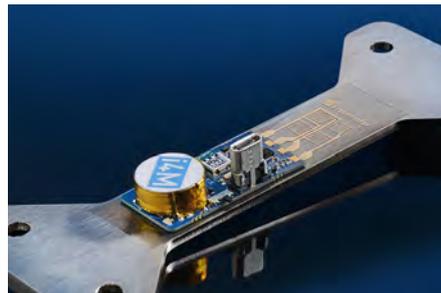
Die Elektromobilität macht auch online neugierig: Rund 60 Teilnehmer interessierten sich im Januar 2021 auf dem 3. Lasersymposium Elektromobilität LSE für die Megatrends der Elektrifizierung. Online erfuhren sie auf der Veranstaltung des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT, wie laserbasierte Verfahren immer mehr Bereiche der Elektroauto-Produktion erobern – vom Schneiden, Schweißen, Reinigen, Beschichten bis hin zum Trocknen und Strukturieren. Im Kommen sind außerdem unter anderem KI-Auswertung, Echtzeit-Messung, Automatisierung über die komplette Prozesskette und der Einstieg in die Batterie-Großserienfertigung.

2020 war für Fahrzeughersteller ein Schicksalsjahr: Die Corona-Pandemie bremste die Herstellung von klassischen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor aus, während die Elektromobilität an Fahrt aufnahm. Prof. Arnold Gillner, Leiter des Kompetenzfeldes Abtragen und Fügen am Fraunhofer ILT, Aachen, fügte hierzu an: *Damit uns nicht das gleiche Los wie bei der Photovoltaik ereilt, müssen wir dabei sein.* Der Wissenschaftler spielte auf die beherrschende Marktposition asiatischer Konzerne an.

Fertigungsverfahren aus Anwendersicht

Doch Forschung und Industrie stellen bereits die Weichen hin zur prozessorientierten Serienproduktion der wichtigsten Komponenten. Über das spannende Zusammenspiel von zwei Forschungsstätten berichtete auf der virtuellen Veranstaltung Marc Hummel, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen University: *Wir erforschen mit den Experten des Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) in Hamburg, wie sich mit Hilfe von Synchrotronstrahlung die Schmelzbaddynamik und die Entwicklung von Dampfkapillaren beim laserbasierten Schweißen sichtbar machen und so analysieren lässt.*

Das grundlegende Verständnis des Laserstrahlschweißens ist insbesondere für thermisch sensible Komponenten wie Batteriezellen die Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung dieser Füge-technik. Marc Hummel gab mit seinen Ausführungen zu Untersuchungen am DESY in Hamburg Einblicke in das Schweißen. Das Sichtbarmachen der Dampfkapillare im Werkstoff liefert neue Erkenntnisse zur Prozessentwicklung und zum Prozessverständnis. Zusammenhänge zwischen Laserparametern und Schweißergebnissen lassen sich somit nicht nur nach dem Prozess in einer zerstörenden Prüfung ermitteln, sondern so können zum Beispiel Poren

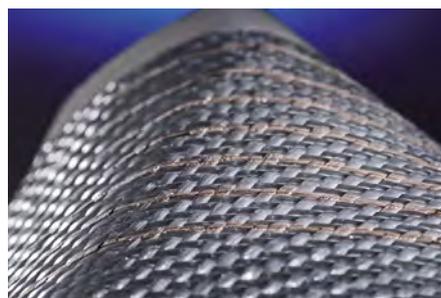


Mittels Druck- und Laserverfahren additiv hergestellter Dehnmessstreifen auf einem Metallbauteil (inkl. Drahtlostelemetrie der Firma i4M technologies) (© Fraunhofer ILT, Aachen)

schon während ihrer Entstehung detektiert werden. Dies hilft den Anwendern besonders bei der Auslegung von Prozessparametern und Produktgestaltung.

Doch Laser kommen nicht nur in der Füge-technik zum Einsatz. Die wichtige Rolle dieses besonderen Betriebsmittels bei der Produktion beschrieb Prof. Achim Kampker, Gründer und Leiter des Lehrstuhls für Production Engineering of E-Mobility Components PEM an der RWTH Aachen University. Im Mittelpunkt seiner Arbeit steht die Integration der Produktions- und Prozesstechnik; Fertigungsverfahren untersucht er aus Anwendersicht.

Mit Blick auf aktuelle Prognosen, denen zufolge bis 2030 rund 60 Prozent aller Fahr-



Auf Glasfasergelege gedruckte und laserbehandelte Heizleiterbahnen vor der Weiterverarbeitung zum GFK-Bauteil (© Fraunhofer ILT, Aachen)

zeuge mit E-Antrieb (bei 120 Millionen Neuzulassungen) ausgestattet sein sollen, gelte es nun, Prozesse zu optimieren und Kosten deutlich zu senken. Kostentreiber sind laut Aussage von Kampker vor allem die Schlüsselkomponenten Batterie und Antrieb, denn sie machten mehr als 50 Prozent der Gesamtkosten aus. Es gehe aber auch um die Brennstoffzelle, *bei der wir auf ein Drittel der bisherigen, noch sehr hohen Kosten kommen müssen.* Als Ansatz sieht er neue Prozesstechniken: So ließen sich bei der Zellfertigung der hohe Energieaufwand und somit auch die Kosten mit Hilfe des Lasers um 30 bis 35 Prozent senken. Dazu erforscht das PEM zum Beispiel zusammen mit dem Fraunhofer ILT an einer Rolle-zu-Rolle-Anlage, wie sich das bisherige Trocknen der beschichteten Metallfolien per Infrarot durch Laserverfahren ersetzen lässt. Auf dem LSE erläuterte Kampker, wie sich mit Hilfe eines leistungsstarken VCSEL-Lasers (Leistung: 120 W/cm²) oder eines fokussierten Diodenlasers großflächig künftig energieeffizient beschichtete Elektroden trocknen ließen. Noch gibt es allerdings keine serienreife Anlage.

Laser spart Energie, Kosten und Platz

Doch nicht nur die Energieeinsparung und die sehr gute schnelle Regelbarkeit des Prozesses sprechen für den Verfahrenswechsel: Einen guten virtuellen Einblick in den aktuellen Stand der gemeinsamen Forschungsarbeit vermittelte während des Symposiums die mobile Videoanlage. Sie nahm die Online-Teilnehmer mit in das Battery Lab des Fraunhofer ILT. Dort stehen den Forscherinnen und Forschern auf knapp 140 Quadratmetern verschiedenste Anlagen zur laserbasierten Batterieherstellung zur Verfügung. Des Weiteren stellte der wissenschaftliche Mitarbeiter des benachbarten PEM, Simon Voss, eine komplett gekapselte Rolle-zu-Rolle-Anlage von Coatema vor. Der Lehrstuhl untersucht nun auch, ob und wie laserbasiertes Schnei-

den das bisherige mechanische Stanzen mit Blick auf künftige Großserienproduktion ersetzen kann. Auch das laserbasierte Mikrostrukturieren der beschichteten Elektroden gehen die Aachener Forscher gemeinsam mit dem Fraunhofer ILT an.

Das enorme Potenzial der Laserbearbeitung von Funktionsschichten behandelte Dr. Christian Vedder, Leiter der Gruppe Dünnschichtverfahren am Fraunhofer ILT. Die Bandbreite reicht vom Reinigen, Entlacken, Kristallisieren, Aufbringen von Sensorik, Integration von elektronischen Leiterbahnen in CFK-Bauteilen, Korrosionsschutz bis hin zum selektiven Vergolden.

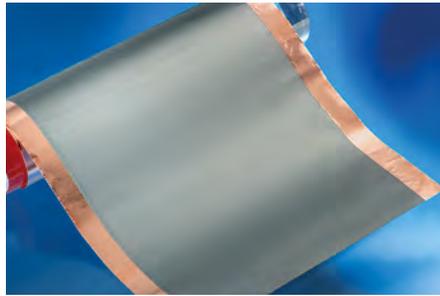


Selektive Goldkontakte auf Metallbauteil mittels Druck- und Laserverfahren
(© Fraunhofer ILT, Aachen)

Für die Elektromobilität sind viele dieser Verfahren interessant, aber eine der sicherlich energieeffizientesten Technologien ist das sogenannte *Thermal Post-Treatment*, das laserbasierte Trocknen.

Erstaunliche Details zu den Verfahren, die das Fraunhofer ILT und der benachbarte Lehrstuhl bereits aufbauen: Die Lasereinheit trocknet die nassbeschichteten Folien innerhalb weniger Sekunden, wobei die Laserstrahlung maßgeblich die Schicht erwärmt, nicht das Gesamtsystem, wie es in konventionellen Ofenverfahren geschieht. Aufgrund dieser Effizienz kann je nach Schichtsystem die Energie um bis zu 50 Prozent reduziert werden. Darüber hinaus könnte durch Einsatz der Lasertechnik der Platzbedarf für eine Trocknungsanlage massiv reduziert werden. Als Strahlquellen bietet sich ein scannender Diodenlaser oder ein Vertical-Cavity-Surface-Emitting Laser (VCSEL) an. Dieser Laser arbeitet mit Halbleiterlaserdiodenbarren, bei denen der Laserstrahl senkrecht von der Oberseite emittiert wird.

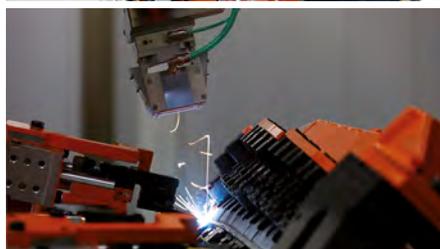
Das Trocknungsverfahren wird neben Laserstrukturierungsverfahren zur Erhöhung der Elektrodenoberflächen derzeit in eine Roll-zu-Rolle-Anlage neuester Bauart am Fraunhofer ILT integriert, welche der ILT-Wissen-



Auf Kupferfolie aufgebrauchte und lasergetrocknete Batterieelektroden-schicht
(© Fraunhofer ILT, Aachen)

schaftler Samuel Fink in der Labortour zeigte. Ebenfalls im Labor demonstrierte ILT-Wissenschaftlerin Linda Hoff live die Lasersinterung zukünftiger Feststoffbatteriematerialien bei wesentlich höheren Temperaturen bis zu 1000 °C ohne maßgebliche Beeinflussung ihrer Kristallinität.

Den flexiblen Lasereinsatz bei E-Fahrzeugen beleuchtete Dr. Jan-Philipp Weberpals; er verantwortet die strategische Gesamtplanung Laserstrahltechnologie bei der Audi AG in Neckarsulm. Für ihn ist der Laser ein Betriebsmittel, um mehrere Aufgaben abzudecken. Als Beispiel nannte Weberpals das Laserstrahl-Remoteschweißen (BrightLine Weld mit einem Infrarot-Trumpf-Scheibenlaser) von Batteriezellen. Bei verzinktem Stahl (HV-Modulgehäuse) verwendet der Automobilhersteller das Verfahren, um Kehlnä-



Stolz ist Audi auf das Laser-Remoteschweißen der A8-Aluminiumtür
(© Audi AG)

te am Überlappstoß mit unterschiedlichen Dicken zu schweißen. Durchschweißen kam hier wegen der Montierbarkeit nicht infrage. Anders sieht es beim laserbasierten Remote-Schweißen von I-Nähten am Überlappstoß an Reinaluminium aus, das Audi statt Durchweißen einsetzt, um die Zelle zu schützen. Im Mittelpunkt steht hier die Zellkontaktierung.

Laterale Oszillationsform sorgt für erhöhten Wärmeeintrag

Eine wichtige Rolle spielen wichtige Schlüsselfaktoren wie die Bahntreue (bis zu einer Frequenz von maximal 250 Hz) und die Oszillationsform. Weil die zirkulare Oszillationsform V-förmige Nahtquerschnitte mit nicht ausreichender Anbindungsbreite erzeugt, entschied sich Audi beim Aluminiumschweißen für laterale Oszillation: Hier kommt es zum erhöhten Wärmeeintrag mit U-förmigen Nahtquerschnitt und ausreichender Anbindungsbreite.

Beim Schweißen von verzinktem Stahl entschied sich Audi für den Weg der Strahlformung und einer adaptierten Bahnplanung. Die Bahnkorrektur verhinderte hier ein Durchschweißen. Zusätzlich zeichnen zwei wesentliche Entwicklungsschritte das Stahl-Remoteschweißen aus: Zum einen erhöhte die Anpassung der Leistungsverteilung die Anbindungsbreite und führte zur Abnahme von Randkerben. Zum anderen senkte der vergrößerte Lateralwinkel die Vorschubgeschwindigkeit und verbesserte die seitliche Anbindung.

Fehler in Echtzeit erkennen

Doch mit der Stabilisierung des Prozesses durch gezielte Strahloszillation oder Anpassung der Leistungsdichteverteilung allein ist es nicht getan: Ein weiterer sehr wichtiger Schritt ist die Echtzeit-Überwachung: Audi setzt auf den Laser Welding Monitor 4.0 der Precitec GmbH & Co. KG, Gaggenau-Bad Rotenfels.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Unter WOMag-online.de steht der gesamte Beitrag zur Ansicht zur Verfügung. Weitere Themen des Berichts sind:

- Verbesserung der Prozessfähigkeit
- Laser in der Batterieherstellung
- Entfernung von Isolationsschichten

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 3,5 Seiten mit 10 Abbildungen.

Medizintechnik und Gesundheit, Produktion und Industrie 4.0 sowie neueste Technologietrends



Zum online-Artikel

Die microTEC Südwest Clusterkonferenz (digital) 2021 erfährt eine durchweg positive Resonanz und verzeichnet eine Anmeldungsanzahl wie bisherige physische Treffen. Auch die Aussteller zeigen sich sehr erfreut über die Tagung und die rege Beteiligung an den Fachvorträgen. Trotz anfänglicher Bedenken, ob die Zahl der Teilnehmenden an die vorigen Vor-Ort-Treffen heranreichen werden, konnte mit 202 Personen am bisherigen Teilnehmerrekord gekratzt werden; die Erwartungen der Veranstalter und aktiven Teilnehmer wurden damit deutlich übertroffen.

MicroTEC Südwest-Vorstandsvorsitzender Professor Peter Post, der im September 2020 die Nachfolge von Eckehardt Keip angetreten hatte, leitete die Konferenz ein. In seinem Grußwort verwies Michael Kleiner, Ministerialdirektor im Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg, auf die großen Erfolge von microTEC Südwest seit der Gründung im Jahr 2005 und dankte dem bisherigen Vorstandsvorsitzenden Eckehardt Keip für die geleistete Arbeit. Viele wichtige Technologiethemen des Landes würden durch microTEC Südwest im Rahmen von Projekten des Landes wie der Allianz Industrie 4.0 oder im Projekt ScaleIT vorangetrieben.

Themenvielfalt ermöglicht domänenübergreifenden Austausch

Wie in den Vorjahren umfasste das Programm ein breites Spektrum an Themen zu Medizintechnik und Gesundheit, Produktion und Industrie 4.0 sowie zu neuesten Techno-

logietrends. Das Netzwerken kam dank der sogenannten *Virtual Lounges*, den digitalen Kaffeetischen, nicht zu kurz. Darüber hinaus konnten bilaterale Gespräche vereinbart werden, die durch eine Filterfunktion im Eventtool schnell den Zugang zum richtigen Partner lieferte. 16 Aussteller aus Industrie und Wissenschaft zeigten vielfältige Lösungen und Produkte, die sie in kurzen Beiträgen vorstellten. Die Aufzeichnungen dieser Aussteller-Pitches werden auf dem YouTube-Kanal von microTEC Südwest veröffentlicht.

Rund um Industrie 4.0 spielte die Verbindung von Daten, Algorithmen und der zugrunde liegenden Technologie eine wichtige Rolle und wurde in den Vortragsreihen über Künstliche Intelligenz, Big Data und Datenanalyse sowie Predictive Maintenance & Condition Monitoring adressiert. Die Vielfalt der Themen für Anwendungen in der Medizintechnik und Gesundheit demonstrierten die Vortragenden in der Vortragsgruppe über Lab-on-Chip-Systeme und zwei Vortragsreihen zu

Mikromedizintechnik, unter anderem zu intelligenten Implantaten. Schließlich befasste sich eine weitere Vortragsreihe mit technologischen Themen, wie Sensoren, flexiblen, hybriden Systemen und verschiedenen Aspekten der Mikroelektronik, gedruckter Elektronik für Sensorik und Energiegewinnung sowie sogenannten programmierbaren Materialien.

Bei einigen der angebotenen Vorträge wird in der folgenden Zusammenfassung näher auf den Inhalt eingegangen.

Miniaturisierte Sensoren für die Zustandsüberwachung

Die Sicherheit und Effizienz von Maschinen nimmt heute einen hohen Stellenwert in Produktionseinrichtungen ein. Um diese Anforderungen zu gewährleisten eignet sich das Konzept einer Zustandsüberwachung, basierend auf einer regelmäßigen oder permanenten Erfassung des Maschinenzustandes durch Messung und Analyse von physikalischen Größen wie Schwingungen, Temperaturen oder Lage/Näherung. Sensoren, die die Widerstandsänderung eines Materials unter Einwirkung eines Magnetfelds, sogenannte MagnetoResistive (MR)-Sensoren, nutzen, erlauben die Erfassung von physikalischen Größen wie lineare und rotative Position, elektrischer Strom oder Magnetfeld. Auf diesem Gebiet ist Glenn von Manteuffel, Sensitec, Wetzlar, tätig.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abbonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Die weiteren Abschnitte des ersten Teils des Berichts sind:

- Sensorherstellung durch 3D-Druck
- Flexibles Packaging
- Systeme für das Monitoring.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 2,5 Seiten mit 5 Abbildungen.



Clusterkonferenz der microTEC Südwest erstmals als reine Online-Veranstaltung (Bild: microTEC Südwest)

Technologie des Braunschweiger Fraunhofer-Instituts IST

landet auf dem Mars

Im neuen Mars-Rover Perseverance ist ein optischer Interferenzfilter des Fraunhofer-Instituts für Schicht- und Oberflächentechnik, kurz Fraunhofer IST, verbaut. Er hilft dem Rover der NASA bei der Untersuchung des Staubs in der Atmosphäre des Planeten – und das unter den extremen Bedingungen.

Nach über einem halben Jahr und 472 Millionen Kilometern Reise ist der neue Mars-Rover Perseverance erfolgreich auf dem Mars gelandet und liefert schon seit der Landung spektakuläre Bilder des Nachbarplaneten. Das Ziel: wichtige Erkenntnisse über etwaiges Leben auf dem Mars gewinnen. Dafür ist in dem eine Tonne schweren Rover umfangreiche, hochempfindliche Technik verbaut – auch aus Deutschland. Vom Fraunhofer IST aus Braunschweig ist ein spezieller optischer Filter integriert.

Konkret befindet sich der Filter in einem optischen Sensor zur Staubcharakterisierung im Mars Environmental Dynamics Analyzer, kurz MEDA. Der MEDA führt nach Aussage von Dr. Michael Vergöhl Wettermessungen durch, unter anderem werden Windgeschwindigkeit und -richtung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit gemessen, aber auch Strahlung sowie Menge und Größe von Staubpartikeln in der Marsatmosphäre. Dr. Michael Vergöhl ist Leiter der Abteilung Niederdruckplasmaverfahren des Braunschweiger Fraunhofer IST; in seiner Abteilung werden mit einer speziellen Beschichtungsanlage, dem Sputtersystem EOSS®, unter anderem hochpräzise optische Filtersysteme entwickelt. Bei unseren Entwicklungen handelt es sich stets um Spezialanfertigungen – so ist im Rover ein für diesen Anlass hergestellter Bandpassfilter im Einsatz, erklärt Dr. Vergöhl.

Mars-Staub gibt Aufschluss über Klimageschichte

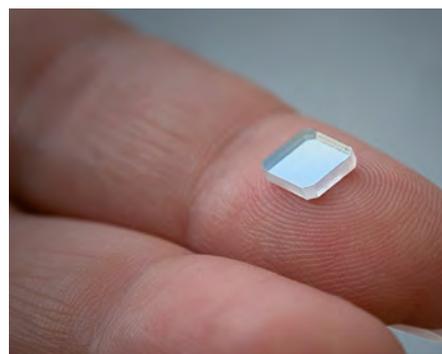
Der Mars Environmental Dynamics Analyzer soll im Zuge der Mission wesentlich dazu beitragen, die Erforschung des Mars durch Menschen vorzubereiten. Bereitgestellt werden in diesem Zusammenhang etwa tägliche Wetterberichte, Informationen zu den Strahlungs- und Windmustern und Erkenntnisse hinsichtlich der staubigen Oberfläche des Mars, die den Planeten dominiert. Jene Oberfläche ist übrigens der Grund, warum der Mars auch *Roter Planet* genannt wird: Für die rötliche Färbung sorgt der Eisenoxidstaub – quasi Rost –, der die Oberfläche überdeckt.

Der Staub auf dem Mars verrät ganz wesentlich etwas über die Geschichte des Planeten und gibt Aufschlüsse über die dortige Klimageschichte.

Dipl.-Phys. Stefan Bruns erläutert dazu die mit dem Vorhaben verbundenen, besonderen Herausforderungen: Der sogenannte, *Winkelshift*, das heißt die Verfälschung der Messung durch schräg einfallendes zu detektierendes nahes Infrarotlicht müsse möglichst gering ausfallen, gleichzeitig müsse der Filter die extreme Gamma-, Protonen- und ionisierende Strahlung vor Ort aushalten. Außerdem sei ein wesentlicher Aspekt die Temperaturstabilität: Auch bei sehr tiefen Temperaturen bis zu -120 °C dürfe sich der durchgelassene Wellenlängenbereich von 950 nm , das sogenannte Passband, nicht gravierend verschieben. Durch das Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, kurz INTA, wurden im Vorfeld der Mission fast vier Jahre lang umfangreiche und teilweise schärfste Tests im Vakuum mit Blick auf Druck- und Temperaturbedingungen durchgeführt. Dabei wurde der Filter beispielsweise 3000 Mal einem schnellen Temperaturwechsel zwischen -135 °C und 45 °C ausgesetzt. *Das System soll ja schließlich nicht nach ein paar Mars-tagen ausfallen*, erklärt Bruns.

Stabile Leistungen unter besonderen Umwelteinflüssen

Die Sensoren des MEDA sind im Rover an unterschiedlichen Positionen integriert, unter



Interferenzfilter für die Mars-Mission

(© Fraunhofer IST/Falko Oldenburg)



Technologie des Fraunhofer IST auf dem Mars: Der Interferenzfilter ist Bestandteil eines optischen Sensors zur Staubcharakterisierung im Mars Environmental Dynamics Analyzer

(© Courtesy NASA/JPL-Caltech)

anderem am Hals des Geräts, an der Frontseite sowie im Innenteil. Die Sensorik für Strahlungsbelastung und Staub befinden sich auf der Oberseite des Rovers; dort eingesetzt: der Filter des Fraunhofer IST. Die Aufgabe des Filters ist es nach Angabe von Bruns, nur Licht im nahen Infrarotbereich durchzulassen. Dabei gehe es darum, den Staub auf der Oberfläche des Mars zu erkennen. Angefragt wurde der Filter von der spanischen Weltraumorganisation INTA.

Hergestellt haben die Wissenschaftler des Fraunhofer IST den sogenannten Bandpassfilter auf der EOSS®-Beschichtungsanlage mittels Magnetronspütern. Um zu gewährleisten, dass die extrem dünnen Einzelschichten des Filters hochpräzise und homogen abgeschieden werden, wird das ebenfalls am IST entwickelte optische Monitoring System eingesetzt. Natürlich kommen Bandpassfilter nicht nur interstellar zum Einsatz. Abteilungsleiter Michael Vergöhl zufolge gibt es auch immer wieder Bandpassfilter für Anwendungen auf der Erde. Die Besonderheit dieser Filter liege darin, dass sie auch unter außergewöhnlichen Umwelteinflüssen sehr stabil arbeiteten. Je nach Rahmenbedingung werden die Filter für jeden Anlass besonders entwickelt.

➔ www.ist.fraunhofer.de

Leichtbau-Innovationen von Werkstoffen bis zur Fertigungstechnologie

Mit mehr als 370 Anmeldungen konnten sich die Organisatoren des erstmals online ausgetragenen 10. Landshuter Leichtbau-Colloquiums über einen Teilnehmerrekord freuen. In rund 30 Fachvorträgen beleuchteten Experten/innen bei dem Fachtreff der Hochschule Landshut und des Leichtbau-Clusters die vielfältigen Aspekte, neue Forschungserkenntnisse über Materialien, Verfahren, Fertigungsprozesse und industrielle Lösungen dieser Schlüsseltechnologie für die Ressourceneffizienz.



Bei der Begrüßung der Teilnehmer/innen des 10. LLC: Hochschulpräsident Prof. Dr. Fritz Pörnbachcher (r. u.) mit Prof. Dr. Otto Huber (r. o.) und den Referenten Ministerialrat Werner Loscheider (BMW, l. o.) und Prof. Dr. Christoph Friedrich (Uni Siegen). (Foto: Hochschule Landshut)

Leichtbau liegt im Trend ist Hochschulpräsident Prof. Dr. Fritz Pörnbachcher in seiner Begrüßung der Teilnehmer/innen überzeugt. Der Leichtbau sei eine Schlüsseltechnologie, wie Staatssekretärin Elisabeth Winkelmeier-Becker vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) in ihrem digitalen Grußwort erklärte. Das Landshuter Leichtbau-Colloquium leiste für den Ausbau des Leichtbaus durch die Vernetzung von Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft einen wichtigen Beitrag. Dies ist auch einer der Gründe für die Übernahme der Schirmherrschaft des Colloquiums durch das Bundesministerium.

Die Verquickung von Leichtbau und Ressourceneffizienz ist ein wichtiger Hebel, um das Thema Ressourceneffizienz anzugehen, zeigt sich Ministerialrat Werner Loscheider (BMWi) überzeugt, der in seinem Vortrag die vor fünf Jahren gestartete Initiative Leichtbau mit ihren vielfältigen Maßnahmen vorstellte. Ein Blick in den Leichtbauatlas mit aktuell 692 im Thema aktiven Partnern verdeutliche, dass der Leichtbau eine ausgeprägte Querschnittstechnologie über Branchen, Materialien und Fertigungstechnologien hinweg sei. Herzstück der Initiative Leichtbau sei das Technologietransfer-Programm Leichtbau (TTP LB) mit dem Ziel, den Leichtbau als Zukunftstechnologie weiterzuentwickeln. Als aktuelle Herausforderungen für den Leichtbau betrachtet er die Schaffung von digitalisierten Wertschöpfungsketten, Kosten zu senken, eine Serientauglichkeit herzustellen sowie Recyclingprozesse zu verstetigen; letzteres im Besonderen für Verbundmaterialien.

Leichtbau als Schlüsseltechnologie für Ressourceneffizienz

Mit dem Thema *Leichtbau – von der Wissenschaft bis zur Schlüsseltechnologie für Ressourceneffizienz* habe man die auch in Politik und Gesellschaft stark gestiegene Bedeutung des Leichtbaus im 10. Landshuter Leichtbau-Colloquium (LLC) aufgegriffen, wie Initiator Prof. Dr. Otto Huber in seiner Einführung erklärte. Dabei habe man

sich in Landshut bereits frühzeitig, beim LLC 2009, mit diesem Thema befasst. Mit dem LLC habe man eine Community geschaffen, um gemeinsame Leichtbau-Aktivitäten zu forcieren. Dass dies gelungen sei, zeigte er an der Entwicklung des Leichtbau Kompetenzzentrums an der Hochschule Landshut (LLK): Eine Vielzahl an geförderten Forschungsprojekten mit starken Partnern aus Wissenschaft und Unternehmen seien entstanden, ebenso wie Studiengänge im Bereich Leichtbau, aktuell der Bachelor *Additive Fertigung – Werkstoffe, Entwicklung und Leichtbau*. Die Labor- und Personalressourcen seien deutlich erweitert worden und zusammen mit der Paris Lodron Universität Salzburg habe man ein grenzüberschreitendes Leichtbau-Forschungszentrum etabliert.

Dabei gäbe es im Bereich Leichtbau weiterhin großen Forschungsbedarf, um dessen Potenzial weiter entfalten zu können. Dies zum Beispiel auch in der Werkstoffcharakterisierung und -modellierung von Magnesiumknetlegierungen, die bei einer zyklischen Biegebeanspruchung um ein bis zu 66 Prozent geringeres Gewicht als Stahl, aber auch ein komplexes Materialverhalten aufweisen. Am LLK forsche man, um die Voraussetzungen dafür zu schaffen, die Ermüdungslebensdauer zu analysieren und Beanspruchungsanalysen im elasto-plastischen Bereich per FEM durchführen zu können. Auch Ergebnisse von Untersuchungen am LLK zu intermetallischen Titan-Aluminium-Legierungen zur Substitution von Superlegierungen (z.B. Nickelbasislegierungen) bei Hochtemperaturanwendungen und zum Potenzial von Eisen-Aluminiden als preiswerter Ersatz für Stähle, Nickel- und Kobalt-Basislegierungen für Temperaturbereiche bis circa 700 °C wurden präsentiert. Die Herstellung von Preforms aus Glasschaumgranulat, mit welchen auch mehrfach gekrümmte Sandwichelemente aus zellularem Verbundwerkstoff und integrierten faserverstärkten Deckschichten in Gusspolyamid-6-Matrix gefertigt werden können, war ein weiteres Thema, das im Rahmen des LLC präsentiert wurde.

Weiteres Leichtbaupotenzial sieht Prof. Huber unter anderem in der additiven Fertigung, aber besonders auch in der Digitalisierung und der Abbildung von Produkten in einem digitalen Zwilling. Dabei müsse die gesamte Kette von der Entstehung über die Nutzung bis hin zum Recycling und der erneuten Nutzung, auch unter wirtschaftlicher Abwägung, betrachtet werden, um effiziente Leichtbaustrukturen generieren zu können.

Intelligente Leichtbauprodukte entwickeln

Die zentrale Bedeutung des Leichtbaus für innovative Produkte von morgen betonte Prof. Dr. Christoph Friedrich, Universität Siegen, in seinem Plenumsvortrag. Ziel müsse sein, das Potenzial des Leichtbaus für intelligente Produkte mit Zugewinn für Nutzer und Gesellschaft, aber auch unter Berücksichtigung von wirtschaftlichen Aspekten zu nutzen. Leistungsfähigkeit, Zuverlässigkeit, Preis und Nachhaltigkeit seien dabei wichtige Produktionskriterien. Bei zunehmend komplexen

Produkten seien im Leichtbau Kompetenzen über Werkstoffe, Konstruktion und Fertigung hinaus notwendig. Die etablierten Kennwerte wie Steifigkeit, Dichte oder Festigkeit seien insgesamt nicht mehr ausreichend, auch Kosten, Energie- oder Rohstoffaufwand müssten in die Betrachtung mit einfließen. Dafür seien übergreifend qualifizierte Mitarbeiter/innen die Basis, besonders die Weiterbildung spiele deshalb eine wichtige Rolle.

Im zweiten Plenumsvortrag der Veranstaltung befasste sich Stefanus Stahl von der BMW Group, Additive Manufacturing Campus, Obereschleißheim, mit den Einsatzmöglichkeiten und Potenzialen der additiven Fertigung im Fahrzeugbau, dies auch unter Berücksichtigung von Kostenaspekten. Die additive Fertigung (AF) habe einen enormen Push erfahren, stehe aber in Konkurrenz zu anderen Fertigungstechnologien. Das zusätzliche Reduzieren von Masse und Designvorteile, zum Beispiel zur Umsetzung von zusätzlichen Funktionen, schafften ein enormes Potenzial, besonders die optimierte Geometrie sei ein großer Vorteil, wie er ausführte. So könne man beispielsweise innerhalb eines Bauteils Materialeigenschaften wie Festigkeiten je nach speziellen Anforderungen variieren oder auch nur die Anzahl der Fügstellen reduzieren. Auch zusätzliche Funktionen, beispielsweise der integrierte Bremsflüssigkeitskanal bei einem Bremssattel, böten neue Möglichkeiten.

Dabei müssten AF-gefertigte Bauteile kosteneffizient sein, um in der Serienproduktion eingesetzt zu werden. Kleinere Komponenten additiv zu fertigen, könnte sich durchaus auch bei größeren Stückzahlen lohnen. Je größer ein Bauteil sei, umso schwieriger werde dies. Zuerst müssten Gewicht sowie Material und damit Maschinenkosten minimiert werden, Topologieoptimierung und generatives Design spielten eine große Rolle. Stützstrukturen seien Kostentreiber, die soweit möglich minimiert werden sollten. Und je mehr Bauteile in den Bauraum eines 3D-Druckers passten, umso günstiger werde die Produktion. Bei BMW werde der Motorsport mit geringen Stückzahlen als Erfahrungsfeld genutzt, doch seien bereits auch additiv gefertigte Komponenten im Serieneinsatz, bei denen es gelungen sei, nicht nur Gewichtsvorteile, sondern auch Kosteneffizienz zu erzielen.

Vorträge zeigten die große Bandbreite der Querschnittstechnologie Leichtbau

Im Weiteren standen beim 10. LLC 28 Vorträge in zwölf Sessions mit relevanten Leichtbauthemen auf dem Programm, in denen viele Innovationen, unterschiedliche Forschungsansätze, innovative Fertigungskonzepte und Produktentwicklungen das große Potenzial, aber auch die Herausforderungen des Leichtbaus erkennen ließen.

Einen Paradigmenwechsel für eine effiziente Auslegung, Konstruktion, Optimierung und Fertigung von Platten und Schalen in Faserverbundbauweise verspricht ein von Prof. Dr. Klemens Rother, Hochschule München, vorgestellter Ansatz; dies auf Grundlage von konstanten Materialkennwerten auf Basis der *Trace* beziehungsweise Spur der Steifigkeitsmatrix (Tsai's Modulus) und dem Verzicht auf die bisher üblichen Lagenwinkel (0°, 45°, 90°) bei der Ausrichtung von Laminaten. Er beklagte die häufig traditionell geprägten Denkansätze im Maschinenbau. Dem stimmte auch Wolfram Schmucker von der AT Gesellschaft für technische Realisierung im Bereich Bootsbau und Kunststofftechnik mbH, Gilching, zu, der innovative Lösungen für die Gewichtsreduktion anhand der Substitution schwerer Materialien durch CFK-Bauteile mit dem Tailored Fiber Placement (TFP)-Verfahren vorstellte. Die Ähnlichkeitstheorie stellt für Dr. Michael Roth, PSW automotive engineering GmbH, Gaimersheim, eine Möglichkeit zur

Verringerung der Entwicklungskosten bei der Auslegung von Strukturen zum Beispiel im Fahrzeugbau dar. Eine innovative Warmumformung, die so genannte *Hot Die Forming (HDF)-Technologie*, die eine effiziente Umformung von Metallen und insbesondere von anspruchsvollen Legierungen aus Aluminium, Magnesium oder Stahl verspricht, erläuterte Prof. Dr. Jürgen Hirsch, HoDforming GmbH, Düsseldorf.

Darüber hinaus wurden in weiteren Vorträgen Ergebnisse von Untersuchungen, unter anderem zu Einflüssen von verschiedenen Fertigungsverfahren auf mechanische Eigenschaften von CFK-Rohren, von gekrümmten FVK-Strukturen oder die Vliesstoffherstellung aus recycelten Carbonfaserabfällen vorgestellt. Erkenntnisse zu Reparaturverfahren für geschädigte Duroplast-CFK-Bauteile wurden ebenso erläutert, wie der Vergleich verschiedener Reparaturkonzepte für Metall-Faserverbund Hybridrohre oder der relevante Einfluss der Oberflächenrauigkeit für das strukturelle Kleben von Faserverbundkunststoffen.

Ein neuer Verbundwerkstoff mit in Aluminiumschaum eingelagerten partikelgefüllten Hohlkugeln (HoverLIGHT) mit besonderen Dämpfungseigenschaften, hochtemperaturbeständige hybride Mica-Faltkernsandwichstrukturen oder Metallschäume mit Regelgeometrie sowie per 3D-Druck in Wachs gefertigte Formen waren weitere Themen. Im Bereich der additiven Fertigung wurden auch Studien, beispielsweise zu thermomechanischen Wechselwirkungen beim additiven Schmelzschichtverfahren oder zu mikromechanischen Betrachtungen von additiv hergestellten endlosfaserverstärkten Thermoplasten gezeigt.

Anwendungsbeispiele und Fertigungstechnik aus der Industrie

MAN Truck & Bus SE bot einen Einblick in den aufwändigen Entwicklungsprozess eines neuen Hochdachs für Lkw-Fahrerkabinen in Sandwichbauweise per RTM-Verfahren sowie in die aufwändige Entwicklung eines verlässlichen Simulationsverfahrens zur Bewertung von Schweißnahtverbindungen bei Bussen mit Validierung am Gesamtfahrzeug. Die Entwicklung eines hybriden Bremsscheibenschutzes mit stoffschlüssiger Verbindung zwischen Duroplast und Thermoplast zeigte die KTM E-Technologies GmbH. Einen bauraumoptimierten Wasserstofftank mit innerer Zugverstrebung entwickelten die BMW Group und die Hochschule München.

Technische Neuerungen auf dem Weg vom Tape zum maßgeschneiderten Bauteil im Takt der Spritzgussanlage und die Optimierung des Aufheizprozesses von thermoplastischen Composites erläuterte Engel Austria. Die Vorteile der Optimierung der thermischen Stabilisierung durch Inline-Elektronenbehandlung von Präkursorfasern und faserverstärkten Kunststoffen zeigte die ASIS GmbH. Eine durch Neue Materialien Bayreuth GmbH gezeigte Prozesskette (FORCE – Functionalized Oriented Composites) ermöglicht das Tapeablegen in jeder Winkellage, über einen digitalen Zwilling werde die Produktion simuliert und überwacht. Eine ressourceneffiziente Fertigungstechnologie durch eine digitale Prozesskette unter Einbindung von Blockchain-Technologie wurde bei Neue Materialien Fürth GmbH entwickelt.

Weitere Informationen zu den Vorträgen bietet der Tagungsband zum 10. LLC mit 14 ausgearbeiteten Beiträgen, der kostenpflichtig über die Homepage

www.leichtbau-colloquium.de

bestellt werden kann. Dort finden sich auch aktuelle Informationen zum Landshuter Leichtbau-Kolloquium.

➔ www.haw-landshut.de

Durchsichtige Nanoschichten für mehr Solarstrom

Nanostrukturiertes Material und ein neues Zelldesign ebnen den Weg für die Produktion von Siliziumsolarzellen mit mehr als 26 Prozent Wirkungsgrad

Günstiger als mit Sonne lässt sich heute kein Strom erzeugen. An sonnigen Standorten entstehen derzeit Kraftwerke, die Solarstrom sogar für weniger als zwei Cent pro Kilowattstunde liefern werden. Auf dem Markt erhältliche Solarzellen auf der Basis von kristallinem Silizium machen dies mit Wirkungsgraden von bis zu 23 Prozent möglich und halten daher einen Weltmarktanteil von etwa 95 Prozent. Mit noch höheren Wirkungsgraden von mehr als 26 Prozent könnten die Kosten weiter sinken. Dieses Ziel hat nun eine internationale Arbeitsgruppe rund um Photovoltaikforscher vom Forschungszentrum Jülich mit einem nanostrukturierten, durchsichtigen Material für die Vorderseite von Solarzellen und einem ausgeklügelten Design im Blick. Über ihren Erfolg vieljähriger Forschung berichten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der Fachzeitschrift *Nature Energy*.

Siliziumsolarzellen konnten in den vergangenen Jahrzehnten stetig verbessert werden und haben bereits einen sehr hohen Entwicklungsstand erreicht. Doch noch immer tritt nach der Absorption des Sonnenlichts und der photovoltaischen Erzeugung von elektrischen Ladungsträgern der störende Effekt der Rekombination auf. Dabei vereinen sich bereits erzeugte negative und positive Ladungsträger und löschen sich gegenseitig aus, bevor sie für den Fluss von Solarstrom genutzt werden konnten. Dagegen helfen spezielle Materialien, die eine besondere Eigenschaft – eine Passivierung – aufweisen. *Unsere nanostrukturierten Schichten bieten genau diese gewünschte Passivierung*, sagt der mittlerweile promovierte Doktorand und Erstautor Malte Köhler vom Jülicher Institut

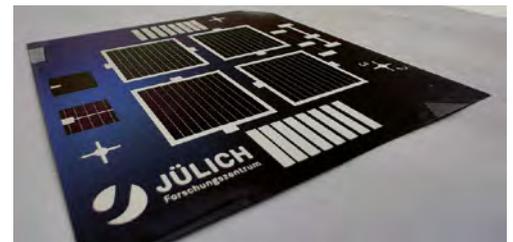


Schichtfolge der neuen Solarzellen mit durchsichtigen Frontschichten (TPC) auf einem Wafer mit zufälliger Pyramidenstruktur: n-dotierter kristalliner Siliziumwafer (grau), nasschemisch gewachsenes Siliziumdioxid (hellblau), passivierendes Siliziumkarbid (rot), leitendes Siliziumkarbid (orange), Indiumzinnoxid (grün) ©Forschungszentrum Jülich

für Energie- und Klimaforschung (IEK-5). Zusätzlich sind die hauchdünnen Schichten transparent – der Lichteinfall wird also kaum reduziert – und zeigen eine hohe elektrische Leitfähigkeit. Nach Aussage von Dr. Kaining Ding, Leiter der Jülicher Arbeitsgruppe, vereint bisher kein anderer Entwicklungsansatz diese drei Eigenschaften – Passivierung, Transparenz, Leitfähigkeit – so gut wie das neue Design der Jülicher Forscher.

Ein erster Prototyp der Jülicher TPC-Solarzelle – die Abkürzung steht für *Transparent Passivating Contact* – erreichte im Labor einen hohen Wirkungsgrad von 23,99 Prozent ($\pm 0,29\%$). Dieser Wert wurde auch von dem unabhängigen CalTeC-Prüflabor des Instituts für Solarenergieforschung in Hameln (ISFH) bestätigt. Damit rangiert die Jülicher TPC-Solarzelle zwar noch etwas unter den bisher besten Laborzellen aus kristallinem Silizium. Doch parallel durchgeführte Simulationen haben gezeigt, dass mit der TPC-Technologie Wirkungsgrade von mehr als 26 Prozent möglich sind. *Zudem haben wir bei der Fertigung nur Verfahren angewendet, die sich relativ schnell in eine Serienproduktion integrieren lassen*, betont Ding den Vorteil gegenüber anderen Forschungsansätzen. Mit dieser Strategie ermöglichen die Jülicher Forschenden, dass ihre Entwicklung aus dem Labor ohne allzu großen Aufwand in einer industriellen Solarzellerfertigung im großen Maßstab übernommen werden kann.

Für die Fertigung der TPC-Schichten waren mehrere Prozessschritte notwendig. Auf einer dünnen Lage aus Siliziumdioxid deponierten die Forscher eine Doppelschicht winziger pyramidenförmiger Nanokristalle aus Siliziumkarbid – aufgetragen bei zwei unterschiedlichen Temperaturen. Zum Abschluss folgte eine durchsichtige Lage aus Indiumzinnoxid. Dabei wendeten Ding und Kollegen nass-



Prototyp einer fertigen Solarzelle in Laborgröße ©Forschungszentrum Jülich

chemische Verfahren, eine Ablagerung aus der Dampfphase (Chemical Vapour Deposition, CVD) und einen sogenannten Sputterprozess an.

Für ihren Erfolg haben die Jülicher Forschenden vom IEK-5 und des Jülicher Ernst-Ruska Zentrums für Elektronenmikroskopie eng mit mehreren Instituten in den Niederlanden, in China, Russland und Ecuador zusammengearbeitet. Zu den Partnern zählen Forschende der RWTH Aachen, der Universität Duisburg-Essen, der Technischen Universitäten Delft und Eindhoven, der Universidad San Francisco de Quito, der Universität und des Kutateladze Institute of Thermophysics in Novosibirsk und der Sun Yat-Sen Universität in Guangzhou. In weiteren Schritten will die Arbeitsgruppe um Kaining Ding die Stromausbeute ihrer TPC-Solarzellen weiter optimieren. Die Forscher rechnen auch mit einem großen Interesse der Solarzellhersteller an ihrer Technologie.

Kontakt:

Dr. Kaining Ding, Silicon Heterojunction Solar Cells and Modules, Institut für Energie- und Klimaforschung, Photovoltaik (IEK-5); E-Mail: k.ding@fz-juelich.de

Originalveröffentlichung:

Malte Köhler et al.: A silicon carbide-based highly transparent passivating contact for crystalline silicon solar cells approaching efficiencies of 24 %; *Nature Energy*, 15. April 2021, DOI: 10.1038/s41560-021-00806-9

➔ www.fz-juelich.de

Gemeinsam für mehr Nachhaltigkeit

Auf der Suche nach einer hypophosphitfreien Passivierung konnte die partnerschaftliche Zusammenarbeit von Reisser Schraubentechnik und Dörken mal wieder überzeugen

Nachhaltigkeit, Umweltschutz und Klimawandel sind längst keine Nischenthemen mehr, sondern finden größten Anklang in unserer Gesellschaft. Einen Bereich bildet hierbei das Thema (industrielle) Abwasser und die Überführung ins Gewässer. Im Rahmen der Umweltgesetzgebung werden deshalb Grenzwerte für chemische Bestandteile in Abwässern definiert und vorgegeben. Dazu zählt auch Hypophosphit. Grundsätzlich ist Phosphor für Menschen, Tiere und Pflanzen ein lebenswichtiges Spurenelement. In der Umwelt kann jedoch eine übermäßige Eintragung von Phosphat(-verbindungen) im Abwasser zu Problemen wie der Überdüngung von Gewässern führen [1]. Das heißt, dass zum Beispiel Pflanzen in Gewässern zu übermäßigem Wachstum angeregt werden und infolgedessen Sauerstoffmangel oder sogar Fischsterben auftreten kann. Im Rahmen galvanischer Prozesse ist zudem problematisch, dass sich wasserlösliche Komplexe mit toxischen Metallionen bilden, welche dann über Fällung nicht mehr aus dem Abwasser zu entfernen sind.

Um diesem Problem entgegenzuwirken, haben sich die Reisser Schraubentechnik GmbH und Dörken gemeinsam auf den Weg gemacht, um eine neue Passivierung ohne Zusatz von Hypophosphit zu entwickeln. Dabei war es wichtig, dass diese Passivierung einen hohen Korrosionsschutz, Temperaturstabilität und die Kompatibilität mit bestehenden Topcoats beziehungsweise Versiegelungsprodukten gewährleistet. Reisser Schrauben-



Alkalisch Zink mit Passivierung DELTA®-PASSIVATION SHINY 30 und Topcoat im Vergleich: unbelastet (l.) und nach 720 h Korrosionstest gemäß DIN EN ISO 9227 (r.)

(Bild: Dörken Coatings GmbH & Co. KG)

technik GmbH aus Ingelfingen ist einer der führenden Edelstahl-Schraubenhersteller in Europa und Lizenznehmer für DELTA-PRO-ZINC® und Zinklamellensysteme von Dörken. Gemeinsam mit dem Herdecker Unternehmen und den Anlagenherstellern A.S.T. und Forplan Surface Technology entwickelten sie im vergangenen Jahr eine hochmoderne Galvanik-Trommelanlage, die als eine der modernsten weltweit auf dem Gebiet der legierungsfreien Zinktechnologie gilt. Bereits bei diesem Projekt überzeugte die vertrauensvolle Zusammenarbeit aller Beteiligten. Und auch das neue Projekt konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Nach mehreren Monaten gemeinsamer Arbeit wurde DELTA®-PASSIVATION SHINY 30 entwickelt und produziert, das die Anforderungen vollständig erfüllt. Die Passivierung ist chrom(VI)frei, auf sauer und alkalisch Zink applizierbar und als Dickschicht- und Blaupassivierung einsetzbar.

Die zusätzlichen Vorteile: Die Rezeptur kommt ohne Hypophosphit aus, die Bad-

standzeiten konnten signifikant verlängert und die Ansatzkonzentration verringert werden. Das Ergebnis lässt sich sehen: Bei einer sauren Verzinkung in der Trommelanlage kann mit dem Systemaufbau bestehend aus der Passivierung DELTA®-PASSIVATION SHINY 30 + Topcoat ein Korrosionsschutz von bis zu 1000 Stunden ohne Rotrost für Bauteile erzielt werden.

Mit Reisser Schraubentechnik haben wir einen Kunden, der die Problemstellung partnerschaftlich und agil angegangen ist, berichtet Matthias Basler, Application Engineer bei Dörken. Gemeinsam mit unserer Forschungs- und Entwicklungsabteilung haben wir ein Produkt entwickelt, das nicht nur unter den geforderten Grenzwerten liegt, sondern auch einwandfreie Korrosionsergebnisse nach Temperaturbelastung aufzeigt.

Literatur

[1] <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/umwelt-natur/abfall-und-kreislaufwirtschaft/kreislaufwirtschaft/recycling-und-abfalltechnik/phosphor-rueckgewinnung/>

➔ www.doerken-mks.de

Customized Solutions

Oberflächenveredelung – Perfektion für Ihren Erfolg!

B + T
Unternehmensgruppe

Wir sind eine hochinnovative Unternehmensgruppe mit viel Erfahrung: Wir sind Mit- und Vorausratgeber, Präzisionsexperte, Prozessoptimierer, Prüfspezialist, Problemlöser, Qualitätsmaximierer, Rundum-Dienstleister und Mehrwert-Erbringer.

Gern auch für Sie.

B+T Unternehmensgruppe

10 Jahre Thüringer Innovationszentrum Mobilität

Das Thüringer Innovationszentrum Mobilität (ThIMo), das an der Technischen Universität Ilmenau angesiedelt ist, feiert zehnjähriges Jubiläum. Seitdem es 2011 als größtes Einzelprojekt der Universität gestartet wurde, hat es sich zu einem international renommierten Wissenschaftszentrum für Mobilitätsforschung entwickelt. Wissenschaftler aus 13 Fachgebieten und vier Fakultäten spüren Trends nachhaltiger Mobilität auf, entwickeln innovative Lösungen und unterstützen so den weltweiten Strukturwandel der Automobilbranche.

Seit zehn Jahren entwickeln hochspezialisierte Wissenschaftler, unterstützt durch ein leistungsfähiges Team in Technik und Verwaltung, im Thüringer Innovationszentrum Mobilität über Fachgrenzen hinweg und in enger Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen und Industrie Technologien für eine sichere und vernetzte, umwelt- und ressourcenschonende, schadstoffarme und effiziente Mobilität der Zukunft. Die hochmoderne Ausstattung an Mess- und Prüftechnik ermöglicht zusammen mit erheblicher personeller und finanzieller Unterstützung durch die TU Ilmenau die Erforschung von neuen Technologien in fünf Kernkompetenzen: Antriebstechnik, Fahrzeugtechnik, Funk- und Informationstechnik, Kunststofftechnik und Leichtbau sowie Leistungselektronik und funktionale Integration.

Ideenschmiede für den Transfer von Wissen und Technologien

Um den tiefgreifenden Strukturwandel in der Automobilbranche und deren Zulieferindustrie, aber auch in den Informations- und Kommunikationstechnologien, hin zu nachhaltiger Mobilität voranzutreiben, leistet das Thüringer Innovationszentrum Mobilität als Ideenschmiede wesentliche Beiträge zum Transfer von Wissen, Technologien und Innovationen in industriell umsetzbare Lösungen. Die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie deckt dabei die gesamte Innovationskette ab, reicht also von der Grundlagenforschung über Verbundvorhaben mit Endanwendern bis zu Auftragsforschung und Dienstleistungen. Ein Forschungsschwerpunkt am ThIMo ist straßen- und schienengebundene Mobilität; das Innovationszentrum ist aber auch ingenieurwissenschaftliches Ausbildungszentrum für Fachkräfte der Automobilbranche, Beratungszentrum und Partner der von der EU initiierten Spezialisierungsstrategie in Thüringen und der Automotive Agenda Thüringen, also des Fahrplans des Freistaats zur Unterstützung des Transformationsprozesses der Thüringer Automobil- und Zulieferindustrie.

300 Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft in der ganzen Welt

Um seine Forschung voranzutreiben, hat das Thüringer Innovationszentrum Mobilität im Laufe seines zehnjährigen Bestehens Drittmittel in Höhe von insgesamt rund 50 Millionen Euro eingeworben. Das Zentrum arbeitet mit über 300 Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft in der ganzen Welt zusammen. In Thüringen ist es mit großen Industriernetzwerken verbunden, etwa dem automotiv-thüringen, einem Netzwerk von 100 Thüringer Automobilzulieferern, dem Thüringer Kunststoff-Cluster PolymerMat und elmug, einem Netzwerk von 90 Thüringer Einrichtungen im Bereich der Mess- und Gerätetechnik.

Neues Leitungsgremium

Nach dem Ausscheiden seines Gründervaters Prof. Klaus Augsburg in den Ruhestand, der das Thüringer Innovationszentrum Mobilität initiierte und nachhaltig prägte, steht das Zentrum unter der Führung eines neuen Leitungsgremiums, das nun dessen wissenschaftliche und operative Aufgaben steuert: Prof. Matthias Hein, der seit der ThIMo-Gründung den Bereich Funk- und Informationstechnik verantwortet, ist zum neuen Direktor gewählt worden. Stellvertretender Direktor ist Prof. Florian Puch, soeben an der TU Ilmenau zum Leiter des Fachgebiets Kunststofftechnik berufen und wissenschaftlicher Leiter des Thüringischen Instituts für Textil- und Kunststoff-Forschung in Rudolstadt. Er verantwortet am ThIMo die Kernkompetenz Kunststofftechnik und Leichtbau. Das Leitungsduo wird durch einen vierköpfigen Vorstand unterstützt, der alle fünf ThIMo-Kernkompetenzen abdeckt.

Das neue ThIMo-Führungsteam hat bereits Pläne für eine ganze Reihe von konkreten Projekten für nachhaltige, intelligente Mobilität und Logistik in Thüringen. Dazu gehört die wissenschaftliche Begleitung eines Projekts des Ilm-Kreises, der Stadt Ilmenau und der IOV Omnibusverkehr Ilmenau GmbH, in dem schon bald autonome, also selbstfah-



Der neue Direktor des ThIMo, Prof. Matthias Hein (© TU Ilmenau/Michael Reichel)

rende, Campus-Busse zwischen Universitätsgelände und Bahnhof zum Einsatz kommen werden. Bereits heute ist das ThIMo an einem weiteren Projekt beteiligt, das, koordiniert durch die Stadt Ilmenau, die Region zu einer 5G-Modellregion des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur machen soll.

Forschungsoffensive Digitale Mobilität

Für die Zukunft rüstet sich das ThIMo zu einer Forschungsoffensive Digitale Mobilität. So wird es seine Bewerbung als Außenstelle des Deutschen Zentrums für Mobilität der Zukunft abgeben, mit dem der Bund Deutschland zum international führenden Land nachhaltiger und in die Zukunft gerichteter Mobilität machen will. Hierfür erarbeitet das ThIMo ein Konzept für den Aufbau eines *Digitalen Korridors Mitteldeutschland*. Die wissenschaftlich-technischen, geografischen und logistischen Gegebenheiten des Freistaats sollen wirkungsvoll genutzt werden, um die Mobilität der Zukunft zu erforschen und wirtschaftlich nutzbar zu machen. *Unserer Erfahrungen, Expertise und Partnernetzwerke sind reif für das nächste Jahrzehnt innovativer Mobilitätsforschung, so die Vision von Prof. Matthias Hein.*

Kontakt:

Prof. Matthias Hein, Direktor Thüringer Innovationszentrum Mobilität
E-Mail: matthias.hein@tu-ilmenau.de

www.tu-ilmenau.de

Moiré-Effekt: Wie sich Materialeigenschaften verdrehen lassen

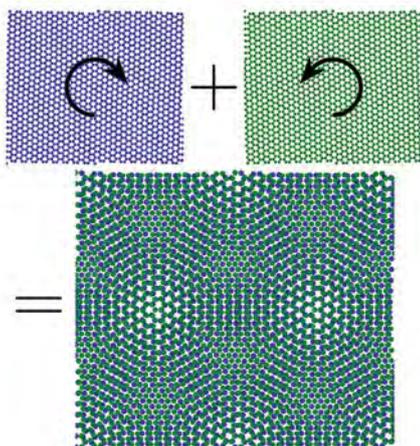
2D-Materialien haben einen Boom in der Materialforschung ausgelöst. Nun zeigt sich: Spannende Effekte treten auf, wenn zwei derartige Schichtmaterialien aufeinandergestapelt und leicht verdreht werden

Die Entdeckung des Materials Graphen, das nur aus einer einzigen Lage von Kohlenstoffatomen besteht, war der Startschuss für ein weltweites Forschungswettrennen: Aus unterschiedlichen Atomsorten werden heute sogenannte 2D-Materialien hergestellt – atomar dünne Schichten, die oft ganz besondere Materialeigenschaften aufweisen, wie sie in herkömmlichen, dickeren Materialien nicht zu finden sind.

Nun wird diesem Forschungsbereich ein weiteres Kapitel hinzugefügt: Werden zwei solche 2D-Schichten im richtigen Winkel gestapelt, ergeben sich nochmals neue Möglichkeiten. Durch die Art, in der die Atome der beiden Schichten interagieren, entstehen komplizierte geometrische Muster, und diese Muster haben entscheidende Auswirkungen auf die Materialeigenschaften, wie ein Forschungsteam der TU Wien und der Universität von Texas (Austin) nun zeigen konnte. Phononen – die Gitterschwingungen der Atome – werden ganz wesentlich durch den Winkel beeinflusst, in dem die beiden Materialschichten aufeinandergelegt werden. Somit können mit winzigen Drehungen einer solchen Schicht die Materialeigenschaften maßgeblich verändert werden.

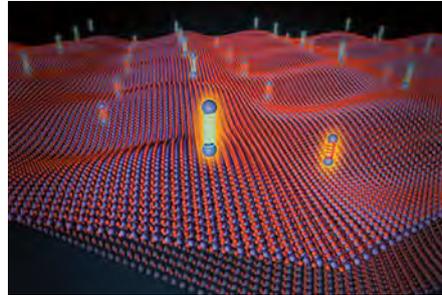
Der Moiré-Effekt

Die entscheidende Grundidee kann einfach mit zwei Stück Fliegengitter getestet werden – oder mit anderen regelmäßigen Strukturen, die übereinander gelegt werden: Wenn beide



Darstellung des Moiré-Effekts

(Bild: Erik Zumalt, Lukas Linhart)



3D-Graphik der beiden Materialschichten (Bild: Erik Zumalt, Lukas Linhart)

Gitter perfekt deckungsgleich aufeinanderliegen, ist von oben betrachtet kaum erkennbar, ob es sich um ein oder zwei Gitter handelt. An der Regelmäßigkeit der Struktur hat sich nichts geändert. Wenn nun aber eines der Gitter um einen kleinen Winkel verdreht wird, dann gibt es Stellen, an denen die beiden Gitter ungefähr zueinanderpassen, und andere Stellen, an denen sie ungefähr gegengleich zu liegen kommen. So lassen sich interessante Muster erzeugen – das ist der bekannte Moiré-Effekt.

Genau dasselbe könne auch mit den Atomgittern zweier Materialschichten erzielt werden, wie Dr. Lukas Linhart vom Institut für Theoretische Physik der TU Wien erläutert. Das Bemerkenswerte daran ist, dass sich dadurch bestimmte Materialeigenschaften dramatisch ändern können – so wird etwa Graphen, wenn zwei Schichten davon auf die richtige Weise kombiniert sind, zum Supraleiter. *Wir untersuchten Schichten von Molybdädisulfid, das ist neben Graphen wohl eines der wichtigsten 2D-Materialien*, so Prof. Florian Libisch, der das Forschungsprojekt an der TU Wien leitete. Werden zwei Schichten dieses Materials aufeinandergelegt, treten sogenannte Van-der-Waals-Kräfte zwischen den Atomen dieser beiden Schichten auf. Das sind relativ schwache Kräfte, aber sie reichen aus, um das Verhalten des Gesamtsystems völlig zu verändern. In aufwändigen Computersimulationen analysierte das Forschungsteam, welchen Zustand die neue Zweischichtstruktur aufgrund dieser schwachen Zusatzkräfte annimmt, und wie das die Schwingungen der Atome in den beiden Schichten beeinflusst.

Auf den Drehwinkel kommt es an

Durch eine geringe Verdrehung der beiden Schichten führen die Van-der-Waals-Kräfte dazu, dass die Atome beider Schichten ihre Positionen geringfügig verändern. In den von Dr. Jiamin Quan von der UT Texas in Austin geleiteten Experimenten konnten die Rechenergebnisse bestätigt werden: Durch den Drehwinkel lässt sich einstellen, welche Atomschwingungen in dem Material physikalisch überhaupt möglich sind.

Materialwissenschaftlich sei es eine wichtige Sache, auf diese Weise Kontrolle über die Phononenschwingungen zu haben, so Lukas Linhart. Dass elektronische Eigenschaften eines 2D-Materials verändert werden können, indem zwei Schichten miteinander verbunden werden, war schon vorher bekannt. Aber dass auch die mechanischen Schwingungen im Material dadurch gesteuert werden können, eröffnet nun neue Möglichkeiten: Phononen und elektromagnetische Eigenschaften hängen eng miteinander zusammen. Über die Schwingungen im Material kann daher in wichtige Vielteilchen-Effekte steuern eingegriffen werden. Nach dieser ersten Beschreibung des Effekts für Phononen versucht das Team nun Phononen und Elektronen kombiniert zu beschreiben und hofft so, mehr über wichtige Phänomene wie Supraleitung zu erfahren.

Der materialphysikalische Moiré-Effekt macht also das ohnehin bereits reichhaltige Forschungsfeld der 2D-Materialien noch reichhaltiger – und erhöht die Chancen, weiterhin neue Schichtmaterialien mit bisher unerreichten Eigenschaften zu finden und ermöglicht den Einsatz von 2D-Materialien als Versuchsplattform für ganz fundamentale Eigenschaften von Festkörpern.

Originalpublikation

J. Quan et al., Phonon renormalization in reconstructed MoS₂ moiré superlattices; Nature Materials, 2021; <https://dx.doi.org/10.1038/s41563-021-00960-1>

Kontakt

Prof. Florian Libisch, Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Wien; florian.libisch@tuwien.ac.at
Dr. Lukas Linhart, Institut für Theoretische Physik, Technische Universität Wien; lukas.linhart@tuwien.ac.at

Ein umfassender Ansatz für hocheffiziente Perowskit-Solarzellen

Forscherinnen und Forscher des Instituts für Angewandte Physik (IAP) und des Center for Advancing Electronics Dresden (cfaed) an der TU Dresden haben eine allgemeine Methode für die reproduzierbare Herstellung von hocheffizienten Perowskitsolarzellen entwickelt. Die Studie wurde im *Journal Nature Communications* veröffentlicht.

Perowskite sind eine Materialklasse, die erstmals im frühen 19. Jahrhundert beschrieben wurde. Im Jahr 2009 wurden sie als mögliches Material für die Energiegewinnung aus Solarzellen *wiederentdeckt*. Seitdem haben sie die Forschung im Bereich von neuartigen Photovoltaiktechnologien auf den Kopf gestellt. Ihre Wirkungsgrade konnten mit noch nie da gewesener Geschwindigkeit verbessert werden. Diese Effizienzsteigerung war so rapide, dass im Jahr 2021, nach einem guten Jahrzehnt Forschung, Perowskite bereits Leistungen und Wirkungsgrade erreichen, die sich kaum noch von konventionellen Silizium-solarzellen unterscheiden. Was Perowskite besonders vielversprechend macht, ist die Art und Weise, mit der sie hergestellt werden können. Im Gegensatz zu Silizium-basierten Elementen, die schwer sind und hohe Temperaturen in der Herstellung benötigen, sind Perowskitbauteile leicht und lassen sich durch einen viel geringeren Energieeinsatz fertigen. Diese Kombination aus hoher Effizienz und einfacher Herstellung hat die Forschung auf diesem Gebiet beflügelt.

Während die Leistungsfähigkeit von Perowskitsolarzellen in die Höhe stieg, wurden andere wichtige Entwicklungen, die es braucht, um eine solche Technologie kommerziell erfolgreich zu machen, vernachlässigt. Ein Problem, dass die Entwicklung von Perowskiten erschwert, ist die geringe Reproduzierbarkeit der elektrischen Bauteile. Während manche Solarzellen die angestrebte Leistungsfähigkeit erreichen können, zeigen andere, die in der exakt gleichen Art und Weise hergestellt wurden, oft signifikant geringere Effizienzen, was die Wissenschaftsgemeinde zusehends frustrierte und ratlos machte.

Jetzt haben Forscherinnen und Forscher der Forschungsgruppe *Neuartige Elektronik-Technologien* unter Leitung von Prof. Yana

Vaynzof die fundamentalen Prozesse identifiziert, die während der Schichtbildung der Perowskite ablaufen, und welche die Reproduzierbarkeit der Photovoltaikbauelemente maßgeblich beeinflussen.

Bei der Herstellung von Perowskitschichten aus einer Lösung wird im entscheidenden Prozessschritt ein Anti-Lösungsmittel aufgetragen, das die Kristallisation des Materials initiiert. *Wir haben herausgefunden, dass die Dauer, für die die Perowskitschichten dem Anti-Lösungsmittel ausgesetzt sind, einen dramatischen Einfluss auf die finale Bauteilleistung hat.* Das sei eine wichtige Variable, die bisher im Herstellungsprozess keine Beachtung gefunden habe, sagt Dr. Alexander Taylor, Postdoktorand in der Vaynzof-Gruppe und Erstautor der Studie. Dies beruht laut Dr. Taylor auf der Tatsache, dass gewisse Anti-Lösungsmittel die Bestandteile der Perowskitschichten teilweise herauslösen und so letztlich deren Zusammensetzung verändern können. Zusätzlich beeinflusst die Mischbarkeit zwischen dem Anti-Lösungsmittel und dem Lösungsmittel, in dem die Perowskite zuvor gelöst waren, den Zeitpunkt des Einsetzens der Kristallisation.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei der Herstellung von PV-Bauelementen im Labor Unterschiede im Prozessschritt des Anti-Lösungsmittels die sehr geringe Reproduzierbarkeit und schwankende Leistungsfähigkeit der Perowskitbauteile erklären können. Im weiteren Verlauf der Studie testeten die Forscher eine breite Palette von Anti-Lösungsmitteln und konnten zeigen, dass bei kontrollierter Berücksichtigung der beschriebenen Phänomene quasi jedes Anti-Lösungsmittel hocheffiziente Bauteile erzeugen kann.

Durch die Identifizierung der Schlüsseigenschaften, die ein gutes Anti-Lösungsmittel aufweisen muss, um qualitativ hochwertige



Perowskitschichten zu erzeugen, können wir vorhersagen, wie ein neues Anti-Lösungsmittel angewendet werden muss. Somit entfällt die mühsame und oft durch Ausprobieren erreichte Optimierung dieses Prozessschrittes, fügt Dr. Fabian Paulus, Leiter der Forschungsgruppe *Transport in Hybridmaterialien* am cfaed und Mitwirkender der Studie, hinzu.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Studie ist nach Aussage von Studienleiterin Prof. Yana Vaynzof, dass die Forschenden zeigen konnten, wie eine optimale Anwendung eines Anti-Lösungsmittels das Prozessierungsfenster von Perowskit-Photovoltaikbauteilen beträchtlich vergrößern kann. *Unsere Ergebnisse auf diesem Gebiet bieten damit wertvolle Einblicke, um eine Weiterentwicklung dieser vielversprechenden Technologie in ein kommerziell erfolgreiches Produkt zu ermöglichen.*

Kontakt:

Prof. Yana Vaynzof, Professur für Neuartige Elektronik-Technologien, Center for Advancing Electronics Dresden cfaed an der TU Dresden

E-Mail: yana.vaynzof@tu-dresden.de

Originalpublikation:

Alexander D. Taylor, Qing Sun, Katelyn P. Goetz, Qingzhi An, Tim Schramm, Yvonne Hofstetter, Maximilian Litterst, Fabian Paulus & Yana Vaynzof: A general approach to high-efficiency perovskite solar cells by any antisolvent: *Nature Communications* 12 (2021), Art. nr. 1878, DOI: 10.1038/s41467-021-22049-8; <https://www.nature.com/articles/s41467-021-22049-8>

➔ www.tu-dresden.de

Werden Sie **Abonnent** und nutzen Sie die Inhalte der Plattform in vollem Umfang!

Fachbeiträge in digitaler Form mit allen Möglichkeiten der modernen Medien!

1 Monat kostenfrei zum Kennenlernen!

Kommen Sie auf unsere Webseite: www.womag-online.de

Umfassend und immer auf dem neuesten Stand!

HoLiB und MikroPuls:

Doppelter Lasereinsatz für die Produktion von Batteriezellen

Der Aufbau leistungsfähiger Produktionszentren für Batteriezellen steht weit oben auf der aktuellen Agenda der Automobilindustrie. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen arbeitet proaktiv an diesem Ziel mit: So erforschen Aachener Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im BMBF-Projekt *HoLiB* und im AiF-Projekt *MikroPuls*, wie sich Lasertechnik zum wirtschaftlichen Kontaktieren und Fügen artungleicher Werkstoffe einsetzen lässt.

Die Trendwende vom Verbrennungsmotor zum Elektroantrieb ist nicht mehr aufzuhalten. Doch sie gelingt nur dann, wenn sich Batteriezellen auch effizient und prozesssicher herstellen sowie zu Modulen und Packs verschalten lassen. So kann der anstehende große Bedarf an Speicherkapazität zuverlässig abgedeckt werden.

Effizienzschub für Lithiumionenbatterien

Gefragt sind zum Beispiel Prozesse, mit denen sich Lithiumionenbatterien deutlich produktiver herstellen lassen als bisher. Im BMBF-Projekt *HoLiB – Hochdurchsatzverfahren in der Fertigung von Lithium-Ionen-Batterien* des Kompetenzclusters zur Batteriezellproduktion (ProZell) geht es um neue Technologien zur Konfektionierung, Stapelbildung und Kontaktierung sowie um die Reduzierung nicht wertschöpfender Zeiteile innerhalb der gesamten Prozesskette.

Die TU Braunschweig entwickelt für das Konfektionieren einen Laserstanzprozess, mit dem sich Elektroden in Millisekunden aus einer bewegten Elektrodenbahn ausschneiden lassen. Ein rotierendes Stapelrad legt Anoden und Kathoden-Separator-Verbünde einzeln ab und stapelt sie alternierend in einem Magazin. Hier kommt das Fraunhofer ILT ins Spiel: Es entwickelt und qualifiziert ein Laserverfahren, mit dem sich Anoden und Kathoden mit den Kontakten, den so genannten Ableitertabs, verbinden lassen. Weil die Anoden aus Kupfer, die Kathoden aus Aluminium und die Ableitertabs aus beiden Werkstoffen bestehen, entschieden sich die Aachener dazu,

drei unterschiedliche Strahlquellen zu erproben. Es kommen ein blauer Diodenlaser (Wellenlänge: 450 nm), ein grüner Scheibenlaser (515 nm) und ein Infrarotfaserlaser (1070 nm) zum Einsatz. *Wir untersuchen, welche Strahlquelle sich für welche Fügeaufgabe am besten eignet*, erklärt Johanna Helm, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Fraunhofer ILT. Der Test der drei Strahlquellen habe bereits ergeben, dass sich der Folienstapel prozesssicher durchschweißen lasse. Aktuell verifizieren die Forschenden die Prozessfenster und führen bei den Ableitertabs Schweißversuche durch. Die Wissenschaftlerin schlug außerdem den Einsatz eines Drehtellers mit mehreren Stationen vor, auf denen sich die Elektroden für das Kontaktieren stapeln lassen. Das Ablegen der 20 Anoden und Kathoden durch ein Stapelrad geschieht im 0,1-Sekunden-Takt, so dass innerhalb von zwei Sekunden ein Stapel fertig ist. Wenn dieser auf einer Station des Drehtel-

lers steht, dreht sich der Teller schnell weiter, damit das rotierende Stapelrad weitere Anoden und Kathoden auf dem nächsten freien Platz ablegen kann. Parallel kann der laserbasierte Kontaktierungsprozess für den ersten abgelegten Stapel ohne Zeitverlust starten.

Nanosekunden-Laserpulse schonen wärmeempfindliche Bauteile

Das Verbinden von Batteriezellen behandelt das AiF-Projekt *MikroPuls*. Mit Unterstützung von Industriepartnern entwickelt das Fraunhofer ILT hier Prozesse, die Kupfer, Aluminium und Stahl mit einem im Nanosekundenbereich gepulsten Infrarotfaserlaser miteinander verbinden.

Es handelt sich um anspruchsvolle Prozesse, weil sich die elektrischen, dünnen Kontakte thermisch sensibel verhalten und nicht zu sehr erhitzt werden dürfen. Hier kommt es auf die Balance an: Wenn zu wenig Schweiß-

Über HoLiB und MikroPuls

Am Projekt *HoLiB – Hochdurchsatzverfahren in der Fertigung von Lithium-Ionen-Batterien*, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird, (Laufzeit: 1.10.2019–30.09.2022) beteiligen sich:

- TU Braunschweig, Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik IWF (Koordinator)
- TU Braunschweig, Institut für Füge- und Schweißtechnik (ifs)
- TU Berlin, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF)
- Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen/

Am Projekt *MikroPuls – Feinkontaktierung thermisch empfindlicher Werkstoffe der Elektrotechnik mittels kurzen Laserpulsen*, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), der AiF Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen »Otto von Guericke« e.V. und dem Deutschen Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. gefördert wird, (Laufzeit: 1.10.2019–30.09.2021) beteiligen sich im projektbegleitenden Ausschuss:

- Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen (Koordinator)
- BBW Lasertechnik GmbH, Prutting
- BLS Lasertechnology GmbH, Grafenau
- Class 4 Laser Professionals AG, Lyss (CHE)
- Hugo Kern und Liebers GmbH & Co. KG, Schramberg
- Inovan Präzisionsteile GmbH & Co. KG, Stolberg
- Kupferberatung Technology Labor, Düsseldorf
- LaserJob GmbH, Fürstfeldbruck
- Laser-Mikrotechnologie Dr. Kieburg GmbH, Berlin
- Scansonic MI GmbH, Berlin
- SPI Lasers UK (TRUMPF Laser UK)



Lasergeschweißte Kupferverbinder an zylindrischen Zellen © Fraunhofer ILT, Aachen

WERKSTOFFE



Fügeprozess mit blauem Diodenlaser
(© Fraunhofer ILT, Aachen)

Energie eingebracht wird, fehlt der Verbindung die mechanische Stabilität. Bei zu viel Energie wird die Wirkungsweise der Batterien beeinträchtigt oder die Lebensdauer verkürzt. Manche der empfindlichen Elektrolyte werden nach Aussage von Elie Haddad, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer ILT, bereits bei 60 °C zerstört. Hier kommt der schnelle MikroPuls-Prozess infrage, mit dem sich bei einer maximalen mittleren Leistung von 200 Watt sogar Kupferschweißungen realisieren ließen, die wenig Energie in die Bauteile einbringen.

Eine besondere Herausforderung sind auch die artungleichen Verbindungen, etwa zwischen Kupfer und Aluminium. Haddad zufolge entstehen hier schnell intermetallische Phasen, welche die Qualität der Schweißnaht verschlechtern. *Sie können zum Beispiel dazu führen, dass hohe Übergangswiderstände auftreten, die entweder zu hohen Verlusten durch Hitze oder zu spröden Verbindungen führen, die den mechanischen Kräften nicht mehr standhalten können*, so Haddad. Mit Zug-Scher-Experimenten und REM-Aufnahmen analysieren die Experten die Ergebnisse der Schweißversuche, auch um die intermetallischen Phasen zu verringern. Eine wichtige Rolle spielt das gezielte Ermitteln der optimalen Parameter, mit denen Anwender auch artungleiche Verbindungen prozesssicher mit gleichbleibender Einschweißtiefe und hoher Schweißgüte realisieren können.

Versuche unter anderem mit Kupfer-Aluminium-Verbindungen an Pouch-Zellen und Kupfer-Stahl-Verbindungen an zylindrischen Zellen ergaben, dass sich mit der MikroPuls-

Fügung ebenso gute Verbindungen wie beim kontinuierlichen CW-Schweißen erzielen lassen – bei deutlich geringerem Energieaufwand, höherer Wiederholgenauigkeit und geringeren intermetallischen Phasen. Einziger Nachteil: Der Schweißprozess dauert in der Regel länger. Es gibt also noch Parameter, die es zu verbessern gilt.

Die Aachener haben bereits eine Anlage in Betrieb, die sowohl einen CW-Faserlaser als auch einen Nanosekunden-gepulsten Faserlaser integriert hat. Dabei lassen sich die Strahlquellen individuell ansteuern. Die Anlage kann nicht nur fügen, sondern zum Beispiel auch Material abtragen, etwa um Oberflächen zu strukturieren.

Kontakt:

M. Sc. Johanna Helm,
E-Mail: johanna.helm@ilt.fraunhofer.de
M.Sc. Elie Haddad,
E-Mail: elie.haddad@ilt.fraunhofer.de

➔ www.ilt.fraunhofer.de

≡ Stichtag für Chrom(VI) rückt näher

DEKRA bietet Messung und Analytik und weist darauf hin, dass die Frist nur noch bis 18. Juni 2021 läuft

Für die weitere Verwendung von Chromtrioxid (Chrom(VI)oxid) laufen die Fristen für die Zulassungsentscheidung in Kürze aus. Unternehmen, die Chrom(VI) weiterverwenden, müssen die vorgeschriebenen Messungen bis 18. Juni 2021 durchgeführt haben, erinnern die Schadstoffexperten der DEKRA Messstelle. Bis Ende dieses Jahres benötigt die europäische Chemikalienagentur ECHA die Messergebnisse für die Zulassungsentscheidungen.

2013 wurde Chromtrioxid (Chrom(VI)oxid) aufgrund seiner mutagenen und krebserzeugenden Gefahrstoffeigenschaften in die Liste der zulassungspflichtigen Stoffe der REACh-Verordnung aufgenommen. Der Stoff kommt unter anderem bei Oberflächenbehandlungen zum Einsatz – zur Erhöhung des Korrosionsschutzes oder zu Erzeugung von optisch ansprechenden Oberflächen.

Betroffen von dem Stoffverbot sind direkt die Galvanikbranche, die Chrom(VI) einsetzt, und indirekt Industriezweige wie der Maschinenbau. Unter bestimmten Voraussetzungen kann die europäische Chemikalienagentur ECHA die Weiterverwendung genehmigen,

beispielsweise, wenn Chrom(VI) nicht einfach substituiert werden kann.

Unternehmen, die Chrom(VI) bis zum 21. September 2024 als Reinstoff oder in Gemischen weiterverwenden wollen, müssen für ihren Zulassungsantrag zwingend eine Expositionsmessung vornehmen. Die Messungen umfassen beispielsweise Belastungen an den Arbeitsplätzen, des Abwassers oder Emissionen in die Umwelt. Diese Messungen müssen bis zum 18. Juni 2021 erfolgt sein, die Messergebnisse müssen bis zum 18. Dezember 2021 an die ECHA übermittelt werden. Diese Expositionsmessungen müssen während des genehmigten Weiterbetriebs jährlich wiederholt werden. DEKRA bietet mit seiner akkreditierten Messstelle – für Gefahrstoffe (nach §7 Abs. 10 GefStoffV) und Umwelt (nach §§ 26, 29b BImSchG) – die langjährige Erfahrung für die Messungen und mit dem akkreditierten Labor eine zuverlässige Analytik.

Seit 95 Jahren arbeitet DEKRA für die Sicherheit: Aus dem 1925 in Berlin gegründeten Deutschen Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein e. V. ist eine der weltweit führenden Expertenorganisationen geworden. Die



DEKRA SE ist eine hundertprozentige Tochtergesellschaft des DEKRA e. V. und steuert das operative Geschäft des Konzerns. Im Jahr 2020 hat DEKRA einen Umsatz von voraussichtlich 3,2 Milliarden Euro erzielt. Mehr als 43 000 Mitarbeitende sind in rund 60 Ländern auf allen fünf Kontinenten im Einsatz. Mit qualifizierten und unabhängigen Expertendienstleistungen arbeiten sie für die Sicherheit im Verkehr, bei der Arbeit und zu Hause. Das Portfolio reicht von Fahrzeugprüfungen und Gutachten über Schadenregulierung, Industrie- und Bauprüfung, Sicherheitsberatung sowie die Prüfung und Zertifizierung von Produkten und Systemen bis zu Schulungsangeboten und Zeitarbeit.

➔ www.dekra.de/de/arbeitsplatzmessung

UNSER WEG GEHT WEITER

Unser Konzept und die Umsetzung der Autorisierung haben sich über Jahre entwickelt. Dabei sind starke Strukturen gewachsen.

Das Konzept der Clusterautorisierung, die Datenbank, der Formulator und das Netzwerk vecco:net eröffnen unseren Mitgliedern Perspektiven für die Zukunft.

Mehr über uns unter: www.vecco.de



Fraunhofer IPA zu Gast beim Bundespräsidenten

Im vergangenen Jahr wurde die *Woche der Umwelt* pandemiebedingt abgesagt; in diesem Jahr wird sie nun nachgeholt – als hybride Veranstaltung am 10. und 11. Juni. Zu den rund 150 Ausstellern, die eine Fachjury ausgewählt hat, gehört auch ein Forschungsteam um Klaus Schmid von der Abteilung Galvanotechnik am Fraunhofer IPA.

Galvanisieren ist bei der Herstellung von vielen Alltagsgegenständen unumgänglich: vom Reißverschluss über den Wasserhahn bis zum Brillengestell. Dabei wird eine hauchdünne Schicht eines Metalls aufgetragen, um der Oberfläche eine spezielle Eigenschaft zu verleihen. Eine Schraube wird durch das Verzinken rostbeständig, ein Maschinenteil verschleißt dank einer Lage Chrom langsamer, und ein Brillengestell sieht mit einer Beschichtung aus Edelmetall wertiger aus. Um Strom zu sparen und Ressourcen zu schonen, sollten diese Schichten dabei nicht dicker als nötig sein. Häufig genügen schon wenige Mikrometer, also Tausendstel Millimeter – ein menschliches Haar ist mit 50 bis 80 Mikrometer deutlich dicker.

Doch bei der Minimierung ist eine Eigenheit des Verfahrens zu berücksichtigen. Beim Galvanisieren in einer Lösung entsteht um das zu beschichtende Bauteil ein elektrisches

Feld, das den Ablauf der Metallabscheidung deutlich beeinflusst. Dieses elektrische Feld besitzt allerdings nicht überall dieselbe Stärke, sodass die Schichtdicke erheblich variieren kann. Dieses Phänomen lässt sich mit verschiedenen Methoden gezielt ausnutzen: Das elektrische Feld lässt sich verändern, indem ihm Fremdkörper in den Weg gestellt werden, es kann anders positioniert oder sogar kontinuierlich gedreht werden. Alle Möglichkeiten empirisch durchzutesten, wäre allerdings viel zu aufwendig.

Schichtdicke um 40 Prozent reduziert

Ein Team um Klaus Schmid, Gruppenleiter Galvanische Prozesse und Anlagen am Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart, setzt deshalb konsequent Software ein, die das Feld durch Simulationsrechnungen sichtbar macht – wahlweise zwei- oder dreidimensional. So lassen sich rasch viele Varianten durchspielen, bis schließlich die optimale Lösung gefunden ist. Beim Verchromen von Kolbenstangen haben die Forscher so eine Reduzierung der Schichtdicke von 40 % erzielt. Zudem ließen sich drei Bauteile gleichzeitig beschichten. Vorher waren es nur zwei, wodurch hohe Einsparungen an Energie und Material erzielbar sind. Das hilft nicht nur der Umwelt, sondern auch der Rendite: Allein die Stromkosten können in einem Galvanikunternehmen bis zu einem Viertel der Gesamtkosten ausmachen.

Schmid weist allerdings darauf hin, dass jede Optimierung eine individuelle Lösung erfordert. Denn die eingesetzten Anlagen unterscheiden sich ebenso wie die Bauteile, die beschichtet werden. Um ein praktikables Ergebnis zu erzielen, braucht es deshalb nicht nur Verfahrenstechniker, sondern auch Maschinenbauer. Die Experten vom Fraunhofer IPA besitzen das nötige Know-how, schließlich beschäftigen sie sich seit mehr als 20 Jahren mit dem Einsatz von Simulation in der Galvanik. Ein weiteres Plus von Simulationsrechnungen: Sie lassen sich auch zur Mitarbeiterschulung nutzen.



Auf der Woche der Umwelt wird eine Galvanikanlage zur Präzisionsbeschichtung vorgestellt (Quelle: Fraunhofer IPA/Foto: Rainer Bez)

Fachforum im Livestream

Am 10. und 11. Juni gibt das Forschungsteam um Schmid auf der *Woche der Umwelt* einen virtuellen Einblick in seine Arbeit. Damit gehören die Forscher zu den Ausstellern, die eine vom Bundespräsidenten einberufene Jury aus 440 Bewerbern ausgewählt hat. Insgesamt präsentieren auf der Woche der Umwelt rund 150 Aussteller ihre Ideen und Projekte rund um Umweltschutz und Nachhaltigkeit und diskutieren die damit verbundenen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Chancen. Die Messe wird vom Bundespräsidenten und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt veranstaltet.

Nach der Eröffnung durch Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier startet gegen 12 Uhr ein facettenreiches zweitägiges Programm mit Diskussionsrunden auf der Hauptbühne im Park vor Schloss Bellevue in Berlin und digitalen Fachforen, die live gestreamt werden. Alle Aussteller präsentieren sich virtuell mit einem persönlichen Steckbrief sowie ausführlichem Text-, Bild- und Tonmaterial. Wer darüber hinaus nach Fragen hat oder den direkten Austausch mit den beteiligten Forscherinnen und Forschern sucht, meldet sich am besten bei Klaus Schmid unter der Telefonnummer +49 711 970-1760 oder per E-Mail (klaus.schmid@ipa.fraunhofer.de). Weitere Informationen zur Woche der Umwelt unter:

➔ www.woche-der-umwelt.de/

**Fraunhofer**
IPA

Wir produzieren Zukunft

Das Fraunhofer IPA entwickelt und implementiert nachhaltige Produktionstechnologien. Die Abteilung Galvanotechnik forscht und berät zu Fragestellungen entlang der gesamten industriellen Produktionskette – von der Entwicklung neuer Schichtwerkstoffe und den dazugehörigen Prozessketten über die Umsetzung der industriellen Anlagentechnik bis hin zu Dienstleistungen wie der Schadensfallanalyse.

In dieser Serie zeigen Forscher der Abteilung, wie den Herausforderungen der Branche in Zukunft begegnet werden kann.

Ansprechpartner
Dr.-Ing. Martin Metzner
Abteilungsleiter Galvanotechnik,
Fraunhofer IPA, Stuttgart
➔ www.ipa.fraunhofer.de/galvanotechnik

Erfolg für Chemnitzer Galvanotechniker

Konsortium unter wissenschaftlicher Leitung der Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik der TU Chemnitz mit Leipziger Galvanopreis 2021 für robotergestützte Galvanikanlage ausgezeichnet

Der Leipziger Galvanopreis 2021 geht an eine Arbeit zur Prozess- und Elektrolytentwicklung mithilfe einer vollautomatisierten, robotergestützten Galvanikanlage, die im Rahmen der Initiative Innovative Elektrochemie mit neuen Materialien – InnoEMat des Bundesministeriums für Bildung und Forschung entwickelt wurde.

Preisträger ist ein Konsortium aus der Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik (Leiter: Prof. Dr. Thomas Lampke) der Technischen Universität Chemnitz, der KleRo GmbH Roboterautomation sowie der OTE Oberflächen- & Elektrotechnik Scheigenpflug GmbH. Eine enge Kooperation bestand im Rahmen des Verbundprojekts *REACH-konformer Korrosionsschutz durch Pulse-Plating (ReKoPP)* zudem zur B+T Oberflächentechnik GmbH, Coventya GmbH, Gazima GmbH, plating electronic GmbH sowie Prof. Wolfgang Paatsch (Koordinator, ehem. BAM Berlin).

Das Konsortium erhält neben einer Bronzestatue, einer Urkunde und einer Rezension in der Zeitschrift *Galvanotechnik* die Möglichkeit, das Thema beim Leipziger Fachseminar vorzustellen.

Automatisierte Entwicklung galvanischer Prozesse

Während eines galvanischen Prozesses werden in einem Galvanikbad gelöste Metallionen unter elektrischer Polarisierung auf einem Bauteil abgeschieden. Auf diese Weise entstehen metallische Schichten, die sich unter anderem durch eine ansprechende Optik, eine hohe Korrosionsbeständigkeit und/oder eine hohe Verschleißbeständigkeit auszeichnen. Steigende Anforderungen an die Wirtschaftlichkeit und die ökologische Unbedenklichkeit galvanischer Prozesse sowie an die physiologische Unbedenklichkeit und Leistungsfähigkeit der Beschichtungen erfordern kontinuierliche Neu- und Weiterentwicklungen. In Anbetracht der vielfältigen Einflussgrößen ist dies jedoch mit einem hohen Zeit- und Personalaufwand verbunden. Kern des ausgezeichneten Projekts ist die ressourcenschonende Prozess- und Badentwicklung in einem vollautomatisierten Galvanikprozess. Zur Vermeidung einer aufwändigen Vorgehensweise nach dem Trial-



Der Roboter stellt den pH-Wert des Prozessbades über eine Pipette ein, bevor er das nächste Blech aus dem Magazin aufnimmt. Dieser Schritt ist notwendig, weil der pH-Wert Einfluss auf die Schichteigenschaften des Blechs hat und damit zum Beispiel auch auf den Korrosionsschutz

(Foto: Julius Nickisch)

and-Error-Prinzip erfolgt zunächst die Eingrenzung der Rahmenbedingungen für die galvanische Abscheidung mithilfe von physikalischen Berechnungen. Unter Anwendung von mathematischen Verfahren wird ein statistischer Versuchsplan erstellt, um den Einfluss der wichtigsten Prozessparameter mit möglichst wenigen Abscheidungsversuchen abzubilden. Die Umsetzung dieses Versuchsplans erfolgt nun vollautomatisiert durch die robotergestützte Galvanikanlage.

Ein einzelner Beschichtungsvorgang umfasst zunächst die Entnahme und Reinigung des zu beschichtenden Körpers, zum Beispiel ein Stahlblech. Anschließend erfolgt die galvanische Beschichtung in einem von insgesamt elf temperierten Bädern bei kontinuierlicher Bewegung des Blechs, um ein gleichmäßiges Beschichtungsergebnis zu erzielen. Nach dem Beschichten wird das Blech in kaskadenartig angeordneten Wasserbädern gründlich gespült, getrocknet, fotografiert und abgelegt. Eine optimierte Prozessführung im Multitaskingmodus ermöglicht mehrere parallele Beschichtungen, sodass kurze Leerlaufzeiten für den Roboter entstehen.

Die Einsatzgebiete der robotergestützten Galvanikanlage reichen von der Grundlagenforschung an Forschungseinrichtungen bis hin zur anwendungsorientierten Prozess-

optimierung. Diesem breiten Anwendungsprofil wird die Anlage durch ihre Flexibilität gerecht. Die Badgrößen betragen zwischen 0,5 Liter für die chemikaliensparende Grundlagenforschung bis zu etwa zehn Liter für die Beschichtung von größeren Stückzahlen.

Die Alterung eines galvanischen Bades wird während des Betriebs durch Sensoren überwacht. Nachdosierungen oder gezielte Änderungen der Badzusammensetzung erfolgen automatisch mithilfe einer Pipettiervorrichtung. Für die Stromversorgung der Bäder stehen 18 Stromquellen zur Verfügung, die je nach Bedarf einzeln oder paarweise synchronisiert zugeschaltet werden und sowohl Gleichstrom als auch hochfrequente Strompulse generieren können.

Neben der erreichten Zeit- und Ressourceneffizienz wird nach Aussage von Professor Dr. Thomas Lampke die Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Ergebnissen durch die objektivierte Versuchsdurchführung erhöht. Dies sei eine wichtige Voraussetzung für das Machine Learning, das zukünftige Innovationen in der mittelständisch geprägten Branche der Galvanotechnik begünstigen und beschleunigen werde. Der preisgekrönte Ansatz ist folglich ein wesentlicher Beitrag auf dem Weg zur Industrie 4.0 in der Galvanikbranche.

➔ www.tu-chemnitz.de

Synergetische Analyse und Verbesserung von Ressourceneffizienz und Chemikalienmanagement in der Oberflächentechnik Teil 4



Zum online-Artikel

Von Dr. Uwe König, Alexander Leiden, Berthold Seßler und Ernst-Udo Sievers

Das Werkzeug Artificial REACH Tool wird auf die galvanische Abscheidung von Chrom in Form der Einzelschicht Hartchrom sowie der dekorativen Mehrschicht Nickel-Chrom angewandt. Für diese Prozesse werden die bestehenden Energie- und Materialflüsse ermittelt und bewertet. Darüber hinaus werden die Risiken durch die Belastung mit Aerosolen mit Chromtrioxid für Mitarbeiter bei unterschiedlichen Abscheideparametern ermittelt. Aus diesen Betrachtungen lassen sich verschiedene Handlungsalternativen ableiten.

Fortsetzung aus WOMag 4/2021

3.5 Arbeitspaket 4: Modellierung einer spezifischen Prozesskette

Eine Galvaniklinie besteht aus hintereinandergeschalteten Becken, die verschiedene Prozess- und Spülmedien für die Beschichtung von Werkstücken beinhalten. Begonnen wird mit Reinigungs-/Entfettungsprozessen, welche die Werkstücke auf die folgende eigentliche Beschichtung vorbereiten. Je nach Prozess erfolgt noch ein Beiz- und Neutralisationsschritt. Zwischen den einzelnen Prozessschritten durchlaufen die Werkstücke eine ein- oder mehrstufige Spüle, um die Verschleppung zwischen den Prozesslösungen zu verringern. Die eigentlichen Beschichtungspositionen folgen nun und tragen über stromdurchflossene Anoden die Beschichtung durch den Elektrolyten auf die Bauteile auf. Dieser Prozess ist der zeit- und ressourcenintensivste Schritt in der gesamten Prozesskette. Nach der Beschichtung werden die Bauteile wieder gespült und je nach Anwendung nachbehandelt, zum Beispiel mittels ei-

ner Passivierung. Final erfolgt das Entladen durch die Werker.

Mit Hilfe der entwickelten Methodik wurde ein parametrisiertes Gesamtmodell für eine kombinierte Nickel/Chrom-Galvanoprozesskette aufgestellt (Abb. 23). Diese ermöglicht die Abbildung von spezifischen Prozessketten für eine dekorative Chrombeschichtung und eine funktionelle Beschichtung mit Hartchrom. Die beiden Prozessketten unterscheiden sich im Wesentlichen nur durch unterschiedliche Prozessparameter und Verweilzeiten in einzelnen Beschichtungspositionen. Grundlage für die Entwicklung dieser Prozessketten sind die von den assoziierten Anwendungspartnern vertraulich zur Verfügung gestellten Prozesskettenlayouts. Obwohl diese für verschiedenste Bauteile ausgelegt sind, haben sie alle einen sehr ähnlichen Aufbau und lassen sich gut mit Hilfe einer generischen Prozesskette für die kombinierte galvanische Beschichtung mit Nickel und Chrom beschreiben.



Abb. 23: Beckenanordnung der generischen Prozesskette für die kombinierte galvanische Beschichtung mit Nickel und Chrom

Vorteil der Verwendung einer allgemeingültigen spezifischen Prozesskette für diese Beschichtungsart ist die deutlich einfachere Anwendbarkeit als eine stets erneute Mo-

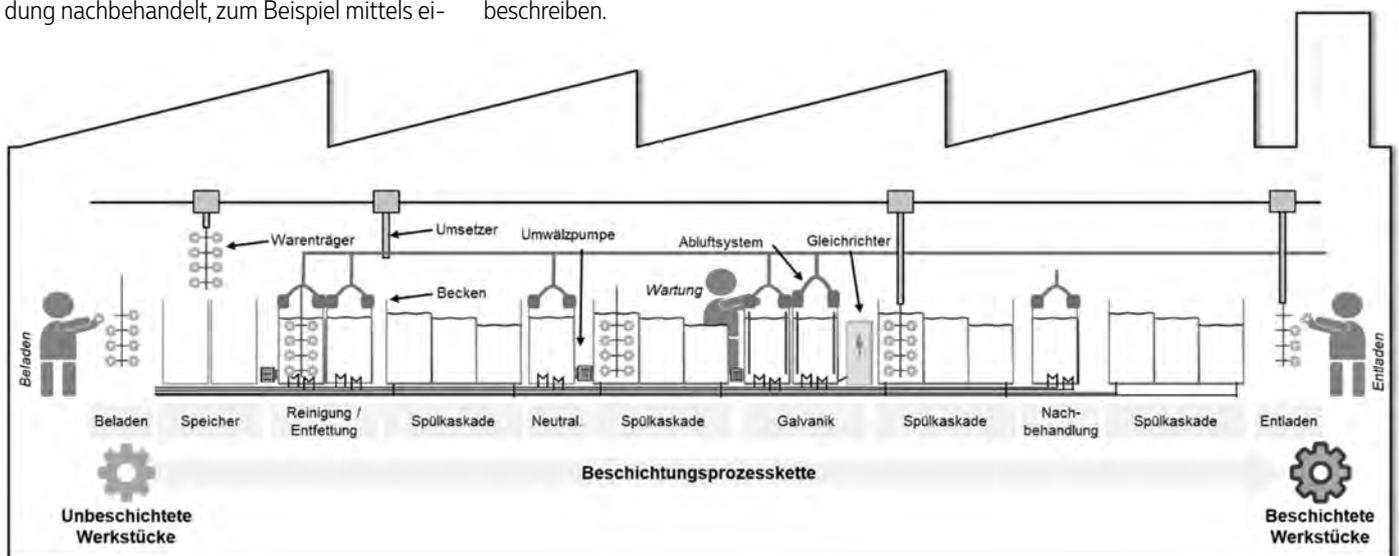


Abb. 22: Elemente einer Galvaniklinie

dellbildung für jede spezifische Prozesskette. Mit Hilfe des Datenerhebungsmodul lässt sich somit jede kombinierte galvanische Beschichtung mit Nickel/Chrom oder auch nur eine galvanische Beschichtung mit Nickel beziehungsweise Chrom parametrieren. Ein weiterer Vorteil ist, dass der Anlagenbetreiber sein spezifisches Prozesskettenlayout nicht veröffentlichen muss, welches als Betriebsgeheimnis zu sehen ist.

Tabelle 5 enthält den generischen Standardablauf in der beschriebenen Galvanoprozesskette. Mit dem Ablauf lassen sich alle dekorativen Chrombeschichtungen sowie Hartchrombeschichtungen beschreiben. Nach einer Vorbehandlung, bestehend aus einer chemischen und elektrolytischen Entfettung sowie einer Beize, folgt der Auftrag der Nickel- und der Chromschicht. Nach jedem Prozessschritt werden die Bauteile in einer bis zu dreistufigen Spülkaskade gereinigt.

Tab. 5: Generisches Produktionsprogramm mit Beckenkonfiguration

Becken	Kurzbeschreibung
Beladestation	Beladung der Wareträger
Speicher 1	Speicherstation zur Zwischenlagerung von freien und belegten Wareträgern
Chem. Entfettung	Chemische Entfettung ohne Einsatz von Strom
Spülkaskade 1	1. Spülstufe nach chemischer Entfettung
Spülkaskade 1	2. Spülstufe nach chemischer Entfettung
Spülkaskade 1	3. Spülstufe nach chemischer Entfettung
Elektroentfettung	Elektrolytische Entfettung mit Strom
Spülkaskade 1	1. Spülstufe nach elektrolytischer Entfettung
Spülkaskade 1	2. Spülstufe nach elektrolytischer Entfettung
Spülkaskade 1	3. Spülstufe nach elektrolytischer Entfettung
Beize	Beizbad
Spülkaskade 2	1. Spülstufe nach Beize
Spülkaskade 2	2. Spülstufe nach Beize
Spülkaskade 2	3. Spülstufe nach Beize
Galvanik Nickel	Galvanischer Nickelbeschichtungsprozess
Spülkaskade 3	1. Spülstufe nach Nickelbeschichtung
Spülkaskade 3	2. Spülstufe nach Nickelbeschichtung
Spülkaskade 3	3. Spülstufe nach Nickelbeschichtung
Galvanik Chrom	Galvanischer Chrombeschichtungsprozess
Spülkaskade 4	1. Spülstufe nach Chrombeschichtung
Spülkaskade 4	2. Spülstufe nach Chrombeschichtung
Spülkaskade 4	3. Spülstufe nach Chrombeschichtung
Entladestation	Entladen der Bauteile
Speicher 1	Speicherstation zur Zwischenlagerung von freien und belegten Wareträgern

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren werden eine detaillierte Betrachtung und Bewertung von Ressourceneffizienz und Risiko am Beispiel der galvanischen Verchromung (dekorativ und funktionell) vorgenommen. Aus der Bewertung der Produktionsszenarien resultieren Handlungsanweisungen für die Praxis. Der Gesamtumfang des Beitrags, Teil 4 beträgt etwa 5 Seiten mit 6 Abbildungen und 3 Tabellen.

**Precision
in detail**



**electroplating units
for decorative and
functional surfaces**



PCB technology • Electroplating • Metal finishing • Medical technology

STUDIO TSCHÖP • Wehrheim 03/2020

Walter Lemmen GmbH
+49 (0) 93 42 - 7851
info@walterlemmen.de
www.walterlemmen.de

Methoden der Elektrolytentwicklung und Prozessdiagnostik für die plasmaelektrolytische Oxidation am Beispiel der PEO von niedrig legiertem Stahl



Zum online-Artikel

Von Frank Simchen, Thomas Mehner und Thomas Lampke, Technische Universität Chemnitz, Professur Werkstoff- und Oberflächentechnik, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik

Die plasmaelektrolytische Oxidation (PEO) ist eine innovative Methode für die Oberflächenbehandlung von Leichtmetallen. Durch Neuerungen in der Elektrolytentwicklung werden weitere Substratwerkstoffe wie beispielsweise Eisenbasislegierungen für das Verfahren zugänglich. Mittels geeigneter Prozessdiagnostik lassen sich verschiedene Vorgänge der Substrat/Elektrolyt-Interaktion zeitlich hochaufgelöst untersuchen. Dies eröffnet neue Möglichkeiten für die wissensbasierte Prozessentwicklung und zerstörungsfreie, automatisierte Qualitätskontrolle. Dies wird am Beispiel der plasmaelektrolytischen Oxidation von niedrig legiertem C8C-Stahl demonstriert. Im Zuge der vorgestellten Arbeiten wird die plasmaelektrolytische Oxidation von einem Konversions- in ein Beschichtungsverfahren überführt und die Stahloberfläche mit einer 80 μm dicken Aluminiumoxidschicht versehen.

The plasma electrolytic oxidation is an innovative method for the surface treatment of lightweight metals. Innovations in electrolyte development allow for applying the process on further substrate materials such as iron based alloys. By use of appropriate process diagnostics, several mechanisms of the substrate/electrolyte interaction can be investigated in high temporal resolution. This opens up new possibilities for knowledge-based process development and non-destructive, automated quality control. This is demonstrated at the example of the plasma electrolytic oxidation of low-alloyed C8C steel. In course of the presented work the, the PEO will be converted from a conversion to a deposition method, the steel surface is provided with an alumina coating of 80 μm .

1 Grundlagen

Die plasmaelektrolytische Oxidation (PEO) ist ein innovatives Verfahren zur Erzeugung anorganischer, oftmals keramischer Schichten auf metallischen Substraten. Hierbei wird das zu behandelnde Bauteil innerhalb eines wässrigen Elektrolyten als Anode geschaltet, einer Kathode gegenübergestellt und mit einer starken Polarisation beaufschlagt. Wenn geeignete Prozessparameter gewählt werden, wirkt der Elektrolyt passivierend. Dies führt auf der Substratoberfläche zur Ausbildung einer elektrisch isolierenden Reaktionsschicht (Passivfilm) sowie einer Gas/Dampf-Hülle.

Deren Interface zum Bulk-Elektrolyten fungiert mit steigender elektrischer Feldstärke als eine die Bauteilgeometrie umhüllende

Äquipotenzialfläche beziehungsweise Quasikathode, die zum Ursprung plasmaelektrolytischer Funkenentladungen wird. Diese schlagen ausgehend vom Elektrolyten in das Substrat und wandeln es durch fortgesetzte Oxidbildungs- sowie Auf- und Umschmelzprozesse in einen anorganischen Überzug um [1].

In älterer Fachliteratur wird oftmals angegeben, dass lediglich sogenannte Ventilmetalle wie beispielsweise Tantal, Aluminium, Magnesium, Titan oder Zirkonium für das Verfahren geeignet sind. Diese Elemente neigen dazu, in wässriger Umgebung unter anodischer Polarisation nicht mit Substratauflösung oder Sauerstoffformierung zu reagieren, sondern einen elektrisch isolierenden Passivfilm auszubilden. Letzteres ist eine zentra-

le Bedingung für einen lokalisierten Potenzialabfall am Substrat/Elektrolyt-Interface, der die Initiierung plasmaelektrolytischer Entladungen erst ermöglicht. Die Eignung eines metallischen Werkstoffes für die plasmaelektrolytische Oxidation ist demnach auch und vor allem vom verwendeten Elektrolyten abhängig und somit als Systemeigenschaft zu verstehen. Unter Verwendung geeigneter Prozessmedien wurden daher in jüngerer Vergangenheit auch niedrig und hochlegierte Stähle sowie Messing für das Verfahren der plasmaelektrolytischen Oxidation zugänglich [2].

Dies bedarf jedoch oftmals umfangreicher, statistischer Versuchsreihen. An der TU Chemnitz wurde hingegen eine systematische, ressourcenschonende und wissensbasierte Methode für die Elektrolytvorauswahl entwickelt und im *Journal Coatings* open access veröffentlicht [3]. Hierbei werden Proben des Substratwerkstoffes innerhalb einer elektrochemischen Messzelle in Dreielektrodenanordnung mit einem definierten Potenzialzyklus beaufschlagt und der resultierende Stromfluss aufgezeichnet. Pro Versuch sind lediglich 250 ml Elektrolytvolumen erforderlich. In *Abbildung 1* sind typische Verläufe der resultierenden Messdaten für verschiedene Substratwerkstoffe beispielhaft dargestellt.

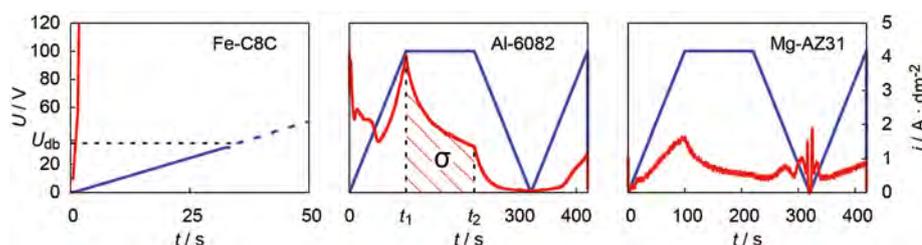


Abb. 1: Charakteristische $U(t)$ - und $I(t)$ -Verläufe in Polarisationsversuchen zur Elektrolytvorauswahl für die plasmaelektrolytische Oxidation auf den verschiedenen Substraten Fe-C8C (links), Al-6082 (Mitte) und Mg-AZ31 (rechts) [3-5]

Schlecht passivierende Substrat/Elektrolyt-Kombinationen überschreiten die gewählte Strombegrenzung bereits bei einer geringen charakteristischen Durchbruchsspannung (U_{ab}), was zum Abbruch der Messung führt (Fe-C8C). Hierbei bricht der Passivfilm unter intensiver Gasentwicklung beziehungsweise anodischer Metallauflösung zusammen. Das Ereignis ist streng von dem durch Entladungerscheinungen begleiteten Erreichen der Zündspannung zu unterscheiden. Besser abgestimmte Systeme ermöglichen den kompletten Messverlauf (Al-6082). Dies erlaubt es, das beobachtete Passivierungsvermögen durch Integration des auftretenden Stromflusses über definierte Zeitbereiche zu quantifizieren (Gl. <1>):

$$\sigma = \int_{t_1}^{t_2} i(t) dt \quad <1>$$

Da gut isolierende Passivfilme nur einen geringeren Stromfluss ermöglichen, nimmt der σ -Wert mit zunehmender Passivierung ab. Somit lässt sich der Erfolg einer Elektrolytvariation vergleichend bewerten.

Des Weiteren erlaubt die Vorgehensweise einen bestimmten auf formierten Magnesium-Passivfilmen auftretenden elektrischen Leitmechanismus zu untersuchen. Dieser führt zu erhöhtem Stromfluss im niedrigen Potenzialbereich (Mg-AZ31) und weist auf besondere elektrochemische Subprozesse bei der plasmaelektrolytischen Oxidation von Magnesiumwerkstoffen hin [3].

Die plasmaelektrolytische Oxidation führt im Gegensatz zu zahlreichen anderen Verfahren der nasschemischen Oberflächentechnik zur Ausbildung von sehr hochohmigen Schichten. Darüber hinaus werden in der Regel alternierende elektrische Pulsregime verwendet, um das Aufkommen langlebiger, schichtzerstörender Bogenentladungen zu unterbinden. Hierbei beeinflussen Zusammensetzung, Dicke und Porosität der Schicht deren elektrischen Widerstand und somit den notwendigen Spannungsverlauf, um einen vordefinierten stromgeführten Puls korrekt abzubilden. *Abbildung 2* fasst die beschriebenen Zusammenhänge schematisch zusammen.

Diese komplexen Wechselwirkungen begründen, dass die während der plasmaelektrolytischen Oxidation auf dem Bauteil abgebildeten Pulse stark von dem am Gleichrichter vordefinierten elektrischen Regime abweichen können. Das limitiert die Vergleichbarkeit von Versuchsreihen und erschwert die korrekte Korrelation von Be-

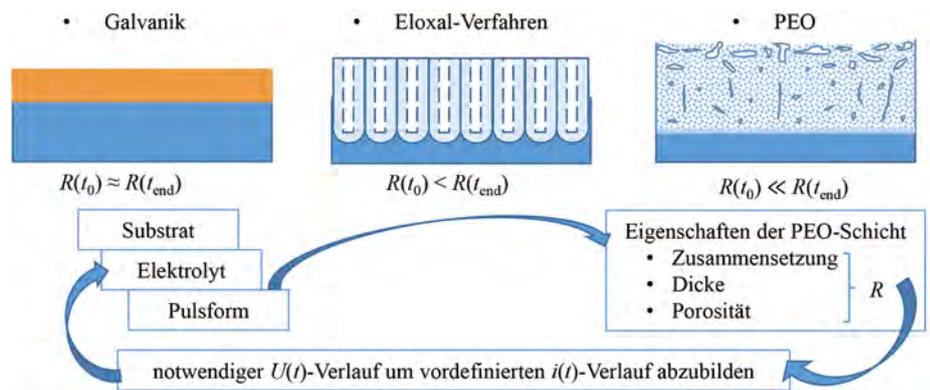


Abb. 2: Schematische, nicht maßstäbliche Darstellung der generierten Schichtmorphologien und Entwicklung des resultierenden elektrischen Schichtwiderstandes R verschiedener elektrolytischer Oberflächentechnikverfahren; Interaktion der elektrischen Prozessvariablen mit den Schichteigenschaften während der plasmaelektrolytischen Oxidation [2]

schichtungsergebnissen mit den elektrischen und elektrolytischen Prozessparametern. Andererseits erlauben die für einen bestimmten Schichtzustand charakteristischen Pulsverläufe eine orientierende zerstörungsfreie Qualitätskontrolle. Zusätzlich eröffnen die beschriebenen Zusammenhänge einen experimentellen Zugang zu den während der plasmaelektrolytischen Oxidation stattfindenden Vorgängen.

Um diese im PEO-Prozess zu untersuchen, bedarf es jedoch geeigneter Methoden zur Prozessdiagnostik. Hierfür wurde an der TU Chemnitz ein Versuchsaufbau entwickelt, der die zeitlich synchronisierte, hochaufgelöste Akquise optischer und elektrischer Prozessdaten ermöglicht.

2 Anwendung der Methodik auf die plasmaelektrolytische Oxidation von Stahl

Die Anwendung der entwickelten Methode wird im Folgenden anhand der plasmaelektrolytischen Oxidation von C8C-Stahl

demonstriert. Derartige niedriglegierte Stähle sind in wässriger Umgebung keine nativen Sperrschichtbildner. Die wenigen literaturbekannten PEO-Prozesse erfordern überwiegend extrem hohe Stromdichten, was mutmaßlich auf das unzureichende Passivierungsvermögen der verwendeten Elektrolyte zurückzuführen ist. Darüber hinaus verfügen die generierten Überzüge nur über geringe Beständigkeit gegenüber tribologischer und korrosiver Beanspruchung.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abbonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren werden neben der detaillierten Vorstellung der Methodik zur Schichtentwicklung die Morphologie und Zusammensetzung der Schicht erläutert. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt 4 Seiten mit 6 Abbildungen, 1 Tabelle und 5 Literaturhinweisen.

Hull-Bleche in Top-Qualität mit Premium-Service



MET AT LAB
met-at-lab.com



QR-Code scannen und direkt zum Shop!

CO₂-Einsparung durch optimierte High-Performance Zink-Nickel-Technologie

Holder Oberflächentechnik GmbH investiert in Zusammenarbeit mit der Coventya GmbH in eine nachhaltige Beschichtung mit galvanisch abgeschiedenem Zink-Nickel

Das Unternehmen Holder steht seit Jahrzehnten für erstklassige Oberflächentechnik. Diese kommt für unterschiedliche Werkstoffe zum Einsatz, vor allem aber für Aluminium und Stahl. Dabei werden nasschemische und galvanische Verfahren eingesetzt. Dank eigener Forschung und dem gemeinsamen Austausch mit ihren Kunden erarbeiten die Experten von Holder permanent praxisgerechte Lösungen für stetig wachsende Anforderungen. An drei Standorten werden über die branchenüblichen Leistungen hinaus maßgeschneiderte Lösungen angeboten. Das Unternehmen Holder hatte schon immer den Anspruch, zukunftsorientierte Verfahren und Anlagen einzusetzen. Die Themen Nachhaltigkeit, Umwelt- und Klimafreundlichkeit haben einen hohen Stellenwert bei der Ausrichtung des Unternehmens. So ist es der erste süddeutsche Lieferant, der auf chrom(VI)freie Systeme umgestellt hatte, oder für den Bau einer Anlage für Aluminium-Vorbehandlungsverfahren vom Bundesumweltamt ausgezeichnet wurde. Die massiven Veränderungen unserer Umwelt wie der Klimawandel und die Umweltverschmutzung erfordern jedoch noch weitere Maßnahmen.



Abb. 1: Kompletter Achsträger

In Zusammenarbeit mit der Coventya GmbH hat Holder nun in eine nachhaltige Zink-Nickel-Beschichtung investiert mit dem Motto *Nachhaltigkeit liegt in der Verantwortung der Marktführer*. Coventya hat die klare Zielsetzung, umweltfreundliche Produkte anzubieten, die nachhaltiger sind als die Wettbewerbsprodukte, und die die gesetzlichen

Anforderungen nicht nur erfüllen, sondern sogar übertreffen.

Die Oberfläche

Die Zink-Nickel-Beschichtung steht für den hohen Korrosionsschutz von Stahlteilen in verschiedenen Branchen. Insbesondere die alkalische Zink-Nickel-Beschichtung ist aufgrund ihrer geringen Metallkonzentrationen im Elektrolyten, der hervorragenden Metall- und Legierungsverteilung und des daraus resultierenden sehr zuverlässigen Korrosionsschutzes in ihrer Leistung und Nachhaltigkeit unübertroffen.

Auf diese Weise trägt die Zink-Nickel-Beschichtung dazu bei, den Korrosionsschutz umweltfreundlicher zu gestalten, indem giftige Materialien wie Chromsäure oder Cadmium eliminiert wurden, die sonst zur Erzielung der gleichen Leistung erforderlich waren.

Entwicklung und Technologie

Coventya leistete einen weiteren Beitrag zur Verbesserung der Nachhaltigkeit der Zink-Nickel-Technologie durch die Entwicklung



Abb. 2: Zink-Nickel-Oberfläche

einer einzigartigen und patentgeschützten porösen Membrantechnologie mit der Bezeichnung 3-S. Die patentierte 3S-Technologie ersetzt herkömmliche Metallanoden wie Nickel oder Stahl durch gröbenselektive Membrananoden in alkalischen PERFORMA Zink-Nickel-Verfahren. Das Zink-Nickel-System wird hierbei in einem eigenen Kreislauf (Anolyt) vom Beschichtungselektrolyt getrennt.

Komplexbildner und andere organische Bestandteile des Elektrolyten können durch die Trennung nicht an die Anodenoberfläche gelangen, wodurch deren Oxidation mit teils

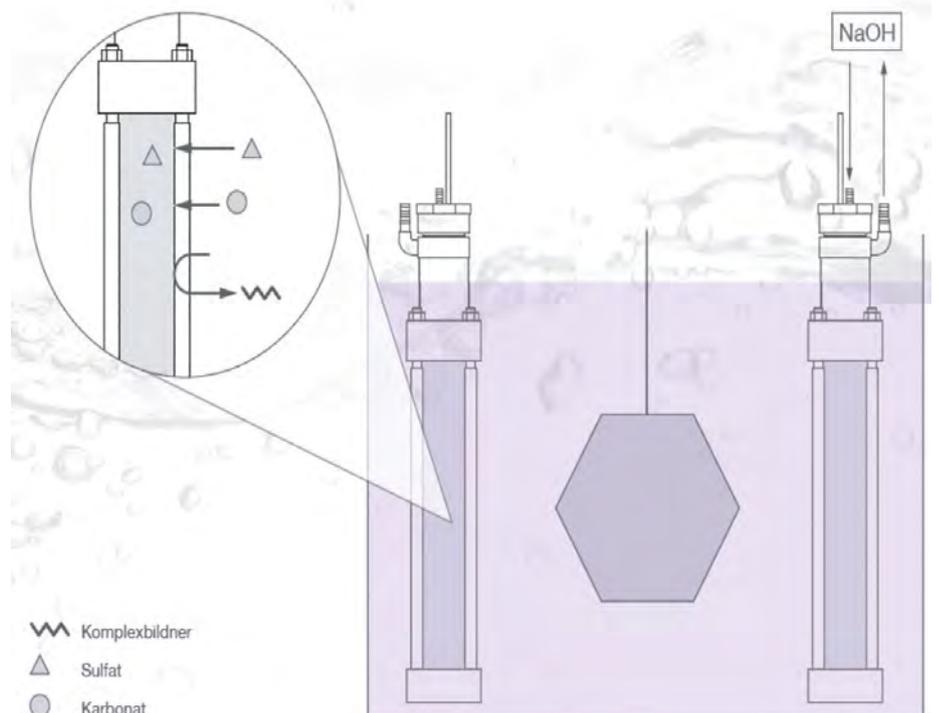


Abb. 3: Prinzip der Membrantechnik

toxischen Verbindungen verhindert wird. Der Zink-Nickel-Elektrolyt erfährt zudem dadurch keine Prozessalterung, wodurch eine höchste Beschichtungsqualität bestehen bleibt.

Störende Karbonate und Sulfate aus der stetigen Elektrolytalterung diffundieren durch die mikroporöse Membran in den Anolyten und werden dadurch kontinuierlich entfernt. Der Wirkungsgrad des Elektrolyten bleibt auf dem Niveau eines Neuansatzes. Zeitgleich wirken die organischen Komponenten, welche die Eigenschaften der Optik und die homogene Nickeleinbaurrate steuern, effektiver, so dass die kontinuierlichen Ergänzungen um 30 % reduziert werden. Dies vereinfacht nicht nur die Lagerhaltung, sondern minimiert die Chemietransporte auf der Straße.

Zahlen, Daten, Fakten

Mit der hohen Elektrolytleitfähigkeit kann die Stromdichte um bis zu 40 % reduziert werden, ebenso zeigt sich eine geringere elektrische Abscheidespannung von bis zu 30 %. Im Gesamtvergleich kann mit der PERFORMA 3S-Membrantechnologie bei gleichem Anlagenausstoß bis zu 50 % Kohlenstoffdioxid (CO₂) gegenüber den konventionellen Systemen ohne Membrantechnik eingespart werden.

Das Verfahren bietet eine ganze Reihe an Vorteilen: Die Prozesse laufen äußerst stabil und tragen sowohl ökologisch als auch wirtschaftlich einen wichtigen Teil zu einem nachhaltigen Handeln bei. Es werden Ressourcen geschont und damit einhergehend der CO₂-Ausstoß reduziert. Mit der Investition

Tab. 1: Energievorteile der 3S-Membrantechnik gegenüber der konventionellen Anodentechnik

Parameter	Verbesserung
Stromdichte	40 % geringer
Abscheidespannung	30 % geringer
Wirkungsgrad am Bauteil	20-40 % höher

in diese Technologie lassen sich auch hoch- und höchstfeste Stähle einfacher beschichten. Aufgrund ihrer dünnen Materialstärke sind sie ein wichtiger Bestandteil für einen sicheren Leichtbau – jedoch auch anfälliger für Korrosion.

Aus einer kürzeren Beschichtungszeit resultieren weiter nicht zu unterschätzende Effekte, wie die Vermeidung von Schlagstellen an Gewindegängen oder Kanten bei Schüttgutteilen. Mit der maximalen Produktstabilität und Prozesssicherheit werden die gestiegenen Anforderungen der OEM erfüllt. Die Einhaltung der vorgegebenen Reibwertfenster für Verbindungselemente sind essenziell für effektive Montageprozesse.

Ein zunehmend wichtiger ökologischer Beitrag ist die drastisch reduzierte Abwasserfracht, da der Elektrolyt nicht mit hohen Metallkonzentrationen (Reduzierung um 10 %) betrieben werden muss. Auf übliche Teilneuansätze oder dem Ausfrieren von Karbonat kann bis zu 100 % verzichtet werden.

Mit der Zusammenarbeit setzen die beiden Unternehmen Holder und Coventya ihren Weg der Ressourcenschonung fort und

Tab. 2: Gegenüberstellung der CO₂-Bilanz von konventionellem Zink-Nickel zur neuen 3S-Technologie bei gleichem Anlagenausstoß, ausgedrückt in Warenträgern

Verfahren	Anlagen-output	Strombedarf zur Abscheidung	CO ₂ -Bilanz
Zink-Nickel	29.000	1.271.121 kWh	749,96 t
Performa 285 3S	29.000	728.907 kWh	430,06 t
Einsparung		542.214 kWh	319,91 t



Abb. 4: Gegenüberstellung von Neuansatz, 3S-Elektrolyt und konventionellem Elektrolyt

brachten die 3S-Membrantechnologie zum Einsatz. Dies ist ein weiterer Schritt in den Auditierungen nach IATF 16949:2016 und ISO 14001:2015.

Autoren

Jochen Holder, C. Waibel und P. Oberkircher, Holder Oberflächentechnik GmbH

R. Lassak und M. Bentele, Coventya GmbH

Kontakt

Holder Oberflächentechnik GmbH; E-Mail: j.holder@holder-oft.de

➔ www.holder-oft.de

Coventya GmbH; E-Mail: r.lassak@coventya.com

➔ www.coventya.com



Das unabhängige Galvano-Fachlabor!

Problemlöser für Galvaniker, Metallverarbeiter und Fachfirmen

Wann immer es zu Problemen in der Prozesskette mit technischen Oberflächen kommt – wir finden mit Ihnen zusammen die richtigen Lösungen. Dabei bauen wir auf 20 Jahre Erfahrung im Bereich Beschichtungstechnik und Qualitätsmanagement.



Weitere Info's auf der Website

Brenscheidt
IBI
GALVANIK
SERVICE

Zum Dümpel 60
59846 Sundern-Stemel

info@galvanikservice.de
0 29 33 - 80 64 9 -13

≡ Bedeutung der Elektromobilität für die Galvano- und Oberflächentechnik

Prognosen zufolge legen alternative, elektrische Antriebskonzepte zwischen 2020 und 2032 weltweit um mehr als 550 % zu. Denn neue Technologien sind gefragt, um Emissionen zu reduzieren und die geforderten Umwelt- und Effizienzziele zu erreichen. Als wichtigster Abnehmer hat die Automobilindustrie mit ihren technologischen Trends auch großen Einfluss auf die Galvano- und Oberflächentechnik.

Die Automobilindustrie befindet sich in einem fundamentalen Strukturwandel. Hauptthema ist neben der Digitalisierung beziehungsweise dem autonomen Fahren und dem allgemeinen Mobilitätswandel die Elektromobilität, also der Wandel der Antriebstechnologie, weg vom Verbrennungsmotor hin zu einem Elektroantrieb. Wichtigster Treiber hierfür sind die von der EU beschlossenen Emissionsvorgaben für Neufahrzeuge, die immer niedrigere Grenzwerte für den CO₂-Ausstoß der Fahrzeugflotten festschreiben. Die Vorgaben sind jedoch mit klassischen Antriebsformen nicht zu erreichen. Vor dem Hintergrund der knappen Zeit, bis empfindliche Strafzahlungen bei Nichteinhaltung drohen, konzentrieren sich die Hersteller aktuell vornehmlich auf die Entwicklung von batteriebetriebenen E-Fahrzeugen.

Der Trend zur Elektromobilität ist zwar nicht weltweit gleich ausgeprägt, aber vor allem in China, dem weltweit größten Automobilproduzenten und Wachstumsmotor für die Autoindustrie, hat sich aufgrund staatlicher Förderung ebenfalls ein starker Markt für E-Mobile entwickelt.

Technologische Herausforderungen

Verschiedene Wege führen zur Elektrifizierung des Fahrzeugs. Zu unterscheiden sind hier Hybride, die für den Antrieb einen herkömmlichen Verbrennungsmotor mit einem Elektromotor und einer kompakten Hochleistungsbatterie verbinden, Plug-in-Hybride

mit einem kombinierten Antrieb aus Verbrennungsmotor und E-Maschine sowie einer über das Stromnetz aufladbaren Batterie und reine, batteriebetriebene Elektromotoren. Bei den reinelektrischen Fahrzeugen ist weiterhin zu unterscheiden zwischen den *Battery Electric Vehicles* (BEV), die über ein Ladekabel aufgeladen werden, und den *Fuel Cell Electric Vehicles* (FCEV), die mit Wasserstoff betankt werden, der in der an Bord befindlichen Brennstoffzelle den Strom für die Elektromotoren produziert.

Neben einer besseren Umweltbilanz müssen die neuen Technologien gleichzeitig dieselbe oder sogar eine bessere Performance aufweisen, als die herkömmlichen, um konkurrenzfähig zu bleiben. Bereits 1899 gab es vollelektrische Fahrzeuge, die sich aber nicht durchgesetzt haben. Die damaligen Probleme waren mehr oder weniger die gleichen wie heute:

- Eine Hauptherausforderung liegt in der Kapazität der Batterien. Heute wird eine minimale Reichweite von 500 Kilometern gefordert.
- Auch die Lebensdauer der Batterie ist ein wichtiges Kriterium. Denn Batterien sind derzeit das kostenintensivste Bauteil im Elektroauto und der Kunde braucht Sicherheit für seine Investition.
- Ein weiterer Faktor ist die Ladezeit. Hier müssen wenige Minuten ausreichen.
- Zudem spielt die Infrastruktur eine wichtige Rolle. Ohne ein ausreichendes Netz an La-

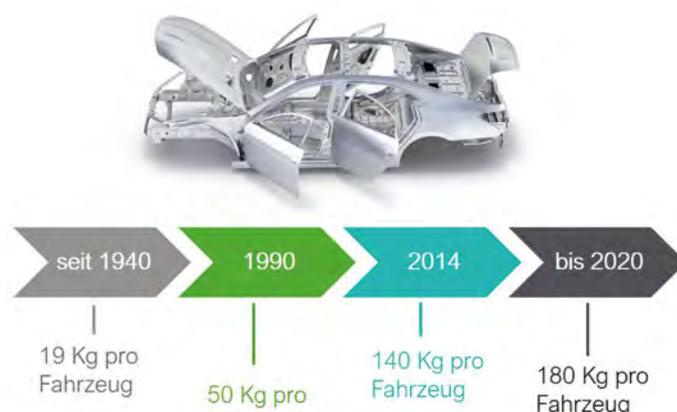
demöglichkeiten wird die Elektromobilität keine Akzeptanz finden. Elektrische Energie vorzuhalten, das heißt Ladepunkte zu schaffen, ist allerdings deutlich schwieriger, als Flüssigkeit/Kraftstoff zu transportieren.

- Eine weitere Herausforderung sind die für die Batterie benötigten Rohstoffe, die in den benötigten Mengen zum Teil gar nicht verfügbar sind. Die wichtigsten beiden Rohstoffe für Batterien sind derzeit Lithium und Kobalt. Für 2025 wird eine Produktion von 26,9 Millionen E-Fahrzeugen weltweit angenommen. Selbst bei der angestrebten Halbierung der zurzeit benötigten Kobaltmenge würden hierfür immer noch 134.500 Tonnen Kobalt gebraucht. Das sind 112 % der Jahresproduktion von 2018! Es existieren zwar auch Batterien, die ohne Kobalt auskommen, diese benötigen jedoch wiederum längere Ladezeiten oder bieten weniger Reichweite. Eine weitere Möglichkeit, den Rohstoffverbrauch zu reduzieren, sind Hybride, die mit entsprechend kleineren Batterien auskommen. Oder Wasserstofffahrzeuge, die dank Brennstoffzelle und Wasserstofftank den Strom für den Antrieb, einen Elektromotor, während der Fahrt selbst erzeugen. Hier wird lediglich eine kleine Batterie als Puffer bzw. Zwischenspeicher benötigt, die Lastspitzen deckt.
- Damals wie heute ist das Gewicht der Batterie eine Herausforderung. Um Gewicht einzusparen, spielt das Thema Leichtbau in der Elektromobilität eine große Rolle. Aber



Globale Entwicklung Hybride gegenüber Verbrennungsmotoren

(Bild: Coventya)



Aluminiumanteil im Fahrzeug

(Bild: Coventya)

auch beim Verbrennungsmotor, lässt sich durch weniger Gewicht doch auch der Ausstoß an Kohlenstoffdioxid (CO₂) senken. In den 1970er Jahren bestand ein Fahrzeug noch zu 75 % aus Stahl, heute sind es noch 50 %, bis 2030 sollen es nur noch 13 % sein. Stattdessen kommen zunehmend Leichtbauwerkstoffe zum Einsatz, Prognosen zufolge zu 67 % bis 2030. Allen voran Aluminium: Wurden 1940 noch 19 Kilogramm Aluminium pro Fahrzeug verbaut, sind es 2020 bereits 180 Kilogramm, Tendenz steigend. Neben Aluminium spielen im Materialmix Kohlenstofffasern, Magnesium und hochfeste Stähle eine wichtige Rolle. Der Materialmix birgt aber auch Gefahren, wie Korrosion, Wasserstoffversprödung beim Einsatz hochfester Stähle oder unterschiedliche Reibung zwischen den verschiedenen verbauten Materialien.

Anforderungen an die Oberflächentechnik

Die Elektromobilität ist mit einem Wegfall verschiedener Komponenten verbunden, gleichzeitig kommen aber auch einige hinzu, denn es besteht ein zunehmender Bedarf an elektrischen und elektronischen Komponenten wie elektrische Antriebsmotoren, Batterien, Ladesysteme, Sensoren, Steuerungstechnik und Steckverbinder. Verdeutlicht wird dieser Trend durch die aktuelle Verknappung an Halbleitern und Chips, die in der Automobilindustrie derzeit zu Produktionsausfällen führt.

Gesunken ist das globale Marktvolumen vor allem bei den klassischen mechanischen Elementen des Verbrennungsmotors. Neue Komponenten sind vor allem bei der Batterie hinzugekommen (2020: 47,5 %) sowie beim Elektromotor (16,2 %), bei der Leistungselektronik (4,5 %), bei der Verkabelung (3,5 %) und bei sonstigen Adaptionen (1,8 %). Insgesamt ist das weltweite Volumen im Komponentenmarkt 2020 um 60 Milliarden Euro gestiegen. Im E-Mobil werden außerdem etwa 10 % mehr Verbindungselemente verbaut, als bei einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor. Im Zuge der Gewichtsreduzierung sind immer dünnere Schichten beziehungsweise Schichtsysteme bei gleichzeitig hoher Leistungsfähigkeit gefragt. Vor allem multifunktionale Schichten, die nicht nur einer Anforderung, sondern mehreren von gleicher Wichtigkeit gerecht werden. Diese Funktionen gilt es ohne Verschleißerscheinungen über die gesamte Lebensdauer zu erhalten:

– Korrosionsschutz

- Optik, denn immer mehr Bauteile am Fahrzeug sind sichtbar
- mechanische Beständigkeit
- tribologische Eigenschaften
- Reibwert, um Dinge problemlos verbinden, aber auch wieder lösen zu können
- elektrische Leitfähigkeit als ein sehr wichtiger Faktor

Denn gerade bei Elektrofahrzeugen muss zur Masseanbindung Strom übertragen werden. Gefragt sind zuverlässige, stabile elektrische Eigenschaften, auch unter korrosiver und mechanischer Belastung. Hier stellt sich allerdings die Frage, wie leitfähig die bestehenden Oberflächen eigentlich sind. Felderfahrungen fehlen weitgehend. Es gilt, den Status quo zu ermitteln.

Bei den Schichtsystemen liegt besonderes Augenmerk auf Zink und Zinklegierungen. Außerdem sind neue Passivierungen und Topcoats gefragt, die Anforderungen beispielsweise hinsichtlich Überlackierbarkeit oder Reibung erfüllen.

Fazit

Die E-Mobilität wird kommen. Welche Technologie sich letztlich durchsetzen wird, hängt von vielen Faktoren wie Rohstoffen oder Akzeptanz des Kunden ab. Die Oberflächentechnik wird in diesem Zusammenhang mit immer neuen Anforderungen konfrontiert: Leichtbau, Materialmix, Leitfähigkeit und Widerstandverhalten, ... in einem Bereich, in dem wenig Erfahrungswerte existieren. Es gibt viel zu lernen und viele Probleme zu meistern – und die Branche stellt sich diesen Herausforderungen und arbeitet an Lösungen. Die Umsetzung ist jedoch langwierig, da bis zum Jahr 2032 welt-

weit immer noch rund 50 % der gebauten Fahrzeuge *nur* mit einem Verbrennungsmotor ausgerüstet sein werden.

Über den Zentralverband Oberflächentechnik e.V. (ZVO)

Der Zentralverband Oberflächentechnik e.V. (ZVO) vertritt die Interessen von Roh- und Verfahrenslieferanten, Anlagenherstellern, Komponentenherstellern, Dienstleistern, Beschichtern und Galvanikunternehmen der deutschen Galvano- und Oberflächentechnik. Seine Mitgliedsunternehmen sind im Bereich der Oberflächenveredelung mit Metallen oder Metallverbindungen aus flüssigen Prozessmedien tätig. Für Abnehmerindustrien, Politik und Behörden ist der ZVO zentraler Ansprechpartner zu wirtschafts-, umwelt-, energie- und bildungspolitischen Fragen mit Bezug auf Galvano- und Oberflächentechnik.

Über die Galvano- und Oberflächentechnik

Die Galvano- und Oberflächentechnik ist eine mittelständisch geprägte Industriebranche, die europaweit rund 440.000 Mitarbeiter beschäftigt, davon 50.000 in Deutschland. Allein in Deutschland erwirtschaftet die Branche einen Umsatz von etwa 7,5 Mrd. Euro. Die Struktur der Galvanobetriebe wird dabei von KMUs dominiert, nur ein geringer Anteil der Betriebe erreicht Größen von mehr als 100 Mitarbeitern. Die Oberflächenbranche ist eine Schlüsselindustrie, deren Dienstleistung Voraussetzung für die Funktionalität von Bauteilen, Geräten und Maschinen nahezu jeder anderen Branche ist.

➔ www.zvo.org

Von Gronau nach New York:

OTG reinigt Copper Rug vor Ausstellung in Kunstgalerie

Art meets Industry: Oberflächenspezialisten der OTG Oberflächentechnik Gronau, ein Tochterunternehmen der OTH, bearbeiten oxidiertes Designobjekt für Berliner Künstlerin

Art meets Industry: OTG aus Gronau hat einen handgefertigten Designer-Teppich aus Kupferringen vor der Präsentation in einer New Yorker Galerie gebeizt. Der *Copper Rug* war bei der manuellen Herstellung in Lettland dunkel angelauten. Mit einem mehrschrittigen Bearbeitungsprozess reinigten die Oberflächenspezialisten das wertvolle Unikat.

Komplexe Aufgabe

Die Künstlerin Ania Bauer hat ein Faible für Objekte aus ungewöhnlichen Materialien. Für den befreundeten Londoner Designer Philippe Malouin begleitete sie die Produktion eines Kupfertepichs. Er entwarf das ausgefallene Kunstwerk für eine New Yorker Galerie. Die manuelle Herstellung übernahm ein Social-Business-Projekt in Riga: In Handarbeit verknüpften Mitarbeiterinnen Tausende von Kupferringen zu einem 3,50 m x 2,50 m großen Teppich. Dabei oxidierte das Material. Für die erforderliche Grundreinigung suchte Ania Bauer einen professionellen Oberflächenspezialisten – und stieß auf OTG Gronau, ein Tochterunternehmen der OTH Hagen. Der Dienstleister beizt Titan, Aluminium, Messing, poliert, entgratet oder beschichtet – und beizt auch Kupferprodukte – normalerweise

vor allem für den Gas- und Sanitärbereich, wie beispielsweise Rohrverbinder oder Flansche. *Einen Teppich zu beizen, das war auch für uns eine Premiere. Aber die komplexe Aufgabe hat uns gereizt*, betont Geschäftsführer Udo Gensowski.

Spezienspülungen für 350 kg schweres Objekt

Allein Abmaße und Gewicht verlangten eine ausgeklügelte Logistik – das Kunstobjekt wiegt 350 Kilogramm und benötigt für die Bearbeitung entsprechend große Anlagen. Auch der Bearbeitungsprozess war aufwendig. Bei der Behandlung zeigte sich, dass der Teppich die Verfahrenschemie außerordentlich stark von einem Prozess in den nächsten verschleppte – das erschwerte die Reinigung und machte Spezienspülungen notwendig.

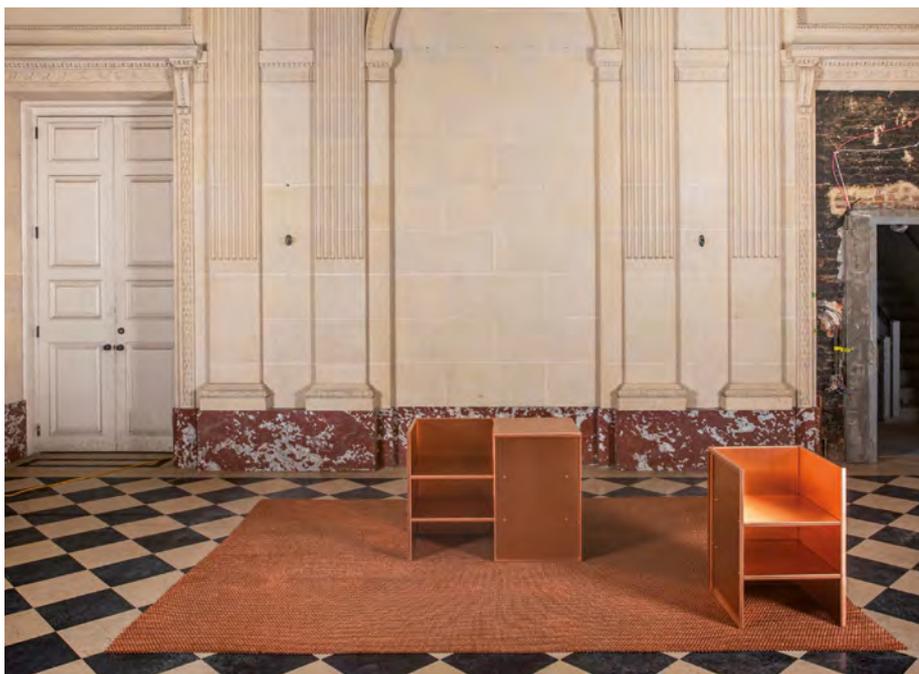


Der wertvolle Copper Rug besteht aus Tausenden von verknüpften Kupferringen; bei der manuellen Herstellung lief das Material dunkel an und benötigte einen aufwendigen Reinigungsprozess (Bild: OTH/OTG)

Wir kennen das Material und die Reaktion der Stoffe. Aus dieser Erfahrung heraus haben wir einen mehrstufigen wirksamen Verfahrensablauf erarbeitet, so Udo Gensowski. Zwölf Prozessschritte waren notwendig, um ein gleichmäßiges, schattenfreies Ergebnis zu erzielen. Ein abschließender Anlaufschutz sorgt dafür, dass das edle Kunstwerk bei seinem aktuellen Auftritt in New York so makellos bleibt.

Über OTH

Die OTH Hagen ist ein leistungsstarker Spezialist für Oberflächentechnik. Das Angebot des Unternehmens umfasst Trommelverzinken und Dickschichtpassivieren, Wasserstoffentspröden, chemisch Entgraten, Edelstahlbeizen und Passivieren, Elektropolieren, Titan- und Kupferbeizen, Zink- und Manganphosphatieren sowie Gleitbeschichtungen. Einen Teil der Verfahren übernimmt die OTG Oberflächentechnik in Gronau. Auch schwierige Materialkombinationen und sperrige Abmessungen gehören zum Programm des kundenorientierten Familienunternehmens.



Oberflächenspezialist OTG Gronau beizte den 3,50 m x 2,50 m großen Kupfertepich. Von Gronau aus ging das Kunstwerk in eine Galerie nach New York (Bild: OTH/OTG)

➔ www.otg-gronau.de

TU Ilmenau und TITK Rudolstadt schaffen gemeinsame Professur für Kunststofftechnik

Seit 1. März 2021 ist Dr.-Ing. Florian Puch Universitätsprofessor an der Technischen Universität Ilmenau und Leiter des Fachgebiets Kunststofftechnik. Gleichzeitig ist er neuer wissenschaftlicher Leiter am Thüringischen Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung (TITK) in Rudolstadt, einem An-Institut der TU Ilmenau. Im Mittelpunkt seiner neuen Tätigkeit in Forschung und Lehre steht die Funktionalisierung von Kunststoffen sowie die Konzeption und Realisation neuartiger Maschinensysteme für die Kunststoffverarbeitung. Im Thüringer Innovationszentrum Mobilität, das an der TU Ilmenau ansässig ist, wird er den Kompetenzschwerpunkt *Kunststofftechnik und Leichtbau* verantworten.

Seine wissenschaftliche Karriere begann Florian Puch am Institut für Kunststoffverarbeitung in Industrie und Handwerk an der RWTH Aachen. Dort leitete er die Arbeitsgruppe Compoundierung und promovierte 2015 zum Thema *Herstellung und Eigenschaften von Kohlenstoffnanoröhrchen-Polyamid-6-Kompositen*. Im Anschluss war Puch bei der BASF SE in Ludwigshafen zunächst in der globalen Forschung tätig, bevor er im Geschäftsbereich Bauchemie Funktionen in der Technologie und im Marketing wahrnahm. Zuletzt arbeitete er als Global Launch Manager für die MBCC Group in Mannheim, einem aus der BASF ausgegründeten Anbieter von bauchemischen Produkten und Lösungen. Der Fachwelt ist Florian Puch durch mehr als 50 Publikationen, Fachvorträge auf nationalen und internationalen Konferenzen sowie Patentanmeldungen bekannt.

Als Professor für Kunststofftechnik arbeitet Florian Puch künftig viel an der Schnittstelle zwischen TU Ilmenau und TITK Rudolstadt. Beide Einrichtungen wirken seit Jahren eng

zusammen. Während die Universität Grundlagenforschung in den Werkstoff- und Materialwissenschaften betreibt, überführt das TITK, eines der führenden privaten Materialforschungsinstitute auf dem Gebiet der polymeren Funktions- und Konstruktionswerkstoffe, innovative Entwicklungen in Wirtschaft und Industrie. Diese Verbindung war es auch, die den 38-Jährigen mitbewogen hat, aus Stuttgart nach Thüringen zu ziehen: Die Grundlagenforschung an der TU Ilmenau und die wirtschaftsnahe Forschung am TITK Rudolstadt ergänzten sich hervorragend, um die gesamte Innovationskette für die Kunststoffbranche in Thüringen und darüber hinaus durchgängig abzubilden.

Der Dekan der Fakultät Maschinenbau, Prof. Thomas Fröhlich, ist glücklich über die Verstärkung des Wissenschaftlerteams, das sich mit den maschinenbaulichen Aspekten der Kunststofftechnik befasst – entlang der gesamten Wertschöpfung vom Werkstoff über die Be- und Verarbeitung bis zur Anwendung: *Mit Florian Puch gewinnen wir eine*

herausragende Persönlichkeit, die die Kunststofftechnik für unsere Fakultät in der Gesamtbreite vertreten kann und somit die Themen der Kunststoffbearbeitung und des Leichtbaus in Forschung und Lehre hervorragend besetzen wird.

Am TITK Rudolstadt übernimmt Prof. Florian Puch die neu geschaffene Stelle des wissenschaftlichen Leiters. Ziel ist es, so noch besser zu ganzheitlichen Lösungen für Kunden und Partner zu kommen. Nach den Worten von TITK-Direktor Benjamin Redlingshöfer agiert das TITK als größte wirtschaftsnahe, nicht grundfinanzierte Forschungseinrichtung Thüringens eng am Bedarf der Industrie und fokussiert auf den Transfer von Forschungsergebnissen. *Wir streben danach, sie rasch in marktaugliche Anwendungen von hohem Innovationsgehalt zu überführen. Auf diese Weise ver helfe man Kunden und Auftraggebern aus der mittelständischen Wirtschaft zu einem Innovationsvorsprung.*

➔ www.tu-ilmenau.de

GusChem
G. & S. PHILIPP CHEMISCHE PRODUKTE

Die effiziente Art der Wasserbehandlung.

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

Wir beraten Sie gerne persönlich über die

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

Besuchen Sie uns auf www.guschem.de



GusChem® - Qualität, die überzeugt!

Bayerisch-österreichische Kompetenz im Leichtbau

Hochschule Landshut und Universität Salzburg entwickeln gemeinsames Forschungs- und Entwicklungszentrum für länderübergreifende Forschung und Lehre; enormer Mehrwert für Forschende, Studierende und die Wirtschaftsregion.

Leichtbau zählt heute zu den Schlüsseltechnologien in vielen Branchen, vom Maschinenbau über den Fahrzeugbau bis hin zur Raumfahrt. Denn Leichtbauprodukte punkten, neben dem Einsatz von leichteren Materialien, mit einer optimierten Konstruktion, steigenden Recyclinganteilen, einer Verringerung des Energieaufwands und des CO₂-Ausstoßes sowie einer verbesserten Funktionalität. Im September 2015 startete das Gemeinschaftsprojekt *n2m (nano to macro) – Synthese, Charakterisierung und technologische Fertigungsansätze für den Leichtbau* zwischen der Hochschule Landshut (Kompetenzzentrum Leichtbau, LLK) und der Paris-Lodron-Universität Salzburg (PLUS). Mit dem neu geschaffenen, grenzübergreifenden Forschungs- und Entwicklungszentrum für den Leichtbau findet dieses Projekt nun seinen Abschluss.

Die Projektsumme betrug 3,1 Millionen Euro; davon förderte die EU das Vorhaben zu 85 Prozent mit rund 2,6 Millionen Euro. Die beiden Verantwortlichen des Projekts, Prof. Dr. Nicola Hüsing und Prof. Dr. Otto Huber sind sich einig, dass eine solche Kooperation im Grenzgebiet Bayern-Österreich bisher einzigartig ist und nachhaltig den weiteren Ausbau der Spitzenposition im Bereich Leichtbau in den Regionen unterstützt. Hüsing ist Vizerektorin für Forschung und Nach-



Das Team des erfolgreichen n2m-Projekts unter Leitung von Prof. Dr. Nicola Hüsing, Universität Salzburg, und Prof. Dr. Otto Huber, Hochschule Landshut (1. Reihe); das Bild wurde während der Projektlaufzeit, noch vor der Corona-Pandemie erstellt
(Quelle: Hochschule Landshut)

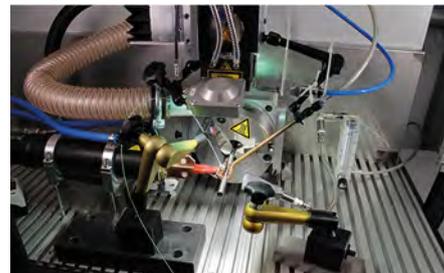
haltung an der Universität Salzburg. Ihr oblag die Gesamtprojektleitung für n2m. Huber ist Leiter des Kompetenzzentrums Leichtbau an der Hochschule Landshut und betreute das Projekt federführend für Landshut.

Bündelung von Wissen und Interessen

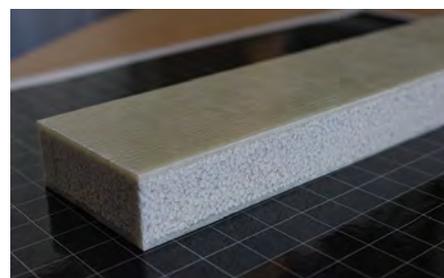
Mit dem Fokus, grenzüberschreitende Lehre und Forschung zu fördern, brachte das Projekt die anwendungsorientierte Forschung des LLK mit der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung an der PLUS zusammen. *In mehreren unterschiedlichen Problemstellungen stellen wir uns im Team den Herausforderungen, interdisziplinäre Denk- und Forschungsansätze auf den Gebieten Materialchemie, Fertigungstechnik, Mechanik, Werkstofftechnik und -analytik zu verknüpfen*, erläutert Huber die Herangehensweise. Das Ziel war dabei, innovative Leichtbaustrukturen zu realisieren und geeignete Produktions- und Prozesstechniken zu entwickeln. Auch umfasste dies die Anschaffung und den Betrieb einer Laserschweißanlage, einer Heizpresse, eines Vibrationspoliergeräts und eines Wärmebehandlungsofens für die Hochschule Landshut sowie eines Transmissionselektronenmikroskops für die PLUS. Mit diesem Equipment erweitern die beiden Institutionen, auch über die Projektlaufzeit hinaus, ihre Forschungs- und Weiterbildungsmöglichkeiten signifikant und ermöglichen gleichzeitig Spitzenforschung und langfristige Kooperationen im Bereich Leichtbau. *Wir haben die Anschaffungen aufeinander abgestimmt und können diese gemeinsam nutzen. Damit steigern wir sowohl den wissenschaftlichen Mehrwert als auch das Innovationspotenzial der Region*, betont Hüsing.

Steigende Attraktivität

Durch das bayerisch-österreichische Forschungs- und Entwicklungszentrum gewinnen die beiden Hochschulstandorte Landshut und Salzburg weiter an Attraktivität für Studierende und Forschende. Projekt- und Abschlussarbeiten, Praktika, Workshops und kooperative Promotionen sind länderübergreifend möglich. So trägt diese grenzüberschreitende Partnerschaft auch bereits erste Früchte. Eine, in Kooperation mit Prof. Dr. Oli-



Eine TiAL-Rundprobe wird induktiv aufgeheizt, um diese mittels Laserstrahl umzuschmelzen (Quelle: Hochschule Landshut)



Ausschnitt einer Sandwichplatte mit einem Kern aus zellularem Verbundwerkstoff (Glas-schaumgranulat aus Recyclingglas, das in einer Polyamidmatrix eingebettet ist) mit integrierten, glasfaserverstärkten Deckschichten (Quelle: Hochschule Landshut)

ver Diwald (Betreuer seitens der Universität Salzburg) durchgeführte Promotion befasste sich mit der Charakterisierung und Modellierung des mechanischen Verhaltens von Magnesium, um dieses in der Industrie nutzen zu können. Magnesium gehört Huber zufolge (Betreuer seitens der Hochschule Landshut) zu einem der leichtesten metallischen Konstruktionswerkstoffe, der aufgrund seiner komplexen Mikrostruktur (hexagonal dicht gepackte Kristallstruktur) große Herausforderungen an die Produktentwicklung und Fertigung stelle. Durch die Charakterisierung und Modellierung des Betriebsfestigkeitsverhaltens werde der Werkstoff berechenbar, eine Grundvoraussetzung, um das hohe Leichtbaupotenzial des Magnesiums industriell nutzen zu können.

Ebenfalls, im Rahmen des n2m-Projekts erfolgreich abgeschlossen wurde eine Dissertation, unter Betreuung von Prof. Dr. Holger Saage, Professor am LLK der Hochschule Landshut und Prof. Dr. Mathias Göken, Uni-

versität Erlangen-Nürnberg. Diese setzte sich mit dem korrosiven und thermo-mechanischen Verhalten von intermetallischen Titan-Aluminium-Verbindungen auseinander. Verbindungen, die sehr leicht und für den Einsatz bei hohen Temperaturen geeignet sind und so beispielsweise Anwendung bei Turbinenschaufeln finden.

Des Weiteren befasst sich derzeit eine aktuell dritte Promotionsarbeit, unter Obhut von Prof. Dr. Hubert Klaus, ebenfalls Professor am LLK und Prof. Dr. Nicola Hüsing, Universität Salzburg, mit einem recycelfähigen thermoplastischen Werkstoffverbund. Neuartige Sandwichstrukturen mit einem Kern aus einer Polyamid-6-Matrixstruktur und eingebettetem Granulat aus Altglas sowie glasfaserverstärkten Deckschichten, versprechen

vielfältige Einsatzmöglichkeiten, wie beispielsweise bei Skateboards oder in der Fahrzeugkarosserie. Gleichzeitig sollen diese durch Aufschmelzen der Bestandteile wieder getrennt und wiederverwendet werden können.

Anreize für Wissenschaft und Wirtschaft

Auch für Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft bietet der erfolgreiche Abschluss des n2m-Projekts Anreize für zukünftige innovative Kooperationsprojekte. So sind schon heute weitere sieben Hochschulen und Forschungseinrichtungen in das Forschungs- und Entwicklungszentrum für den Leichtbau eingebunden. Zudem finden grenzüberschreitende Tagungen und Workshops für Öffentlichkeit, Forschungseinrichtungen und Unternehmen statt.

Gleichzeitig wurden bereits mehrere Anschlussprojekte im Rahmen von gemeinsamen Forschungsanträgen der Hochschule Landshut und der Universität Salzburg bewilligt. Erst kürzlich wurde ein gemeinsames D-A-CH-Projekt zum Thema *Deformationsmechanismen in mehrachsigen beanspruchten Magnesiumknetlegierungen* vom österreichischen Wissenschaftsfonds (FWF) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) genehmigt. Für Huber ist dies ein klares Zeichen, dass die grenzüberschreitende Forschung und Lehre auch in der Zukunft ein wichtiger Bestandteil für das Thema Leichtbau sein wird.

➔ www.haw-landshut.de

Prof. Dr. Harald Riegel wird Rektor der Hochschule Aalen

Hochschulrat und Senat der Hochschule Aalen haben am 14. April 2021 einen neuen Rektor gewählt: Prof. Dr. Harald Riegel von der Fakultät Maschinenbau und Werkstofftechnik wird zum 1. Januar 2022 die Nachfolge von Rektor Prof. Dr. Gerhard Schneider antreten.

Mit großer Mehrheit wählten sowohl Senat als auch Hochschulrat in einer gemeinsamen Sitzung in der Aula der Hochschule unter Corona-Bedingungen den neuen Rektor. Die Veranstaltung wurde für die Hochschulöffentlichkeit live per Zoom-Konferenz übertragen, sodass alle Angehörigen der Hochschule die Rektorwahl online verfolgen konnten.

Bereits im ersten Wahlgang erreichte Prof. Dr. Harald Riegel die erforderliche Mehrheit in beiden Gremien. *Mit dieser Entscheidung geben wir die Hochschule auch in den kommenden Jahren in sehr gute Führungshände*, sagte Dr. Karl Lamprecht, Vorsitzender des Hochschulrats und Vorstandsvorsitzender der Carl Zeiss AG. Auch Amtsinhaber Prof. Dr. Gerhard Schneider, dessen zweite Amtsperiode nach 14 Jahren als Rektor der Hochschule Aalen Ende des Jahres endet, gratulierte seinem Nachfolger herzlich: *Harald Riegel hat als langjähriger Prorektor und herausragender Forscher bereits in den ver-*

gangenen Jahren große Verdienste für die Hochschule erworben und wird durch die Wahl zum Rektor die Zukunft der Hochschule entscheidend mitgestalten. Mit seiner langjährigen, auch internationalen Erfahrung in Wirtschaft und Forschung sowie seinem Engagement in der Hochschullehre bringe Riegel das nötige Rüstzeug für dieses Amt mit. Kanzlerin Ulrike Messerschmidt schloss sich den Glückwünschen an: Harald Riegel sei in jeglicher Hinsicht ein Gewinn für die Hochschule. Sie freue sich darauf, die bewährte konstruktive und fruchtbare Zusammenarbeit in dieser neuen Konstellation fortzusetzen.

Riegel dankte für das große Vertrauen, das ihm mit dieser Wahl zum Rektor entgegengebracht wird. *Die Stärkung von Lehre, angewandter Forschung und Gründungsinitiativen sind gemeinsam mit der kontinuierlichen Erhöhung der Attraktivität des Hochschulcampus unsere gemeinsame Zukunftsaufgabe als Hochschule*, so Riegel. Er freue sich sehr

darauf, die Geschicke dieser erfolgreichen Hochschule bald federführend zu leiten.

Gebürtig aus Franken, ist Prof. Dr. Harald Riegel nach Stationen in der Industrie im In- und Ausland seit 2009 Professor in der Fakultät Maschinenbau und Werkstofftechnik. Dort lehrt der promovierte Physiker Elektrotechnik, Thermodynamik, Messtechnik und Lasertechnik, hat erfolgreich das LaserApplikationsZentrum (LAZ) aufgebaut und mehr als 60 wissenschaftliche Publikationen veröffentlicht. Im Rektorat ist er für die Qualität und Organisation der Lehre zuständig; so wurden mit ihm verbesserte Prozesse und effizientere Werkzeuge eingeführt. Die Pflege und der Ausbau nationaler und internationaler Kontakte zu Hochschulen, Wirtschaft und Wissenschaftspolitik sind ein weiterer Schwerpunkt seiner Tätigkeit. Jetzt wartet mit dem Amt des Rektors eine neue Herausforderung auf ihn.

➔ www.hs-aalen.de

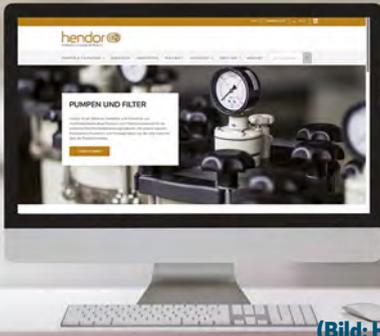
INSERENTENVERZEICHNIS

B+T Unternehmensgruppe	11	GusChem	29	Sager + Mack GmbH	1
Coventya GmbH	U2	Walter Lemmen GmbH	21	TU Ilmenau / ZVO	U3
ELB Zerrer	U4	Met at Lab	23	Vecco e.V.	17
Galvanikservice	25	Munk GmbH	Titel	WOTech GbR	27



Hendor mit neuem Internetauftritt

Das neue Jahr hat die Hendor BV mit einem komplett überarbeiteten Internetauftritt erfolgreich eingeläutet. Damit setzt das Unternehmen nach eigenem Bekunden in Zeiten fortschreitender Digitalisierung ein Zeichen und bestärkt seine Position als moderner und dynamischer Dienstleister im Bereich der Oberflächen- und Galvanotechnik.



(Bild: Hendor)

Das vergangene Jahr hat die Digitalisierung in vielen Bereichen extrem beschleunigt. Hendor ist schon seit langem davon überzeugt, dass uns genau diese Entwicklungen zukünftig weiterbringen werden. Daher wurden bei dem Unternehmen in den letzten Monaten die digitalen Strategien sehr genau unter die Lupe genommen und angepasst. Ein komplett überarbeiteter Internetauftritt war somit ein logischer Schritt.

Mit der neuen Website soll die Tradition des bewährten Familienunternehmens auch im digitalen Zeitalter angemessen fortgeführt und weiter ausgebaut werden. Seit über 70 Jahren ist Hendor einer der führenden Hersteller von Chemiepumpen und Filtrationssystemen für die Industrie der Galvanotechnik und Oberflächenbehandlung. Die Stärke des Familienunternehmens liegt in der Kundennähe und dem entsprechenden Service: Gemeinsam mit den Kunden sucht Hendor nach der richtigen und passenden Lösung. Die Expertise und langjährige Erfahrung im Produkt- und Marktbereich gibt der Hersteller von Pumpen und Filtersystemen gerne an die Kunden weiter. Die neue Internetseite ist somit eine ergänzende Komponente der Unternehmensdienstleistung und gezielt auf die Informationsbedürfnisse der Kunden zugeschnitten.

Die neue Website ist stark produktorientiert, verfügt über ein benutzerfreundliches Layout und bietet die Inhalte in fünf Sprachen an. Ein speziell entwickeltes Tool erleichtert den Kunden die Suche nach der richtigen Pumpe

beziehungsweise dem passenden Filter. Darüber hinaus wird den Kunden eine Übersicht sämtlicher Händler und Servicepartner geboten, mit denen das Unternehmen in rund 50 Ländern international zusammenarbeitet. Je nach Standort verweist die neue Website den Besucher auf den nächstgelegenen Händler.

Hendor wird sich auch in näherer Zukunft verstärkt auf das Online-Geschäft konzentrieren. Das Unternehmen sieht sich gut aufgestellt und wird in seinem Bereich ein zuverlässiger Partner bleiben, der seine Erfahrung und Expertise gerne mit den Kunden teilt. Dies soll unter anderem in Form von Blogs und Whitepapers geschehen. Wer dem Unternehmen auf seiner LinkedIn-Seite folgt, wird regelmäßig über Neuheiten und Produkte auf dem Laufenden gehalten.

➔ www.hendor.com

Schaeffler errichtet modernes Zentrallabor

Am Stammsitz des Konzerns in Herzogenaurach entsteht ein divisionsübergreifendes Zentrallabor, das auf einer Bruttogesamtfläche von rund 15 000 Quadratmetern zukünftig 15 Laboren und mehr als 360 Mitarbeitenden Platz bieten wird. Das Zentrallabor bündelt Kernkompetenzen und Schlüsseltechnologien der Schaeffler-Gruppe, vor allem in den Bereichen Mess-, Prüf- und Kalibriertechnik, Materialwissenschaft, Werkstoffgestaltung und Elektrochemie sowie Optimierung von Lebensdauer, Belastung und Zuverlässigkeit. Außerdem wird ein Elektroniklabor aufgebaut. Mit der Konsolidierung der Aktivitäten unter einem Dach soll der spartenübergreifende Wissens- und Technologietransfer intensiviert sowie Performancesteigerung durch die gemeinsame Nutzung von Ressourcen erreicht werden.

Im neuen Zentrallabor werden wir bereichsübergreifende Grundlagentechnologien bereitstellen, um damit beispielsweise Produktentwicklungen für nachhaltige und CO₂-neutrale Mobilitäts- und Energie-Ökosysteme zu ermöglichen, erklärt Uwe Wagner, Vorstand Forschung und Entwicklung der Schaeffler AG. *Um Lösungen für die großen Zukunftstrends, wie zum Beispiel CO₂-Neutralität, neue Mobilitätskonzepte oder Automatisierung, zu gestalten, müssen wir auch unsere übergreifenden Grundlagenkompetenzen in den Bereichen der Material- und Oberflächentechnologien, der Elektrochemie, der Elektronik oder der Digitalisierung immer*



Neues Zentrallabor in Herzogenaurach

(Bild: Schaeffler AG)

schneller erweitern. Mit dem neuen Zentrallabor schaffe man dafür eine hervorragende Basis.

Das Zentrallabor soll dabei auch Kunden zugänglich gemacht werden. Dazu wird ein Labor- und Präsentationsbereich für die Digitalisierung und den Einsatz von Künstlicher Intelligenz etabliert.

Mit unserer Fertigungsexzellenz sind wir hervorragend positioniert, um unseren Kunden auch in Zukunftstechnologien wie E-Mobilität, Robotics oder der Wasserstofftechnologie beste Lösungen anzubieten, sagt Andreas Schick, Vorstand Produktion, Supply Chain Management und Einkauf. Dabei sei es gerade in diesen Wachstumsfeldern entscheidend, schon bei der Grundlagenforschung an die Anwendungen in Produkten und der Serienfertigung zu denken, um im globalen Wettbewerb führend zu bleiben. Besonders die digitalen Simulationstechniken von Schaeffler seien hier entscheidend.

Das Zentrallabor in Herzogenaurach setzt neben seinem weitreichenden Leistungsangebot Maßstäbe im Bereich der Klimatisierung und Vibrationsfreiheit der Labore und ermöglicht so unter anderem hochauflösende Messtechniken. Das Gebäude, das zu Beginn des Jahres 2024 bezogen werden soll, wird zudem nach neuesten Nachhaltigkeitsstandards realisiert und als sogenanntes *Green Building* nach dem *DGNB Gold*-Standard betrieben.

Mit dieser Ausstattung ist das Zentrallabor ein wichtiges Element der im November bekannt gegebenen Roadmap 2025, mit der die Schaeffler-Gruppe ihre Zukunfts- und Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig stärkt. Das Zentrallabor sichert nach den Worten von Klaus Rosenfeld, Vorsitzender des Vorstands der Schaeffler AG, hochmoderne Arbeitsplätze in Zukunftsfeldern und steigert zugleich die Attraktivität des Standorts und der Region für Kunden und Mitarbeitende. *Es unterstreicht zudem unser Bekenntnis zum Standort Deutschland.*

➔ www.schaeffler.de

Masterstudiengang

Elektrochemie und Galvanotechnik

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Elektrochemie und Galvanotechnik (M.Sc.)

Abschluss
Master of Science

Regelstudienzeit
4 Semester

Zulassungsvoraussetzung
verwandter Bachelorabschluss

Studienbeginn
1. April oder 1. Oktober

Die Entwicklung und Optimierung von Prozessen und Technologien für leistungsfähige und nachhaltige Beschichtungstechniken, die Erforschung neuer Technologien für Energiespeicher und -wandler oder der Test und die Verbesserung von Korrosions- und Verschleißschutzschichten sind typische Arbeitsfelder von Ingenieuren*innen der Elektrochemie und Galvanotechnik. Ein deutschlandweit einmaliger Masterstudiengang mit einzigartigen Berufsaussichten.

Informationen zum Studiengang:
Studienfachberatung:

www.tu-ilmenau.de/studieninteressierte/
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. **Andreas Bund**
andreas.bund@tu-ilmenau.de

Sie haben ein tolles Produkt...
unsere Technologien
machen es zum Sahnestück.



- Keine Korrosion
- Kein Verschleiß
- Keine Reibung
- Kein überflüssiges Gewicht

Innovative Lösungen
für Ihren Wettbewerbsvorteil.

 **CERANOD**[®]
Oberflächentechnologie der Zukunft