

WOMAG

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche

ENORME EINTAUCHTIEFE,
AI-INTELLIGENTER
PROZESS-SCHUTZ.



RENNER
#dasoriginal

Made in Germany.



RPR-SENSE 4.0



Mehr Infos
RPR-Sense 4.0

RT-VC 300

renner-pumpen.de

RENNER
PUMPEN UND FILTER

WERKSTOFFE

Daten-Ökosystem entlang der
automobilen Wertschöpfungskette

OBERFLÄCHEN

Abscheidung und Auflösung von
Aluminium in IFs – Kinetik

WERKSTOFFE

Lasersystem zum Bohren von
Löchern in Flugzeugsegmenten

OBERFLÄCHEN

Realtime-Schichtdickenmess-
technik direkt in der Linie

MEDIZINTECHNIK

Lab-on-chip-System: vom Pro-
totyp zur Serienfertigung

SPECIAL

Hochwertige Oberflächen
im Fokus der Klimabilanz

MÄRZ 2022

Branchen-News täglich: womag-online.de

Bachalpsee in den Schweizer Alpen

Leidenschaft für perfekte Oberflächen

Atemberaubende Schönheit oder optimale Funktion sind nicht nur in der Natur das Ergebnis von perfekten Oberflächen. Auch in unserer modernen Welt bestimmen Oberflächeneigenschaften immer mehr über die Attraktivität, den technischen Nutzen oder die Wirtschaftlichkeit von Produkten – und damit über deren Erfolg am Markt.

NACHHALTIGE (EDEL-)METALL BESCHICHTUNGEN FÜR HÖCHSTE ANSPRÜCHE

Mit uns haben Sie einen führenden Hersteller von Anwendungen für die Galvanik- und PVD-Beschichtung an Ihrer Seite. Wir sind für Sie da – weltweit – von der Problemstellung bis zur Serienproduktion und natürlich darüber hinaus als kompetenter Servicepartner.

Verleihen Sie Ihrem Produkt den entscheidenden Vorteil –
eine perfekte Oberfläche.

ELECTROPLATING

THIN FILM PRODUCTS

METAL
DEPOSITION
SOLUTIONS



Noch eine Schippe draufgelegt ...



Die letzten Monate waren neben den Schwierigkeiten durch die gestörten Lieferketten von der unabrückbaren Erkenntnis geprägt, dass wir uns mit enormen Anstrengungen um die Erzeugung von sogenannter sauberer Energie kümmern müssen. Dabei stand bisher der Umweltschutz als primäres Argument für diesen Wandel im Vordergrund. Die gestörten Lieferketten hatten für alle produzierenden Unternehmen weitere Herausforderungen gebracht: aufgrund der fehlenden Rohstoffe – Metall ebenso wie Kunststoffe oder Chemiegrundstoffe – eine Produktion aufrechtzuerhalten und gleichzeitig die steigenden Kosten, verursacht durch Materialknappheit

und drastisch steigende Transportkosten, zu bewältigen. Bisher konnte davon ausgegangen werden, dass eine wohlhabende Gesellschaft, wie sie in nahezu allen Ländern Europas vorliegt, solche gravierenden Umbrüche durch Finanzmittel unterstützen und so zum Vorteil aller Mitglieder der Gesellschaft auch bewältigen kann.

Mit dem Kriegsausbruch an der östlichen Außenseite der europäischen Gemeinschaft wurde jetzt eine vollkommen neue Situation geschaffen. Nicht nur der gewohnte Bezug von Energierohstoffen, sondern auch der Erhalt von essentiellen Rohstoffen steht vor dem Aus oder zumindest vor einer drastischen Mengenbegrenzung (was wiederum die Preise für die Rohstoffe deutlich steigen lassen dürfte). Als Beispiel soll hier nur einmal Chrom genannt werden: nicht nur ein nach wie vor wichtiges Beschichtungsmetall sondern vor allem auch unverzichtbarer Bestandteil der allgegenwärtigen Edelstähle. Die Erzlagerstätten mit den größten Vorkommen liegen in Russland – wir werden hier also in nächster Zeit sicher mit einem Wandel in der Versorgungslage rechnen müssen.

Gleichzeitig können wir nur hoffen, dass die – sicher notwendige – Verlagerung von Finanzmitteln für den militärischen Bereich in Deutschland den Ausbau von alternativen Energiequellen und die Verstärkung der Maßnahmen zur Energieeinsparung nicht zu sehr hemmen werden. Die bisherigen Aufgaben lösen sich durch zusätzliche neue Herausforderungen nicht auf, wir werden aber sehr wahrscheinlich einen langen Atem brauchen. Über allem steht aber die Hoffnung auf eine baldige Beendigung des Krieges in der Ukraine und einen stabilen Frieden in Europa!

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.

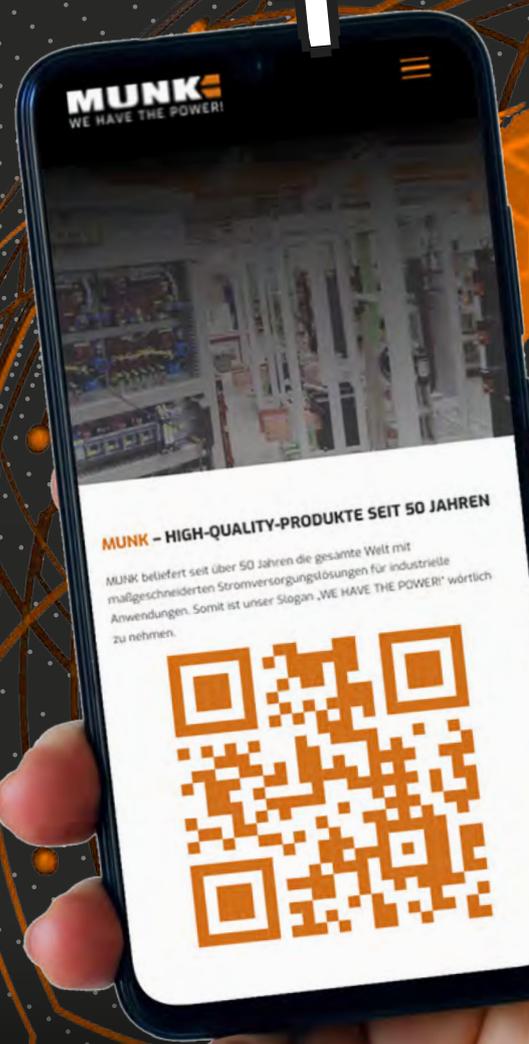


MUNK

WE HAVE THE POWER!

BESSER SCHNELLER INNOVATIVER

UNSERE NEUE WEBSEITE



WWW.MUNK.DE

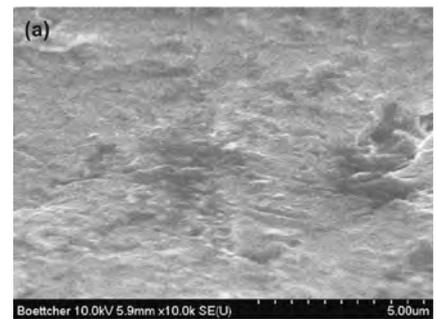
INHALT



4 Daten-Ökosystem entlang der automobilen Wertschöpfungskette zur Ermittlung des CO₂-Fußabdrucks



10 Mikrorisse in Flugzeugteilen erfassen



22 Aluminiumabscheidung

WERKSTOFFE

- 4 Catena-X: Daten-Ökosystem entlang der automobilen Wertschöpfungskette
- 6 Control 2022 macht sich startbereit
- 7 Wie bohrt man eine Million Löcher?
- 10 Mikrorisse in Flugzeugen fühlen und sehen
- 11 60 Millionen Euro aus dem Bayerischen Wirtschaftsministerium
- 13 Aluminiumindustrie: Ausblick bleibt verhalten optimistisch
- 14 Deutsche Werkzeugmaschinenindustrie startet 2022 durch
- 15 Mischsimulation optimiert die Schleifwerkzeugherstellung
- 16 Optische Kohärenztomografie verbessert die Prozessstabilität des Laserauftragschweißens
- 17 Produktiver beschichten und reparieren mit Künstlicher Intelligenz

MEDIZINTECHNIK

- 18 Lab-on-chip-Systeme: In kürzester Zeit vom Prototypen zur Serienfertigung
- 20 Sensor aus neuartigem Material bietet Alternative für Blutzuckermessung
- 20 Medizinprodukte nach der Nutzung aufbereiten und wiederverwenden

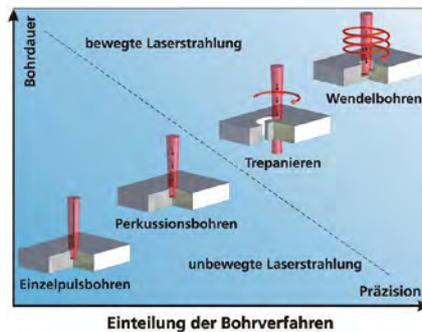
OBERFLÄCHEN

- 21 Zink und Zinklegierungen im globalen Forschungskontext
- 22 Aluminiumabscheidung und -auflösung in ionischen Flüssigkeiten auf Basis von [EMIm]Cl – Kinetik des Ladungstransfers und der geschwindigkeitsbestimmende Schritt
- 26 Hochwertige Oberflächen im Fokus der Klimabilanz
- 29 Lotuseffekte lasern

INHALT



26 Hochwertige Fahrzeugteile



7 Bohren mit Lasertechnik



35 Aluminiumbeschichtung: Schichtdickenmessung in der Produktion

OBERFLÄCHEN

- 31** Produkte für hochwertige Galvanik- und PVD-Beschichtungen aus einer Hand
- 32** Dokumentierte Qualität bietet Sicherheit
- 33** Ecoclean: Mit der optimalen Lösung stabil, effizient und nachhaltig reinigen
- 35** Realtime-Schichtdickenmessung direkt in der Linie
- 38** Einzigartig durch den letzten Schliff

VERBÄNDE

- 40** Zentralverband Oberflächentechnik e. V. (ZVO) – Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e. V. (VDW) – Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI) – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. (DVS) –

Zum Titelbild: Die Renner GmbH verfügt über eine umfangreiche Erfahrung bei der Entwicklung und Fertigung von hochwertigen Pumpen- und Filtersystemen

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 2022 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. 11 vom 15. Oktober 2021

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

≡ Catena-X: Daten-Ökosystem entlang der automobilen Wertschöpfungskette

Neu gegründeter Verein Catena-X Automotive Network e. V. will Grundstein für vertrauensvollen Datenaustausch in der Automobilindustrie legen

Das Catena-X Automotive Network hat als Ziel, die Voraussetzungen für die schnelle und erfolgreiche Entwicklung eines offenen Ökosystems für den effizienten und sicheren Austausch von Informationen zwischen Unternehmen der Automobilindustrie zu schaffen. Dazu werden standardisierte Daten- und Informationsflüsse entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette geschaffen. Im Vordergrund stehen hierbei der Nutzen und die Wertschöpfung für jeden Teilnehmer im Netzwerk unter Wahrung der Datensouveränität entsprechend den Standards der europäischen Union (GAIA-X).

Das cloud-basierte Netzwerk soll allen Unternehmen der europäischen Automobilindustrie und deren globalen Partnern entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette offenstehen. Ein Fokus liegt auf kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU), deren aktive Beteiligung für den Erfolg des Netzwerks von zentraler Bedeutung ist. Das Catena-X Automotive Network wird deshalb von Beginn an als offenes Netzwerk mit *KMU-ready*-Lösungen operieren, an denen KMU schnell und mit geringen IT-Infrastrukturinvestitionen teilhaben sollen.

Ziele

Die Vision von Catena-X ist eng mit der von Gaia-X verbunden. Das angestrebte kollabo-

orative Daten-Ökosystem entlang der Wertschöpfungskette soll es Unternehmen – vom Automobilhersteller oder dem klein- und mittelständischen Zulieferer bis zum Recyclingunternehmen – ermöglichen, die Vorteile des datenbasierten Wirtschaftens voll auszuschöpfen. Gaia-X beschreibt die technischen Mindestanforderungen für den Aufbau einer föderierten und souveränen Dateninfrastruktur, die einen sicheren Datenaustausch gewährleistet. Die Zusammenarbeit von Catena-X und Gaia-X baut auf gemeinsamen Werten auf: Transparenz, Datensouveränität, Offenheit und Vertrauen.

Die Zusammenarbeit umfasst Aspekte wie die Angleichung von technischen Architekturen und Standards, die Entwicklung, das Testen und die Integration von Referenzservices im Datenraum sowie die Harmonisierung von Onboarding- und Zertifizierungsdiensten. In einem stufenweisen Ansatz definierten beide Organisationen gemeinsam die Anforderungen an Dateninfrastrukturdienste, um ein zielgerichtetes und nutzerzentriertes Ergebnis zu gewährleisten.

Die erste Phase war der intensiven Arbeit an den technischen Anforderungen für Vertrauen und Transparenz gewidmet: Mit der architektonischen Angleichung und der gemeinsamen Definition der Anforderungen der Phase 1 ist Catena-X mit dem Start der ers-

ten Catena-X Services durch eine Betreiber-gesellschaft Gaia-X konform.

Nach Aussage von Oliver Ganser, Vorstandsvorsitzender Catena-X Automotive Network, können dank der intensiven gemeinsamen Arbeit von Catena-X und Gaia-X technologische Lösungen geliefert werden, die Vertrauen und Transparenz gewährleisten. Dieser Erfolg bestärke die Netzwerkteilnehmer darin, die Pionierrolle von Catena-X fortzusetzen und die ersten Dienste innerhalb des kollaborativen Datenökosystems einzurichten.

Catena-X ist auf die Bedürfnisse der Unternehmen ausgerichtet. Die meisten Unternehmen speichern und bewerten ihre Daten bereits heute. Fehlende Lösungen für die datenbasierte Zusammenarbeit hindern sie, durchgängige Datenketten zu schaffen. Die Vernetzung der Akteure innerhalb der automobilen Wertschöpfungskette in einem integrierten Datenraum ermöglicht es ihnen, Daten auf der Grundlage von transparenten Regeln und zuverlässigen Standards auszutauschen. Unternehmen, die an den Datenraum angeschlossen sind, können ihr gesamtes Geschäftspartner-Netzwerk hierüber erreichen oder neue Netzwerke aufbauen. Neben anderen Lösungen werden Services für die Anwendungsfälle *Geschäftspartner Datenmanagement* und *Kreislaufwirtschaft* im Jahr 2022 auf den Markt kommen.



Der Umfang der Industriepattform stellt nutzerfreundliche Umgebungen für den Aufbau, Betrieb und die gemeinsame Nutzung von durchgängigen Datenketten (Data Driven Value Chain) her (Bild: Catena-X)

Für die beteiligten Unternehmen kann also die Wettbewerbsfähigkeit verbessert werden, indem

- durchgängige Datenketten für relevante Wertschöpfungsprozesse
- ein integrierter Mittelstand
- ein industrialisiertes Datenökosystem
- Mehrwertdienste durch netzwerkbasierter, innovative Ansätze sowie
- systemischer (Kopier-)Schutz für die europäische Automobilindustrie geschaffen werden.

Anwendungsfälle

Im Anwendungsfall *Geschäftspartner Datenmanagement* wird eine 360-Grad-Sicht auf den Geschäftspartner etabliert. Durch die Nutzung von externen Daten und den Datenaustausch innerhalb des Catena-X Netzwerks wird eine eindeutige Geschäftspartneridentität geschaffen. Die Daten werden dem Netzwerk zugänglich gemacht und bieten zugleich die Basis für weitere Anwendungsfälle im Catena-X-Datenökosystem.

Kreislaufwirtschaft steht als zweiter Anwendungsfall kurz vor dem Einsatz. Ein datengeneriertes Abbild von Fahrzeugkomponenten bietet die Möglichkeit, nachzuvollziehen, welche Rohstoffe in welcher Menge in welchem Teil verbaut sind. Auch der Zustand des Teils kann mittels dynamischer Daten ausgewiesen werden. Diese Transparenz und der im Anwendungsfall integrierte Marktplatz sind entscheidend, um den Kreislauf am Ende eines Lebenszyklus der Teile zu schließen. Ein Verwertungsunternehmen wird bei sei-

ner Entscheidung unterstützt, ob es die Komponente recyceln, aufbereiten oder wiederverwenden soll.

Insgesamt sind folgende Anwendungsfälle im Rahmen der Umsetzung von Catena-X Automotive Network geplant:

- Rückverfolgbarkeit von Hardware- und Softwarekomponenten (Erfüllung Lieferkettengesetz)
- Nachhaltigkeit (Nachweis CO₂-Fußabdruck, Einhaltung sozialer Standards)
- Kreislaufwirtschaft (CO₂-Fußabdruck Minimierung)
- Qualitätsverbesserung (Real time & kollaboratives Qualitätsmanagement)
- Bedarfs- und Kapazitätsmanagement (Versorgungssicherheit)
- Geschäftspartnerdatenbank (Stammdaten-Service)
- Daten- und modellzentrierte Entwicklungs- und Betriebsunterstützung (Digital Twin)
- Modulare Produktion (Shared Service)
- Manufacturing as a Service (Shared Service)
- Echtzeit-Steuerung und Simulation (Shared Service)

Netzwerkpartner

Mit Catena-X + Gaia-X wird nach Aussage von Marius Pohl, Geschäftsführer LRP-Autorecycling Leipzig GmbH, ein branchenübergreifender internationaler Marktplatz für Kreislaufwirtschaft geschaffen. Das bietet große ökologische und ökonomische Potenziale und schafft neue Geschäftsmöglichkeiten über die gesamte Wertschöpfungskette der Automobilindustrie hinweg.

Ein wachsendes Catena-X-Netzwerk führt zu steigendem Mehrwert für alle: Als Netzwerk der Automobilindustrie gestartet ist das Catena-X Automotive Network auf insgesamt 62 Mitglieder angewachsen, unter anderem mit Vertreterinnen und Vertretern von Automobilherstellern und -zulieferern, Branchenverbänden sowie Ausrüstern, wie beispielsweise Anwendungs-, Plattform- und Infrastrukturanbietern. Diese erweitern die internationale und branchenübergreifende Perspektive deutlich und bauen die Vorreiterrolle in Sachen Datensouveränität und Technologieoffenheit in der europäischen Industrie und darüber hinaus weiter aus. Datenräume führen zu neuen internationalen Standards – dies kann nur gemeinsam erreicht werden.

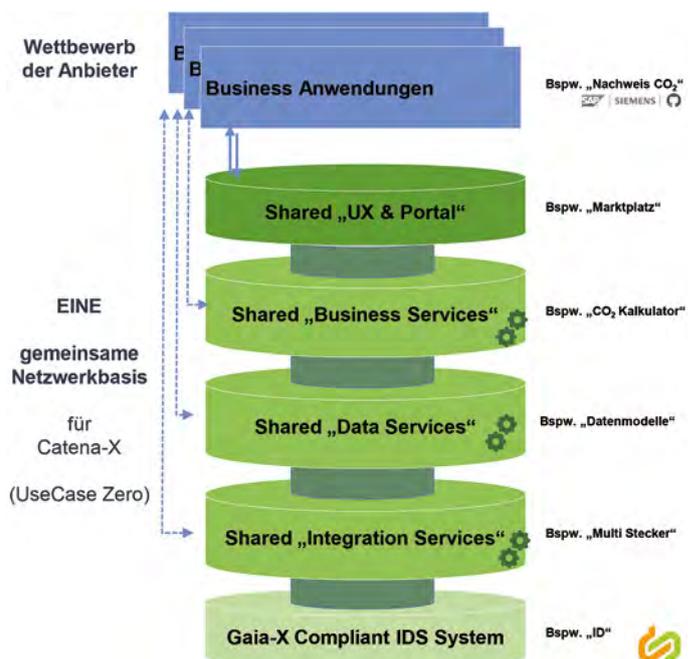
Über das Catena-X Automotive Network e. V.

Catena-X versteht sich als ein schnell skalierbares erweiterbares Ökosystem, an dem sich alle Teilnehmer der automobilen Wertschöpfungskette gleichermaßen beteiligen können. Das Ziel: Die Bereitstellung einer Umgebung für den Aufbau, Betrieb und die kollaborative Nutzung durchgängiger Datenketten entlang der gesamten automobilen Wertschöpfungskette zu schaffen.

Seit der Gründung des Catena-X Automotive Network e. V. im Mai 2021 werden die Aktivitäten rund um die Entwicklung von gemeinsamen technologischen Grundlagen, Anforderungen und Standards für das Datenökosystem in der Vereinsstruktur ge-



Partner mit dem BMWI (KoPa35c) für den Aufbau des Datenökosystems Catena-X Werkbank (Bild: Catena-X)



Architektur des Betriebssystems Catena-X

(Bild: Catena-X)

WERKSTOFFE

bündelt. Mit dem Stand Ende 2021 hat der Catena-X Automotive Network e. V. 62 Mitglieder, die als Anbieter und Anwender in der automobilen Wertschöpfungskette tätig sind und ein breites Spektrum an Unternehmensgrößen abdecken. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Integration von kleinen und mittelständischen Unternehmen.

Ergänzt wird der Verein durch eine *Werkbank*, das heißt umsetzungsorientierte Projekte, die eine sichere, interoperable und neutrale technologische Basis sowie Serviceangebote für das digitale Ökosystem Cate-

na-X aufbauen. Die Entwicklung erfolgt so weit wie möglich auf Basis von Open-Source-Prinzipien.

Die Gründungsmitglieder des Vereins Catena-X Automotive Network e. V. sind ARENA2036, BASF SE, BMW AG, Deutsche Telekom AG, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., German Edge Cloud GmbH & Co., Henkel AG & Co. KGaA, ISTOS GmbH, Mercedes-Benz AG, Robert Bosch GmbH, SAP SE, Schaeffler AG, Siemens AG, SupplyOn AG, ZF Friedrichshafen AG, Volkswagen AG und die Fraunhofer-Gesellschaft e. V.

Oliver Ganser von der BMW Group wurde zum Vorsitzenden des Vorstands des Catena-X e. V. gewählt. Der stellvertretende Vorsitz wird zukünftig von Prof. Dr. Boris Otto (Fraunhofer ISST) geführt. Die Wahl des Schatzmeisters fiel auf Claus Cremers (Siemens). Darüber hinaus wurden Steve Schindler-Le Huray (Bosch), Dr. Matthias Dohrn (BASF), Frank Göller (Volkswagen), Hagen Heubach (SAP), Dr. Jürgen Sturm (ZF) und Dr. Inga von Bibra (Mercedes-Benz AG) in den Vorstand gewählt.

➔ www.catena-x.net

Control 2022 macht sich startbereit

Aussteller und Fachbesucher freuen sich auf die 34. Control – Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung vom 3. bis 6. Mai 2022 in Stuttgart. Im Fokus stehen Neuheiten aus den Bereichen Visionstechnologie, Bildverarbeitung, Sensortechnik sowie Mess- und Prüftechnik. Zur diesjährigen Präsenzmesse kommen mehr als ein Drittel der angemeldeten Aussteller aus dem Ausland.

Die Control, Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung (QS), ist als Leitmesse für die Messtechnik seit Jahrzehnten ein ideales Forum für den persönlichen Kontakt und den geschäftlichen Fachaustausch. Die hohe Nachfrage nach persönlicher Messteilnahme ist nach Aussage von Projektleiter Fabian Krüger vom Messeveranstalter P. E. Schall GmbH & Co. KG seitens der QS-Branche seit Monaten ungebrochen. Weltweit schätze die Branche die Control als unverzichtbare Plattform und erwarte die diesjährige Live-Messe nach zwei Jahren Zwangspause ganz besonders. *Gerade in diesen Wochen und Monaten, in der pandemiebedingt wieder Unsicherheit herrscht, sehen viele Unternehmen die Control Anfang Mai als Pflichttermin*, sagt der Projektleiter und erinnert an die erfolgreiche,

reibungslose Durchführung der Präsenzmessen im vergangenen Herbst.

QS noch nie so bedeutsam wie derzeit

Der Bedarf an fachlicher Diskussion über Neuentwicklungen der QS-Branche ist riesig. Viele Unternehmen führen aktuell erweiterte oder ganz neue QS-Systeme ein – angetrieben durch steigende Automatisierung, Digitalisierung und vermehrt kontaktlose Abläufe, durch Remote-Services, kleine Losgrößen und Null-Fehler-Fertigung. Die Notwendigkeit der Qualitätsüberprüfung jeglicher Prozesse samt Datenanalyse und einer durchgehenden Rückverfolgung betrifft inzwischen fast alle Branchen sowohl aus dem industriellen Bereich als auch dem Dienstleistungsumfeld. QS-Lösungen waren



(Bild: P.E. Schall GmbH & Co. KG)

nach Ansicht von Krüger noch nie so bedeutsam wie derzeit. Lösungen und Systeme der Mess- und Prüftechnik, Werkstoffprüfung, Analysegeräte, Visionstechnologie, Bildverarbeitung, Sensortechnik sowie Wäge- und Zähltechnik sind in den vergangenen zwei Jahren wesentlich weiterentwickelt worden und werden auf der Control 2022 ein einem hochinteressierten Fachpublikum präsentiert. Die gute Stimmung im Vorfeld und der hohe Anteil an ausländischen Ausstellern von inzwischen knapp 35 % bestätigt die Control als weithin geschätzte Fachmesse. Übersichtlich strukturiert, thematisch geführt und mit großem praktischen Nutzen für Aussteller und Fachbesucher wird die weltweit führende Technologie-, Kommunikations- und Business-Plattform für QS nun erwartet – live und präsent vom 3. bis 6. Mai 2022 in Stuttgart.

➔ www.control-messe.de



Wieder in Präsenz: die Control 2022

(Bild: P.E. Schall GmbH & Co. KG)

Wie bohrt man eine Million Löcher?

Der Laser ist das Werkzeug der Wahl, wenn es darum geht, eine große Zahl von gleichartigen Löchern nebeneinander zu bohren. Aber welches Lasersystem ist dann am schnellsten? Und mit welchem Bohrprozess? Am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT wird seit Jahrzehnten die Technologie für solche Prozesse entwickelt und erprobt. Der nachfolgende Artikel des Fraunhofer ILT gibt eine Übersicht, wie man diese Fragen angeht.

Wer braucht so viele Löcher?

Auch wenn die Pandemie Flugreisen vorerst reduziert hat, steht die Flugzeugbranche unter erheblichem Druck, den Treibstoffverbrauch weiter zu reduzieren. Eine Chance dafür bietet das Prinzip des *Hybrid Laminar Flow Control*: Die Luft strömt mit weniger Widerstand um einen Flugzeugflügel, wenn dessen Oberfläche viele kleine Bohrungen aufweist. Bis zu zehn Prozent Treibstoffeinsparungen sind so möglich. Ähnlich sieht es bei Flugzeugturbinen aus, dort helfen kleine Bohrungen, den Triebwerkslärm zu dämpfen. Ein drittes Beispiel ist die Filtertechnik. Dort können Metallfolien mit Bohrungen im Mikrometerbereich Mikroplastik effizient aus dem Abwasser filtern. Diese drei Beispiele zeigen schon recht gut, dass in ganz verschiedenen Bereichen viele Löcher zu bohren sind. Turbinenbau, Papierherstellung oder das Kunststoffrecycling sind Bereiche mit großem Potential.

Wie kann man mit dem Laser bohren?

Der Laser ist inzwischen mehrere Jahrzehnte im industriellen Einsatz, entsprechend vielfältig sind die Anwendungen. Neben dem Markieren, Schweißen und Schneiden ist auch das Bohren ein gängiges Verfahren. Wissenschaftlich betrachtet ist es ein nicht-spannendes thermisches Trennverfahren. *Abbildung 1* zeigt vier verschiedene Wege, um mit

dem Laser Löcher zu bohren. Bei der Auswahl spielt die Abwägung zwischen hoher Geschwindigkeit und hoher Präzision eine entscheidende Rolle.

Am schnellsten ist es natürlich, wenn man die Löcher mit Einzelpulsen durch das Material schießen kann. Das Wendelbohren dauert am längsten, erfordert meist sogar eine spezielle Optik, bietet dafür aber auch eine hohe Präzision. Beim Perkussionsbohren werden mehrere Pulse an denselben Punkt gesetzt, um ein Loch durch das Material zu lasern. Von Trepanieren spricht man, wenn nach der Durchgangsbohrung das Loch durch Abfahren der Bohrkontur ausgeschnitten wird. Die Präzision der Bohrung und die Glattheit der Bohrlochwände hängen natürlich auch vom Material und der Art der Laserstrahlung ab. Kupfer zum Beispiel absorbiert grüne und blaue Strahlung viel besser als das gängige Infrarot.

Pulsdauer und Pulsenergie beeinflussen das Ergebnis auch, da sind die Ultrakurzpuls-(UKP)-Laser etwas ganz Besonderes: Sie bringen die Laserenergie in extrem kurzer Zeit ein, das Material wird fast instantan in ein Plasma umgewandelt. Dadurch können die UKP-Laser praktisch jedes Material bearbeiten, sie bieten eine exzellente Oberflächenqualität, brauchen bei der Bearbeitung aber auch die längste Zeit.

Am Fraunhofer ILT werden alle diese Verfahren seit Jahren untersucht und optimiert. Herausgekommen sind hochproduktive Bohrverfahren, bei denen einige zehn bis hundert

Bohrungen in der Sekunde hergestellt werden können. Die große Herausforderung war hier, auch bei einer hohen Produktivität (Bohrrate) geringe Toleranzen der Bohrungsdurchmesser und eine hohe Oberflächengüte beizubehalten. Hier kommen die Prozesse des bekannten *On-the-fly* (OTF)-Bohrens mit Einzelpulsen und das am Fraunhofer ILT entwickelte OTF-Perkussionsbohren zum Einsatz.

Beispiel 1: Einzelpuls-Mikrobohren mit dem Laser

Das produktivste Bohrverfahren der obigen Aufzählung ist das Bohren mit Einzelpulsen. Dabei ist immer zu beachten, dass die Geschwindigkeit des Verfahrens und die Bohrlochqualität ausbalanciert werden müssen. Bewegt sich die Optik zu schnell über die Oberfläche, dann wird das Loch länglich. Die Qualität des Bohrlochs kann nach verschiedenen Parametern bewertet werden:

- Rundheit, also wie weit das Bohrloch von einer idealen Kreisform abweicht. Sie wird durch den Laser und die Verfahrensgeschwindigkeit beeinflusst
- Konizität ist das Maß, mit dem sich der Durchmesser der Bohrung mit der Tiefe verändert
- Oberflächenqualität in der Bohrung, sie wird durch die Intensität der Laserstrahlung beeinflusst

Am Fraunhofer ILT wurde das Verfahren so optimiert, dass sich 200 Löcher pro Sekunde in 1 Millimeter starkes Titanblech bohren ließen. Dazu wurde ein Single-Mode-Laser ver-

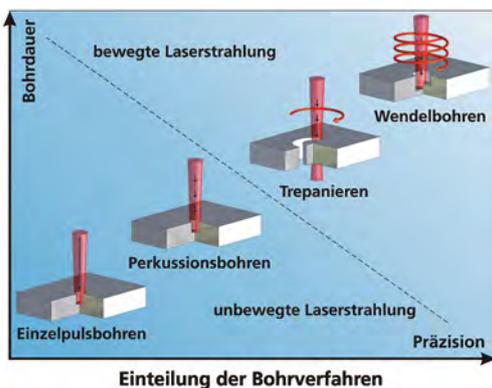
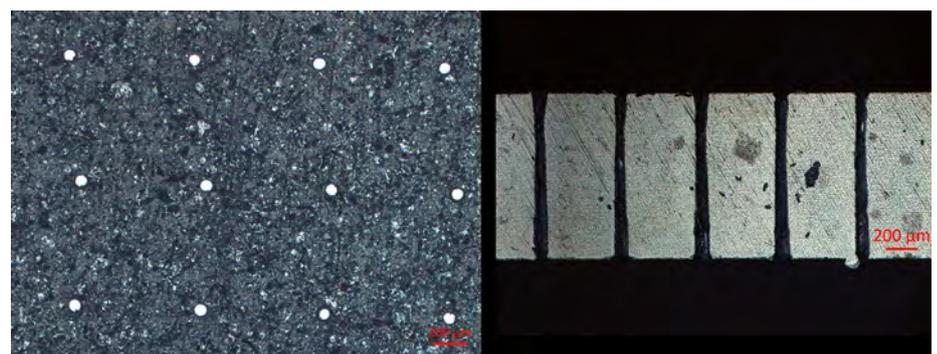
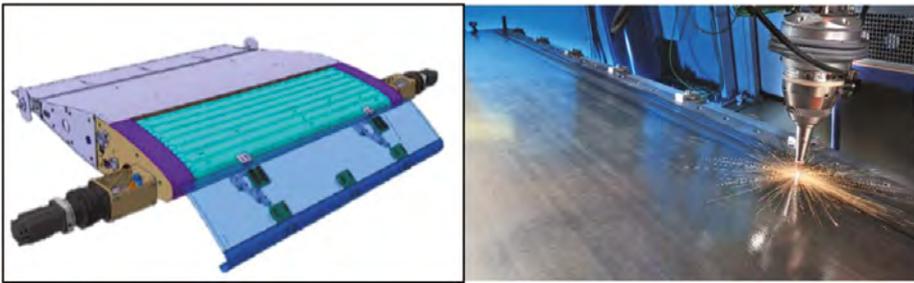


Abb. 1: Die verschiedenen Verfahren beim Laserbohren lassen sich nach Präzision und Bohrgeschwindigkeit einordnen
(© Fraunhofer ILT, Aachen)



Ansicht der Mikrobohrungen mit Durchlicht (l.) und Längsschnitt der Bohrungen (r.)
(© Fraunhofer ILT, Aachen)

WERKSTOFFE



Wenn im vorderen Teil des Flugzeugflügels kleine Löcher die Luft aufnehmen, wird die Ausbildung von Turbulenzen vermindert und weniger Treibstoff verbraucht. Die 80 µm Löcher werden bei etwa 150 mm/s Vorschub *on the fly* in das Flügelstück gebohrt

(© links: Sonaca, rechts: Fraunhofer ILT, Aachen)

wendet, mit dem ein Fokusbereich von nur 12 µm erreicht werden kann, um Bohrungen mit nur knapp 80 µm Durchmesser zu erzeugen.

Es wurde *on-the-fly* gebohrt, also mit einem konstanten Vorschub der Optik gegenüber dem Werkstück. Mit den optimierten Prozessparametern wurde ein zwei Meter langer 3D-geformter Demonstrator eines Flugzeugflügels auf einer 6-Achs-Anlage erfolgreich bearbeitet. Bei einer Geschwindigkeit von 200 Löchern pro Sekunde wurden etwa zwei Millionen Löcher pro Quadratmeter auf einer Fläche von etwa zwei Quadratmetern

in unter drei Stunden gebohrt. Der Durchmesser der Löcher war 80 µm. Wichtig war dabei auch die präzise Steuerung des Abstands zwischen Optik und Werkstück. Dafür wurde ein OCT (Optische Kohärenztomographie) eingesetzt, da es weder durch Plasma noch durch Spritzer beeinflusst wird und eine Messgenauigkeit von nur wenigen Mikrometern erreicht.

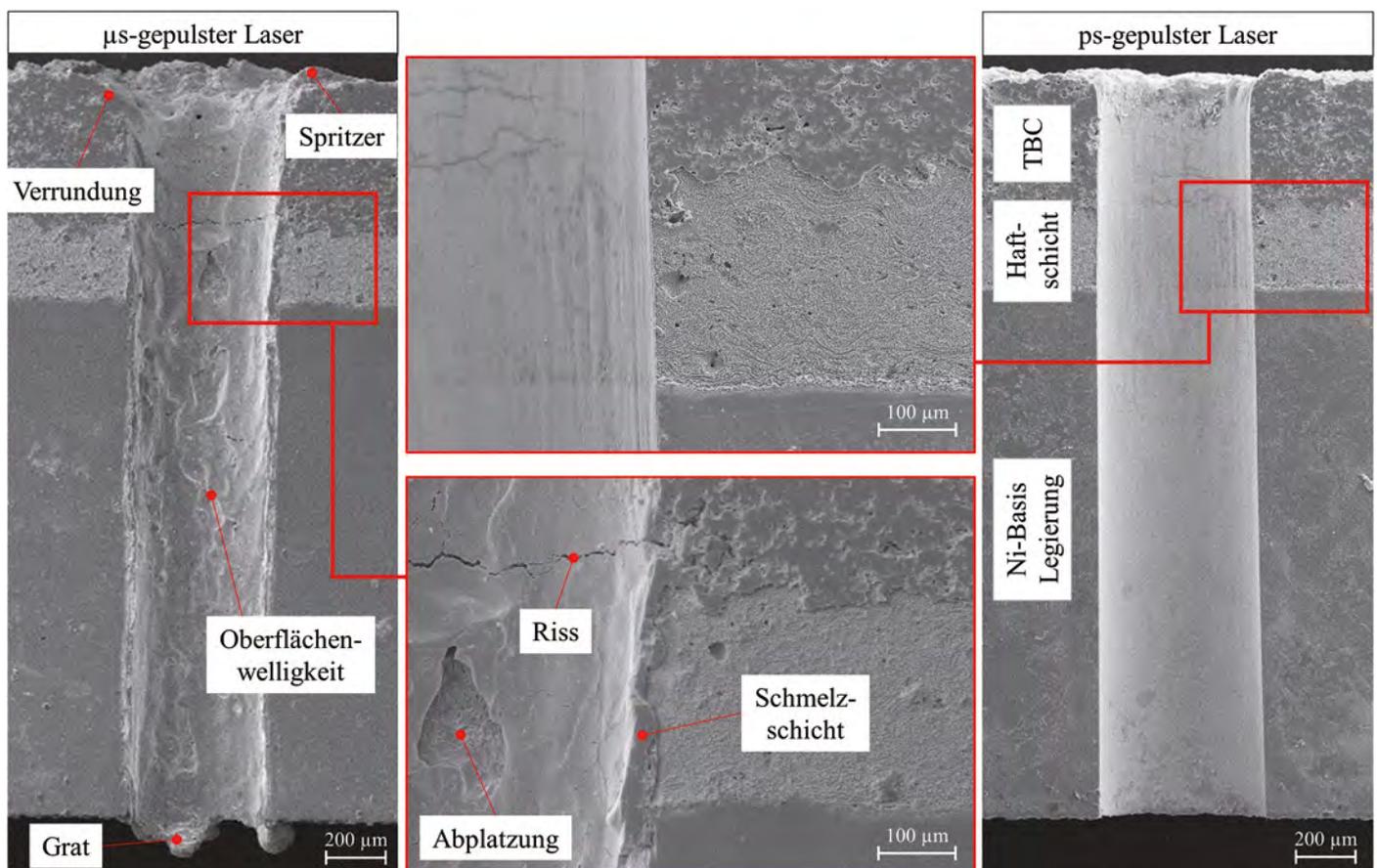
Beispiel 2: *On the fly*-Perkussionsbohren

Nicht alle Löcher lassen sich mit einem Laserpuls bohren. Höhere Aspektverhältnisse, höhere Anforderungen an die Bohrlochqua-

lität oder eine Neigung des Lochs können mit dem Perkussionsbohren erreicht werden. Größere Bohrungsdurchmesser sind ein weiterer Anwendungsfall für das OTF-Perkussionsbohren. Dabei werden mehrere Laserpulse in dasselbe Loch geschossen. Es ist offensichtlich, dass dabei die Vorschubgeschwindigkeit noch eine größere Rolle spielt: Die Bohrung muss fertig sein, bevor sich die Optik weiterbewegt hat, sonst wird das Loch schief, oder der Laser kann das Material gar nicht durchdringen.

Die Dauer einer Bohrung hängt dabei von der Zahl der nötigen Laserpulse und der Repetitionsrate des Lasers ab. Der Bohrprozess selbst ist komplexer als bei einem Einzelpuls. Bis zum Durchstich müssen die einzelnen Laserpulse stark genug sein, um das Material weiter aus dem Loch zu treiben. Abhängig von den Prozessparametern kann nämlich die Schmelze im Loch verbleiben und erstarren und den Laser abschatten oder gar das Loch verschließen.

Am Fraunhofer ILT wurden dazu umfangreiche Untersuchungen durchgeführt und erfolgreich ein *On-the-fly*-Prozess für einen Perkussionsbohrprozess entwickelt. Durch den Einsatz einer neuen Faserlaserstrahlquelle mit bis zu 20 Kilowatt Pulsspitzenlei-



Ultrakurze Laserpulse (r.) bewirken sehr viel bessere Oberflächen als kurze Laserpulse (l.)

(© Fraunhofer ILT, Aachen)

tung und 2000 Hertz Repetitionsrate konnten so bis zu 30 Bohrungen pro Sekunde in zwei Millimeter dickem Aluminium erzeugt werden. Dabei wurden Bohrungsdurchmesser von 500 µm mit einer hohen Präzision erzeugt. Die Standardabweichung war im Eintritt bei unter fünf Prozent, im Austritt sogar bei unter zweieinhalb Prozent. Die hohen Pulsspitzenleistungen und Repetitionsraten der neuen Laserstrahlquellen haben dabei das Erreichen der Präzision der Bohrungen und der Produktivität ermöglicht.

Und wenn das nicht reicht?

Die Laser- und Prozesstechnik entwickelt sich ständig weiter, und so sind in den nächsten Jahren auch weitere Fortschritte beim Laserbohren zu erwarten. Bei den Strahlquellen sind Ultrakurzpuls (UKP)-Laser mit höheren Leistungen im Kommen. Sie haben zwei große Vorteile: Einerseits sind die Bohrlöcher nach UKP-Bearbeitung präziser, defektfreier, oder schlicht glatter. Andererseits können UKP-Laser praktisch alle Materialien bearbeiten. Dem steht bislang nur eine deutlich geringere Arbeitsgeschwindigkeit

gegenüber. Im Cluster of Excellence Advanced Photon Sources CAPS entwickeln Expertinnen und Experten mehrerer Fraunhofer-Institute derzeit Strahlquellen bis weit über zehn Kilowatt Leistung sowie die nötige Prozesstechnik. Sie sollten auch das gegenwärtige Problem der geringen Produktivität von UKP-Lasern lösen.

Solche starken Laserstrahlquellen ermöglichen auch den Einsatz von Multistrahloptiken. Sie erlauben unter anderem das parallele Bohren von Hunderten oder Tausenden Löchern. Im Projekt *SimConDrill* wurden auf diese Weise schon Filterbleche für Abwasserfilter mit Millionen 10-µm-Löchern gebohrt. Mit so kleinen Bohrungen können die Filter in öffentlichen Abwasseranlagen eingesetzt werden, um Mikroplastik bis in den Bereich unter 10 µm abzufangen.

Die Multistrahloptiken lassen sich verschieden konfigurieren: Über diffraktive optische Elemente können große Zahlen paralleler identischer Teilstrahlen erreicht werden. Über spezielle Flüssigkristallmodulatoren kann die Verteilung der Teilstrahlen fast beliebig definiert werden. Mit akusto-optischen Modula-

toren können wiederum auch Einzelstrahlen an- und ausgeschaltet werden.

Insgesamt zeigt die Technik des Laserbohrens eine hohe Dynamik. Neue Verfahren werden entwickelt, immer stärkere Laser eröffnen immer neue Möglichkeiten bezüglich der erreichbaren Bohrungsgeometrien und Produktivität. Insbesondere die großen Fortschritte in der Weiterentwicklung von UKP-Strahlquellen werden in den nächsten Jahren noch viele neue und spannende Anwendungen beim Laserbohren ermöglichen. Am Fraunhofer ILT wird das Know-How von Grundlagenuntersuchungen bis zum industriellen Einsatz und der Anlagenentwicklung erarbeitet.

Auf der diesjährigen Laser World of Photonics in München vom 26. bis 29. April 2022 stellen Experten des Fraunhofer ILT das Spektrum vor, das die UKP-Technologie im Bereich Laserbohren bietet: Fraunhofer-Gemeinschaftsstand Halle A6.441.

Kontakt:

M.Sc. Dennis Haasler,

E-Mail: dennis.haasler@ilt.fraunhofer.de

➔ www.ilt.fraunhofer.de

Customized Solutions

Oberflächenveredelung – Perfektion für Ihren Erfolg!

B + T
Unternehmensgruppe

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

Gern auch für Sie.

B+T Unternehmensgruppe

Mikrorisse in Flugzeugen fühlen und sehen

Gemeinsam mit Teams aus England und Deutschland entwickelten Empa-Forscher ein Überwachungssystem für Flugzeugbauteile. In Zukunft könnten kleine Beschädigungen schon während des Flugs aufgespürt und überwacht werden, ohne dass das Flugzeug zur Wartung in den Hangar muss. Das senkt die Betriebskosten und erhöht zugleich die Sicherheit.

Die Druckkabinen von Verkehrsflugzeugen, ebenso wie deren Flügel und Leitwerke, werden in regelmäßigen Abständen auf Risse und Schäden untersucht. Alle sechs bis zehn Jahre muss jeder Jet zum sogenannten D-Check für ein bis zwei Monate in einen Hangar. Dort wird er weitgehend auseinandergebaut, selbst die Lackierung wird entfernt. Zusammen mit dem Ausfall an Flugzeit kann ein solcher D-Check leicht mehrere Millionen Franken kosten.

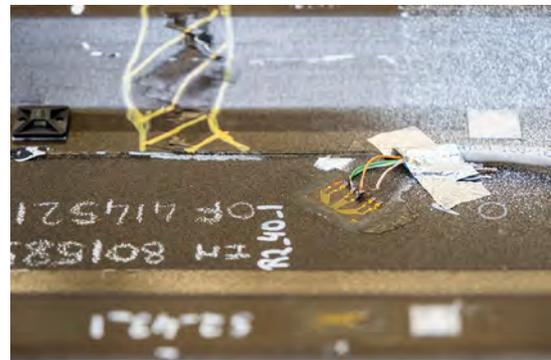
Doch ginge es nicht auch einfacher, etwa indem man die belasteten Teile der Flugzeugstruktur auch permanent, also während des Fluges, überwacht und entstehende Schäden gezielt im Auge behält? Im Rahmen eines EU-Projekts namens DIMES (Development of Integrated Measurement Systems) ist ein internationales Forschungskonsortium dieser Frage nachgegangen. Projektpartner sind neben der Empa Airbus, die University of Liverpool, die Firmen Strain Solutions Limited aus Großbritannien und Dantec Dynamics GmbH aus Deutschland.

Ist da was? Wie schlimm ist es?

Wir haben uns im Februar 2018 auf das Projekt beworben, das im Rahmen des Clean

Sky 2-Programms der EU ausgeschrieben war, erklärt Erwin Hack, der Projektleiter an der Empa. Die Fragestellung war spannend: Mit möglichst robusten und preisgünstigen Komponenten sollten die Forscher den metallischen Flügel eines Airbus A320 und Kohlefaser-Verbundwerkstoffe im Kabinenpaneel eines Airbus A350 beobachten. Wie Hack erläutert, sollten die Sensoren am Ende mehrere Fragen beantworten: Ist da ein Schaden? Wo ist der Schaden? Welcher Art ist der Schaden? Wie ernst ist die Beschädigung, und wie lange hält das Bauteil noch?

Das Konsortium erhielt den Zuschlag, und die Empa spielte dabei keine unwesentliche Rolle: Einerseits ist Erwin Hack Spezialist für die optische Überwachung von Bauteilen, für Wärmebildmessungen und für die Überwachung mittels Dehnungsmessstreifen und Bragg-Gittern. All diese Methoden sollten zugleich an den Flugzeugteilen eingesetzt werden. Und zum anderen verfügt die Empa über Maschinen, in denen die Teile eingespannt und tausende Male hintereinander gezielt durchgebogen werden konnten. Zusammen mit Silvain Michel von der Empa-Abteilung Mechanical Systems Engineering entwickelte Hack seine Teststrategie. Airbus lieferte aus



Sensormessung: Dehnungsmessstreifen und optische Bragg-Gitter überwachen die Schäden im Biegeversuch (Bild: Empa)

Filton/UK das rund sieben Meter lange Flügelsegment eines Airbus A320-111, der 1988 bei einem Absturz beschädigt worden war.

Schadensbetrachtung mit vier Methoden

Im November 2019 war das Flügelteil an der Empa eingespannt, die Untersuchungen konnten beginnen. Mit hydraulischen Pressen wurde der Flügel 70 000-mal durchgebogen, während die Forscherinnen und Forscher Daten sammelten und die Ergebnisse analysierten. Die Biegeversuche vergrößerten – wie erwartet – die Bruchstellen, die der Flügel beim Absturz erlitten hatte, und führten zu neuen Rissen.

Den Gesamtzustand des Flügels *fühlten* die Forschenden mit Dehnungsmessstreifen und faseroptischen Bragg-Sensoren. Die nähere Umgebung des Schadens beobachteten sie mit Kameras und Infrarotkameras – denn die Biegungstests erzeugen Wärme im geschädigten Flügelteil. Dort, wo die Wärme entsteht, gilt es, besonders genau hinzuschauen.

Die Pandemie stellt Herausforderungen

In einem nächsten Schritt galt es, die Untersuchungsmethoden aus dem Metallflügel auf Kohlefaserstrukturen eines Flugzeugs anzupassen: Bei Airbus in Toulouse stand das Cockpit eines Airbus bereit, und die Empa erhielt Rumpffaneele eines Airbus A350 aus Hamburg. Beide Teile sind vor allem durch den Kabinendruck belastet, der bei jedem Flug aufgebaut und bei jeder Landung wieder entlastet wird.



Expertenblick: Silvain Michel und Projektleiter Erwin Hack (r.) untersuchen das Rumpfpaneel eines Airbus A350 (Bild: Empa)

Doch dann kam Corona. Nun konnten die Forscherteams aus Chesterfield und Liverpool, in Ulm und Dübendorf sich nicht mehr treffen und auch nicht zu ihren Versuchsobjekten reisen, die in Dübendorf, Toulouse und Filton in den Labors standen. Die Forschenden lösten das Problem, indem sie ein spezielles Kommunikationssystem für Mechaniker entwickelten, bestehend aus Helmkamera, Kopfhörern und Mikrofon. So ausgerüstet konnte ein Spezialist in Toulouse das Modul in die Cockpitstruktur montieren – aus der Ferne geführt von Experten in England, Deutschland und von der Empa. Die Methode funktionierte so gut, dass schließ-

lich noch ein Luftfahrt-Forschungslabor im kanadischen Ottawa ins Projekt aufgenommen wurde. Dort wurde ein Flugzeugflügel mit dem Überwachungsmodul bestückt, ohne dass ein einziger Langstreckenflug zum Forschungsobjekt nötig war.

Einsatz bei statischen Strukturtests

Ergebnis des Projekts ist ein kleines Modul aus handelsüblichen, preisgünstigen Komponenten, das zugleich vier Überwachungsmethoden beherrscht: Dehnungsmessungen mit Messstreifen und Bragg-Sensoren, optische Überwachung und thermoelastische Stressanalyse. Die Daten aus den Sensoren werden

in einem Minicomputer gesammelt und können von Ferne ausgelesen werden.

Zunächst darf das Modul noch nicht in Flugzeugen mitfliegen, sondern soll bei Strukturtests in Airbus-Entwicklungslabors beweisen, was es kann. Wenn die Technik weiter ausgereift ist, könnte sie entscheidend dabei helfen, die Sicherheit von Flugzeugen zu erhöhen und zugleich die Wartungskosten zu senken. Die nächste Generation von Airlines könnte dank solcher Strukturüberwachung auch etwas leichter und damit Treibstoff sparender gebaut werden als heute. Rainer Klose

➔ www.empa.ch

60 Millionen Euro aus dem Bayerischen Wirtschaftsministerium

Förderbescheide für die Fraunhofer-Mikroelektronik-Forschung in Bayern übergeben

Gleich drei Förderbescheide in Höhe von insgesamt 60 Millionen Euro hat der bayerische Wirtschaftsminister Hubert Aiwanger bei seinem Besuch an der Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT in München übergeben. Ziel der Förderung ist der Ausbau des Hightech-Standorts Bayern: Neben einer umfassenden Infrastrukturoffensive sollen die Mittel eingesetzt werden, um ein Zentrum zur Forschung und Entwicklung von vertrauenswürdigen integrierten Elektroniksystemen für Security und Safety aufzubauen.

Entwicklungen aus dem Bereich der Mikroelektronik werden in zahlreichen Industrien dringend benötigt. Um diesen strategisch wichtigen Forschungszweig am Standort Bayern weiter auszubauen und dadurch die bayerische Wirtschaft nachhaltig zu stärken, hat der Freistaat ein großes Förderpaket für die bayerische Fraunhofer-Forschung geschnürt. Zusätzlichen Rückenwind für das ambitionierte Vorhaben verspricht das Konjunkturprogramm REACT, das Investitionen in Millionenhöhe in hochmoderne Technologieinfrastruktur ermöglicht.

Der bayerische Wirtschaftsminister Hubert Aiwanger übergab bei seinem Besuch insgesamt drei Förderbescheide: Für das geplante Zentrum TrEB (Trusted Electronic Bayern) wurden 29,3 Millionen Euro bereitgestellt sowie zusätzlich 5,7 Millionen Euro aus dem Investitionsprogramm REACT. Die Fraunhofer EMFT erhielt für ihren Reinraum aus dem REACT-Programm außerdem eine Förderung in Höhe von 25 Millionen Euro zur Beschaffung von Forschungsinfrastruktur. *Halbleitertechnologien haben strategische Bedeutung*

für unsere Wirtschaft, betonte Hubert Aiwanger. Jeder geförderte Euro sei deshalb eine bestens angelegte Investition in den Standort Bayern. Insbesondere das Projekt *Trusted-Electronics* sei bundes- und europaweit einmalig. Bisher beschränkte sich Forschung und Entwicklung von vertrauenswürdigen und sicheren Chips auf militärische Bereiche. *Das wollen wir mit einem eigenen Zentrum für vertrauenswürdige Elektronik ändern. So bringen wir unsere Kompetenzen im Chip-Design entscheidend voran*, so Aiwanger.

Mikro- und Nanoelektronik sind nach den Worten von Prof. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, tragende Säulen zahlreicher Branchen, von der Automobilindustrie über die Energietechnik bis hin zum Maschinenbau. Ihre Weiterentwicklung sei ein strategisches Schlüsselement – nicht nur, um Innovationen aus verschiedensten Wirtschaftszweigen hervorzubringen, sondern auch für die Souveränität und den Erfolg des Standorts Deutschland und Europa im internationalen Wettbewerb. *Mit dem geplanten Zentrum Trusted Electronics*

und dem Ausbau der Forschungsinfrastruktur werden wir einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung von maßgeschneiderten Technologie- und Systemlösungen für zuverlässige und vertrauenswürdige Elektronik leisten, um aktuelle und künftige Herausforderungen der Mikroelektronik zu lösen, sagte Prof. Neugebauer. Insbesondere Unternehmen am Standort Bayern profitierten vom direkten Zugang zur Fraunhofer-Spitzenforschung im Bereich Mikro- und Nanoelektronik.

Zentrum für sichere integrierte Systeme

Im geplanten Zentrum TrEB werden das Fraunhofer-Institut für Angewandte und Integrierte Sicherheit AISEC, die Fraunhofer-Einrichtung für Mikrosysteme und Festkörper-Technologien EMFT und das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS eng zusammenarbeiten und ein international sichtbares Kompetenzzentrum für die Forschung und Entwicklung sicherer integrierter Systeme schaffen. Das Zentrum wird insbesondere bayerischen Industrieunternehmen sowie kleinen und mittelständischen Unter-



Übergabe der Förderbescheide (v. l. n. r.): Prof. Albert Heuberger, Institutsleiter Fraunhofer IIS; Prof. Amelie Hagelauer, Institutsleiterin Fraunhofer EMFT; Hubert Aiwanger, Wirtschaftsminister Bayern; Prof. Georg Sigl, Institutsleiter Fraunhofer AISEC; Prof. Alexander Kurz, Fraunhofer-Vorstand Innovation, Transfer und Verwertung (© Fraunhofer/Markus Juergens)

nehmen als Anlaufstelle dienen, mit einem niedrighwelligen Zugang zu vertrauenswürdigen sicheren Technologien, integrierten analogen und digitalen Schaltungen, System-schutzlösungen und hervorragend ausgestatteten Analyselabors.

In Zeiten von KI und Digitalisierung geht es nach Aussage von Prof. Christoph Kutter, Direktor der Fraunhofer EMFT, bei der Qualität von Elektronikprodukten nicht mehr rein um funktionale Sicherheit, sondern zunehmend auch um Informationssicherheit und Vertrauenswürdigkeit der verarbeiteten Daten. Vor diesem Hintergrund könne technologische Souveränität im Bereich Cybersecurity gar nicht hoch genug bewertet werden. Um beispielsweise festzustellen, ob elektronische

Komponenten und Schaltungen manipuliert wurden, bringt die Fraunhofer EMFT ihre Reverse-Engineering-Kompetenzen mit ein. Darüber hinaus haben das Fraunhofer EMFT und das Fraunhofer AISEC eine Produktschutzfolie entwickelt, mithilfe derer sensitive Schaltungen manipulationssicher eingepackt und überwacht werden können.

Die Schwerpunkte des Fraunhofer AISEC liegen vor allem in neuen Konzepten für hardwarenahe Informationssicherheit, sichere Betriebssysteme sowie Sicherheitsanalysen im Labor. *Unser Ziel ist es, das vorhandene Sicherheitslabor nach modernen Zertifizierungsvorgaben so auszubauen, dass gefertigte Chips rigorosen Sicherheitsanalysen unterzogen werden können*, erklärte

Prof. Georg Sigl, Institutsleiter am Fraunhofer AISEC. Außerdem wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer AISEC ein gehärtetes Secure-Element entwickeln, das als Sicherheitsanker einen wichtigen Baustein für vertrauenswürdige und sichere Elektronik bildet.

Das Fraunhofer IIS unterstützt dabei, durch neuartige Methoden in Design und Test das geistige Eigentum entlang der Wertschöpfungskette mikroelektronischer Komponenten und Systeme zu schützen. Der Fokus liegt auf der Entwicklung eines sicheren Designflows für integrierte Schaltkreise, neuen integrierten Hardware-IPs, Mikroprozessor-Subsystemen sowie komplexen Schaltungen. Anwendungen in Industrie und privatem Bereich bräuchten Elektronikkomponenten, denen sie vertrauen können, sowohl in Bezug auf deren Funktion als auch im Hinblick auf Schutz vor möglichen Angriffen, so Prof. Albert Heuberger, Institutsleiter des Fraunhofer IIS. Im Trusted Electronic Bayern Center arbeitet das Fraunhofer IIS an Workflows für das Design von sicheren Schaltungskomponenten und Prozessoren, sowie an Lösungen zum Beispiel für Industrieanlagen, Automobilindustrie und Medizintechnik.

Nach der feierlichen Übergabe der Förderbescheide besichtigte Minister Aiwanger die Rolle-zu-Rolle-Pilotlinie an der Fraunhofer EMFT zur Herstellung von flexibler Elektronik. Auf der Anlage fertigen die Forschenden beispielsweise Manipulationsschutzfolien. Die Folien mit einer elektrisch leitfähigen Gitterstruktur lassen sich um sensible elektronische Bauteile wickeln, um diese vor Ausspäversuchen zu schützen.

➔ www.fraunhofer.de

WOMag-App

Online und offline auf mobilen Geräten

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

Laden im
App Store

Laden bei
Google play

The screenshot shows the WOMAG app interface. At the top, there's a search bar with 'Kiosk durchsuchen ...'. Below it, a section titled 'FILTERSYSTEME VOM PROFI' with sub-points: 'PROZESSOPTIMIERT.', 'BEDIENERFREUNDLICH.', 'EFFIZIENT.'. To the right is the 'Sager Mack' logo with the tagline 'Leading the way in pumps and filters'. At the bottom, there's a navigation bar with social media icons and the website 'www.sager-mack.com'. Below the main content, there's a section 'ALLE AUSGABEN' with four thumbnails of WOMAG brochures.

Aluminiumindustrie: Ausblick bleibt verhalten optimistisch

Jahresergebnis 2021 besser als erwartet, Risiken nehmen zu

Die deutsche Aluminiumindustrie blickt trotz eines äußerst herausfordernden Umfelds auf ein starkes Jahr 2021 zurück. Produktion und Auftragseingang am Standort Deutschland haben gegenüber dem Jahr 2020 zugelegt. Dies unterstreicht die Lösungskompetenz und den zunehmenden Stellenwert, den der Werkstoff Aluminium bei der Transformation unserer Industrie und Gesellschaft bereits heute einnimmt. Allerdings nahmen die Risiken im Jahresverlauf deutlich zu und werden die Unternehmen auch 2022 weiter unter Druck setzen.

Attraktiver Werkstoff, wettbewerbsfähige Unternehmen

Die deutschen Betriebe der Aluminiumindustrie haben im Jahr 2021 insgesamt mehr produziert als im Jahr zuvor. Vor allem der Halbzeugsektor legte im vergangenen Jahr deutlich zu. Mit rund zwei Millionen Tonnen liefen knapp zehn Prozent mehr Walzprodukte von den Bändern als 2020. Die Strangpresswerke in Deutschland erreichten mit einem Output von knapp 610 000 Tonnen und einem Zuwachs von stattlichen 20 Prozent fast das Allzeithoch aus dem Jahr 2007. Die Rohaluminiumproduktion war mit rund einer Million Tonnen stabil. Jedoch haben insbesondere die drastisch angestiegenen Energiepreise zu deutlichen Rückgängen bei der Produktion im vierten Quartal 2021 geführt (-16 Prozent). Der Umsatz der Betriebe erholte sich nach dem Krisenjahr 2020 deutlich (+23 Prozent) und erreichte mit einem Wert von 21,7 Milliarden Euro beinahe wieder das Niveau aus dem Jahr 2018. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Aluminiumnotie-

rungen an der London Metal Exchange (LME) im Jahresverlauf kräftige Kursanstiege verzeichnet haben.

Wie Dr. Hinrich Mählmann, persönlich haftender Gesellschafter der Otto Fuchs KG und Präsident von Aluminium Deutschland sagte, ist die deutsche Aluminiumindustrie in einem schwierigen Marktumfeld erneut gewachsen. *Das unterstreicht zum einen die Attraktivität des Werkstoffs in den Augen unserer Kunden, gerade auf dem Weg hin zu einer klimaneutralen Industrie.* Leichtbaukompetenz und sehr hohe Recyclingfähigkeit vereinten sich bei Aluminium. Außerdem zeige sich, dass die deutschen Werke in einem hartumkämpften Wettbewerb sehr leistungsfähig sind.

Standort Deutschland – Gegenwind

Auch wenn sich die deutsche Aluminiumindustrie im zweiten Pandemiejahr 2021 vergleichsweise gut geschlagen hat, ist das Fahrwasser zuletzt deutlich unruhiger geworden. Durch den jüngsten, drastischen Anstieg der Strompreise steht die energieintensive Branche zunehmend mit dem Rücken zur Wand. Auch der anhaltende Chipmangel und volatile Abrufzahlen vonseiten der Kunden stellen die überwiegend mittelständischen Unternehmen teils an den Rand ihrer Existenz. Zudem bescheren die kürzlich ausgesetzten Anti-Dumping-Zölle auf spezielle flachgewalzte Produkte aus China den hiesigen Produzenten einen erheblichen Wettbewerbsnachteil.

Dr. Mählmann dazu: *Die pandemie- und marktbedingten Unwägbarkeiten haben wir mit erheblichen Anstrengungen meistern können.* Sorge bereite vor allem die politische

Einflussnahme auf die Industrie in Deutschland und Europa. Die jüngste Energiepreisexlosion, die nicht überraschend gekommen sei, setze die Unternehmen massiv unter Druck. An dieser Stelle müsse sich die Politik die Frage stellen, ob sich die deutsche Volkswirtschaft bei einem zunehmend relevanten Werkstoff wie Aluminium noch stärker von Importen teils unzuverlässiger Handelspartner abhängig machen will. Die Versorgungsunsicherheit bei kritischen Legierungsmetallen hat Dr. Mählmann zufolge darüber hinaus zu großer Verunsicherung in der gesamten Lieferkette geführt. *Wir stehen zu den Klimaschutzziele in Deutschland und Europa. Allerdings: Wir können nicht aus eigener Kraft die Energieerzeugung in Deutschland dekarbonisieren.* Ohne den raschen und entschlossenen Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland, ohne politische Flankierung der gesamten Industrie, werde Dekarbonisierung auf Deindustrialisierung hinauslaufen. Das sei sicher nicht das politische Ziel. Zudem sei dem Klima nicht geholfen, wenn die Produktion in Länder mit deutlich geringeren Sozial- und Umweltstandards abwandere. *Wir haben großes Vertrauen in die neue Bundesregierung, das ehrgeizige Projekt ganzheitlich und im Schulterschluss mit der Industrie umzusetzen,* so Dr. Mählmann.

2022: Robust, mit Herausforderungen

Die Aluminiumindustrie blickt mit Optimismus in das Jahr 2022. Nach den Worten von Marius Baader, Geschäftsführer von Aluminium Deutschland, sind die Unwägbarkeiten nicht verschwunden, *aber wir lernen, besser damit umzugehen.* Die gut gefüllten Auftragsbücher bei unseren Kunden aus der Industrie stimmen uns recht positiv für 2022. Sollten sich Versorgungsengpässe und Chipmangel im Laufe des Jahres auflösen, dürfte sich die aufgestaute Nachfrage materialisieren und einen Wachstumsschub mit sich bringen. Die deutsche Aluminiumindustrie habe eine klare Strategie und bleibe wichtiger Entwicklungspartner ihrer Kundenbranchen in Europa und in Deutschland. Aluminium sei der Enabler für *fit for 55, darauf sind wir stolz,* so Baader.

Produktion der Deutschen Aluminiumindustrie (in Tonnen)

Marktsegment	Q4 2021	± %	Jahr 2021	± %
Hüttenaluminium	118.277	-9,0	509.193	-3,8
Recyclingaluminium	116.724	-22,8	564.481	2,9
Aluminium gesamt	235.001	-16,4	1.073.674	-0,4
Walzprodukte	506.138	6,0	2.057.631	9,6
Strangpressprodukte	143.632	13,2	609.392	19,7
Aluminiumhalbzeug gesamt	649.770	7,5	2.667.023	11,7

Quelle: Aluminium Deutschland, Statistisches Bundesamt

www.aluminiumdeutschland.de

Deutsche Werkzeugmaschinenindustrie startet 2022 durch

Die Werkzeugmaschinenindustrie hat nach den Worten von Franz-Xaver Bernhard, Vorsitzender des Verband Deutscher Werkzeugmaschinenfabrik (VDW), gute Chancen auf ein erfolgreiches Jahr 2022. Seit vergangenem Jahr befindet sich die Branche in einem starken Aufschwung, der bezogen auf Märkte und Abnehmerbranchen breit aufgestellt ist. Für 2022 wird ein Produktionsplus von 14 Prozent prognostiziert

Der Optimismus für 2022 gründet auf der hervorragenden Nachfrageentwicklung seit Mitte vergangenen Jahres, erläuterte Bernhard auf der Jahrespressekonferenz des Verbandes. Sie zeige den großen Nachholbedarf bei den Investitionen weltweit, der gerne mit Werkzeugmaschinen *Made in Germany* gedeckt werde. Der Auftragseingang ist 2021 insgesamt um 58 Prozent gestiegen. Starker Treiber war das Ausland mit einem Anstieg von 62 Prozent. Die inländischen Bestellungen legten ebenfalls kräftig um mehr als die Hälfte zu.



Franz-Xaver Bernhard (Bild: Hermle)

Von den ausländischen Märkten hatten die Europäer nach vorläufigen Zahlen des VDW die Nase vorn. Sie steigerten ihre Bestellungen um 90 Prozent, gefolgt von Amerika mit einem Zuwachs von 66 Prozent und Asien mit einem Anstieg von 61 Prozent. China und die USA bleiben die beiden größten Märkte und die wichtigsten Kunden mit hohen zweistelligen Zuwächsen von 65 und 92 Prozent. In der Liste der Top 20 haben alle Länder ihre Nachfrage mindestens zweistellig, manche sogar dreistellig, nach oben gefahren. Besonders gut liefen die Bestellungen aus Italien, Österreich, Tschechien, der Schweiz und Indien. Italien und Österreich profitierten von staatlicher Förderung.

Das globale Bruttoinlandsprodukt soll 2022 gemäß Prognosepartner Oxford Economics um 4,2 Prozent wachsen, die Industrieproduktion um 4,4 Prozent und die Investitionen um 4,3 Prozent. Beim Investitionsanstieg führt der größte Abnehmer Europa die Triade an. *Davon können wir profitieren, denn die Auftragsbücher vieler Kunden sind gut ge-*

füllt, sagte Bernhard. Für Deutschland stellen sich einige Daten noch besser dar. Nach schwächerer Entwicklung im Vorjahr zieht die deutsche Industrie jetzt nach. Auch die Frühindikatoren Ifo-Geschäftsklimaindex und Einkaufsmanagerindex zeigen nach oben.

Gleichwohl sei die Prognose 2022 noch von Unsicherheit geprägt, räumte Bernhard ein. Angesichts der gewaltigen Infektionszahlen mit der Omikron-Variante befürchtet Oxford Economics, dass sich viele Menschen in die Selbstisolation begeben, nicht reisen und damit das Wirtschaftsleben hemmen. Zwar zeige die Erfahrung, dass die Wirtschaft schnell wieder Tritt fasst, wenn die Infektionszahlen sinken. Der schwache Jahresstart sei jedoch eine Hypothek für das Gesamtergebnis. Auch erschwere die erklärte No-Covid-Strategie Chinas eine Normalisierung der Lieferketten.

Erholung 2021 schneller als erwartet

Nach dem tiefen Einbruch der Werkzeugmaschinenindustrie durch die Pandemie 2020 ist die Branche mit guten Aufträgen im vergangenen Jahr wieder durchgestartet. Nach Schätzungen des VDW hat sie 2021 Maschinen und Dienstleistungen im Wert von rund 12,7 Milliarden Euro produziert. Das entsprach einem Zuwachs von vier Prozent.

Getrieben wurde das Geschäft durch den Export, der mit acht Prozent Plus doppelt so stark wuchs wie die Produktion. Amerika führte das Auslandsgeschäft mit plus 13 Prozent an, gefolgt von Asien mit plus elf und dem Schlusslicht Europa mit plus fünf Prozent. Unter den zehn größten Märkten legten Tschechien, Italien, Mexiko, China und die Niederlande zweistellig zu. China hat sich nach einem starken Rückgang 2020 wieder gefangen.

Demgegenüber ging der Inlandsabsatz aufgrund der Investitionszurückhaltung der Automobilindustrie noch um fünf Prozent zurück. Der nur leicht gestiegene Verbrauch von ein Prozent wurde durch die Importe gestützt, die um mehr als ein Zehntel zulegten. Die Kapazitätsauslastung lag im Januar 2022 bei 87,2 Prozent im Vergleich zu 72,7 Prozent ein Jahr zuvor. Mit 64 000 Mitarbeiterinnen

und Mitarbeitern notierte die Beschäftigung im Dezember 6,1 Prozent unter Vorjahr.

Lieferengpässe und Fachkräftemangel

Größte Herausforderungen sind nach wie vor Lieferengpässe und der Fachkräftemangel. *Engpässe in den Lieferketten von Elektronikbauteilen und Metallerzeugnissen waren das beherrschende Thema für die Industrie im vergangenen Jahr, und sie dauern an*, berichtete Bernhard. In der Werkzeugmaschinenindustrie hatten sie laut einer Umfrage Ende 2021 nahezu alle Hersteller erreicht. Insbesondere der Chipmangel trifft die Firmen zweifach. Einerseits ist die Lieferfähigkeit des wichtigen Abnehmers Automobilindustrie eingeschränkt. Andererseits fehlen Chips für Steuerungen, eine der wichtigsten Komponenten in der Werkzeugmaschine, aber auch für Gateways, Edge Computer oder Antriebe. Das verzögert die Auslieferung von bestellten Maschinen.

Die Ursachen für den Chipmangel starteten bei rückläufigen Bestellungen zu Beginn der Corona-Pandemie. Folge waren die Stilllegung von Kapazitäten sowie die Umleitung von Lieferungen in die Konsumgüterindustrie. Produktionskapazitäten für neue Chipgenerationen benötigen Zeit. Beschränkt ist auch Frachtraum durch Flughafen- und Hafenschließungen in China als Teil der strikten Null-Covid- und Lockdown-Politik des Landes. Dies kann nach Einschätzung von Bernhard jederzeit wieder eskalieren. Seit einiger Zeit setzt die höhere Nachfrage nach manchen Produkten, um sich abzusichern, die Lieferanten zusätzlich unter Druck.

Für die Werkzeugmaschinenindustrie sind Einfluss- und Kompensationsmöglichkeiten kurzfristig sehr begrenzt. Die Umstellung auf eine neue Chipgeneration braucht Zeit, weil schnell Entwicklungsaufwände von mehreren Mannjahren entstehen können. *Einstweilen bleibt nur, bei der Materialbeschaffung hohe Kreativität an den Tag zu legen und höhere Preise in Kauf zu nehmen, die gegebenenfalls nicht weitergegeben werden können*, so der VDW-Vorsitzende. Mittelfristig werde es immer wichtiger, stabile Lieferketten aufzu-

bauen und die Zahl der Lieferanten zu diversifizieren, um Abhängigkeiten zu reduzieren. Fast alle Werkzeugmaschinenunternehmen sehen den Fachkräftemangel ähnlich gravierend wie die Lieferengpässe. Über zwei Drittel der Hersteller wollen nach einer Umfrage im laufenden Jahr ihre Stammbesetzung aufstocken. Dem gegenüber war die Zahl der freien Stellen im Maschinenbau im Dezember 2021 etwa doppelt so hoch wie Ende 2020. Auch die Zahl der Bewerber um eine Ausbildungsstelle und die der abgeschlossenen Ausbildungsverträge sind rückläufig.

Die Verfügbarkeit von Fachkräften ist in der hochspezialisierten Werkzeugmaschinenindustrie unverzichtbare Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit. *Und qualifizierte Fachkräfte setzen eine qualifizierte Ausbildung voraus*, sagte Bernhard. Er forderte Unternehmen und Politik gleichermaßen auf, die Attraktivität der Berufsausbildung offensiv herauszustellen. Sie biete genauso viele Chancen wie der akademische Werdegang. Unternehmen müssten ihre Attraktivität hervorheben sowie eine gute Ausbildung und spezielle Förderung bieten, wenn notwendig. Auszubildende müssten auch nach der Ausbildung durch Weiterbildungsangebote, Aufstiegschancen und eine angemessene Gehaltsentwicklung an das Unternehmen gebunden werden. Die Politik ihrerseits muss den Stellenwert der Berufsausbildung eben-

falls herausstellen und gewerblich-technische Berufsschulen unterstützen, die auch ein regionaler Wirtschaftsfaktor sein können. Sie seien darüber hinaus Vorbild, weil sie vielfach technologisch besser ausgestattet sind als andere Schultypen. Um die Digitalisierung weiter zu forcieren, müsse viel mehr Berufsschulen die eigenständige Budgetierung zugestanden werden, die ihnen erlaubt, in eigener Verantwortung zu investieren. Die duale Ausbildung sei ein Exportschlager, den man nicht aufs Spiel setzen dürfe.

Energiewende bietet Potenzial

Mit der angekündigten Energiewende rückt auch der Umbau der Energiewirtschaft in den Fokus. Der VDW lässt aktuell vom Münchner Beratungsunternehmen Strategy Engineers untersuchen, welches Potenzial für die Werkzeugmaschinenindustrie entsteht. Die Studie ist in der Abschlussphase und wird den VDW-Mitgliedern in der zweiten Märzhälfte vorgestellt.

Die meisten großen Industrieländer haben ambitionierte Strategien zur Verringerung des CO₂-Ausstoßes entwickelt. Zentrale Stellenschraube ist dabei der Energiesektor, denn dort entstehen derzeit 25 Prozent der Emissionen. Zentrale Bausteine sind der Ausbau emissionsarmer Energien, der Stromnetzausbau und der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft. *Alles in allem ist die Umstellung*

auf emissionsfreie Energieträger eine globale Mammutaufgabe, für die jährlich weltweit Billionen Euro investiert werden müssen, sagte Bernhard.

Aufgrund niedriger Stückzahlen und hoher Lebensdauer stand die Energiewirtschaft bislang nicht im Fokus der Werkzeugmaschinenhersteller. Die höheren Investitionen führen jedoch nun zu steigenden Stückzahlen von mechanischen Komponenten für Windkraftanlagen (z. B. Getriebe, Nachführungssysteme und Großlager), Verbrennungskraftmaschinen mit Relevanz für die Energiewende (Gasturbine), übergreifenden mechanischen Peripherie-Komponenten, beispielsweise im Bereich der Wärmepumpen zur Beheizung von Häusern (Generatoren, Kompressoren) und perspektivisch Komponenten in der Wasserstoff-erzeugung (Elektrolyse) und -anwendung in mobilen und stationären Brennstoffzellen (Brennstoffzellensystem mit Stack sowie die so genannte Balance-of-Plant mit Kompressoren, Ventilen, Pumpen, etc.)

Wie groß das Volumen in den einzelnen Bereichen sein wird, hängt vom Tempo der Transformation ab, sagte Bernhard abschließend. Bisher gebe es viele Absichtserklärungen. Nun müsse die Politik verlässliche Rahmenbedingungen für den Umbau schaffen, damit sich auch Unternehmen umorientieren könnten, wenn sie hier Chancen sehen.

➔ www.vdw.de

Mischsimulation optimiert die Schleifwerkzeugherstellung

Wie das IFW mitteilt, wendet es als erstes Institut deutschlandweit diesen numerischen Ansatz auf die Herstellung von Schleifwerkzeugen an. Der Ansatz dient zugleich der Analyse der Partikelinteraktion, Partikelverteilung und Mischkinematik. Den Wissenschaftlern ist es über die simulationsbasierte Auslegung gelungen, die Herstellung von hochwertigen Schleifscheiben mit homogener Partikelverteilung sicherzustellen und gleichzeitig die Wirtschaftlichkeit des Prozesses zu steigern. Durch die innovativen und praxisrelevanten Forschungen seiner Abteilung Schleiftechnologie ist das IFW seit vielen Jahren wichtiger Ansprechpartner für die Herstellung von Schleifwerkzeugen.

Seit 2018 befasst sich das IFW intensiv mit der numerischen Simulation zur Herstellung von metallisch gebundenen Schleifwerkzeugen. Im ersten Prozessschritt des Mischens

erzeugt ein Schüttelmischer aus den Rohstoffen Diamant und Bronze eine homogene Partikelverteilung. Die Modellierung der Mischkinematik, der Partikelgestalt und des Partikelkontaktes erfolgt über die Diskrete Elemente Methode.

Die größte Herausforderung ist nach Aussage von Projektbearbeiter Mateus Kostka, die Homogenität der Mischungen zu charakterisieren und die schwer verfügbaren Reibparameter und Stoßparameter zu bestimmen. *Dafür haben wir eigene Prüfstände und Durchmischungskriterien entwickelt, die uns bei der Implementierung der Simulation und der Bewertung der Ergebnisse helfen*, erläutert Kostka. Im Simulationsmodell können die im Mischprozess hochdynamischen Partikelinteraktionen bei einer Drehzahl von bis zu 100 pro Minute beobachtet werden. Dies ermöglicht den Forschenden, Prozess-

stellgrößen, wie die Mischzeiten und Mischgeschwindigkeiten wissenschaftlich auszulegen. Im Labor konnte der Wissenschaftler die in der Simulation ermittelte Partikelverteilung mit optischen Methoden erfolgreich validieren und das Mischsimulationsmodell in das Prozesskettenmodell mit den anschließenden Prozessschritten Einfüllen, Kaltpressen und Heißpressen integrieren.

Neben der Erhöhung der Modellierungstiefe in den einzelnen Prozessschritten steht aktuell die simulationsbasierte Verknüpfung der Herstellung mit dem Einsetzen der Schleifwerkzeuge im Vordergrund. Mateus Kostka

Kontakt:

Mateus Kostka, Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen,

E-Mail: Kostka@ifw.uni-hannover.de

➔ www.ifw.uni-hannover.de

Optische Kohärenztomografie verbessert die Prozessstabilität des Laserauftragschweißens

Prozessstabilität und -kontrolle sind beim Laserauftragschweißen von großer Bedeutung: Auf Störungen und Abweichungen muss idealerweise sofort und ohne Verzögerung reagiert werden, um Prozessabbrüche zu verhindern, zum Beispiel durch maschinenintegrierte Überwachungssysteme. Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie (IPT) aus Aachen hat mit Partnern aus Industrie und Forschung das bildgebende Verfahren der optischen Kohärenztomografie (OCT) in einen koaxialen Prozess zum Laserauftragschweißen von Draht integriert. Die OCT kann den Schweißvorgang nicht nur aufzeichnen, sondern die Qualität im laufenden Prozess kontrollieren und so Ausschuss reduzieren.

Das Laserauftragschweißen von Draht (Wire-based Laser Metal Deposition, kurz: LMD-w) ist ein additives Fertigungsverfahren, bei dem ein Metalldraht als Zusatzwerkstoff mithilfe eines Lasers in Schweißraupen auf einem Werkstück aufgeschweißt wird. Mehrere dieser Schweißraupen nebeneinander ergeben eine Schicht, mehrere Schichten aufeinander ein Bauteil. Da beim LMD-w nur dort Werkstoff aufgetragen wird, wo er gebraucht wird, zählt es zu den ressourcenschonenden Verfahren. Die aufwendige Prozessentwicklung und die geringe Prozessstabilität verhindern allerdings bisher einen breiteren industriellen Einsatz, der über spezielle Reparaturverfahren oder das Aufbringen von Verschleißschutzschichten hinausgeht. Im Forschungsprojekt *TopCladd – Adaptive Laser Cladding for Precise Metal Coating Based on Inline Topography Characterization* haben die Aachener Forschungspartner erstmals ein koaxiales LMD-w-System mit einem OCT-System versehen, um den Laserprozess zu stabilisieren und aktiv zu regeln. Die OCT, die ihren Ursprung in der Augenheilkunde findet, ist ein Messverfahren zur berührungslosen und hochauflösenden Darstellung von tomographischen Schnittbildern, das auf kurzkohärenter Interferometrie basiert. In Kombination mit einer hohen Messfrequenz kann anhand der OCT die Oberflächenqualität der Auftragsschweißnaht direkt im Prozess geprüft und verbessert werden.

Laserauftragschweißen plus OCT – der Weg zur Prozessstabilität

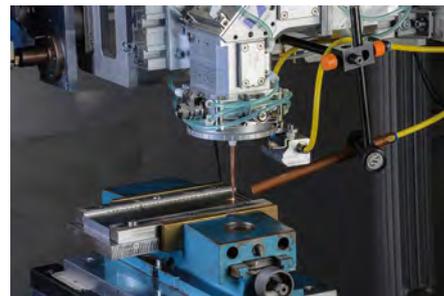
Die Qualität beim Laserauftragschweißen hängt vor allem von der Oberfläche der Schweißnaht ab: Je welliger sie ist, desto geringer ist die Bauteilqualität. Um den Prozess des Laserauftragschweißens stabiler zu machen und eine qualitativ hochwertige

Schweißnaht zu fertigen, müssen die Prozessschritte einzeln aufgenommen werden. Qualitativ mangelhafte Schweißnähte können dann nachträglich ausgebessert und der Schweißprozess für zukünftige Fertigungen angepasst werden. Die OCT ist in der Lage, die Oberfläche der Schweißnaht im Phasenübergang von fest zu flüssig zu überprüfen und damit die Ausprägung der finalen Schweißraupengeometrie zu bestimmen. Anhand der gewonnenen Daten lässt sich der Laserprozess gegebenenfalls in der benachbarten oder darüberliegenden Schweißraupe anpassen.

Um die Vorteile der OCT für den Prozess des Laserschweißens zu nutzen, integrierten die Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher das OCT-System koaxial in den Bearbeitungskopf des Lasers. Der Laser zur Bearbeitung und das OCT-System nutzen dabei eine gemeinsame Optik, interferieren aber aufgrund ihrer unterschiedlichen Wellenlängen nicht. Die Koaxialität des Bearbeitungs- und Messlichts wird durch die Verwendung eines sogenannten Axikons, einer kegelförmigen Linse, sowie einiger prismenförmiger Optiken gewährleistet. Dieses optische Design ermöglicht es, dass der Messlaser die aufgetragene Schweißnaht um den zentral verlaufenden Metalldraht herum kreisförmig abtasten kann. So gelingt eine multidirektionale Messung, unabhängig von der Bewegungsrichtung des Schweißkopfes. Auf diese Weise kann das gesamte Werkstück vermessen werden, ohne dass der Draht das Messlicht blockiert.

Mit OCT zur aktiven Prozessregelung

Die Integration der OCT in den Prozess des Laserauftragschweißens erlaubt es, die Oberflächenstruktur der gesamten Schmelzspur genau abzubilden. Anhand der Prozessdaten, die im Projekt gesammelt wurden, entwickeln



(Bild: Fraunhofer IPT)

die Aachener Forscherinnen und Forscher ein Prozessmodell für eine datengestützte Prozessanpassung und -regelung. Die Laserprozesse werden dadurch robuster, sodass sich eine Vielzahl neuer Anwendungsfelder erschließen lässt. Mit der OCT lassen sich nach Aussage von Robin Day, Leiter der Abteilung *Energetische Strahlverfahren* am Fraunhofer IPT, beim Laserauftragschweißen in Zukunft nicht nur ein bis zwei Ebenen übereinander aufbringen, sondern beliebig viele Schichten. Auf diese Weise wird das LMD-w zu einem vollwertigen und nachhaltigen additiven Herstellungsverfahren aufgewertet.

Das Projekt *TopCladd – Adaptive Laser Cladding for Precise Metal Coating Based on Inline Topography Characterization* wurde für vier Jahre vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Förderprogramms *M-ERA.Net – flexible und bedarfsgerechte transnationale Förderung im Bereich der Materialforschung* unter dem Förderkennzeichen 13N14265 gefördert. Die Projektpartner sind: Deltatec S.A., Ans (Belgien), Dinse GmbH (Hamburg), Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT (Aachen), Laserco S.A., Charleroi (Belgien), Precitec GmbH & Co. KG (Gaggenau) sowie Quada V+F Laserschweißdraht GmbH (Hemer).

➤ www.fraunhofer.ilt.de

Produktiver beschichten und reparieren mit Künstlicher Intelligenz

Additive Verfahren sind gegenüber herkömmlichen Produktionstechniken auf dem Vormarsch: Flexibler, sparsamer, funktionaler sind sie schon. Nur bei der Produktivität hakt es noch. Ein deutsch-kanadisches Konsortium geht das jetzt mit Künstlicher Intelligenz (KI) an: Mit einer neuen Software zur Prozesssteuerung soll das Laserauftragschweißen automatisch optimiert und erheblich produktiver werden.

Verschleißteile effizienter und adaptiv beschichten

Kanadische Maschinenbauer erhalten viele Aufträge aus dem Bergbau und der Erdölindustrie. So werden zum Beispiel Steinbrecherzähne aus dem Bergbau regelmäßig überholt. Mit dem Laserauftragschweißen (engl. Laser Material Deposition, LMD) werden auf das Verschleißteil neue Schichten aufgetragen, bis die Sollgeometrie wieder erreicht ist. Der Haken bei der Sache ist die ungleichmäßige Abnutzung. Dadurch müssen Schichten mit variierender Dicke aufgetragen werden. Ein Bediener muss dafür nach jeder Beschichtung oder wenigstens nach jeder zehnten Lage messen und die Prozessführung anpassen.

Regelprozesse wie diesen zu automatisieren hat sich ein deutsch-kanadisches Konsortium vorgenommen. Gemeinsam entwickeln die Partner im Projekt *Artificial Intelligence Enhancement of Process Sensing for Adaptive Laser Additive Manufacturing AI-SLAM* Software für Anlagenhersteller, mit der LMD-Prozesse automatisch ablaufen können. Dafür werden die Geometrien während des Auftrags automatisiert erfasst. Das System erkennt Abweichungen von der vorgegebenen Kontur und regelt Prozessparameter wie zum Beispiel die Vorschubgeschwindigkeit nach. Die optimierten Steuerparameter werden dabei mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz ermittelt. Die Software analysiert einen größeren Datenbestand und lernt selbstständig, wie der Prozess iterativ verbessert werden kann. Jüngster Meilenstein in dem auf drei Jahre angelegten Projekt war die Inbetriebnahme der Software-Funktionalität zum Scannen von Bauteilen und zur automatischen Bahnplanung an der Anlage des Fraunhofer ILT.

Deutsch-kanadische Zusammenarbeit für mehr KI-Anwendungen

Auf deutscher Seite sind das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen und

der Softwareentwickler BCT aus Dortmund an AI-SLAM beteiligt. In Kanada wird das Projekt vom National Research Council NRC koordiniert. Die Forschungsseite übernimmt dort ein Team von der McGill University in Montreal, für das Programmieren von Machine-Learning-Algorithmen ist die Firma Braintoy, Calgary, dabei. Als industrieller Dienstleister für das LMD beteiligt sich Apollo Machine and Welding Ltd in Alberta am Projekt.

Die Schwerpunkte des Projekts sind durchaus komplex: Grundlegend müssen möglichst viele Prozessdaten systematisch erfasst und aufbereitet werden. Komplexe Routinen lernen dann maschinell aus diesen Daten, wie die Prozessführung optimiert werden kann, um am Ende mit weniger Aufwand mehr zu produzieren.

Auf kanadischer Seite wird die LMD-Technologie für Reparatur-Anwender wie Apollo weiterentwickelt. In der Firma werden jährlich mehrere Tonnen Material für die Reparatur von Verschleißteilen – wie dem Steinbrecherzahn – eingesetzt. Dementsprechend hoch sind die Erwartungen für die Effizienzgewinne durch eine automatisierte Prozessführung. Die Projektarbeit über beide Kontinente hinweg funktioniert dabei dank regelmäßiger Videotreffen und gemeinsam online erarbeiteter Dokumente problemlos. Auch virtuel-



Verschleißteile wie dieser Steinbrecherzahn mit einem Durchmesser von etwa 140 mm werden mit dem LMD-Prozess wiederhergestellt. Mit KI werden Prozesse für die Reparatur unregelmäßiger Oberflächen optimiert

(© Apollo Machine and Welding Ltd, Canada)



Bei komplexen Geometrien wie beispielsweise an diesem Schaufelzahn wird die KI-basierte Prozessoptimierung erhebliche Effizienzgewinne ermöglichen

(© Apollo Machine and Welding Ltd, Canada)

le Laborführungen zum Kennenlernen der Software- und Hardwareumgebung der jeweils anderen Seite fanden bereits statt. Zum Austausch von Prozessdaten und zur Umsetzung der Machine-Learning-Modelle wurde von Braintoy die hausinterne Webplattform namens mIOS (Machine Learning Operating System) für alle Projektpartner freigeschaltet. Das Projekt AI-SLAM läuft noch bis März 2024 im Rahmen des 3+2-Förderprogramms mit Kanada. Das Programm wird auf deutscher Seite vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF und auf kanadischer Seite vom National Research Council of Canada NRC gefördert. Schwerpunkt ist der Einsatz von Künstlicher Intelligenz für die Entwicklung neuer Technologien in der industriellen Produktion. Die einzelnen Projekte kommen aus unterschiedlichsten Branchen. Von den Bereichen Bergbau und Energie reichen die Anwendungen über die Automobilbranche und Telekommunikation bis zum Bauwesen und Infrastrukturmanagement.

Kontakt:

Dr.-Ing. Thomas Schopphoven, Leiter Kompetenzfeld Laserauftragschweißen,

E-Mail: thomas.schopphoven@ilt.fraunhofer.de

Jonathan Schaible M.Sc., Gruppe Systemtechnik LMD,

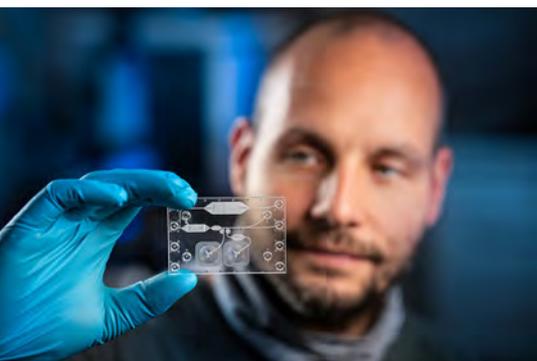
E-Mail: jonathan.schaible@ilt.fraunhofer.de

➔ www.ilt.fraunhofer.de

Lab-on-chip-Systeme:

In kürzester Zeit vom Prototypen zur Serienfertigung

Weltweit ist er täglich millionenfach im Einsatz: Als portables Labor im Miniformat zeigt der Corona-Antigen-Schnelltest aktuell deutlich, welches Potenzial in Lab-on-chip-Systemen steckt. Die Analyse binnen weniger Minuten, die er ermöglicht, ist gerade in der Pandemie von immenser Bedeutung. Immer mehr solcher medizinischer Kleinstsysteme kommen in der Diagnostik zum Einsatz. Bei komplizierteren Testsystemen sind Entwicklung und Herstellung jedoch mit hohen Kosten verbunden. Im Forschungsprojekt *SIMPLE-IVD* entwickeln Forschende des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik IWS zusammen mit mehreren Partnern neue Fertigungsverfahren und Methoden für die kosteneffiziente Produktion von Schnelltest-Kartuschen.



Florian Schmieder überprüft den Prototyp einer komplexen In-Vitro-Diagnostik-Kartusche zur Blutseparation

(© ronaldbonss.com/Fraunhofer IWS)

Lab-on-Chip-Systeme sind nur wenige Zentimeter klein, vereinen aber auf dieser geringen Fläche diverse Funktionalitäten, wie sie in der Vergangenheit nur gut ausgestattete Labore erlaubten. Nach Erwartung von Dr. Frank Sonntag, Abteilungsleiter Biosystemtechnik und Digitalisierung Fraunhofer IWS, werden sie gerade in der personalisierten Medizin in der Zukunft eine bedeutende Rolle spielen. Geringste Mengen an Flüssigkeiten aus Patientenproben lassen sich vollkommen automatisch analysieren. Die einfache Handhabung ermöglicht künftig zudem eine patientennahe Labordiagnostik. Zwar wurden in den vergangenen Jahren in der ganzen Welt verschiedene Lab-on-chip-Systeme entwickelt. Davon kam jedoch nur ein kleiner Teil auf den Markt. Die Hürde ist nach Aussage von Dr. Sonntag die Skalierung der im Labormaßstab entwickelten Tests für die Massenproduktion. Das Fraunhofer IWS entwickelte eine Lösung für diese Probleme bei der Industrialisierung.

Im Mittelpunkt des Projekts *Skalierbare Mikrofertigung polymerer In-Vitro-Diagnostik-Systeme (SIMPLE-IVD)* stehen In-Vitro-Diagnostik-Kartuschen (IVD-Kartuschen) für

die Schnelltests. Für den Weg von der Kleinserie hin zu großen Stückzahlen fehlen aktuell noch prototypische Produktionsprozesse, erläutert Florian Schmieder vom Fraunhofer IWS, der das Projekt koordiniert. Bei der Herstellung im Labor kommen unter anderem Verfahren der additiven Fertigung oder die Multilagenlamination zum Einsatz, also der Aufbau in Schichten aus Polymerfolien, die für die Serienfertigung in Spritzguss- oder Rolle-zu-Rolle-Verfahren umgesetzt werden würden. Bisher mussten Hersteller für die Skalierung in ein anderes Verfahren noch einmal ganz von vorn beginnen, erklärt der Wissenschaftler der Gruppe Mikro- und Biosystemtechnik.

Sein Team hat nun eine Lösung für diese Problematik gefunden, indem es spezielle Designregeln entwickelt und erprobt hat. Mit deren Hilfe können Produzenten bereits in der Planungsphase für die IVD-Kartuschen

Anforderungen für verschiedenste Herstellungsverfahren sowohl der Prototypenentwicklung als auch für Klein- und Großserien in ihre Konstruktion einbeziehen. Für mehrere klassische Herstellungstechnologien haben die Wissenschaftler des Fraunhofer IWS solche Designregeln bereits gestaltet. Dazu gehören neben Verfahren wie Spritz- und Vakuumguss auch die Multilagenlamination, das Tiefziehen sowie mehrere additive Verfahren. Künftig werden wir die Palette stetig erweitern, blickt Schmieder voraus. Dabei ließen sich mit Kunden schnellstmöglich auch Lösungen entwickeln, die genau zu deren Anforderungen passen. Auch eine Rücktranslation von Groß- in Kleinserien wäre praktisch möglich. Interessant seien die Designsets nicht nur für die Hersteller von IVD-Kartuschen. Es gebe aktuell zahlreiche Biotechnologie-Start-ups, die genau solche Möglichkeiten bräuchten.



Im Projekt SIMPLE-IVD werden Designregeln entwickelt und getestet, mit denen es möglich ist, In-Vitro-Diagnostik-Kartuschen funktional gleichwertig über verschiedene Herstellungsverfahren zu produzieren

(© ronaldbonss.com/Fraunhofer IWS)

Großer Vorteil der innovativen Methode: Prototypen und Kleinserien können schneller als bisher in industrielle Lösungen umgesetzt werden. Lab-on-chip-Systeme erreichen somit schneller Marktreife und stehen Anwendern zügiger zur Verfügung. Nach Aussage von Schmieder könne die Zeit, die bisher dafür nötig gewesen sei, *mit unserer weltweit einzigartigen Lösung nahezu halbiert werden*. Das alles reduziert die Kosten im Herstellungsprozess.

Die im Verbundprojekt SIMPLE-IVD entwickelten Translationstechnologien helfen uns als Hersteller innovativer Blutseparationstechnologien neue Produkte schnell und kosteneffizient vom Prototypen zum fertigen Serienprodukt zu entwickeln, unterstreicht auch Dr. Wilhelm Gerdes, CSO bei der Cell.Copedia GmbH aus Leipzig, die bisherigen Ergebnisse. Weitere Beteiligte am Projekt sind die Microfluidic ChipShop mbH aus Jena und die beiden Dresdner Unternehmen GeSIM Gesellschaft für Silizium- Mikrosysteme sowie die Michael Sander Kunststofftechnik GmbH. Finanziert wird SIMPLE-IVD durch Mittel des Bundesministeriums für Bildung und Forschung im Programm *Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen* (FKZ 02P18C100).

Bis zum Projektende im Jahr 2022 sollen die Ergebnisse in einen universellen Datensatz übersetzt werden. *Wir wollen mit verschiedenen Verfahren funktional gleichwertige IVD-Kartusche herstellen*, erklärt Florian Schmieder die Hintergründe. Ziel ist es, mit unterschiedlichen Methoden die gleiche hohe Qualität der Endprodukte zu erreichen, die in der Anwendung identische Ergebnisse ermöglichen. Maßgeschneiderte IVD-Tests ermöglichen im Gesundheitswesen ein individuelles und permanentes Screening von Erkrankungen. Das neuartige Verfahren ermöglicht es nach den Worten von Frank Sonntag, den Markt für das frühzeitige Erkennen von Krankheiten zu erschließen, die aktuell im Rahmen der gesetzlichen Vorsorgeleistungen aus Kostengründen nicht abgedeckt werden können. Auch der Einsatz für diagnostische Home-Care-Anwendungen in der häuslichen Pflege oder in Pflegeeinrichtung wäre denkbar.

Kontakt:

Dipl.-Ing. Florian Schmieder, Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS,
E-Mail: florian.schmieder@iws.fraunhofer.de

➔ www.iws.fraunhofer.de



Forschende des Fraunhofer IWS entwickeln prototypische Herstellungsprozesse für In-Vitro-Diagnostik-Kartuschen so weiter, dass sie leicht in Großserienprozesse überführt werden können

(© ronaldbonss.com/Fraunhofer IWS)

Precision in detail



electroplating units for decorative and functional surfaces

PCB technology • Electroplating • Metal finishing • Medical technology







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

STUDIO TSCHÖP • Wertheim 03/2020

≡ Sensor aus neuartigem Material bietet Alternative für Blutzuckermessung

Ein interdisziplinäres Team aus Forscher und Forscherinnen der TU Bergakademie Freiberg hat aus einem biobasierten Werkstoff ein neuartiges Sensormaterial entwickelt, das eine enzymfreie Messung der Glukosekonzentration im Blut ermöglichen könnte.

Wer mit Diabetes lebt, kommt ohne sie nicht aus – die Teststreifen für die Messung des Blutzuckerspiegels. Sie enthalten Enzyme, die mit der Glukose im Blut reagieren. *Einmal angewendet, funktioniert die herkömmliche photometrische oder elektrochemische Messung mit Hilfe der Enzyme nicht mehr und der Teststreifen wird entsorgt*, erklärt Prof. Yvonne Joseph von der TU Bergakademie Freiberg. Enzyme seien Proteine, die biochemische Reaktionen auslösen. Als Eiweiße seien sie allerdings nicht temperaturstabil, so die Professorin für Elektronik- und Sensormaterialien weiter. Gemeinsam mit ihrem Team hat sie sich auf die Suche nach einem alternativen Sensormaterial begeben.

Fündig geworden ist Prof. Yvonne Joseph im Labor ihres Kollegen, Prof. Hermann Ehrlich. Der Experte für Biomimetik entwickelt schon seit mehreren Jahren neuartige biobasierte Werkstoffe mit Potenzial für die Sensorik. Ein mit dem Mineral Atacamit versehener Badeschwamm kam für die Glukosemessung in Frage. Die einzigartige Struktur des mikroporösen 3D-Schwammgerüsts fördert nach Aussage der wissenschaftlichen Mitarbeiterin Dr. Parvaneh Rahimi effizient die Aktivität von Atacamit als Elektrokatalysator. Daher könnten Glukosemoleküle schnell und ein-

fach in das poröse 3D-Netzwerk diffundieren, was die Elektronenübertragung zwischen Glukose und Atacamit erleichtert und zu den leistungsstarken Eigenschaften des Glukose-sensors führe, erklärt Dr. Rahimi.

Sie zerkleinerte das Sensormaterial aus dem Schwamm und versetzte es mit Kohlenstoff als elektrischem Leitmaterial und Paraffinöl als Binder. Dann brachte sie die homogene Paste auf einen Teflonhalter auf, der als Elektrodenkörper diente. Tauchte Dr. Parvaneh Rahimi die Elektrode mit dem neuartigen Funktionsmaterial nun in eine Glukose-lösung, diffundierten die Zuckermoleküle in den porösen beschichteten Schwamm. An dessen Oberfläche reagierten sie und gaben Elektronen ab, was zu einem messbaren Stromfluss führte.

Die Forschenden testeten die neuartige Messmethode in zwei Schritten; mit einer glukosehaltigen Lösung sowie mit drei verschiedenen Blutproben anonymer Spenderinnen und Spender aus einer Freiburger Arztpraxis. *Beide Tests erwiesen sich als langzeitstabil. Das heißt, sie ergaben über den Zeitraum von einem Monat dasselbe Messergebnis*, sagt Prof. Yvonne Joseph. Als Sensor wäre das Material also wiederverwendbar. Bis zu einer möglichen Anwendung in Teststreifen

für Diabetesmanagement müsste das neuartige Sensormaterial noch weitere Tests sowie klinisch-pharmakologische Studien durchlaufen.

Aus einem gezüchteten marinen Schwamm entwickelten die Forschenden der TU Bergakademie Freiberg den Werkstoff Sponging-Atacamit (<https://tu-freiberg.de/presse/filtern-statt-duschen-forschende-entwickeln-neuen-werkstoff-aus-badeschwamm>). Reagieren die Fasern des Badeschwamms mit einer kupferhaltigen Ammoniaklösung entsteht das Mineral Atacamit. Dieses Mineral, das in der Natur nur sehr selten vorkommt, heftet sich so stark an die Schwammfasern, dass ein robustes Material entsteht.

Für die Erforschung des neuartigen Werkstoffs aus in Tunesien gezüchteten Schwämmen wurden keine Experimente an lebenden Organismen durchgeführt. Bei Zucht und Ankauf der verwendeten Schwämme wurden alle Vorgaben des Nagoya-Protokolls für den Zugang zu genetischen Ressourcen und gerechten Vorteilsausgleich eingehalten.

Kontakt:

Prof. Dr. rer. nat. Yvonne Joseph,

E-Mail: yvonne.joseph@esm.tu-freiberg.de

➔ www.tu-freiberg.de

≡ Medizinprodukte nach der Nutzung aufbereiten und wiederverwenden

Mit Krankheitserregern kontaminierte Medizinprodukte sind ein Risiko nicht nur für Anwender, sondern vor allem für Patienten. Bei einem medizinischen Eingriff können sie eine mögliche Ursache von Infektionen sein. Um diese Risiken zu vermeiden, ist eine fachgerechte Aufbereitung mehrfach verwendeter Medizinprodukte von großer Bedeutung.

Die aufgrund neuer Regularien überarbeitete Richtlinie VDI 5700 Blatt 1 gibt Entwicklern, Herstellern Anwendern und Betreibern von Medizinprodukten detaillierte Empfehlungen für die Anwendung des Risikomanagements bei Aufbereitung nach DIN EN ISO 14971 und .ISO/TR 24971. Die Richtlinie VDI 5700 Blatt 1

behandelt die Risikoanalyse, die Risikobewertung und die Beherrschung von Risiken, die für Patienten, Anwender und Dritte durch die Aufbereitung von Medizinprodukten entstehen können. Sowohl mögliche Gefährdungen und Schadensquellen als auch Gefährdungssituationen werden im Rahmen des Risikomanagements betrachtet und in der Richtlinie gezeigt. Zudem werden Maßnahmen zur Risikobeherrschung vorgestellt.

Die Richtlinie VDI 5700 Blatt 1 unterstützt dabei, Prozesse bei der Aufbereitung von Medizinprodukten nachvollziehbar zu gestalten und die Gesundheit und Sicherheit der Patienten nicht zu gefährden. Die vorgesehe-

nen Funktionen des Medizinprodukts sollen dabei vollständig erhalten bleiben.

Herausgeber der VDI 5700 Blatt 1 *Risikomanagement der Aufbereitung von Medizinprodukten – Maßnahmen zur Risikobeherrschung* ist die VDI-Gesellschaft Technologies of Life Sciences (VDI-TLS). Die Richtlinie ist im Januar 2022 als Weißdruck erschienen und ersetzt die Ausgabe von April 2015. Sie kann beim Beuth Verlag (www.beuth.de) bestellt werden. Online-Bestellungen sind auch unter www.vdi.de/5700-1 möglich. VDI-Mitglieder erhalten zehn Prozent Preisvorteil auf alle VDI-Richtlinien.

➔ www.vdi.de

Zink und Zinklegierungen im globalen Forschungskontext

Von Klaus Schmid, Martin Metzner, Fraunhofer IPA, Stuttgart

Zink und Zinklegierungen wie Zink-Nickel sind mit die wichtigsten Beschichtungssysteme für die Galvanotechnik. Aufgrund ihrer elektrochemischen Eigenschaften werden diese Schichten in weitem Umfang für den kathodischen Korrosionsschutz von Eisenwerkstoffen eingesetzt. Für die Automobilindustrie und vor allem für die Bereiche Beschlagteile und Verbindungselemente sind auf Zink basierende galvanische Schichten unverzichtbar. Diese Zusammenhänge gelten nicht nur für Deutschland, sondern weltweit, wie sich auch in asiatischen Ländern, wie zum Beispiel Thailand zeigt [1]. Dabei stehen auch diese Verfahren unter dem konstanten Marktdruck, besser werden zu müssen, sei es in Richtung Korrosionsbeständigkeit oder vor allem Wirtschaftlichkeit.

Bei den eingesetzten Abscheidungsverfahren handelt es sich meist um eingeführte, bekannte Technologien, die wünschenswerte Verbesserung der Prozesse ist oft nicht einfach. Bezüglich der Korrosionsbeständigkeit gilt es zu bedenken, dass die Beständigkeit von Zinkbeschichtungen stark von den Umgebungsbedingungen abhängt. Speziell Häufigkeit und Dauer der durch atmosphärische Bedingungen gegebenen Befeuchtungsphasen spielen dabei eine wichtige Rolle. Zink bildet an Luft schützende Deckschichten, die sich unter einem Feuchtigkeitsfilm aber wieder auflösen. Schichteigenschaften, die für den Einsatz in gemäßigten Klimazonen ausreichend sind, können deshalb in tropischen oder subtropischen Ländern ungenügend sein. Relevant für diesbezüglichen Einschätzungen sind sowohl Eigenschaften wie die Schichtdickenverteilung oder die geschlossene, fehlerfreie Ausbildung der Beschichtung als auch nicht so offensichtlich erscheinende Eigenschaften wie die inneren Spannungen der Schichten.

In einem vom Thailand Research Fund als International Research Network (TRF-IRN) geförderten Projekt stellten sich Wissenschaftler des Fraunhofer IPA in Deutschland, des Metallurgy and Materials Science Research Institutes MMRI der Chulalongkorn Universität und des National Metal and Materials Technology Center MTEC, beide Bangkok/Thailand diesen Aufgaben. Neben zahlreichen Erkenntnissen über den Zusammenhang von Prozessparametern zu Schichteigenschaften

unter Zuhilfenahme von chemischen Simulationsrechnungen (Density Functional Theory-Methode, DFT) [2] zeigte sich dabei klar, dass bei den gegebenen Aufgabenstellungen die Kombination verschiedenster Methoden und wissenschaftlicher Ansätze zur Gewinnung neuer Erkenntnisse notwendig war. Die Bandbreite reichte dabei von praxisorientierten Abscheidungsversuchen anhand standardisierter komplexer Prüfkörper [3, 4] über die Kombination von Eigenspannungsmessungen sowohl durch In-situ Messung mittels IS-Meter als auch röntgenographische Methoden bis hin zum Einsatz von instrumenteller Analytik (HPLC, High Performance Liquid Chromatography) zur Identifikation von organischen Bestandteilen und Abbauprodukten (Abb. 1). Als wichtiger Nebeneffekt ergaben sich daraus Ansätze zum Aufbau eines internationalen Forschungsnetzwerks für die galvanotechnische Industrie.

Literatur

- 1] Eva Hanau, Dominique-Navina Pantke, Klaus Schmid, Martin Metzner: Project Schoolplate: Company Survey Results Report: Characteristics and qualification needs of the Thai electroplating industry; (Hrsg.) Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA Stuttgart (2021); https://bibkit.fraunhofer.de/medialibrary/ipa/2021152_offen.1622037149.pdf
- 2] Thanyalux Wanotayan, Pongsakorn Kantichaimongkol, Viriyah Chobaomsup, Sirikarn Sattawitchayapit, Klaus Schmid, Martin Metzner, Tongjai Chookajorn, Yuttanant Boonyongmaneerat: Effects of Chemical Compositions on Plating Characteristics of Alkaline Non-Cyanide Electroplated Coatings; *Nanomaterials* (2020) 10(11); <https://doi.org/10.3390/nano10112101>
- 3] Klaus Schmid, Erik Wiedemann, Peter Schwanzer: Elektrolytprüfstand - die Hullzelle geht in die dritte Dimension; Teil 1: Einführung und Systemaufbau; *Galvanotechnik: Das Innovationsmagazin* 100(11) (2009); <http://fhgonline.fraunhofer.de/bibliotheken/ipa/2009263.pdf>
- 4] Klaus Schmid: Elektrolytprüfstand - die Hullzelle geht in die dritte Dimension, Teil 2: Praktischer Einsatz am Beispiel der Nickellegierungsabscheidung von Ni-Co und Ni-Fe; *Galvanotechnik: Das Innovationsmagazin* 102(3) (2011); <http://fhgonline.fraunhofer.de/bibliotheken/ipa/201185.pdf>
- 5] Maslin Chotiracha, Pranee Rattanawaleedirojna, Yuttanant Boonyongmaneerata, Rungroj Chanajareea, Klaus Schmid, Martin Metzner, Nadnudda Rodthongkuma: Systematic investigation of brightener's effects on alkaline non-cyanide zinc electroplating using HPLC and molecular modelling; *Materials Chemistry and Physics*, Volume 277 (2021); <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2021.125567>



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 mit den Prozessketten über die Umsetzung der Anlagentechnik bis hin zu Dienstleistungen wie der Schadensfallanalyse.

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

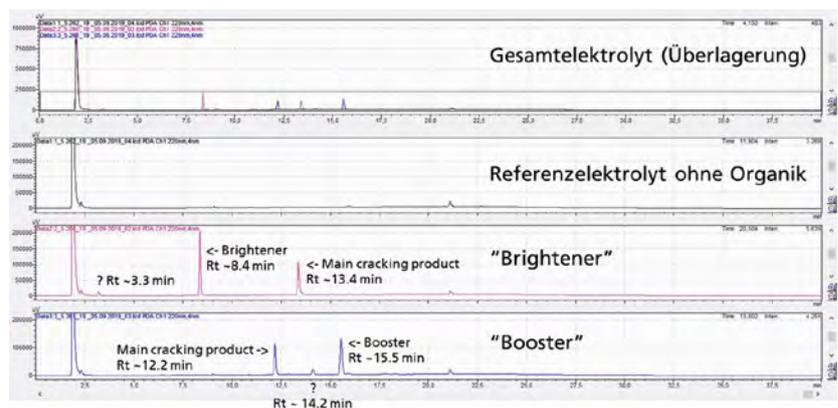


Abb. 1: Einsatz von HPLC zur Identifizierung von organischen Stoffen und Abbauprodukten

Aluminiumabscheidung und -auflösung in ionischen Flüssigkeiten auf Basis von [EMIm]Cl Kinetik des Ladungstransfers und der geschwindigkeitsbestimmende Schritt



Zum online-Artikel

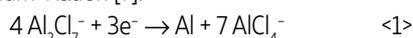
Von Rene Böttcher, Sebastian Mai, Adriana Ispas und Andreas Bund, Technische Universität Ilmenau

Die Kinetik der Auflösung und Abscheidung von Aluminium aus einer ionischen Flüssigkeit der ersten Generation, bestehend aus AlCl_3 /1-Ethyl-3-Methylimidazoliumchlorid (Molverhältnis 2:1), wurde untersucht. Die elektrochemische Impedanzspektroskopie deutet darauf hin, dass die Doppelschichtkapazität und der Durchtrittswiderstand vom Zustand der Elektrodenoberfläche abhängen. Die Impedanzspektren werden stark vom Stofftransport beeinflusst. Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt der Aluminiumabscheidung, bestimmt aus der kathodischen Tafel-Steigung, die aus stromkontrollierten Sprungexperimenten ermittelt wurde, ist entweder ein chemischer Schritt, der den Komplexbildner Chlorid freisetzt, während sich Aluminium in der zweiwertigen Oxidationsstufe befindet ($\text{AlCl}_3^- \rightarrow \text{AlCl}_2 + \text{Cl}^-$) oder ein Elektronentransfer vom zweiwertigen zum einwertigen Aluminium, der für eine einmalige Gesamtreaktion zweimal ablaufen muss ($\text{Al}^{2+} + \text{e}^- \rightarrow \text{Al}^+$). Als geschwindigkeitsbestimmender Schritt für die Aluminiumauflösung wurde der Transfer eines Elektrons von elementarem Aluminium in die einwertige Oxidationsstufe gefunden ($\text{Al}^0 \rightarrow \text{Al}^+ + \text{e}^-$). Eine lineare Steigung im niedrigen kathodischen Überspannungsbereich der Tafel-Auftragung deutet auf eine Änderung des kathodischen geschwindigkeitsbestimmenden Schritts hin. Die Tafel-Steigung weist auf einen chemischen Schritt hin, der den Komplexbildner Chlorid nach dem letzten Elektronentransfer freisetzt, der für Überspannungen unter 50 mV der geschwindigkeitsbestimmende Schritt ist ($\text{AlCl}^- \rightarrow \text{Al}^0 + \text{Cl}^-$). Berechnungen mittels Dichtefunktionaltheorie stützen die vorgeschlagenen Reduktions- und Oxidationsmechanismen.

Die elektrochemische Abscheidung ist eine elegante Methode, um metallische Beschichtungen mit maßgeschneiderten Eigenschaften über die Variation der Prozessparameter wie Stromdichte, Potential, Temperatur und Elektrolytzusammensetzung herzustellen. Das hochinteressante Element Aluminium kann allerdings aus wässrigen (protischen) Lösungsmitteln nicht galvanisch abgeschieden werden, da sein Standardpotential erheblich negativer ist als das der Wasserstoffreduktion (-1,66 V vs. NHE [1]). Aprotische Elektrolyte für die elektrochemische Abscheidung von Aluminium [2–6] wurden in den letzten Jahrzehnten entwickelt. Einige dieser Verfahren basieren auf flüchtigen und hochentzündlichen Verbindungen, was die Kosten für ein industrielles Verfahren erhöht. Ionische Flüssigkeiten (engl.: Ionic Liquids – ILs) erwiesen sich als geeignet für die Abscheidung einer Reihe von reaktiven Metallen [7].

Eine der am besten untersuchten ionischen Flüssigkeiten zur Abscheidung von Aluminium ist das eutektische Gemisch aus 1-Ethyl-3-methylimidazoliumchlorid ([EMIm]Cl) und Aluminiumchlorid (AlCl_3) mit einem molaren Überschuss an Aluminiumchlorid (*Gl. <1>*) [7–10]. Aufgrund seiner Eigenschaften, wie

zum Beispiel einer hohen elektrischen Leitfähigkeit, einer guten thermischen und elektrochemischen Stabilität und einem breiten Mischungsbereich, in dem der Elektrolyt flüssig ist, eignet sich diese ionische Flüssigkeit gut für die Abscheidung von funktionalen Beschichtungen [8–10] sowie für Anwendungen im Bereich der Energiespeicherung und -wandlung [11–18]. Es ist allgemein anerkannt, dass die Abscheidung von Aluminium aus ionischen Flüssigkeiten nur aus Lewis-sauren Schmelzen möglich ist, da sie das leicht reduzierbare Heptachloraluminat-Anion (Al_2Cl_7^-) enthalten. Das Tetrachloraluminat-Anion (AlCl_4^-), das vor allem in den neutralen Schmelzen vorliegt, hat ein kathodischeres Reduktionspotential als das Imidazolium-Kation [7].



Es gibt zwar Arbeiten über die Multielektronenübertragung für die Abscheidung von Niob (3 – Elektronenschritt) [19] und Zirkonium (4 – Elektronenschritt) [20, 21], allerdings scheinen solche Systeme eher selten zu sein. Die gleichzeitige Übertragung von drei Elektronen, wie in der Nettoreaktion (*Gl. <1>*) vorgeschlagen, ist jedoch höchst unwahrscheinlich, da die Aktivierungsenergie für einen Multielektronenschritt sehr hoch ist

(> 400 kJ/mol) [22, 23]. Daher ist die konsequente (zeitlich aufeinanderfolgende) Übertragung von drei einzelnen Elektronen naheliegend, wobei einer der Übergänge als der geschwindigkeitsbestimmende Schritt (engl.: Rate-determining Step – RDS) angenommen werden kann [24, 25].

Für einige Elektrolyte, einschließlich Hochtemperatursalzschnmelzen [22, 26], Elektrolyte auf Basis von Tetrahydrofuran (THF) [27–29] und einer ionischen Flüssigkeit auf Basis von N-(n-Butyl)pyridiniumchlorid [30], wurden die geschwindigkeitsbestimmenden Reaktionsschritte ermittelt. Nach Kenntnisstand der Autoren des vorliegenden Beitrags liegt eine systematische Untersuchung des Mechanismus' für die Reduktion von Aluminium in ionischen Flüssigkeiten auf Basis von [EMIm]Cl bisher nicht vor. Das Verständnis des Ladungstransfermechanismus' in dieser ionischen Flüssigkeit ermöglicht die Entwicklung verbesserter Elektrolyte sowohl für die Abscheidung von funktionalen Aluminiumbeschichtungen [7] als auch für die Entwicklung von aluminiumbasierten Batterien mit hoher Energie- und Leistungsdichte [15, 16, 18].

Daher konzentriert sich diese Arbeit auf die Untersuchung der Kinetik der Abscheidung und Auflösung von Aluminium in Lewis-sau-

ren ionischen Flüssigkeiten auf Basis von [EMIm]Cl/AlCl₃. Zyklische Voltammetrie (CV) wurde verwendet, um Informationen über die Reversibilität der Aluminiumabscheidung und -auflösung zu erhalten. Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) und galvanostatische Stromsprungexperimente wurden eingesetzt, um die Mechanismen sowie die geschwindigkeitsbestimmenden Prozessschritte für die Abscheidung und Auflösung von Aluminium zu untersuchen. Je nach Höhe der Amplitude des Strom- oder Potentialsprungs liefern die resultierenden Transienten wertvolle Informationen über die Diffusionskoeffizienten der elektrochemisch aktiven Spezies [31, 32], das Keimbildungsverhalten [33–38] und die Ladungstransferreaktion [39]. Berechnungen auf Basis der Dichtefunktionaltheorie (DFT) wurden durchgeführt, um zu beurteilen, ob die vorgeschlagenen Mechanismen thermodynamisch sinnvoll sind.

1 Versuchsdurchführungen

Für die durchgeführten Experimente wurde zur Herstellung der Elektrolyte wasserfreies Aluminiumchlorid (AlCl₃; Granulat, 99 %, abcr, Deutschland) und [EMIm]Cl (> 98 %, Iolitec, Deutschland) verwendet. Das [EMIm]Cl wurde zwei Tage lang bei 60 °C getrocknet und so auf einen Feuchtigkeitsgehalt von 100 ppm (bestimmt durch Karl-Fischer-Titration) gebracht. Wegen der exothermen Reaktion des AlCl₃ mit [EMIm]Cl wurde das AlCl₃ in kleinen Mengen zum [EMIm]Cl hinzugefügt, bis ein Molverhältnis von 2,0:1 vorlag. Die Temperatur wurde unter 80 °C gehalten, um eine Überhitzung und daraus folgende Zersetzung des Elektrolyten zu vermeiden. Nach Rühren über einen Zeitraum von 24 Stunden zeigte der Elektrolyt eine leicht gelbliche Farbe. Im Folgenden wird dieser Elektrolyt im Text als [EMIm]Al₂Cl₃ bezeichnet.

Alle elektrochemischen Experimente wurden in einer Glovebox mit Argonatmosphäre (VAC Atmospheres, USA; O₂- und H₂O-Gehalt < 0,5 ppm) und unter Verwendung eines Potentiostat/Galvanostat Modell SP300 beziehungsweise VSP (BioLogic, Frankreich) durchgeführt. Als Arbeitselektroden (AE) für die zyklische Voltammetrie dienten in Glas eingeschmolzene Wolframstäbe (1,6 mm Durchmesser).

Ein Aluminiumdraht (99,999 %, Alfa Aesar) mit einem Durchmesser von 1 mm, eingebettet in ein Glasröhrchen und versiegelt mit Epoxidharz (Epoxy 2000 Plus, Cloeren Technology, Deutschland), wurde als AE für die

EIS und die galvanostatischen Sprungexperimente verwendet. Vor jedem Versuch wurde die Aluminium-AE mit SiC-Schleifpapier (Körnung 4000) geschliffen. Eine Aluminiumplatte (99,0 %, Good Fellow) von 2 mm Dicke wurde als ringförmige Gegenelektrode (GE) verwendet. Als Referenzelektrode (RE) wurde ein Aluminiumdraht (99,999 %, Alfa Aesar) verwendet. Im Folgenden sind alle Potenziale in Bezug auf diese Referenz angegeben.

Die EIS-Messungen wurden mit der Aluminium-AE unter verschiedenen Bedingungen durchgeführt: mit SiC-Schleifpapier (Körnung 4000) geschliffen und mit einer dünnen Aluminiumschicht von circa 50 nm beschichtet. Die Frequenz wurde von 100 kHz auf 10 mHz (mit 10 mV Amplitude um das Ruhepotential, 20 Punkte pro Dekade) variiert. Aufgrund seiner Größe relativ zur AE wird die GE als unpolarisiert betrachtet; sie leistet damit keinen Beitrag zu den Impedanzspektren. Die AE wurde vor jeder Messung für 10 Minuten bei Ruhepotenzial gehalten (ca. 0 V, OCP). In *Abbildung 3a* repräsentieren jeweils Markierungen den Durchschnittswert und die Standardabweichung des Realteils Re(Z) und des Imaginärteils Im(Z) der Impedanz Z für eine Frequenz, ermittelt aus fünf aufeinanderfolgenden Messungen.

DFT-Berechnungen für die Bildungsenthalpie (ΔH_f), die Solvatationsenthalpie (ΔH_s) und die Reaktionsenthalpie (ΔH_r) wurden unter Verwendung des M06-2X-Pakets von GAUSSIAN 20 Sep. Rev03 mit dem APC-seg-2 [40, 41] und KTZVP-D-Basissatz [42] durchgeführt, die für metallorganische thermodynamische Berechnungen entwickelt worden waren und für die gezeigt wurde, dass sie eine hohe Genauigkeit der Ergebnisse erzielen.

Die Arbeiten von Marchenich et al. [43] und Bernales et al. [44] belegen die Anwendbarkeit angepasster SMD-Modelle (Solvatationsmodelle, basierend auf Dichte) für hinreichend genaue thermodynamische Berechnungen von Werten der freien Lösungsmittelenthalpie. Parameter aus einem benutzerdefinierten PCM-SMD-Modell (polarisierbares Kontinuumsmodell mit Solvatationsmodell basierend auf der Dichte), welche die ionische Flüssigkeit [EMIm]Cl/AlCl₃ darstellen, basieren auf der Arbeit von Li et al. [45] und wurden für die Berechnung von Solvatationsenthalpiewerten ausgewählt. Für die oberflächengebundenen Spezies wurde der Wert für ΔH_s angenähert, indem nur 50 % der ermittelten Solvatationsenthalpie berücksichtigt wurden.

2 Ergebnisse und Diskussion

2.1 Zyklische Voltammetrie

Ein typisches zyklisches Voltammogramm der Abscheidung und Ablösung von Aluminium in [EMIm]Al₂Cl₃ auf Wolframelektrode zeigt *Abbildung 1*. Das Potential wurde ausgehend vom OCP in kathodischer Richtung bis auf -0,8 V und zurück auf +1,0 V variiert. Die kathodischen Stromwellen C₁ (-90 mV bis -300 mV) und C₂ (-450 mV bis -700 mV) können auf die Abscheidung von Aluminium in nano- und mikrokristalliner Form zurückgeführt werden [46]. Die anodischen Wellen A₁ (60 mV bis 200 mV) und A₂ (390 mV bis 620 mV) entsprechen den korrespondierenden Wellen. Der Coulomb-Wirkungsgrad für die Abscheidung und Auflösung von Aluminium lag bei etwa 98 %, berechnet aus 100 Zyklen mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 100 mV/s, was zeigt, dass sich Alumi-

Hull-Bleche in Top-Qualität
mit Premium-Service



MET AT LAB
met-at-lab.com



QR-Code
scannen
und direkt
zum Shop!

OBERFLÄCHEN

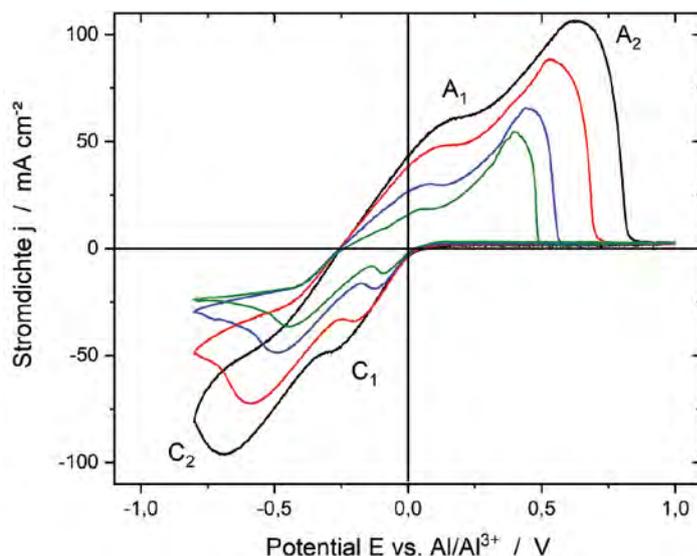


Abb. 1: Zyklische Voltammogramme einer Wolframelektrode in [EMIm]Al₂Cl₇ für Vorschubgeschwindigkeiten von 100 mV/s (schwarz), 50 mV/s (rot), 20 mV/s (blau) und 10 mV/s (grün)

um in diesem Elektrolyt ohne nennenswerte Nebenreaktionen abscheiden und auflösen lässt.

Die Separation der Peakpotentiale (E_{pA} und E_{pC}) ist größer als der theoretische Wert von $56,5 \text{ mV}/z_e$ (z_e ist die Anzahl der übertragenen Elektronen) für eine vollständig reversible Reaktion bei 298 K [24] (Abb. 2a) und steigt mit der Vorschubgeschwindigkeit an. Dies deutet auf eine kinetische Hemmung des Ladungsdurchtritts hin [24, 47]. Allerdings zeigt das Verhältnis zwischen anodischer und kathodischer Peakstromdichte (j_{pA} und j_{pC}), aufgetragen gegen die Quadratwurzel der Vorschubgeschwindigkeit ($v^{1/2}$) (Abb. 2b), ein lineares Verhalten im Bereich

von 10 mV/s bis 100 mV/s (der typische Fehler der Regressionsgeraden liegt unter 5%), was auf Diffusionskontrolle hindeutet [23]. Daher ist davon auszugehen, dass die Abscheidung und Auflösung durch die Kinetik des Ladungstransfers und die Diffusion der elektroaktiven Spezies beeinflusst wird. Basierend auf Überlegungen von Matsuda et al. [47] sollte die Abscheidung und Auflösung von Aluminium im vorliegenden Elektrolyten als quasi-reversibel kategorisiert werden. Daher sind die Gleichungen von Randles und Sevcik [24, 48, 49] in diesem Fall nicht anwendbar, da sie nur für vollständig reversible und vollständig irreversible Reaktionen gültig sind. Die Separation der Peaks

wird durch den ohm'schen Spannungsabfall beeinflusst. Basierend auf dem Abstand zwischen AE und RE (ca. 1–2 mm), der Oberfläche der AE (ca. 2 mm²) und der spezifischen Leitfähigkeit des Elektrolyten (ca. 13,5 mS/cm bei 27,5 °C), wird der ohm'sche Widerstand zwischen AE und RE auf $< 1 \Omega$ geschätzt. Daher sollte die damit verbundene Verschiebung der Peakpotentiale (Abb. 1) weniger als 2 mV und damit die Trennung der Peaks aufgrund des ohm'schen Widerstands (Abb. 2a) unter 4 mV liegen.

2.2 Elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS)

Die Impedanzspektren einer Aluminiumelektrode beim OCP (Abb. 3) lassen sich unter Verwendung des Ersatzschaltbilds von Randles [24, 50] – wie im dargestellten Nebenbild in Abbildung 3b gezeigt – interpretieren. Die EIS-Spektren in der Nyquist-Darstellung haben die Form eines gestauchten Halbkreises mit einem ansteigenden Teil im niederfrequenten Bereich (Abb. 3a). Dieses Verhalten kann unter Verwendung eines Konstantphasenelements (CPE) Q parallel zu einem Widerstand (Durchtrittswiderstand – R_{CT}) und einem Warburg Element W , das den Einfluss der Diffusion modelliert, beschrieben werden (Abb. 3b). Ein CPE kann durch die Kapazität Q und eine Konstante α beschrieben werden (Gl. <2>). Falls α den Wert 1 hat, verhält sich das CPE wie ein idealer Kondensator, während das CPE als ein ohm'scher Widerstand betrachtet werden kann, wenn α null ist. Die Doppelschichtkapazität (C_{eq}) und der Durchtrittswiderstand der Ladung ($R_{CT,eq}$) eines äquivalenten RC-Gliedes können ent-

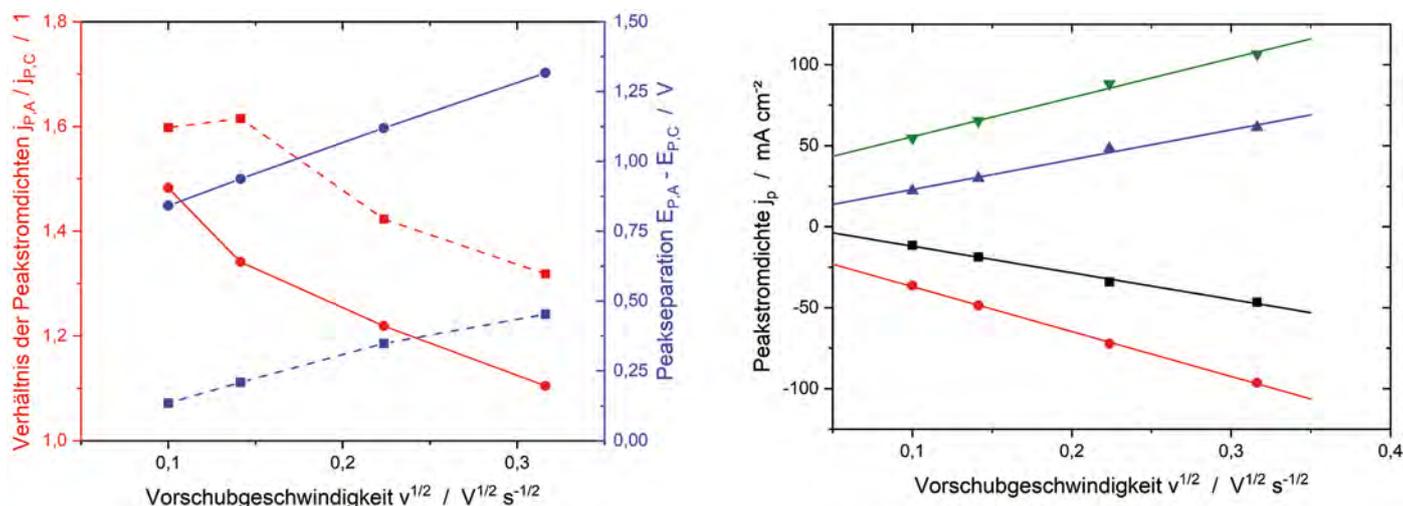


Abb. 2: (a) Verhältnis von anodischer und kathodischer Peakstromdichte und Peakseparation der entsprechenden anodischen und kathodischen Stromwellen A_1/C_1 (■ mit gestrichelter Linie) und A_2/C_2 (● mit gerader Linie) und (b) Peakstromdichte, j_p , als Funktion der Vorschubgeschwindigkeit $v^{1/2}$, für die Stromwellen C_1 (■), C_2 (●), A_1 (▲) und A_2 (▼) mit linearer Regression, abgeleitet aus zyklischen Voltammogrammen in Abbildung 1

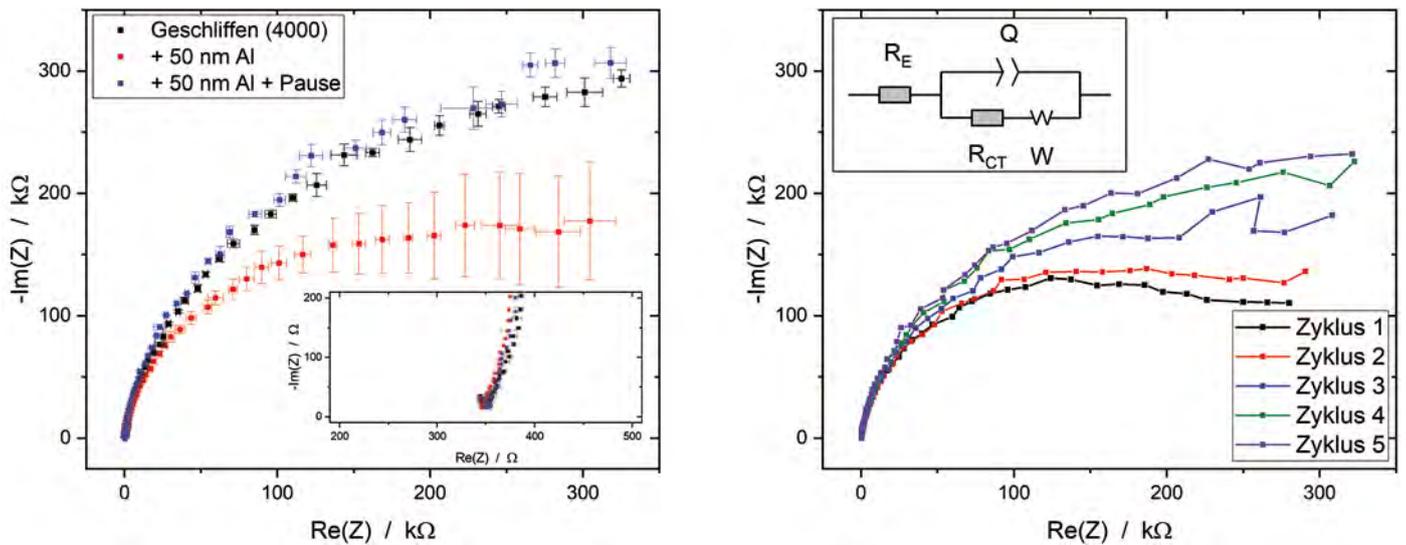


Abb. 3: Elektrochemische Impedanzspektren, gemessen an einer Arbeitselektrode aus Aluminium in einem [EMIm]Al₂Cl₇-Elektrolyten mit gemittelten Spektren (fünf Zyklen), gemessen an einer frisch geschliffenen Aluminiumelektrode (schwarz), einer mit 50 nm Aluminium beschichteten Elektrode (rot) und nach 12 h Ruhezeit (blau) (a; der Einschub zeigt den Hochfrequenzbereich); das rechte Diagramm (b) zeigt Einzelspektren (fünf aufeinanderfolgende Zyklen), gemessen an einer Aluminiumelektrode direkt nach der Beschichtung mit 50 nm Aluminium (der Einschub zeigt das Randles-Ersatzschaltbild, das zur Kuvenanpassung an die Daten verwendet wurde)

sprechend dem Randles-Ersatzschaltbild aus den Werten des CPE und R_{CT} nach Anpassen der EIS-Daten berechnet werden (Gl. <3> und <4>) [51]:

$$Z_{CPE} = Q^{-1} \cdot (i\omega)^{-\alpha} \quad <2>$$

$$C_{eq} = Q^{\frac{1}{\alpha}} \cdot R_{CT}^{\frac{1}{\alpha}-1} \quad <3>$$

$$R_{CT,eq} = \frac{R_{CT}}{2 \left(\cos \left(\frac{\alpha\pi}{4} \right) \right)^2} \quad <4>$$

Darüber hinaus ist festzustellen, dass sich die Doppelschichtstruktur in ionischen Flüssigkeiten von der in wässrigen Lösungen unterscheidet [7, 46, 52, 53]. Eine ausführliche Diskussion über die Struktur der Grenzfläche *Elektrode-ionische Flüssigkeit* soll nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sein. Unabhängig vom Zustand der Elektrodenoberfläche (z. B. geschliffen oder elektrochemische Beschichtung mit Aluminium), schneiden die Impedanzspektren die x-Achse im Mittel bei einem Wert von $(345 \pm 25) \Omega$. Dieser Wert repräsentiert den ohm'schen Widerstand des Elektrolyten (R_E). Geringe Variationen der Werte sind auf die relative Positionierung der Elektroden in der elektrochemischen Zelle zurückzuführen.

Ergebnisse der Regression der EIS-Daten unter Verwendung des Randles-Ersatzschaltbildes sind in *Tabelle 1* zusammengestellt. Der α -Wert des CPE liegt typischerweise sehr nahe bei 1 (*Tab. 1*). Abweichungen

vom idealen kapazitiven Verhalten werden wahrscheinlich durch Effekte der Oberflächenrauheit verursacht (*Abb. 4* und *Abschnitt 3*). Die Kapazität (Wert von Q bzw. C_{eq}) ist für eine frisch angeschlossene Elektrode

am kleinsten und steigt, wenn Aluminium auf der Elektrode abgeschieden wird. Die Kapazitätsänderung wird durch die Veränderung der Oberflächenmorphologie verursacht (*Abb. 4*). Da sich die Morphologie nach der Beschichtung während der Haltezeit über zwölf Stunden am Ruhepotential nicht oder nur geringfügig ändert, bleibt die Kapazität nahezu konstant (*Tab. 1*).

Der Durchtrittswiderstand nimmt nach der Beschichtung mit Aluminium im Vergleich zur geschliffenen Elektrodenoberfläche ab. Nach der Abscheidung ändert sich das EIS-Spektrum mit der Zeit (*Abb. 3b*). Die Kapazität bleibt konstant, während der Durchtrittswiderstand ansteigt.

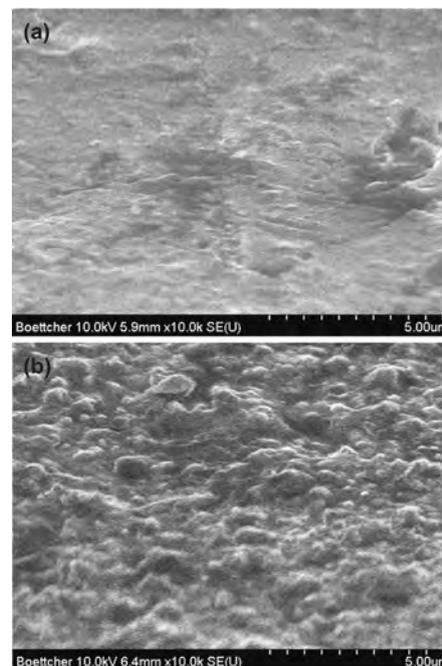


Abb. 4: REM-Aufnahme der Oberfläche der Aluminiumelektrode im geschliffenen Zustand (a; Körnung 4000) und nach der Beschichtung mit Aluminium bei -300 mV aus dem [EMIm]Al₂Cl₇-Elektrolyten für eine übertragene elektrische Ladung von 2 mC (entspricht Schichtdicke von etwa 50 nm) (b)

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

- WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Die weiteren Abschnitte sind:
- Theoretische Betrachtungen zu den Spannungsmessungen
 - Ermittlung des geschwindigkeitsbestimmenden Schritts
 - Thermodynamische Betrachtungen unter Verwendung der Dichtefunktionaltheorie (DFT)
 - Schlussfolgerungen

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 8,5 Seiten mit 8 Abbildungen, 1 Tabelle und 62 Literaturhinweisen.

Hochwertige Oberflächen im Fokus der Klimabilanz

Von Dr. Felix Heinzler, Solingen

Der sparsame Umgang mit Energie und Ressourcen sowie die Vermeidung von umweltschädlichen Emissionen zählt heute zu den wichtigsten Aufgaben der Menschheit. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen auch alle Verfahren zur Herstellung von Produkten einer genauen Betrachtung unterzogen werden. Die dazu notwendige Vorgehensweise wird am Beispiel von hocheffizienten und hochwertigen Oberflächen aufgezeigt. Verglichen werden metallische und organische Oberflächen auf Kunststoff, wobei zugleich gezeigt wird, wie die notwendige Anlagentechnik zur Herstellung der entsprechenden Beschichtungen optimiert werden kann. Bei diesem Vergleich schneiden galvanisch abgeschiedene Metallschichten im Vergleich zu Lackoberflächen gut ab.

Die BIA Gruppe ist im Bereich der Automobilindustrie ein bekannter Lieferant für verchromte Oberflächen. Chrombauteile finden eine breite Anwendung als Zierelemente im Interieur und Exterieur der Fahrzeuge (Abb. 1). Sie ergänzen das Design der Fahrzeuge neben Lackoberflächen, Prägungen und Foliendekoren. 2020 erweiterte BIA die Produktionskapazitäten am Stammsitz Solingen um eine Lackieranlage und nahm die Serienproduktion auf. Die neue Anlage ist auch mit dem Fokus auf eine klimaneutrale und effiziente Produktion geplant worden. Mit den aktuellen Kennzahlen aus der Serienproduktion und dem Vergleich zu anderen Beschichtungstechnologien im eigenen Haus, lässt sich nach neun Monaten Produktion eine erste Bilanz ziehen.

1 Klimaneutral bis 2025

Die BIA Gruppe hat bereits in den letzten beiden Jahren die Zielsetzung verfolgt, bis 2025 eine klimaneutrale Produktion in der Bilanzierung von Scope 1 und Scope 2 nach dem Greenhouse Gas Protokoll [8] umzusetzen. Dies ist in energieintensiven Prozessen wie dem Spritzgießen und der Veredlung durch Galvanisierung oder Lackierung eine Herausforderung; sie zu meistern, erfordert zu-

nächst eine Betrachtung zur Ressourceneffizienz, aber auch einen Blick auf die neueste Anlagentechnik. Dementsprechend wurden bei der Auslegung der neuen Lackieranlage mit dem Anlagenbauer Rippert GmbH & Co. KG aus Herzebrock-Clarholz, neueste Entwicklungen in das Konzept eingebracht. Eine hocheffektive Roboterlackierung sowie ein neuartiges Trocknungskonzept wurden integriert. Die Spezifika der Anlage werden im Weiteren noch erläutert [1-3].

Aus Sicht der Anwendung gibt es im Automobilinterieur einen klaren Trend zur Integration von Funktionen bei gleichbleibenden Anforderungen an Beständigkeit, Wertigkeit und Individualisierung. Diese Anforderungen muss ein Bauteil erfüllen und gleichzeitig den zukunftsweisenden Ansprüchen im Bereich der Nachhaltigkeit und Effizienz gerecht werden. Denn unabhängig davon, welche Fertigungstechnologie und Wertigkeitserwartung durch das Design vorgegeben sind, müssen Prozesse sowohl unter wirtschaftlichen als auch unter Umweltgesichtspunkten effizient und nachhaltig gestaltet werden. *Tabelle 1* gibt einen kurzen Einblick in mögliche Anforderungen und die Eignung der jeweiligen Fertigungstechnologie.

2 Vergleich der Technologien

Mit Blick auf die Anwendung sind insbesondere die Lackierung und galvanische Metall-

abscheidung vergleichbar. Direkt gespritzte Oberflächen im MoldinColor-Verfahren bedingen meist deutliche Rückschritte in der Beständigkeit und Folienbauteile haben andere Dekor- und Funktionsbereiche als Anwendungsziel. So sind Foliendekore in der Regel mit Zierrahmen in Metalloptik verbunden und bilden großflächige Dekore ab. Ein Vergleich mit PVD ist sicherlich möglich, allerdings sind die Fertigungskapazitäten und Rahmenbedingungen nicht mit denen von lackierten und galvanisierten Bauteilen zu vergleichen. So sind Lackierprozesse vor und nach der PVD-Beschichtung notwendig, um die OEM-Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit und Abrieb zu erfüllen. Ein genereller Vergleich auf technischer Ebene zwischen den Verfahren galvanische Metallabscheidung, Lackierung und PVD-Beschichtung ist in [4] dargestellt.

Bewertungsgrundlagen sind dabei zum einen der subjektive Eindruck aus Nutzersicht, zum anderen aber natürlich die Spezifikationen und Testanforderungen der OEM. Metallisch anmutende Oberflächen in Fahrzeugen mit einer Aluminiumoptik werden aktuell bevorzugt mit Mattchromverfahren durch galvanische Verfahren mit einer Echtmetalloberfläche hergestellt. Aber auch aktuelle Lackieranwendungen sind hier in der Lage, den Anforderungen der Designer an die Optik gerecht zu werden.



Abb. 1 Hochwertige Bauteile mit Ambiente-licht in den Ausführungen Galvanik und Lack

Tab. 1: Bewertung von Fertigungsverfahren nach verschiedenen Kriterien (++ = sehr gut; -- = sehr schlecht)

Verfahren	Chrom Glanz	Chrom Matt	Farbvarianten	Ambientebeleuchtung	Touch-Bedienung
Galvanotechnik	++	++	-	+	0 (BIA Patent)
Lackierung	-	++	+	+	+
PVD	+	-	0	+	0 (Radar)
MiC	--	--	+	-	+
Folien	0	-	+	+	+

Hat die galvanische Metallabscheidung im Bereich der Beständigkeit und Haptik Vorteile, so sind Farbvarianten durch die Lackauswahl sehr gut und flexibel abzubilden. Dabei schließen sich beide Prozesse keineswegs aus, sondern können vielmehr auf ähnlichem Substrat und dem gleichen Spritzgießprozess realisiert werden. Entsprechend ergeben sich flexible und effiziente Konzepte, um individuelle Designvarianten zu erzielen, ohne Werkzeuge und Prozesse jeweils anpassen zu müssen. *Abbildung 2* zeigt ein Beispiel, bei dem eine mit Ambientelicht versehene Dekorleiste in Echtmetall durch eine galvanisch abgeschiedene Metallschicht, aber auch matt und hochglänzend in Schwarz durch die Lackiertechnologie abgebildet wird.



Abb. 2: BIA-Nachtdesign Ambientebeleuchtung in Echtmetall-Chrom und Lack in den Ausführungen Matt sowie Hochglanz-Schwarz

Entsprechend ist es auch aus Sicht der Nachhaltigkeit sinnvoll, Designvarianten und die dafür notwendigen Fertigungskonzepte zu koordinieren, um den Aufwand bei der Werkzeugherstellung, Qualifizierung und final in der Produktion zu minimieren.

3 Effiziente Prozessgestaltung

Wird die Nachhaltigkeit und Effizienz von Prozessen betrachtet, so ergeben sich hier zwei wichtige Bereiche. Zum einen ist es der notwendige Einsatz von Energie und Rohstoffen zur Erstellung des Produkts, zum anderen ist es der stoffliche Wert des Produkts mit seinen Möglichkeiten, recycelt zu werden und recycelte Anteile einzubinden. Der Bereich der effizienten Produktion muss in der Anlagenplanung berücksichtigt werden und lässt einen direkten Vergleich der Prozesse in Bezug auf den Bedarf an elektrischer Energie, Wärmemenge, Wassereinsatz und CO₂-Äquivalent referenziert zur beschichteten Oberfläche zu.

Die bei BIA installierte Lackieranlage hat daher ein spezielles Trocknungskonzept in ei-

nem von der Rippert GmbH & Co. KG patentierten Rondelltrockner. Darüber hinaus werden die Prozesse nicht über ein Flurfördersystem verbunden, sondern über einen zentralen Handlingsroboter bedient. Dies reduziert deutlich den notwendigen Platzbedarf der Anlagen, da Abdunsten, Trocknen und Abkühlen in verschiedenen Ebenen abgebildet werden können. Kurze Wege und die kompakte Bauweise reduzieren zudem den zu temperierenden Raum und eine geschickte Einteilung in Sauber- und Reinraumbereiche sowie die hierfür notwendige Energie in der Belüftung.

Mit dem Ziel, hochwertige Lackierungen in der Produktion in Ein- bis Dreischicht-Systemen abzubilden, ist die Anlage 2020 aufgebaut und in Betrieb genommen worden. Somit lässt sich ein direkter Vergleich zwischen der galvanischen Metallabscheidung und der Lackierung inhouse anstellen und ein Fazit nach den ersten Produktionsmonaten ziehen. Die Lackierung von komplexen Geometrien wird über eine Roboterlackierung auf zwei Positionen sichergestellt, die über den Handlingsroboter bedient werden. Bei der Herstellung von Dekoroberflächen sind Overspray und Verschmutzung immer kritische Punkte. Der Overspray wird senkrecht unter den Lackiergestellen (*Abb. 3*) abgezogen und über eine RTS-Rotation trocken abgeschieden. Durch eine Trockenabscheidung läuft die Anlage abwasserfrei. Die notwendige Abluft bei der Verarbeitung von Lösemittellacken wird über eine regenerative Nachverbrennung vollständig gereinigt. Damit ergibt sich insgesamt ein nach aktuellem Stand der Technik hocheffizientes Anlagenkonzept.

4 Energetischer Prozessvergleich

Um eine einheitliche Basis für einen Vergleich zu schaffen, wird die Produktion einer lackierten Chromeffektoberfläche mit einer galvanisch abgeschiedenen Metalloberfläche auf dem gleichen Bauteil und PC/ABS als



Abb. 3: Blick auf das Lackierack mit den Vergleichsteilen



Abb. 4: Einbausituation des Zierrahmens um die Mittelkonsole (Bild: Daimler AG)

Substrat herangezogen. Die Spezifikationsanforderungen sind für beide Varianten nahezu identisch. Lediglich Korrosionsanforderungen oder Hydrolysetests unterscheiden sich, die bei dem jeweils anderen Verfahren als unkritisch zu bewerten sind. Als konkreter Anwendungsfall wird die Produktion einer Zierleiste im Interieur in beiden Oberflächen mit einem Jahresvolumen von 250.000 Bauteilen (*Abb. 4*) betrachtet.

Im ersten Schritt wird die generelle Effizienz der Anlage bezogen auf die notwendige Energie pro beschichtetem Quadratmeter Oberfläche (angegeben in kWh/m²) herangezogen. In [5] ist der aktuelle Stand der Industrie in der Lackierung dargestellt; er wird im Weiteren als konventionelle Lackierung für Vergleiche herangezogen. Dabei laufen die entsprechenden Anlagentypen in der Regel nicht mit einem Roboterhandling sondern über Fördersysteme und Durchlauföfen. Somit kann die neue Struktur der Anlage direkt bewertet werden.

Beim direkten Vergleich zur konventionellen Lackierung, die aktuell den Stand der Technik in der Industrie darstellt, zeigt das bei BIA umgesetzte Konzept bereits deutliche Vorteile. Durch das innovative Trocknungs-, Handlings- und Reinraumkonzept können bereits knapp 50 Prozent der notwendigen elektrischen Energie eingespart werden [5]. Dies ist insbesondere auf die Belüftung, das Handling und die Reinigung zurückzuführen. Hinzu kommen weitere knapp 20 Prozent im Bereich der durch Erdgas eingebrachten thermischen Energie. Der kompakte Aufgabendesign und die innovative Trocknungslösung zeigen also bereits Wirkung.

Des Weiteren wurden deutliche Einsparungen im Bereich des Lack- und Lösemittelverbrauchs ermittelt. Diese sind auf eine integrierte Ausrichtung der Bauteile zum Lackierroboter zurückzuführen, die minimalen Overspray und eine nahezu immer ide-

Tab. 2: Vergleich der Prozesse aus energetischer und stofflicher Sicht

	Konv. Lackierung	Konv. Galvanisierung	Opt. Lackierung
Elektrische Energie	34-36,5 kWh/m ²	19 kWh/m ²	18 kWh/m ²
Erdgas Energie	18-20,2 kWh/m ²	14 kWh/m ²	16 kWh/m ²
Lösemittelausatz	180 ml/m ²	-	< 150 ml/m ²
Lackeinsatz	131 g/m ²	-	ca. 80 g/m ²
Ausschuss	ca. 25-35 %	< 10 %	ca. 25 %

ale Ausrichtung der Lackierung zum Bauteil gewährleistet. Die Kennzahlen sind in *Tabelle 2* gegenübergestellt und betrachten dabei ebenfalls die galvanisch hergestellte Beschichtung.

Aus Sicht des direkten Prozessvergleichs kann in der Produktion bei BIA auch die galvanische Metallisierung dieser Bauteile betrachtet werden. Die hochautomatisierte Abscheidung von Metall als Schichtverbund aus Kupfer, Nickel und Chrom stellt sich dabei in der Abbildung dieser Bauteile als sehr effizient dar. So liegt der notwendige Energieeinsatz sowohl bei thermischer als auch elektrischer Energie im Bereich der neuesten Anlagentechnik zur Lackierung. Damit zeigt sich, dass beide Oberflächen unter Verwendung aktueller Anlagentechnik effizient produziert werden können, wobei die herangezogene galvanische Metallabscheidung bereits zehn Jahre in Betrieb ist. Ein Vergleich mit neuester Anlagentechnik für die galvanische Metallabscheidung wird mit der Inbetriebnahme einer neuen Galvaniklinie am Standort Solingen in 2022 möglich sein.

5 GWP als Bewertungsfaktor bei Prozessen

Neben der eingebrachten Energie spielt natürlich auch das dafür notwendige CO₂-Äquivalent eine wichtige Rolle. Dabei zeigt sich insbesondere, dass durch eine Integration von neuer Technologie in die Produktionsstrukturen, Kohlenstoffdioxid (CO₂) eingespart werden kann und eine auf den exakten Anwendungsfall ausgelegte Anlagentechnik einen Beitrag zur kontinuierlichen Reduzierung der Umweltbelastung leistet.

Wird das in *Abbildung 1* dargestellte Bauteil als Produktionsreferenz mit einem Jahresvolumen von etwa 250.000 Bauteilen betrachtet, so benötigt eine konventionelle Lackierung dazu 149.520 Kilogramm Kohlenstoffdioxid [6]. Die bei BIA installierte Anlage liegt mit 91.700 Kilogramm Kohlenstoffdioxid entsprechend des Energiemix aus Erdgas

und elektrischer Energie deutlich unter diesem Wert, allein durch die Reduzierung der eingebrachten Energie. Weitere 30 Prozent des CO₂-Ausstoßes können bei BIA durch die Nutzung von Photovoltaik sowie einem reduzierten CO₂-Bedarf des lokalen Strommix eingespart werden [7].

Die bei BIA betriebene Lackieranlage läuft vollständig ohne Abwasser zur Abscheidung des Overspray und kann diesen ungefährlich über wiederverwendbare Trockenabscheider entsorgen. Dies muss ebenfalls in der Bilanz berücksichtigt werden, ist in diesem Fall allerdings nicht als direkter Vergleich zu erfassen. Zusätzlich ist ein deutlicher Fortschritt durch die Reduzierung der notwendigen Lösemittelmenge und Lackmenge zu berücksichtigen. Eine konkrete Bilanzierung hierzu wird mit dem Lacklieferanten erstellt.

6 Ausschuss und Qualitätsniveau

Final ist der Ausschuss in der Produktion ein Faktor, der sich in jedem Fall deutlich auf alle notwendigen Produktionsmittel auswirkt. Jeder Prozentanteil reduzierter Ausschuss kann direkt in der Bilanz als Verbesserung dargestellt werden. Entsprechend ist je nach Geometrie und Bauteilanforderung auch immer das Produktionsverfahren zu bevorzugen, dass geringere Ausschusswerte abbilden kann. Statistiken nach [5] zeigen, dass bei der Lackierung von hochwertigen Oberflächen mit einem durchschnittlichen Ausschuss von bis zu 35 Prozent zu rechnen ist. Dies zeigt sich auch bei einem Benchmark mit neuester Anlagentechnik, die ebenfalls bei 25 Prozent Ausschuss liegt. Dabei sind Füllstoffe in den Lacken, die hohen Lösemittelanteile sowie Chargenschwankungen bei dem Ziel, eine homogene Effektoberfläche zu erzielen, schwer zu beherrschen. Alleine die Reduzierung des Ausschusses um zehn Prozent durch die verfügbare Anlagentechnik, würde bereits rund 10.000 Kilogramm Kohlenstoffdioxid durch den nicht notwendigen Einsatz des Kunststoffs ermöglichen. Hinzu kommt

die deutliche Reduzierung an Lack, durch die weitere knapp 40 Prozent des über das Material eingebrachten CO₂-Bedarfs eingespart werden können.

7 Bilanzierung als erster Schritt

Um sich dem Thema einer klimaneutralen und umweltbewussten Produktion zu stellen, ist die Bilanzierung der erste wichtige Schritt. Die BIA Gruppe ist hier seit 2019 in der Lage, die relevanten Energieträger und GWP-Anteile der Standorte auszuweisen. Dies kann ebenfalls auf die jeweilige Produktion fokussiert werden und zeigt entsprechend die bereits über die letzten zwei Jahre integrierten Optimierungen. Einfache Schritte wie eine Optimierung der Beleuchtung in der Bauteilkontrolle zeigen mit etwa drei Prozent Einsparung schnell Wirkung. Dazu ermöglichen die Bilanzen, auch in der Anlagenplanung konkrete Ziele vorzugeben. Dass durch eine intensive Zusammenarbeit mit dem Anlagenbauer hier deutliche Potentiale gehoben werden können, zeigt der Vergleich der Lackierung bei BIA mit der konventionell verfügbaren Technologie. Einsparpotentiale und CO₂-Bedarf in der Produktion können so bis zur Bauteilebene ausgewiesen werden.

Bis 2025 wird die BIA Gruppe sukzessive die Entwicklung in Richtung einer klimaneutralen Produktion vorwärtstreiben. Bei Prozessen, die stark von elektrischer Energie abhängig sind, wird bereits die Integration von Ökostrom einen deutlichen Einfluss ausüben. Dazu werden Projekte zur Wertstoffrückgewinnung, Integration von lokal aufbereiteten Rezyklaten und Weiterentwicklungen der Prozess- und Anlagentechnik diese Entwicklung unterstützen.

Literatur

- [1] P. Bruck: CO₂-Bilanzierung von Maßnahmen; Klimaschutz- und Energieagentur Niedersachsen; 2020
- [2] P. Bruck: Instrumente zur Erstellung von CO₂-Bilanzen; Energiekonsens, 2017
- [3] N. N.: Lackieranlage mit neuartigem Rondelltrockner spart Platz und Ressourcen; Rippert-News, 2020
- [4] F. Heinzler, M. Dahlhaus: Verfahren zur Kunststoffbeschichtung für Chromoptiken im Vergleich; W+M 12/2018, S. 26-27
- [5] Abschlussbericht BMUB-Umweltinnovationsprogramm - Innovatives und umweltfreundliches Lacksystem für Automobil-Chrom-Optik; 2016
- [6] Effizienz-Agentur NRW; <https://ecockpit.de/>; 2021
- [7] Stadtwerke Solingen; <https://www.stadtwerke-solingen.de/>; Strommix/Stromkennzeichnung, 2021
- [8] <https://ghgprotocol.org/>

Laserverfahren für die Oberflächenveredelung

In Oberflächen lassen sich jetzt im Handumdrehen Nano- und Mikrostrukturen per Laser einarbeiten. Die Technologie wird von der jungen Dresdner Firma Fusion Bionic entwickelt und vertrieben – einer Ausgründung aus dem Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS. Bei der Laserstrukturierung sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt. Ihr Vorteil: Sie ist schnell und deutlich vielseitiger als Beschichtungen.

Oberflächen von Produkten lassen sich durch viele verschiedene Effekte veredeln. Beim Lotuseffekt zum Beispiel sorgt eine Mikrostruktur dafür, dass Schmutz nicht anhaftet, sondern beim nächsten Regen einfach abgewaschen wird. Die feinen Rippeln der Hai-fischhaut wiederum verbessern die Strömung an der Außenseite von Flugzeugen und Schiffen, was Treibstoff spart. Bislang werden viele solcher von der Natur inspirierten Effekte erzeugt, indem man die Oberfläche beschichtet oder mit Folien beklebt, in die Mikrostrukturen eingeprägt sind. Doch Beschichtungen und Folien können sich abnutzen, sodass der gewünschte Effekt mit der Zeit nachlässt. Forschende am Fraunhofer IWS und an der TU Dresden haben in den vergangenen Jahren eine alternative Methode zur Marktreife gebracht, mit der man Oberflächen dauerhaft mit Nano- und Mikrostrukturen versehen kann: die Direkte Laserinterferenz-Strukturierung (Direct Laser Interference Patterning, DLIP).

Bei diesem Verfahren wird die Nano- oder Mikrostruktur per Laser direkt in die Oberfläche eingeschrieben, um biomimetische Effekte zu erzeugen. Bemerkenswert ist die hohe Geschwindigkeit des Verfahrens, das nach

IWS-Angaben aktuell pro Minute eine Fläche von bis zu einem Quadratmeter bearbeiten kann. Die neue Technologie ist so vielversprechend, dass in diesem Jahr die Firma Fusion Bionic aus dem Fraunhofer IWS ausgegründet wurde. Fusion Bionic entwickelt und vertreibt DLIP-Systemlösungen für die biomimetische Oberflächenveredelung, führt im Auftrag von Kunden aber auch selbst Oberflächenfunktionalisierungen durch.

Schnell genug für große Flächen

Im Vergleich zum Beschichten oder Bekleben galt der Laser nach Aussage von Fusion-Bionic-Geschäftsführer Dr. Tim Kunze lange Zeit als viel zu langsam, um große Oberflächen zu veredeln. *Mit dem DLIP-Verfahren aber haben wir den Schritt zur schnellen Bearbeitung großer Flächen geschafft.* Kunze hat das Unternehmen zusammen mit drei Partnern gegründet.

Klassischerweise stellt man sich einen Laserstrahl als einen einzelnen feinen Strahl vor. Wollte man damit wie mit einer Nadel ein Muster in eine Oberfläche einarbeiten, verlöre man viel zu viel Zeit. Das DLIP-Verfahren funktioniert anders. Dabei wird zunächst ein Laserstrahl in mehrere Strahlenbündel auf-



Moderne Lichtinterferenz-Technologien aus Dresden machen es möglich, dass sich nun sehr schnell Lotuseffekte und andere raffinierte Strukturtricks der Natur auf technische Oberflächen wie Batteriekomponenten, Implantate oder sogar Flugzeuge übertragen lassen

(© ronaldbonss.com)

geteilt. Um ein Muster in die Oberfläche einzubringen, werden die vielen Laserstrahlen kontrolliert überlagert, sodass ein sogenanntes Interferenzmuster entsteht. Dieses Muster lässt sich dabei auf einer größeren Fläche verteilen, was eine großflächige und schnelle Bearbeitung möglich macht.

Olga Zacher
Vertrieb
OFTEC

OFTEC – Serienbeschichtung auf höchstem Niveau

„KTL+Pulver - aus einer Hand“

Die Kathodische Tauchlackierung (KTL) gehört zu den bevorzugten Oberflächen im Bereich Korrosionsschutz, wenn eine kostengünstige und lang anhaltende Schutzwirkung erforderlich ist.

Kombiniert mit der dekorativen und lichtbeständigen Pulverbeschichtung bietet das Verfahren einen idealen Korrosionsschutz. KTL + Pulver ist in allen RAL-Farben, Glanzgraden sowie Strukturen möglich und punktet mit hohen Chemie-, Kratz- und Steinschlagbeständigkeiten.

Unsere kontinuierliche Verbesserung dieser Verfahren macht uns zu einem perfekten und zuverlässigen Partner für Ihre Produktion.

OBERFLÄCHEN



Laserfunktionalisiertes Glas mit dekorativem Fusion Bionic-Logo nach Vorbild des Morpho Schmetterlings (© Fusion Bionic)

Das Prinzip der Interferenz ist schnell erklärt: Licht breitet sich wellenförmig aus. Überlagert man zwei Lichtstrahlen, können sich ihre Wellentäler und Wellenberge gegenseitig auslöschen oder verstärken. Dort, wo Licht auf die Oberfläche trifft, wird durch die Laserenergie Material abgetragen beziehungsweise verändert. Die dunklen Bereiche bleiben unberührt. *Wir können damit nahezu alle erdenklichen Strukturen herstellen*, sagt Tim Kunze, *Lotuseffekt, Haifischhaut, Mottenauge und vieles mehr.*

Noch zu seiner Zeit am Fraunhofer IWS entwickelte sein Team in enger Zusammenarbeit mit Prof. Andrés Lasagni von der Technischen Universität Dresden mit Airbus eine Mikrostruktur, die während des Flugs verhindert, dass sich Eis auf den Tragflächen anlagert. Bei herkömmlichen Jets wird das verhindert, indem warme Abluft aus den Triebwerken in die Tragflächen geleitet wird. Damit geht den Triebwerken allerdings Energie verloren. Das Projekt hat ergeben, dass sich der Energiebedarf eines Eisschutzsystems um 80 Prozent verringert, wenn die Tragfläche zusätzlich über eine DLIP-Mikrostruktur verfügt. *Vor allem auch für künftige elektrisch betriebene Flugzeuge wäre das eine Lösung, weil bei diesen keine Abwärme aus den Triebwerken zur Verfügung steht*, sagt Tim Kunze. In anderen Projekten wurden Implantate wie beispielsweise Hüftgelenkprothesen und Zahnimplantate bearbeitet, sodass ihre Oberflächen besonders biokompatibel sind oder antibakteriell wirken.

Förderung durch Fraunhofer-AHEAD-Programm

Den Anstoß zur DLIP-Entwicklung gab vor gut zehn Jahren der Laserexperte Prof. Andrés Fabián Lasagni, als er von der Universität Saarbrücken ans Fraunhofer IWS wechselte und die Technik in den Fokus nahm. DLIP war damals ein eher akademisches Grundlagenthema. Lasagni, der heute die Professur für die Laserstrukturierung großer Oberflächen an der TU Dresden innehat, war aber klar, dass darin ein großes Potenzial steckte. Er baute am Fraunhofer IWS ein leistungsstarkes Team auf, das unter seinem Nachfolger Tim Kunze ab 2017 weiter anwuchs. Aufbauend auf Lasagnis wegweisenden Vorarbeiten entwickelten beide zusammen industrietaugliche DLIP-Optiken, die mittlerweile weltweit bei zahlreichen Pilotkunden installiert wurden. Ab 2020 wurde deutlich, dass die Kommerzialisierung der DLIP-Technologie auf eine neue Stufe gehoben werden muss. *Unsere Lösungen bieten einen völlig neuen Freiheitsgrad bei der Oberflächengestaltung mit einer noch nie dagewesenen Geschwindigkeit, was neuartige Produkte und Prozesse ermöglicht*, erläutert Tim Kunze.

Durch Förderung im Rahmen des AHEAD-Programms, mit dem die Fraunhofer-Gesellschaft Spin-offs ermöglicht, wurde jetzt Fusion Bionic gegründet. *Es gibt einen großen Bedarf für die Funktionalisierung von Oberflächen*, resümiert Lasagni. Jede Branche habe da ihre eigenen Herausforderungen, sei es die Haftung von Eiscreme an Behälterwänden oder die Verringerung von Reibung. Um die Entwicklung von innovativen Oberflächen zu beschleunigen, arbeitet Fusion Bionic mit Unterstützung seines Investors Avantgarde Labs Ventures an einer Vorhersageplattform auf der Grundlage Künstlicher Intelligenz. Mit dieser sollen fortschrittliche Laserfunktionalitäten realisiert werden. Parallel wird am Fraunhofer IWS eine *AI Test Bench* aufgebaut, ein Multisensor-Teststand zur Laserbearbeitung, auf dem sich mithilfe von Künstlicher Intelligenz die optimale Oberflächenstruktur für jedes Problem schnell vorhersagen und erzeugen lässt.

Kontakt:

Dr. Tim Kunze, Fusion Bionic GmbH,
E-Mail: tim.kunze@fusionbionic.de
➔ www.iws.fraunhofer.de
➔ www.fusionbionic.de



Die Gründer von Fusion Bionic (v. l. n. r.): Sabri Alamri, Laura Kunze, Benjamin Krupop, Tim Kunze (© ronaldbonss.com)

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!

Produkte für hochwertige Galvanik- und PVD-Beschichtungen aus einer Hand

Die neue Business Unit Metal Deposition Solutions vereint die bisherigen Geschäftsbereiche Electroplating und Thin Film Products



Die Umicore Gruppe hat sich entschieden, die Expertise der etablierten Geschäftsbereiche Electroplating (EP) und Thin Film Products (TFP) unter der Business Unit Metal Deposition Solutions (MDS) zu vereinen. Der neue Geschäftsbereich entwickelt und vertreibt damit sowohl Produkte für hochwertige Galvanik- als auch für Vakuum (Edelmetall-)Beschichtungsverfahren. So können zukünftig hochwertige Produkte für beide Verfahren aus einer Hand angeboten werden.

Dem Unternehmen ist es wichtig zu unterstreichen, dass die Namensänderung der Business Unit keine Auswirkungen für bestehende Geschäftsbeziehungen mit deren Kunden hat. Alle relevanten Geschäftsdaten, wie beispielsweise die Firmierung, Kontakt- und Bankdaten oder Produktbezeichnungen, werden unverändert beibehalten. Die Zusammenführung der bisher weitestgehend autark agierenden Geschäftsbereiche

war die logische Konsequenz, seitdem der Bereich Electroplating ebenfalls Lösungen für den Halbleitersektor anbietet. *Die Schnittmenge an gemeinsamen Kunden, gerade in diesem Segment, ist dadurch beträchtlich. Sowohl für uns, aber insbesondere für unsere Kunden, ist ein abgestimmter Vertrieb damit sinnvoll – eine ganzheitliche Beratung und aufeinander aufbauende Lösungen sind dabei nur die vordergründigen Vorteile,* begründet Thomas Engert, SVP Metal Deposition Solutions, die Entscheidung.



Thomas Engert (Bild: Umicore MDS)



Alle administrativen Entscheidungen des Geschäftsbereichs Electroplating werden von Schwäbisch Gmünd aus getroffen, auch Forschung und Produktion sind hier angesiedelt (Bild: Umicore MDS)

Umicore Electroplating

Der Geschäftsbereich Electroplating mit Firmensitz in Schwäbisch Gmünd, Deutschland, besitzt eine lange Tradition, die bis ins Jahr 1888 zurückreicht. Heute präsentiert sich die Firma als ein weltweit führendes Unternehmen im Bereich der Edelmetallgalvanotechnik. Fast alle namhaften Hersteller der Kommunikations-, Automotiv- und Schmuckindustrie beziehen mittlerweile direkt oder indirekt Bauteile, die mit Produkten des Unternehmens beschichtet wurden. Umicore

Electroplating bewegt sich als Hersteller von Elektrolyten und Elektroden zur Veredelung von Oberflächen dabei in einem spezifischen Nischenbereich, der im Wesentlichen durch edelmetallbasierte Schichtkombinationen definiert ist.

Durch ein weltweit eingespieltes Vertriebsnetzwerk ist es dem Geschäftsbereich möglich, Produktberatung und -bezug nicht nur am Hauptsitz auf hohem Niveau zu leisten. In mehr als 60 Ländern stehen Experten für eine umfassende Beratung, Hilfestellung in der Prozessumstellung und technischem Service nach erfolgreicher Prozessintegration zur Seite.

Umicore Thin Film Products

Mit einer Firmengeschichte von über 70 Jahren gehört die Business Unit Thin Film Products (TFP) mit Sitz in Balzers, Fürstentum Liechtenstein, weltweit zu den führenden Entwicklern und Herstellern von Hightech-Beschichtungsmaterialien für Anwendungen im Bereich der Vakuumbeschichtungsindustrie. Zum umfangreichen Portfolio gehören Aufdampfmateriale, Sputter Targets sowie Accessoires für optoelektronische, mikroelektronische und optische Applikationen sowie Verschleißschutz & Dünnschichtbatterien. Durch herausragende Kompetenz und Erfahrung in den genannten Bereichen ist es für



Für Metal Deposition Solutions wurde ein Webauftritt kreiert, bei dem die Eigenständigkeit beider Geschäftsbereiche berücksichtigt wurde (Bild: Umicore MDS)

OBERFLÄCHEN

TFP ein leichtes, sich auch auf neueste Trends in den Märkten für Optoelektronik und integrierte Optik, wie zum Beispiel AR- und VR-Brillen, optische Kommunikation, LIDAR für autonomes Fahren sowie Biosensorik und Point-of-Care-Anwendungen zu konzentrieren. Thin Film Products bietet langjährige Praxiserfahrung kombiniert mit einzigartigem Fachwissen sowie einen auf die PVD-Produkte spezialisierten Service.

Zwei Geschäftsbereiche

Das gemeinsame Ziel ist es, sich neben den bisherigen Geschäftsfeldern auch im Halbleitersegment durch innovative Produkte zu etablieren beziehungsweise das Geschäft auszuweiten. Seit über einem Jahr hat man deshalb die Verschmelzung der beiden Geschäftsbereiche intern vorbereitet. Die Anpassung von Arbeitsabläufen oder Know-How-Transfers durch Mitarbeiter sind nur zwei von vielen Maßnahmen, die im Vorfeld notwendig waren, um jetzt auch als neue Umicore Business Unit weiterhin gewohnt professionell auftreten zu können.

Unsere bisherigen Produktsegmente werden ohne Einschränkung weitergeführt und -entwickelt. Auch hier nutzen wir jedoch die Synergien, die der Zusammenschluss mit sich bringt, betont Thomas Engert aufgrund der Tatsache, dass einige Bereiche von der Zusammenlegung absichtlich weitestgehend unberührt bleiben.

Metal Deposition Solutions ist damit in erster Linie eine äußerst sinnvolle strategische Kooperation zweier führender Unternehmen auf jeweils ihrem Gebiet der Oberflächenveredelung. Aus dieser großen Einheit heraus soll es gelingen, schneller die gemeinsamen Ziele zu erreichen. Eines, die Verbreiterung des Produktsortiments und des Know-Hows, ist mit dem Zusammenschluss bereits verwirklicht.

Umicore Metal Deposition Solutions

Die Umicore Business Unit Metal Deposition Solutions (MDS) ist innerhalb der Umicore Gruppe die Geschäftszentrale für die beiden am Markt etablierten Geschäftsbereiche Electroplating und Thin Film Products.

Metal Deposition Solutions ist weltweit einer der führenden Anbieter von Produkten zur (edel-)metallbasierten Beschichtung von Oberflächen im Nano- und Mikrometerbereich; mit der Expertise der beiden Bereiche werden dabei die beiden hochwertigsten Verfahrensweisen Galvanik- und PVD-Beschichtungen verbunden.

Die Lösungen der neuen Business Unit finden bei vielen Produkten des täglichen Gebrauchs Anwendung beziehungsweise ermöglichen erst deren Produktion. Fast alle namhaften Hersteller der Elektronik-, Automobil-, Optik- aber auch der Schmuckindustrie beziehen direkt oder indirekt Bauteile, die mit Umicore-Produkten beschichtet wurden. Metal Deposition Solutions bietet neben der Entwicklung und Produktion einen umfassenden Service zu den Produkten an. Dazu gehört neben der Beratung und der technischen Unterstützung vor Ort beispielsweise auch das Recycling oder das Edelmetallmanagement.

➔ www.mds.umicore.com

Dokumentierte Qualität bietet Sicherheit

Immer mehr abdichtende Bauteile auf Basis von Funktionsfolien haben eine systemrelevante Funktion in Produkten. Dementsprechend hoch sind die Anforderungen an die Qualität und ihre Dokumentation. Beides stellt die Tec-Joint AG in Projekten und bei Lohnveredelungen verlässlich sicher.

Jede größere technische Entwicklung war und ist durch kleine Rückschläge gekennzeichnet. Derzeit ist dies beim Trend zur Elektromobilität, zum Beispiel durch Batteriebrände, zu erleben. Bei diesen Fahrzeugtypen wird viel Neuland betreten. Entsprechend hoch sind der Entwicklungsaufwand und das Verifizieren der idealen Lösungen. Und so ist das optimale Thermomanagement dieser Fahrzeuge, die in allen Klimaregionen der Welt eingesetzt werden, nach wie vor eine zentrale Aufgabenstellung. Kommt es dann doch zu Batteriebränden, beginnt die Ursachenforschung entlang der Wertschöpfungskette: Warum wurde der Brand verursacht und wie kann man das Problem schnell beheben? Dabei wird auf die Daten des Qualitätsmanagements zurückgegriffen, die idealerweise durchgängig zur Verfügung stehen. Denn nur dann lässt sich ein Problem schnell eingrenzen und eine Lösung finden.

Ein projektbegleitender *Datenfluss* ist also ein wichtiger Aspekt von Entwicklungspartnerschaften, an denen die schweizerische Tec-Joint AG mehr denn je beteiligt ist. Diese Daten sind nicht nur die Basis für Produkt- und Prozessoptimierungen und flexible Anpassungen, sondern erleichtern auch das schnelle Eingrenzen von Reklamationsgründen. Der *Datenfluss* beginnt bei der Materialauswahl und der Dokumentation der spezifizierten Lösung. Die Daten von Prototypentests bestätigen den gewählten Ansatz. Fertigungskennzahlen belegen die definierten Qualitätsstandards und Toleranzen, einschließlich der teilweise gewählten Veredlung für die Verarbeitung der Dichtungen, Formteile auf Basis von Funktionsfolien und Multilayern. Letzteres gilt gleichermaßen für Projekte und Lohnveredelungen von Bauteilen und Halbzeugen. Bei der Fertigung der Batterien kann der Anwender somit sicher sein,

dass das Thermomanagement-Material optimal entwickelt, getestet und gefertigt wurde. Diese Daten werden dann im Rahmen des Qualitätsmanagements durch Produktionsdaten ergänzt. Auf Basis all dieser Daten lassen sich dann einfacher Lösungen weiterentwickeln und Schadensfälle schnell analysieren. Für die Tec-Joint AG ist es – als ISO 9001- und ISO 14001-zertifiziertes Unternehmen – nicht nur Standard, die Qualitätsanforderungen der Branchen zu kennen und Top-Qualität zu liefern, sondern diese auch durchgängig zu dokumentieren. Die Tec-Joint AG in Altdorf, Schweiz, ist ein Tochterunternehmen der international aktiven Schoop Gruppe und auf die Produktion und Weiterverarbeitung von Platten, Folien und Multilayer aus Gummi und Kunststoff nach Kundenspezifikationen spezialisiert.

➔ www.tec-joint.ch

Ecoclean: Mit der optimalen Lösung stabil, effizient und nachhaltig reinigen

Der richtige Reinigungsprozess sichert Produktqualität und Wirtschaftlichkeit

Die Bauteilreinigung ist heute in allen Industriebereichen ein qualitätsrelevanter Fertigungsschritt. Um vorgegebene partikuläre und filmische Sauberkeitsspezifikationen reproduzierbar zu erfüllen, ist häufig ein hoher Aufwand notwendig. Gleichzeitig soll die Reinigung zu geringstmöglichen Kosten und nachhaltig durchgeführt werden. Diese widersprüchlichen Anforderungen machen bedarfsgerecht ausgelegte Reinigungsprozesse und Anlagen unverzichtbar.

Vom Maschinen- und Anlagenbau über die Elektro- und Energietechnik bis zu Verbindungselementen – die sogenannte allgemeine Industrie beinhaltet eine Vielzahl von Branchen. Bauteile werden in diesen Industriebereichen in sehr unterschiedlichen Fertigungstechnologien aus verschiedensten Materialien wie Metallen, Kunststoffen, keramischen und Verbundwerkstoffen hergestellt und bearbeitet. Dazu zählen beispielsweise Guss- und spanend hergestellte Werkstücke, Stanz-, Biege-, Press- und Tiefziehteile, Hydraulikteile sowie immer häufiger auch additiv gefertigte Komponenten. So vielfältig die Werkstücke auch sind, eine Gemeinsamkeit eint sie: Um die Qualität von nachfolgenden Prozessen wie mechanische Bearbeitung, Wärmebehandlung, Beschichten, Verkleben, Montieren sowie eine dauerhaft einwandfreie Funktion sicherzustellen, müssen sie bedarfsgerecht sauber sein. Dabei sind in vielen Bereichen zunehmend höhere Anforderungen an die partikuläre und filmische Sauberkeit zu erfüllen. Hinzu kommen häufig noch Herausforderungen wie hohe Durchsätze und Gewichte, ein stark variierendes Bauteilspektrum, kurze Lieferzeiten und teilweise auch geringe Margen.

Reinigungsprozesse an die Aufgabenstellung anpassen

Daraus ergeben sich für die Bauteilreinigung unterschiedliche Anforderungen. Als Komplettanbieter zukunftsorientierter, flexibler und energieeffizienter Lösungen für die industrielle Bauteilreinigung deckt Ecoclean das gesamte Spektrum nasschemischer Verfahren ab. Dies ermöglicht, dass Reinigungsprozesse und Anlagen für die Chargen- oder Einzelteilreinigung optimal an die jeweilige Aufgabenstellung angepasst werden. Dabei sind folgende Faktoren zu berücksichtigen: Material, Größe, Geometrie und Gewicht des Bauteils, Art und Menge der Verschmutzung, Nachfolgeprozess und daraus resultierende Sauberkeitsspezifikationen sowie Durchsatz-



Definierte partikuläre und filmische Sauberkeitsspezifikationen reproduzierbar erfüllen bei geringstmöglichen Kosten – diese Anforderungen lassen sich nur mit optimal an die Aufgabenstellung angepassten Reinigungslösungen realisieren (Bild: Ecoclean)

anforderungen. Auf dieser Basis kann festgelegt werden, ob sich die anhaftenden Verunreinigungen mit einem wasserbasierenden Reiniger, einem umweltgerechten Lösemittel oder einem modifizierten Alkohol, der über lipophile und hydrophile Eigenschaften verfügt, am effektivsten entfernen lässt. Darüber

hinaus ermöglichen diese Informationen, die am besten geeignete Verfahrenstechnik und Trocknungstechnologie zu definieren.

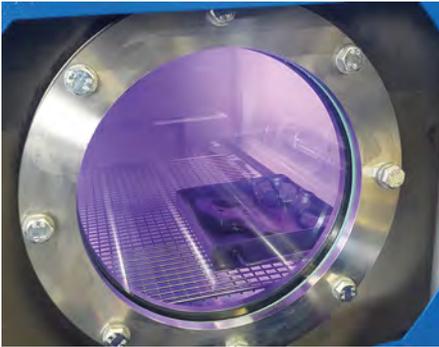
Passende Verfahrenstechnik minimiert Reinigungskosten

Um den Kostenanteil je gereinigtem Bauteil zu minimieren, ist es erforderlich, dass die vorgegebene Sauberkeitsspezifikation nicht nur stabil, sondern auch schnell erreicht wird. Die Anlagen werden dafür mit verschiedenen, anwendungsspezifisch ausgelegten Verfahrenstechnologien, beispielsweise für die Spritz-, Hochdruck-, Tauch-, Ultraschall- und Plasmareinigung, das Dampfentfetten, Injektionsflutwaschen, Entgraten, Pulsated Pressure Cleaning (PPC) sowie bei Bedarf für eine Passivierung/Konservierung, ausgestattet. Durch die Kombination dieser Reinigungsverfahren lassen sich sowohl das Reinigungsergebnis als auch die Reinigungsdauer gezielt bauteilspezifisch beeinflussen. So ermöglicht beispielsweise das PPC-Verfahren



Die Kombination von Hochdruck-Wasserstrahlentgraten und Niederdruck-Teilereinigungsprozessen ermöglicht die effiziente und automatisierte Einzelteilbearbeitung von beispielsweise Hydraulikteilen in verketteten Fertigungsumgebungen (Bild: Ecoclean)

OBERFLÄCHEN



Durch die Integration von zwei Reinigungsprozessen in eine Anlage, zum Beispiel nasschemische und Niederdruckplasma-Reinigung, lassen sich Optimierungspotenziale in Sachen Qualität, Kosten und Taktzeit ausschöpfen (Bild: Ecoclean)

in Verbindung mit einer wässrigen oder Lösemittel-Tauchreinigung, dass Verunreinigungen aus kleinen Kavitäten zuverlässig und schnell entfernt werden. Bei komplexen Bauteilen und Schüttgut sorgen Spritzprozesse und Injektionsflutwaschen mit einstellbaren Drücken zwischen zehn und 16 bar auch bei Lösemittel-Reinigungsprozessen für deutlich verbesserte Ergebnisse und verkürzte Prozesszeiten.

Optimierungspotenziale hinsichtlich Qualität und Kosten lassen sich auch durch die Kom-



Neben dem richtigen Reinigungsmedium spielt die eingesetzte Verfahrenstechnik, hier Ultraschall, eine wesentliche Rolle, um Sauberkeitsvorgaben stabil und schnell zu erreichen (Bild: Ecoclean)

bination von Prozessen in einem Reinigungssystem, die bisher mehrere Anlagen erforderten, ausschöpfen. Dazu zählen beispielsweise Kammeranlagen, in denen eine Lösemittel- oder wässrige Batch-Reinigung mit anschließendem Niederdruckplasma-Prozess durchgeführt werden kann. Dadurch lässt sich die Bauteiloberfläche unter anderem effektiv und effizient für eine nachfolgende Beschichtung oder Verklebung vorbereiten. Für die gezielte Entgratung und Reinigung von Werkstücken als Einzelteile, beispielsweise Hydraulik- und Motorkomponenten, in einer Anlage bietet das breite Produktsortiment von Ecoclean ebenfalls entsprechende Lösungen.

Trocken reinigen – selektiv oder ganzflächig

Mit veränderten Fertigungs- und Fügetechnologien verändern sich auch Reinigungsaufgaben. Trockene Reinigungsprozesse rücken dabei immer stärker in den Fokus. Sei es, um filmische Kontaminationen gezielt von Fügestellen zu entfernen, elektronische Bauteile und Baugruppen zu reinigen, Pulverrückstände von additiv gefertigten Komponenten zu beseitigen oder eine montageintegrierte Reinigung. Für diese und viele weitere Anwendungen hat der Anlagenbauer eine spezielle Toolbox für Reinigungsprozesse mit Atmosphärendruckplasma, Laser, CO₂-Schnee,



Trockenreinigungsverfahren wie beispielsweise die Vakuum-Luftreinigung lassen sich unter anderem in Montagelinien integrieren und zur Entpulverung von additiv gefertigten Teilen einsetzen (Bild: Ecoclean)

aufbereiteter Vakuumluft sowie gesättigtem und trockenem Wasserdampf entwickelt. Je nach Aufgabenstellung kommen auch diese *Werkzeuge* einzeln oder in Kombination zum Einsatz.

Dieses breite Portfolio an Reinigungslösungen wird durch weltweit verfügbare Technologiezentren ergänzt. Sie ermöglichen, für alle Aufgabenstellungen in der Bauteilreinigung Versuche mit originalverschmutzten Werkstücken unter produktionsnahen Bedingungen durchzuführen. D. Schulz

Über SBS Ecoclean

Die SBS Ecoclean Gruppe entwickelt, produziert und vertreibt zukunftsorientierte Anlagen, Systeme und Services für die industrielle Bauteilreinigung und Oberflächenbearbeitung. Diese Lösungen, die weltweit führend sind, unterstützen Unternehmen rund um den Globus dabei, in hoher Qualität effizient und nachhaltig zu produzieren. Die Kunden kommen aus der Automobil- und Zulieferindustrie sowie dem breit gefächerten industriellen Markt – von der Medizin-, Mikro- und Feinwerktechnik über den Maschinenbau und die optische Industrie bis zur Energietechnik und Luftfahrtindustrie. Der Erfolg von Ecoclean basiert auf Innovation, Spitzentechnologie, Nachhaltigkeit, Kundennähe, Vielfalt und Respekt. Die Unternehmens-Gruppe ist mit zwölf Standorten weltweit in neun Ländern vertreten und beschäftigt mehr als 900 Mitarbeiter/innen.

➤ www.ecoclean-group.net

AKTUELLES

aus Wirtschaft, Wissenschaft und Technik

finden Sie auf unserer Webseite: www.womag-online.de

Umfassend und immer auf dem neuesten Stand!

Realtime-Schichtdickenmesstechnik direkt in der Linie

ConceptColor setzt auf OptiSense in der Qualitätsprüfung

Die Schichtdickenmessung ist eine Schlüsseltechnologie für die Qualitätssicherung in der Beschichtungsindustrie. Dafür muss die Prüftechnik allerdings immer stärker mit der eigentlichen Fertigung verzahnt werden. Diesen Weg ging ConceptColor – äußerst erfolgreich, wie das Interview mit Geschäftsführer Dr. Felix Zabka und der stellvertretenden Produktionsleiterin Silke Goldmann-Rohde zeigt.

Am Standort Legden nahe Ahaus veredeln mehr als 100 qualifizierte Mitarbeiter Aluminiumoberflächen. Auf einer Produktionsfläche von rund 10 000 Quadratmetern bietet das Unternehmen dafür verschiedene Verfahren wie Eloxal- und Pulverbeschichtung. Für besonders hohe Anforderungen werden das Eloxieren und Pulverbeschichten kombiniert, sodass die Werkstücke auch für aggressivste Bedingungen, wie beispielsweise den Einsatz im Seeklima, geeignet sind. Logistische Dienstleistungen runden das Portfolio des aktiven VOA- und GSB-Mitglieds ab (VOA e.V. - Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium; GSB International e.V. - Qualitätsgemeinschaft für die Stückbeschichtung von Bauteilen). Dr. Felix Zabka und Silke Goldmann-Rohde geben Einblicke in die Arbeitsweise des Unternehmens.

Red.: Herr Dr. Zabka, Ihr Unternehmen ist Ansprechpartner, wenn Bauteile eloxiert oder pulverbeschichtet werden sollen.

Dr. Zabka: Ja, wir veredeln Werkstücke aus Aluminium, indem wir je nach Kundenwunsch nicht nur Pulverlack auftragen, sondern zu-



Die Interviewpartner bei ConceptColor: Silke Goldmann-Rohde, stellvertretende Produktionsleiterin, und Dr. Felix Zabka, Geschäftsführer ConceptColor



dem durch das vorherige Voreloxieren eine ausgesprochen korrosionsbeständige Oberfläche schaffen. Genau diese Kombination aus Voranodisation und Pulverbeschichtung ist unser Alleinstellungsmerkmal. Übrigens bieten wir das in Längen über sieben Meter an!

Red.: Das Besondere ist also die Widerstandsfähigkeit der Werkstücke, der nachhaltige Schutz vor Korrosion?

Dr. Zabka: Genau. Weil die von uns behandelten Teile zum Beispiel an der Küste, im aggressiven See- und Meeresklima, zum Einsatz kommen. Ebenso gut können wir hochwetterfeste oder Anti-Graffiti-Oberflächen realisieren. Es geht also nicht nur um die große Farbvielfalt in der Pulverbeschichtung, sondern ganz gezielt um Leistungen, die Oberflächen resistenter machen.

Red.: Woher kommen die Kunden, die auf diesen optimalen Korrosionsschutz setzen?

Dr. Zabka: Aus ganz Deutschland und auch aus dem Ausland, insbesondere der Niederlande. Das Einzugsgebiet unserer Stammkunden lässt sich mit einem Zirkelschlag von rund 150 Kilometer um unseren Unternehmenssitz hier in Legden beschreiben.

Falls Ihre Frage auf die Branchen abzielt, in denen unsere Kunden agieren, sind es vor allem Fassadenverkleidungen, Baugewerbe und die Automobilindustrie; hier vorwiegend der Lkw-Bereich.

Red.: Mit wie vielen Farben arbeiten Sie durchschnittlich im Monat?

Goldmann-Rohde: Unsere Aufträge haben im wahrsten Sinne des Wortes jegliche Couleur. Standardfarben sind Weiß, Silber und Grau. Aber natürlich gibt es auch Kunden, die ganz andere Farbtöne vorgeben. Hinzu kommen Oberflächenausprägungen wie seidenmatt, glänzend oder strukturiert.



Direkt nach der Pulverkabine kommt der PaintChecker von OptiSense zum Einsatz, wodurch teure Nacharbeiten für das Beschichtungsunternehmen erspart bleiben

OBERFLÄCHEN

Dr. Zabka: Und da Termintreue eine unserer wichtigsten Maxime ist, fangen wir nicht Montag mit Weiß an und hören Freitag mit Schwarz auf, sondern fertigen nach Auftragseingang und Tourenplan. Durchschnittlich hängen zehn bis 15 Profile an der Traverse. Sie können sich sicher vorstellen, dass die Farbumstellungen gerade bei kleinen Chargen viel Zeit in Anspruch nehmen, denn die Kabinen zu reinigen ist recht aufwändig.

Red.: Wie stellen Sie Ihre hohe Qualität im Beschichtungsprozess sicher, zum Beispiel im Pulverbereich?

Dr. Zabka: Zunächst steht ConceptColor für eine eingespielte und bestens qualifizierte Belegschaft – Pulverer und Eloxierer gleichermaßen. Außerdem haben wir in den Beschichtungsprozessen eine Vielzahl von Prüfinstanzen integriert, die ein Werkstück zu durchlaufen hat. Die Qualitätsprüfung startet bereits in der Warenannahme. Per Sichtkontrolle wird hier das Eingangsmaterial auf Beschädigungen gecheckt.

Goldmann-Rohde: Mal ist ein Werkstück durch eine beschädigte Verpackung in Mitleidenschaft gezogen, mal entdecken wir korrodierte Stellen, weil das Material vielleicht im nassen Zustand angeliefert wurde. Beim nächsten Schritt, im Aufklemmraum, würden weitere Materialfehler wie Knicke oder Beulen auffallen – die fehlerhaften Teile werden nach Rücksprache mit dem Kunden aussortiert oder zur Produktion freigegeben.

Dr. Zabka: In der Vorbehandlung reinigen wir die Werkstücke zunächst gründlich, um diese dann zu beizen und um eine Konversionschicht aufzubringen. So sorgen wir für optimale Abstimmung zwischen Oberfläche und Lack, denn eine unzureichende Vorbehandlung kann eine schlechte Haftung des Lackfilms zur Folge haben. Beim Pulvern treten negativ geladene Pulverteilchen aus der Pistole und treffen auf das entgegenge-



Für Pulverer Alexander Fleuth, Produktionsleiter Jan Wessels, Qualitätsprüferin Lisa Kock und Pulverer Botros Boulos (l. n. r) ist Messung von Schichtdicken mit dem handlichen, exakten Paint-Checker ein Leichtes

setzt geladene Material, um einen möglichst gleichmäßigen Überzug in der gewünschten Schichtdicke zu erzielen. Unmittelbar nach der elektrostatischen Oberflächenbeschichtung, wenn die Werkteile noch nicht eingebrannt und damit noch extrem berührungsempfindlich sind, wird die Schichtdicke geprüft. Das alles geschieht unter den Argusaugen unserer Mitarbeiter für das Pulvern und Produktionsleiter.

Red.: Sie prüfen die Schichtdicke also direkt in der Produktion?

Dr. Zabka: Ja, prozessbegleitend. Direkt nach der Pulverkabine kommt der PaintChecker von OptiSense zum Einsatz. Die Prüfung erfolgt berührungslos im noch weichen, empfindlichen Zustand der Beschichtung. So ersparen wir uns teures Nacharbeiten; wenn beispielsweise ungleichmäßig oder zu dünn beschichtet wurde und das Teil sonst den kompletten Beschichtungsprozess nochmals durchlaufen müsste.

Goldmann-Rohde: Nach dem Einbrennen wird dann erneut die Schichtdicke geprüft und dokumentiert. In der Verpackung erfolgt eine letzte, finale Prüfung des Beschichtungsergebnisses.

Red.: Herr Dr. Zabka, Sie haben gerade OptiSense erwähnt. Warum haben Sie sich für diesen Anbieter entschieden?

Dr. Zabka: Wir haben uns auf dem Markt umgesehen, welches Messgerät für die anspruchsvollen Aufgaben bei ConceptColor in Frage kommt. Neben dem PaintChecker haben wir ein Mitbewerbsgerät getestet.

Red.: Warum OptiSense?

Goldmann-Rohde: Beim PaintChecker von OptiSense ist das Handling deutlich besser. Zudem ist der Kundendienst in der Nähe.

Dr. Zabka: Wir hatten beide Geräte hier, konnten den PaintChecker eine Woche auf Herz und Nieren testen.

Goldmann-Rohde: Um unsere Entscheidung zu untermauern, haben wir abschließend verschiedene Messsysteme gegeneinander antreten lassen: Dazu wurden Probebleche zunächst mit dem PaintChecker gemessen und nach dem Einbrennen mit einem Messgerät auf Wirbelstrombasis kontrolliert. Das Ergebnis war überzeugend.

Red.: Bei ConceptColor nutzen gleich mehrere Mitarbeiter den PaintChecker mobile...

Goldmann-Rohde: Ja, unsere Pulverer und ich prüfen mit dem PaintChecker. Und wir alle konnten das Gerät nach kurzer Einweisung sofort intuitiv bedienen. Einfach den gewünschten Messpunkt fixieren, Messung auslösen und schon wird die Schichtdicke angezeigt. Der PaintChecker mobile misst alle Farbtöne: von Schwarz bis Weiß, von Rot bis Grün, von Blau bis Gelb. Alles mit einer einzigen Einstellung.

Red.: Woher weiß der Pulverer eigentlich, wie dick die korrekte Schicht sein soll?

Goldmann-Rohde: An jedem Warenträger ist ein Etikett angebracht, auf dem Kunde, Artikel, Stückzahl, Farbe und auch die Schichtstärke vermerkt ist. Bei stark verwinkelten Objekten nehmen unsere erfahrenen Mitar-



Der Firmensitz von ConceptColor in Legden bei Ahaus



Geschäftsführer Dr. Felix Zabka im Gespräch mit den Mitarbeitern Ivan Utocenko und Silke Goldmann-Rohde im Aufenthaltsraum (v. r. n. l.); an der Wand informiert das Dashboard alle Mitarbeiter über die Qualitätskennzahlen des Unternehmens

beiter die kritischen Bereiche wie Ecken und Kanten genau unter die Lupe.

Red.: Sie sind Mitglied bei der GSB International...

Dr. Zabka: Seit vielen Jahren sind wir in den wesentlichen Fachverbänden und Vereinigungen wie VOA, GSB International e. V. und VMRG aktiv. Die GSB erstellt Qualitätsrichtlinien und überwacht deren Anwendung. Dies wird durch die Verleihung von Qualitätssiegeln dokumentiert. Damit bieten wir gütegesicherte Qualität für beschichtete Oberflächen aus Aluminium, indem wir Standards erfüllen, die über die Normen der Branche hinausgehen. Der VOA e.V. ist unter anderem Generallizenznehmer für die international anerkannten Qualitätszeichen.

Red.: Bleiben wir bei der Güte. An wie vielen Stellen messen Sie pro Teil?

Goldmann-Rohde: Wir haben zehn individuell einstellbare Sprühpistolen je Pulverkabine. Unsere Mitarbeiter überprüfen dementsprechend jeden Wareträger stets von oben nach unten. Wenn wir in einem bestimmten Bereich mit dem PaintChecker eine Schichtdicke außerhalb der Toleranz feststellen, dann wissen wir, dass zum Beispiel die vierte Pulverpistole nicht einwandfrei arbeitet und Anpassungen vorgenommen werden sollten.

Dr. Zabka: Wir können so für jede Pistole eine Aussage treffen, ob der Schichtdickenauftrag okay ist. Aus der Inline-Schichtdickenmessung lassen sich also nicht nur die Qualität der Beschichtung prüfen, sondern auch Rückschlüsse auf die Funktionsgüte der Anlagentechnik ableiten. Apropos Güte: In den GSB-Regularien ist exakt vorgegeben, wie oft bei einer bestimmten Losgröße gemessen werden soll – und wir prüfen definitiv noch häufiger als von der GSB vorgegeben.

Red.: Wie wichtig ist dabei die Dokumentation?

Dr. Zabka: Die langjährige Aufbewahrung der Prüfbleche und der kompletten Dokumentation der Messergebnisse und Prozessparameter ist für uns selbstverständlich. Einige unserer Kunden möchten darüber hinaus ein Messprotokoll zu jedem Auftrag. Falls es tatsächlich mal zu einer Reklamation des Endkunden kommt, kann jede Beschichtung damit detailliert nachvollzogen werden. Die Dokumentation ist daher eine wichtige Informationsquelle in der Beschichtung.

Red.: Es gab ja sicher eine Zeit vor der berührungslosen Schichtdickenkontrolle. Wie haben Sie da geprüft?

Goldmann-Rohde: Wir haben erst nach dem Einbrennen gemessen, sobald das Material abgekühlt war; also kurz bevor die Teile in die Ver-

packung gelangt sind. Das ist natürlich viel zu spät, um die Schichtstärken entsprechend zu korrigieren. So konnte nur noch der Schaden begutachtet werden.

Dr. Zabka: Eine andere Methode zur Einstellung der korrekten Schichtdicke waren die Probestäbe, die durch die Produktion führen. Dies führte natürlich zu jeder Menge Leerlauf und somit immer auch zu Verlust.

Red.: Ihre qualitativen Ansprüche sind hoch – wie kontrollieren Sie mögliche Fehlerquellen?

Dr. Zabka: Zum einen ist die Beschichtungsqualität durch gut geschulte Mitarbeiter und effektive Eigenüberwachung unseres Labors sichergestellt. Zum anderen haben wir einige Neuerungen in der Qualitätssicherung eingeführt. Es gibt beispielsweise seit einiger Zeit einen Monitor bei uns im Aufenthaltsraum, der rund um die Uhr alle wichtigen Unternehmenskennzahlen zeigt. Damit ist unser gesamtes Team stets up-to-date wie der Laden läuft, um es mal salopp zu formulieren.

Inzwischen haben wir das Dashboard-Konzept weiterentwickelt und bilden dort neben den Unternehmens- auch die Qualitätskennzahlen ab. Jeder Mitarbeiter kann auf einen Blick die Fehlerquote der gerade laufenden Beschichtungsaufträge ablesen und auch die Gesamtentwicklung im Vergleich zu den Vormonaten. Das höhere Informationsniveau wird von unseren Mitarbeitern übrigens sehr gut angenommen.

Red.: Rechnet sich das denn unter dem Strich?

Dr. Zabka: Absolut. Dank des PaintChecker mobile ist nicht nur die Fehlerquote der Beschichtung deutlich gesunken; wir liegen jetzt ste-



Wirtschaftsverband der Oberflächenveredelungsbranche

- Stimme in Wirtschaft, Politik und Medien
- Technischer Fortschritt für die Praxis
- Internationale Qualitätszeichen für den globalen Markt



- Ausbildungsinitiative und Fortbildungen



JAHRE VOA www.voa.de

www.voa.de

OBERFLÄCHEN

tig im unteren Bereich des Toleranzbereichs – und genau so soll es ja sein. Denn zu viel Pulvermaterial ist ein immenser zusätzlicher und vor allem unnötiger Kostenfaktor. Dass die Materialpreise inzwischen schwindelerregende Höhen erreicht haben, brauche ich Ihnen nicht zu erzählen. Im Sinne einer ökonomischen und ökologisch nachhaltigen Beschichtung ist es also sinnvoll, den Toleranzbereich optimal zu nutzen. Und genau darin unterstützt uns der PaintChecker.

Red.: Wo spielt die Zukunftsmusik der Schichtstärkenmessung?

Dr. Zabka: Der Schwerpunkt der Schichtdickenmesstechnik wird sich in Zukunft noch mehr in die prozessbezogene Qualitätssicherung verlagern. Denn optimale Beschichtungsprozesse sind die Grundlage für fehlerfreie Produkte. Gefragt ist daher eine direkte Rückkoppelung der Prüfergebnisse auf den Beschichtungsprozess. Das bedingt eine Verlagerung der Messung von der Endkontrolle direkt in die Linie.

↳ www.optisense.de

Familie der PaintChecker mobile

Das komplette Messsystem besteht aus zwei Einheiten: dem Controller mit der Auswerteelektronik und dem leichten, kompakten Sensor als eigentlichem Messgerät. Die geringen Abmessungen des kleinsten Sensors von 130 x 25 mm bei nur 50 Gramm Gewicht ermöglichen Messungen an Stellen, die bislang schwer zugänglich waren.

Die mobilen OptiSense Lasermodelle werden vorwiegend für glatte Beschichtungen auf metallischem Untergrund eingesetzt. Die schlanken Lasersensoren eignen sich durch ihren sehr kleinen Messfleck besonders für Schichtdickenprüfungen an filigranen Kleinteilen, Ecken und Kanten. Durch den größeren Messpunkt sind LED-Sensoren ideal für Freihandmessungen an rauen Oberflächen. Das Modell PaintChecker mobile Gun-R eignet sich dabei besonders für Bauteile aus Kunststoff oder Gummi. Der PaintChecker mobile Gun-B ist für die berührungslose Prüfung von frisch aufgetragenen Pulverbeschichtungen vor dem Einbrennen optimiert. Er misst die noch weiche Pulverschicht farb- und sortenunabhängig auf Trägermaterialien wie Metall, Glas oder Kunststoff. Dabei wird die Schrumpfung während des Aufschmelzens berücksichtigt.



Der PaintChecker mobile misst sämtliche Farbtöne mit einer einzigen Einstellung

Einzigartig durch den letzten Schliff

Finishing oder Superfinishing, Läppen, Honen oder Gleitschleifen – die Palette der Fertigungsverfahren, die für eine abschließende Oberflächenbearbeitung eingesetzt werden kann, bietet ein imposantes Spektrum an Möglichkeiten. Ein sprichwörtlicher *letzter Schliff* hat Einfluss auf das Einsatzverhalten von Werkstücken und Bauteilen, steht für Einzigartigkeit und Wettbewerbsvorteile. Die GrindingHub, neue Leitmesse der Schleiftechnik, die vom 17. bis 20. Mai 2022 in Stuttgart stattfindet, bereitet dem Thema Finishing und Feinstbearbeitung eine Bühne. Sehr zur Freude vieler Aussteller: Nach pandemiebedingter Messepause offenbart sich ein Bedarf an Kommunikation und Wissenstransfer für die beratungsintensiven Verfahren.

Spezialisten für den wirtschaftlichen Einstieg gefragt

Gefühlt keine zehn Sekunden brauchte Uli Lars Bögelein, wie er sagt, für die Entscheidung, sich als Aussteller an der GrindingHub zu beteiligen. Die gesamte Branche werde von der Fachmesse profitieren, ist der Geschäftsführer der nahe Stuttgart beheimateten Stähli Läpp-Technik GmbH überzeugt. Vor über 40 Jahren als Vertriebsgesellschaft für Flachhon-, Läpp- und Poliermaschinen der schweizerischen Stähli Gruppe gegründet, sieht das zur Gruppe gehörige Unternehmen neben dem Maschinenbau und -verkauf heute seine Kernkompetenz vorrangig in der Lohnbearbeitung. Diese bietet sich für den Einstieg in die Feinstbearbeitung an, aber nicht nur das, wie Bögelein deutlich macht.

Der Stähli-Geschäftsführer beschreibt drei Gruppen von Anwendern, vorrangig aus der Automobil- und Elektroindustrie, der Medizintechnik, dem Maschinenbau und der optischen Industrie, die zu ihm Kontakt aufnehmen. Für die erste sind die mitunter hohen Investitionskosten sowohl bei den 2- und 3-Scheiben-Flachhonnmaschinen als auch bei den 1-Scheiben-Läpp- und -Poliermaschinen (noch) kein Thema, weil die benötigten Stückzahlen zu gering sind. Dann gebe es aber auch die Gruppe derjenigen, die hohe, wenn nicht gar extrem hohe Stückzahlen benötigen, sich aber den Prozess und alles, was dazu gehört, *ganz bewusst nicht ins Haus holen wollen*. Insbesondere Läppmaschinen seien sehr speziell und passten nicht in jede Produktion, räumt Bögelein ein. Es sei

ein anspruchsvoller Prozess, erfordere noch viel Handarbeit und Mitarbeitende, die speziell geschult und entsprechend motiviert sind. Schließlich gibt es noch eine dritte Anwendergruppe, die bei Stähli Versuchsreihen startet. Sie möchte sich bis zum kompletten Hochlaufen der Serie zunächst mit Verfahren und Maschine vertraut machen sowie den Service und das Know-how des Spezialisten nutzen. Dafür bietet Stähli Läpp-Technik auch die gesamte Bandbreite an Verbrauchsmitteln und Zubehör, von CBN-Scheiben über Diamant-Suspensionen bis zu Prüfgeräten. Fachmessen seien sehr wichtig und würden gern für den ersten Kontakt genutzt, stellt Uli Bögelein fest. Die Besucher kommen mit Zeichnung und Werkstück, aber auch konkreten Maschinenanfragen und lassen sich

die Technik erklären. Wo es um Fertigungstoleranzen im Submikrometerbereich und filigrane Funktionsoberflächen geht, ist spezifisches technologisches Know-how gefragt.

Entwicklungstreiber im industriellen Umfeld

Die Motivation, sich stärker mit der Oberflächengüte und Verfahren der Finish- und Feinstbearbeitung zu befassen, hat nach Angaben von Thomas Harter, Produktmanager bei der Supfina Grieshaber GmbH & Co. KG aus Wolfach im Schwarzwald, mit klar identifizierbaren *Entwicklungstreibern* zu tun. Supfina, ebenfalls Aussteller auf der GrindingHub, verfügt über langjährige Erfahrungen auf dem Gebiet der Superfinish- und Schleifbearbeitung, entwickelt Maschinen und betreibt zielgerichtete Forschung.

Harter nennt Beispiele aus der Automobiltechnik. So seien die zu erwartenden gesetzlichen Regulierungen zu Euro 7 und die damit verbundene Reduzierung der Feinstaubbelastungen Treiber für die Entwicklung am Brems scheibenmarkt. Zukünftige Brems scheiben, so der Experte, werden voraussichtlich mit Hartstoffbeschichtungen ausgeführt, die sich nur schwer bearbeiten lassen. Als Entwicklungspartner kümmerte sich Supfina um die Prozessentwicklung zum Schleifen der beschichteten Brems scheiben. Das Know-how fließe in die Entwicklung der gesamten Prozesskette ein, um am Ende eine wirtschaftliche Fertigung der Brems scheibe zu ermöglichen. Auch die Elektromobilität stelle neue Anforderungen an die Superfinishbearbeitung. Um Geräusche im Antriebsstrang, der Lenkung oder beim Verstellen von Sitzen und Fensterhebern im Fahrzeuginnenraum zu reduzieren, werden zukunftsfähige Lösungen benötigt. So wurde bei Supfina eine Maschinenbaureihe zur wirtschaftlichen Herstellung von geräuscharmen Wälzlagern entwickelt.

Spezifische Oberflächenkennwerte definieren

Wie sehr sich die Anforderungen an die Oberflächenqualität verändern und wie wichtig daher der exakte Abstimmungsprozess mit Kundinnen und Kunden ist, macht Dr. André Wagner, Leiter des Bereichs Grinding Technology bei der Hermes Schleifmittel GmbH, Hamburg, deutlich. Während einige Prozesse, wie etwa die Hochleistungszerspannung von Stahl, vor allem hinsichtlich ihrer

Produktivität und Wirtschaftlichkeit optimiert werden, müsse bei Prozessen wie dem Verzahnungsschleifen eine hohe Werkstückgüte generiert werden, so der Experte. Das in der Vergangenheit häufig gesetzte Ziel, die Oberflächenrauheit auf ein Minimum zu reduzieren, werde dabei zunehmend durch die gezielte Einstellung von spezifischen Oberflächenkennwerten ersetzt. Auswahl und Definition der gewünschten Oberflächeneigenschaften hingen jedoch stark vom jeweiligen Anwendungsfall des Zahnrads und dem Ziel ab. *Daher ist eine gute und ausgeprägte Kommunikation zwischen den Kunden und dem Schleifwerkzeughersteller essenziell*, betont Wagner. Es müssten sowohl die maschinellen Rahmenbedingungen als auch die Anforderungen an die Qualität des zu fertigenden Bauteils sowie die Produktivität des Prozesses im Vorfeld klar definiert und abgestimmt werden. Erst die genaue Zielsetzung in Verbindung mit einer anwendungsspezifischen Auslegung des Schleifprozesses ermöglicht nach Wagners Angaben ideale Prozessergebnisse. Am Beispiel des Zahnrads wäre dies eine maximale Effizienz des Getriebes und eine Reduktion der für elektrisch angetriebene Fahrzeuge wichtigen Geräuschemissionen. Bei Auswahl und Auslegung passender Schleifwerkzeuge seien alle prozessbestimmenden Parameter wie etwa Maschinenumgebung und Kühlschmierstoffzufuhr zu berücksichtigen. *Es muss nicht immer das High-Performance-Werkzeug sein. In vielen Fällen genügen auch günstigere Spezifikationen, wenn der Prozess insgesamt korrekt ausgelegt wird*, so André Wagner.

Prozessketten im wissenschaftlichen Fokus

Finishing- und Feinstbearbeitungsverfahren können ihren Beitrag leisten, Werkstücke einzigartig zu machen. Da ein Trend zur Herstellung von individualisierten Produkten in kleinen Losgrößen erkennbar sei, steige der Bedarf an adaptiven Fertigungsverfahren, die sich an wechselnde Produktanforderungen anpassen lassen, heißt es dazu am Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb (IWF) der Technischen Universität Berlin. Hier stellen robotergeführte Bearbeitungsprozesse einen Forschungsschwerpunkt im Bereich Feinstbearbeitung und Finishing dar.

Gerade in Kombination mit flexiblen oder freibeweglichen Werkzeugen wie beim Bürstspanen, Bandschleifen oder Gleitschleifen



Die neue Maschinenbaureihe Supfina RaceNeo wurde für die wirtschaftliche Superfinishbearbeitung von Wälzlagern entwickelt

(Bild: Supfina)

lassen sich robotergeführte Bearbeitungsprozesse auf viele unterschiedliche Bauteile anwenden, erläutert Institutsleiter Prof. Eckart Uhlmann. Auch Honprozesse, die konventionell auf starren Werkzeugmaschinen durchgeführt würden, könnten mittels robotergeführtem Honwerkzeug realisiert werden, um Bohrungen in unterschiedlichen Lagen nachzubearbeiten. Uhlmann, der auch Mitglied der WGP (Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik) ist, sieht den Vorteil für den Einsatz eines Roboters als universelle Bearbeitungsmaschine vor allem darin, dass eine flexible Verkettung von Bearbeitungsschritten möglich ist. Prozessketten könnten somit mit geringem Aufwand an die jeweiligen Bauteilanforderungen angepasst werden.

Das Forschungsinteresse belegt, dass eine stärkere Nutzung innovativer Fertigungsverfahren zur Finishing- und Feinstbearbeitung zwar künftig zu erwarten, für viele Unternehmen jedoch noch mit Problemen behaftet ist. Zwar bietet die Industrie sowohl technologisch hochentwickelte Maschinen und Werkzeuge als auch umfangreiches Spezialwissen, um Oberflächen tribologisch beanspruchter Funktionsflächen zu gestalten. Auf der anderen Seite sind die Spezialmaschinen für kleinere und mittlere Unternehmen und für eher kleine oder mittlere Losgrößen zu teuer, die Automatisierung aufwändig und das Wissen um Wirkzusammenhänge auf Spezialisten beschränkt. Fachmessen wie die GrindingHub bieten Gelegenheit, Maschinen, Werkzeuge, Prozesse und Arbeitsergebnisse transparent in Szene zu setzen.

Cornelia Gewiehs

➤ www.vdw.de

➤ www.grindinghub.de

Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung nun EU-Beihilfe-berechtigt

Die EU-Kommission hat dank des Einsatzes des ZVO den Wirtschaftszweig 25.61 *Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung* in den Anhang der neuen EU-Beihilfeleitlinien einbezogen. Damit ist die Branche nun für Energiebeihilfen berechtigt.

Die Europäische Kommission hat am 21. Dezember 2021 die neuen Leitlinien für staatliche Klima-, Umweltschutz- und Energiebeihilfen gebilligt. Diese werden ab dem Zeitpunkt ihrer förmlichen Annahme im Januar 2022 gelten. Damit wurde das bestehende System, das seit 2014 in Kraft ist, novelliert. Mit den Leitlinien setzt die Europäische Kommission einen aktualisierten Rahmen für staatliche Beihilfen in Form von Förderungszahlungen sowie auch Vergünstigungen, die bestimmten Sektoren seitens Mitgliedstaaten gewährt werden können. In Deutschland betrifft dies beispielsweise die Umlagereduzierung im EEG.

Bislang war der Wirtschaftszweig 25.61 *Oberflächenveredlung und Wärmebehandlung* in den Leitlinien nicht explizit als gefährdeter und damit förderberechtigter Sektor genannt. Dadurch waren Unternehmen aus der Branche bisher nicht automatisch in bestehende Erleichterungen bei der EEG-Umlage einbezogen, und nur vereinzelt konnte bei Erreichen bestimmter Kriterien durch die sogenannte Härtefallregelung von einer Umlagereduzierung profitiert werden.

Damit sich die gesamte Branche zukünftig für Energiebeihilfen qualifiziert, hat sich der ZVO bereits seit Herbst 2020 gegenüber der Europäischen Kommission für die Einbeziehung des Sektors im Anhang der Leitlinien eingesetzt. Neben den Teilnahmen an öffentlichen Konsultationen hat der Verband regelmäßig den Austausch mit den entscheidenden Stellen in Brüssel gesucht. Hierbei wurden die vorgebrachten Argumente durch Zahlen und Fakten untermauert. So hatte der ZVO gemeinsam mit dem IHT im Sommer 2021 eine Studie zur Berechnung der Strom- und Handelsintensität des Sektors in Deutschland und der EU in Auftrag gegeben. Zudem hatte der ZVO in der ersten Julihälfte 2021 eine Mitgliederbefragung durchgeführt, um weitere Informationen zur Stromkostenintensität aus der Branche zu erheben.

Die Ergebnisse aus der Studie und das Feedback der Mitglieder waren entscheidend, um

die Notwendigkeit noch einmal zu verdeutlichen und die Argumentation zu stärken. Durch diesen gemeinsamen Einsatz konnte nun sichergestellt werden, dass die Branche aufgrund der hohen Strom- und Handelsintensität in den neuen Leitlinien als *sector at significant risk* und damit als förderberechtigt eingestuft wurde. Somit ist der Rahmen gesetzt, dass in den nächsten Jahren die gesamte Branche in Deutschland von Entlastungen bei der EEG-Umlage profitieren könnte. Der Verband wird 2022 daher auf eine rasche Umsetzung auf nationaler Ebene drängen und diese eng begleiten.

Mit Blick auf die von der neuen Bundesregierung angekündigte Abschaffung der EEG-Umlage ab 2023 – ebenfalls eine vom ZVO seit vielen Jahren erhobene Forderung an die Politik – ist durch die Einbeziehung des Sektors in die EU-Beihilfeleitlinien zudem gesichert, dass auch bei möglichen anderen beziehungsweise neuen Abgaben auf den Stromverbrauch, mit denen energie- und umweltpolitische Ziele finanziert werden, branchenspezifische Vergünstigungen beziehungsweise Förderungen möglich sind.

➔ www.zvo.org

#ZVOAzubiOffensive2022 exklusiv für Mitglieder

Mit der *#ZVOAzubiOffensive2022* setzt der ZVO seine erfolgreiche Social-Media-Kampagne aus dem vergangenen Jahr fort. ZVO-Mitglieder haben damit wieder die Möglichkeit, die Social-Media-Kanäle des ZVO zur Gewinnung ihres Branchennachwuchses zu nutzen.

Eines der vornehmlichen Ziele des ZVO in seiner Social-Media-Strategie ist die Steigerung von Image und Bekanntheit des Berufsbilds Oberflächenbeschichter (m/w/d) und die Rekrutierung von Nachwuchs für die Branche. Denn gerade die sozialen Medien – allen voran Instagram, aber auch LinkedIn und Facebook – werden stark von jungen Menschen frequentiert und genutzt. Um gezielt potenzielle Auszubildende anzusprechen, hat der ZVO im vergangenen Jahr unter *#ZVOAzubiOffensive2021* eine Kampagne gestartet: Zum einen haben auszubildende Mitgliedsunternehmen sich und ihre freien Ausbildungsplätze vorgestellt, zum anderen kamen derzeitige oder ehemalige Auszubildende zum Oberflächenbeschichter (m/w/d) zu Wort.

Die Kampagne ist auf große Resonanz gestoßen und soll deshalb mit entsprechenden Postings zwischen März und August 2022

fortgeführt werden. ZVO-Mitgliedsunternehmen, die Auszubildende suchen beziehungsweise (ehemalige) Auszubildende haben, die bereit wären, über ihre Erfahrungen zu berichten, können das entsprechende Material per E-Mail an [b.spickermann\(at\)zvo.org](mailto:b.spickermann(at)zvo.org) senden:

- ein Bild, gegebenenfalls zudem ein Kurzvideo (max. 60 Sekunden) zum Ausbildungsbetrieb oder von einem Azubi
- einen kurzen Text (etwa 2200 Zeichen inkl. Leerzeichen), in dem das Unternehmen und/oder die Ausbildung vorgestellt wird (wahlweise ein Erfahrungsbericht/Zitat eines Azubi)
- Informationen, was konkret gesucht wird (wie viele Azubi, in welchem Ausbildungsberuf, an welchem Standort, zu welchem Ausbildungsbeginn/Datum)
- einen Kontakt (Link, Telefonnummer oder E-Mail-Adresse), an den/die Interessenten sich wenden können

➔ www.zvo.org

Ausbildungsvideo bald online

Der vom ZVO produzierte Kurzfilm mit Informationen über die Ausbildung zum Oberflächenbeschichter (m/w/d) wird Anfang März 2022 erstmals der Öffentlichkeit präsentiert. Das Video zeigt den Alltag zweier Auszubildender und gewährt dabei Einblicke in die Tätigkeiten, Arbeitsstätten und Produkte, in die Branche und die Perspektiven in der Galvano- und Oberflächentechnik. Der Film soll jungen Menschen den Beruf näherbringen, Lust auf eine Ausbildung zum Oberflächenbeschichter machen und letztlich für mehr Branchennachwuchs sorgen. Er wird auf der Ausbildungsseite

➔ www.oberflächenbeschichter.org

sowie den ZVO-Profilen bei YouTube, Instagram, LinkedIn, Facebook und XING veröffentlicht.

➔ www.zvo.org

Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken e.V. (VDW)

Franz-Xaver Bernhard neuer Vorsitzender des VDW

Franz-Xaver Bernhard wurde vom Vorstand des VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken) und des Fachverbands Werkzeugmaschinen und Fertigungssysteme im VDMA, Frankfurt am Main, in seiner Herbstsitzung 2021 einstimmig zum neuen Vorsitzenden gewählt. Bernhard ist damit seit 1. Januar 2022 Nachfolger von Dr. Heinz-Jürgen Prokop an, der den Vorsitz satzungs-

gemäß mit Beendigung der zweiten Amtszeit nach sechs Jahren niedergelegt hat.

Franz-Xaver Bernhard ist Jahrgang 1959. Dem Hauptschulabschluss folgte eine Ausbildung zum Werkzeugmacher; nach dem Grundwehrdienst absolvierte er eine Weiterbildung zum Maschinenbautechniker und erwarb die Fachhochschulreife. 1983 trat er in die Hermle AG, Gosheim, ein, zunächst als Leiter Anwendungstechnik. Dann startete er eine Vertriebskarriere vom Leiter technischer Vertrieb über den Bereichsleiter Vertrieb bis er schließlich 2001 zum Vorstand für Vertrieb, Forschung und Entwicklung berufen wurde. Das war immer Bernhards Ziel, denn Kundenkontakt und das Vertrauensverhältnis, das über viele Jahre zu den Kunden aufgebaut wurde und für den Investitionsgütervertrieb wesentlich sei, motiviere ihn heute immer noch, beschreibt Bernhard den Reiz der Aufgabe.

Seit 2001 engagiert sich Bernhard im VDW, zunächst als Mitglied im Wirtschaftsausschuss, 2003 übernahm er dessen Vorsitz. Seit 2013 ist er zusätzlich im VDW-Vorstand aktiv.

➔ www.vdw.de

Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI)

Michael Weyrich neuer Vorsitzender der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Michael Weyrich hat zum 1. Januar 2021 den Vorsitz der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) übernommen. Damit folgt er Dr.-Ing. Atila Bilgic nach, der von 2018 bis 2021 Vorsitzender der GMA war.

Weyrich freut sich auf die Arbeit als Vorsitzender: *Ich halte es für wichtig, mit Begeisterung für Technik die Probleme unsere Zeit zu lösen.* Mit IT und Künstlicher Intelligenz könne die Mess- und Automatisierungstechnik die Industrieproduktion verändern, um Kreislaufwirtschaft im Sinne der Nachhaltigkeit zu

etablieren. Ihm liegt besonders am Herzen, mithilfe der GMA die Themen Digitalisierung und Künstliche Intelligenz maßgeblich zu beeinflussen, damit neue Ideen, Zukunftstrends und Innovationen in der Mess- und Automatisierungstechnik intensiviert werden. Außerdem möchte er die Vernetzung zwischen Industrie und Wissenschaft voranbringen. Auch das Thema der Nachwuchssicherung für die GMA steht auf der Agenda. Dazu sollen junge Menschen begeistert, Frauen gefördert und Fachleute ausländischer Herkunft integriert werden.

Michael Weyrich ist seit Jahren ehrenamtlich in der GMA engagiert. Zusätzlich zu seiner Mitarbeit im Vorstand der GMA, der Mitwirkung im interdisziplinären Gremium Digitale Transformation, ist er auch Vorsitzender des Fachausschusses *Testen vernetzter Systeme für Industrie 4.0* und damit Mitglied des Fachbeirats des Fachbereichs *Digitale Transformation*.

Michael Weyrich promovierte 1999 am Europäischen Zentrum für Mechatronik an der RWTH Aachen. Nach beruflichen Stationen in der Industrie bei der Daimler AG und der Siemens AG folgte er 2009 dem Ruf nach Nordrhein-Westfalen und wurde Professor für Automatisierung in der Fertigung sowie Mitglied des Vorstandes des Zentrums für Sensorensysteme. Seit 2013 ist er Institutsdirektor des Instituts für Automatisierungstechnik und Softwaresysteme an der Universität Stuttgart.

➔ www.vdi.de

Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e. V. (DVS)

DVS-Studie informiert über die Entstehung von Schweißrauch beim Metallschutzgasschweißen

Mit einer Studie legt die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS, kurz: DVS Forschung, einen umfangreichen Überblick über die Entstehung

von Schweißrauch beim Metallschutzgasschweißen (MSG-Schweißen) vor.

Anhand der Ergebnisse der Studie ist es möglich, Maßnahmen zum Arbeitsschutz von Schweißern und ihrer Umgebung in der Fertigung zu erkennen und zu bewerten. Ziel ist es, Schweißrauchemissionen über neue Substitutionsansätze prozess- und werkstoffseitig weiter zu reduzieren. Die Untersuchung wurde mit Unterstützung der Berufsgenossenschaft Holz und Metall beauftragt.

In einer Bestandsaufnahme trägt sie zusammen, an welchen Stellen die Literatur Hinweise zur Freisetzung von Schweißrauch beim Metallschutzgasschweißen gibt oder welche Mechanismen für die Entstehung von Schweißrauch sorgen. Darüber hinaus stellt sie dar, welchen Einfluss prozesstechnische oder werkstoffbedingte Faktoren auf die Emissionen haben und sorgt so für mehr Wissen und mehr Transparenz in dem facettenreichen Feld des Arbeitsschutzes. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei auch raucharmen Draht-Gas-Kombinationen beim Schweißen.

Die vorliegende Studie hat nach Aussage von Dipl.-Ing. Jens Jerzembeck, Abteilungsleiter Forschung und Technik im DVS, eine wegweisende Bedeutung für die Fügetechnik, denn sie ermögliche es, den aktuellen Status Quo zur Entstehung von Schweißrauch beim Metallschutzgasschweißen zu ermitteln. *Mit diesem Wissen gelingt es uns, neue Themenfelder zu clustern und bestehende Maßnahmen zu analysieren, um Schweißrauche erfolgreich weiter zu reduzieren.*

Die Studie *Entstehung von Schweißrauch beim Metallschutzgasschweißen* (DVS-Berichte, Band 377) ist für Mitglieder des DVS kostenlos als Download verfügbar. Nichtmitglieder können die Studie zum Preis von 29,- Euro unter

➔ www.dvs-media.eu/de/buecher/dvs-berichte

bestellen.

➔ www.dvs-home.de

INSERENTENVERZEICHNIS

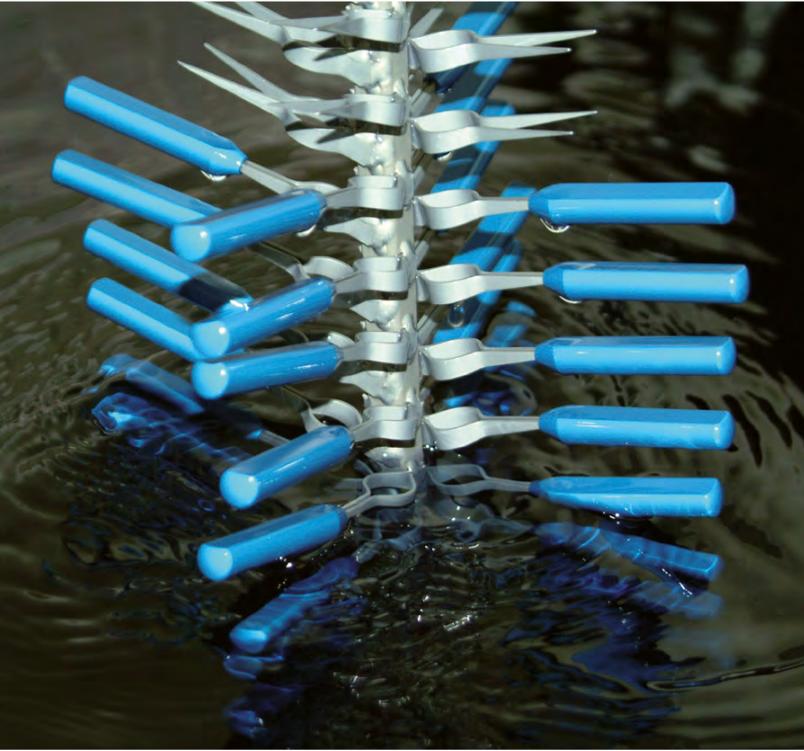
B+T Unternehmensgruppe	9	Munk GmbH	1	VOA e.V.	37
OFTEC Oberflächentechnik	29	Renner GmbH	Titel	WOTech GbR	12
Walter Lemmen GmbH	19	Stark Eloxa	U4		
met-at-lab	23	Umicore Galvanotechnik	U2		

Einfach

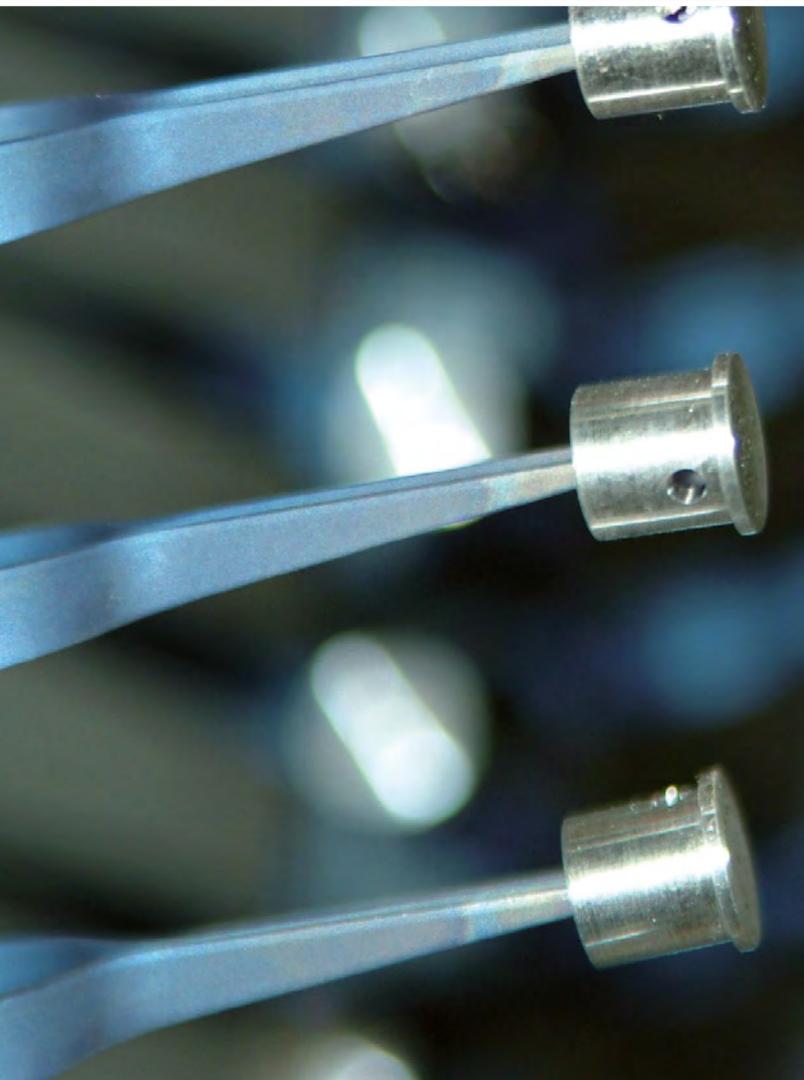
STARK ELOXAL

www.stark-eloxal.de

... und Aluminium wird besser



- eloxieren
- färben
- glänzen
- harteloxieren
- gleitschleifen
- strahlen
- schleifen
- sägen
- montieren



STARK ELOXAL GmbH
Aluminiumoberflächentechnik
Hauptstr. 1, 79807 Lottstetten
Tel. 07745/9232-0, Fax -30,
stark@stark-eloxal.de

Ihre Ansprechpartner:
Markus Stark
Alberto Calestani