

WOMAG

 Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche



AND THE WINNER IS...

**Sager
+ Mack®**
Leading the way in pumps and filters



Besuchen Sie uns:
Halle 1, Stand C41,(15)

5. - 7. Mai 2026
Stuttgart • Germany



www.sager-mack.com

WERKSTOFFE

Magnesium unter Extrembedingungen – bewährt mit Ultraceramic®

WERKSTOFFE

Produktiver mit Licht

WERKSTOFFE

Schnellere Qualifizierung von Bauteilen in Wasserstoffanwendungen

OBERFLÄCHEN

Hochgradig reflexionsmindernde Beschichtungen auf Leichtmetallen

OBERFLÄCHEN

Hightech-Produkte benötigen klassische Galvanotechnik

SPECIAL

Wege zur energieeffizienten Galvanik – Datengetriebene Energiesystemplanung

MÄRZ 2026

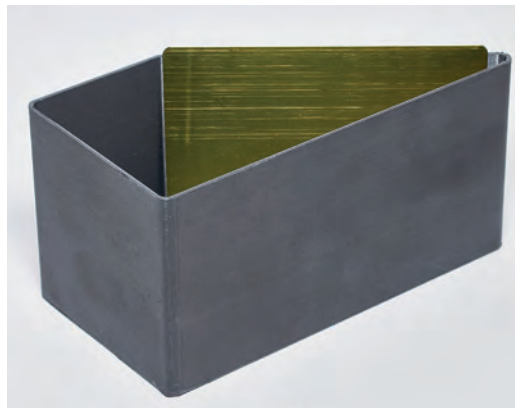
Branchen-News täglich: womag-online.de

Hull-Bleche in Top-Qualität mit Premium-Service



Treffen Sie uns auf der
Surface Technology 2026
vom 5. - 7. Mai 2026 in
Halle 1, Stand C41, (46)

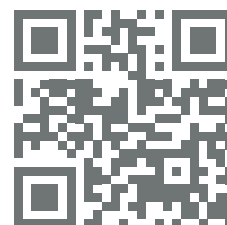
**Surface
Technology**
GERMANY



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



MET AT LAB
Hull-Bleche & Zubehör



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

Aufmerksamkeit, die verdient ist und Motivation liefert



Ein großer Teil der Verfahrensvarianten für die Oberflächenbehandlung oder Beschichtung sind selbst Fachleuten in Bereichen wie Konstruktion oder Fertigungstechnik nur am Rande bekannt. Vor allem Informationen über die Voraussetzungen und Durchführung der Oberflächenbehandlung sind nur spärlich bekannt. Dies gilt insbesondere auch für die Eigenschaften der Beschichtungen beziehungsweise der Kombination aus Grundwerkstoff und Beschichtung. Daraus resultieren falsche Erwartungen an Oberflächenbehandlungen oder häufig wird auch deren Nutzung vermieden.

Besonders erfreulich ist es daher, wenn Hersteller von Beschichtungen und deren Kunden gemeinsam über die Leistungsfähigkeit ihrer Arbeit berichten, wie dies das Unternehmen Eloxalwerk Ludwigsburg mit dem Einsatz der besonders leistungsfähigen und zukunfts-trächtigen Beschichtung in der Form der PEO-Schicht (PEO – plasmaelektrolytische Oxidation) beim weltbekannten Konzern Stihl jetzt tut (Bericht auf Seite 4). Mit diesem Einsatzfall gelingt es zum Beispiel, das Leichtmetall Magnesium so zu schützen, dass es die geforderten besonders hohen Anforderungen an Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit unter Extrembedingungen erreicht. Aber nicht nur bei mechanischer und korrosiver Belastung kann die plasmaelektrolytische Oxidation außerordentliche Eigenschaften erzielen – auch bei den optischen Anforderungen, wiederum auf Leichtmetallen, kann die erzielte Beschichtung überzeugen (Beitrag auf Seite 29 ff.).

Neben der relativ neuen Technologie des plasmaelektrolytischen Oxidierens hat sich auch die klassische galvanotechnische Abscheidung in modernsten Fertigungsbereichen als unentbehrlich erwiesen. Der neue aktivierte DGO-Fachausschuss Galvanoformung bot in seiner ersten Präsenzsitzung den Teilnehmern die Möglichkeit, ihre Verfahren und daraus hergestellte Produkte vorzustellen (Beitrag auf Seite 34 ff.). Selbst erfahrene Fachleute der Galvanotechnik kommen ins Staunen, wenn sie erfahren, dass Hightech-Produkte wie Röntgenspiegel, Ablenkspulen in Rasterelektronenmikroskopen, Prägezyylinder für den Druck von Banknoten oder optische Mikrobauerteile für die Medizintechnik nur mit hochpräziser galvanischer Nickel- oder Kupferabscheidung herstellbar sind.

Es lohnt sich also nach wie vor, sich mit der Weiterentwicklung klassischer und bewährter Oberflächentechnik zu befassen. Wir werden Sie auch in Zukunft hier auf dem Laufenden halten.

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.



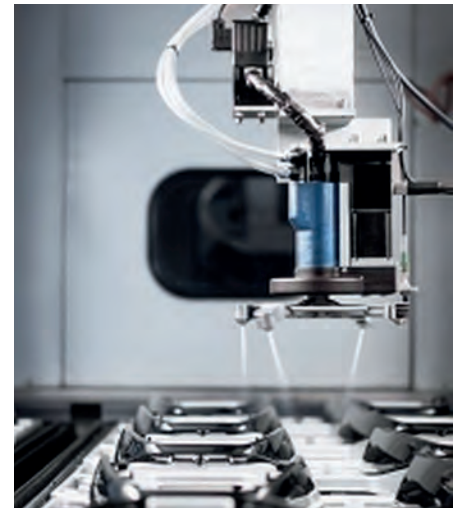
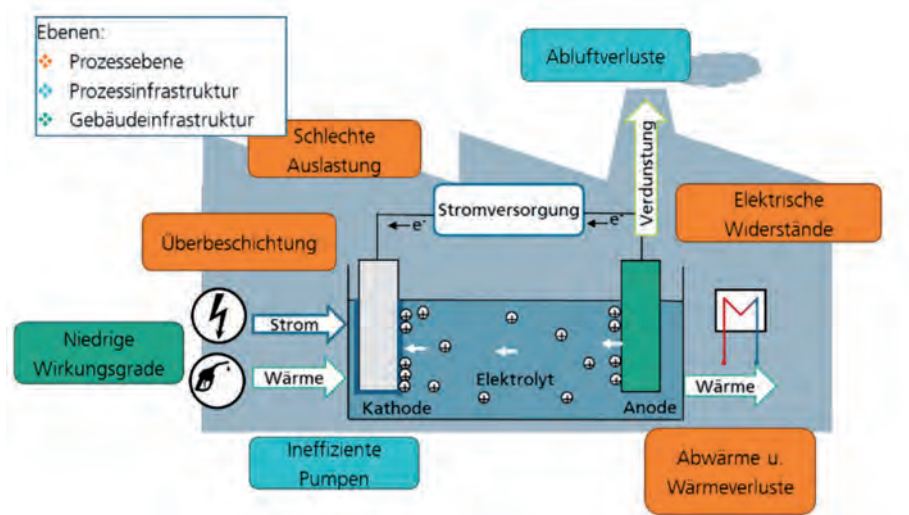
GEINIG

Die neue Filter-Baureihe HE-RF 1500



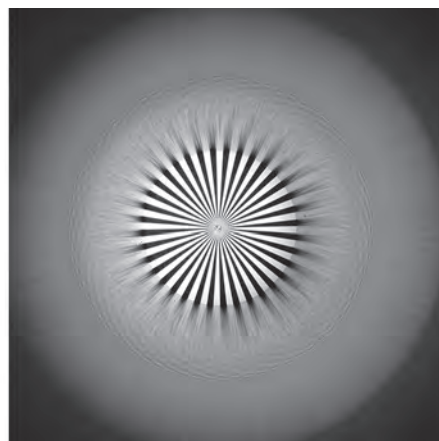
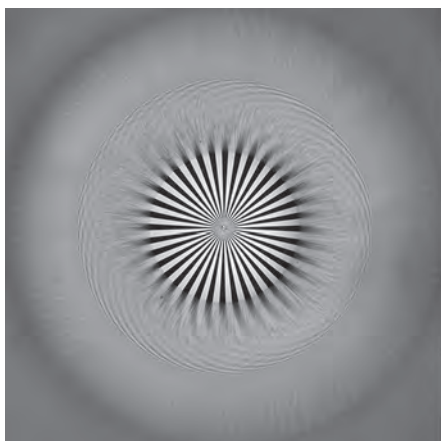
RENNER
PUMPEN UND FILTER

INHALT



21 Energieplanungssysteme zur Steigerung der Energieeffizienz in der Galvanik

10 Reinigen vor dem Lackieren



29 Schichten zur Reflexionsminderung auf Leichtmetallen



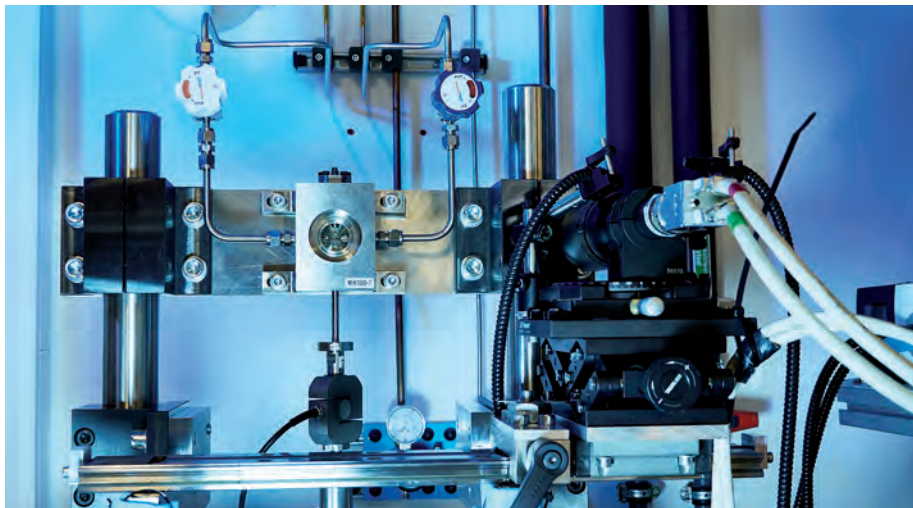
5 Herstellung von Magnesiumblech

WERKSTOFFE

- 4** Magnesium unter Extrembedingungen – bewährt mit Ultracermic®
- 5** Die Kraft der Leichtigkeit
- 6** Kreislaufwirtschaft für Elektrolyseure
- 8** AKL'26: Mehr Business Insights und ein erweitertes Technologiespektrum
- 9** Reinheit und Effizienz für glatte Oberflächen
- 10** Lackierergebnis durch innovative Rotationsdüse verbessert
- 12** Produktiver mit Licht
- 15** Höchste Präzision für Lack- und Materialprüfung
- 16** Schnellere Qualifizierung von Bauteilen in Wasserstoffanwendungen: Start eines Forschungsprojekts
- 17** Kasseler Forschungsergebnisse verbessern Einsatzfähigkeit von Hochleistungsmaterialien in Triebwerken
- 18** So stimmt die Chemie beim Schleifen

OBERFLÄCHEN

- 20** Mit Forschung und Know-how zu echten Komplimenten für nachhaltige und smarte Lackiertechnik
- 21** Wege zur energieeffizienten Galvanik – Datengetriebene Energiesystemplanung
- 28** Produktionsnahe Analytik in der Galvanotechnik
- 29** Hochgradig reflexionsmindernde Beschichtungen auf Leichtmetallen
- 31** Entlackung mit System
- 32** Wie KI und Automatisierung die Oberflächentechnik verändern



16 Forschungsprojekt zur Bauteilqualifizierung in Wasserstoffanwendungen



4 Hochleistungsschichten



28 Analytik in der Galvanotechnik

VERBÄNDE

- 34 Hightech-Produkte benötigen klassische Galvanotechnik – DGO-Fachausschuss Galvanoformung mit erster Präsenzsitzung
- 36 Informationen der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V., des Zentralverbands Oberflächentechnik e. V.

UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

- 39 IFO/Qubus-Gruppe – L&R Kältetechnik – Laserline

Zum Titelbild: Sager + Mack entwickelt, fertigt und vertreibt hochwertige Pumpen- und Filtersysteme für den Einsatz in Chemie und Oberflächentechnik; www.sager-mack.com

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

Erscheinungsweise

10 x jährlich, wie in den Mediadaten 2026 angegeben

Herausgeber und Verlag

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

Verlagsleitung

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

Redaktion/Anzeigen/Vertrieb/Abo

siehe Verlagsleitung

Bezugspreise

Jahresabonnement für WOMag-Online:

149,- €, inkl. MwSt.

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

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

Inhalt

WOMag berichtet über:

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

Leserkreis:

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

WOMag-Beirat

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

Bankverbindung

BW-Bank, IBAN: DE71 6005 0101 0002 3442 38

BIC: SOLADEST600; (Konto 2344238, BLZ 60050101)

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

Gerichtsstand und Erfüllungsort

Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Waldshut-Tiengen

Herstellung

WOTech GbR

Grafische Gestaltung (Grundlayout)

Wasserberg GmbH

Druck

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

≡ Magnesium unter Extrembedingungen – bewährt mit Ultraceramic®

Einer von vielen! Industrielles Ultraceramic® - Serienprojekt wird sichtbar

Manche Technologien sind ihrer Zeit voraus – und manche bleiben lange im Verborgenen, obwohl sie längst Großes leisten. So auch bei Ultraceramic®: einer Oberflächentechnologie, die seit Jahren in hochbelasteten Serienanwendungen verwendet wird – aber nie namentlich genannt werden durfte. Mit dem Magnesiumkolben der STIHL MS 400 C-M ändert sich das. Zum ersten Mal ist ein reales Serienprojekt sichtbar, das zeigt, was mit strukturell funktionalisierten Leichtmetallen heute möglich ist – dauerhaft, stabil und prozesssicher.

Magnesium im Serieneinsatz: Vorteile und Grenzen

Magnesium ist als Leichtbauwerkstoff seit Jahrzehnten bekannt. Doch dort, wo mechanische Belastung, thermische Extreme oder aggressive Umgebungen ins Spiel kommen, stoßen klassische Schutzsysteme schnell an ihre Grenzen. Gerade in bewegten Systemen mit hohen Frequenzen, Reibung oder Temperaturschwankungen zeigen sich Schwachstellen an beschichteten oder galvanisch hergestellten Oberflächen oft schon nach kurzer Einsatzzeit.

STIHL hat sich dieser Herausforderung gestellt – mit einem Bauteil, das all diese Belastungen vereint: einem Magnesiumdruckgusskolben für den Dauereinsatz in einer Profi-Motorsäge mit bis zu 14 000 U/min. Die Lösung: eine keramische Oberfläche, die aus dem Substratmaterial Magnesium durch einen innovativen Prozess aufgebaut wird.

Ultraceramic® - Transformation an der Oberflächengrenze

Im Gegensatz zu herkömmlichen PEO-Verfahren (Plasmaelektrolytische Oxidation), die häufig spröde, poröse und inhomogene Schichten

mit begrenzter Langzeitbeständigkeit erzeugen, setzt Ultraceramic® auf dichte und insbesondere sehr präzise Schichtsysteme.

Der Prozess nutzt streng kontrollierte Plasmaentladungen, um die metallische Oberfläche selbst in eine funktionale, keramikähnliche Struktur zu transformieren – ohne zusätzlichen Auftrag und ohne Gefahr von Delamination oder Rissbildung.

Das Ergebnis ist eine werkstoffintegrierte Funktionalisierung, die dauerhaft mit dem Bauteil verbunden ist. Sie bietet nicht nur extremen Verschleiß- und Korrosionsschutz, sondern erhält auch strukturelle Integrität des Grundmaterials.

Eine echte Alternative zu klassischen Beschichtungen – gerade bei hochdynamischen und thermisch belasteten Anwendungen.

STIHL MS 400 C-M – Serienperformance im harten Einsatz

Der Magnesiumkolben STIHL MS 400 C-M ist das erste bekannte Serienbauteil dieser Art, das mit einer Ultraceramic®-Oberfläche ausgestattet wurde. Die Säge ist weltweit im professionellen Forstbetrieb im Einsatz und wurde 2020 mit zwei renommierten Preisen ausgezeichnet: sowohl mit dem *IMA Award of Excellence* als auch mit dem *EUROGUSS Award*.

Die Gründe für diese Auszeichnungen sind überzeugend:

- hohe Lebensdauer des Kolbens auch bei intensiver thermischer und mechanischer Beanspruchung
- reibungsoptimierte Oberfläche
- hohe thermische Beständigkeit, auch bei Verbrennungsvorgängen
- konstante Bauteilgüte über die gesamte Serienlaufzeit



Nicht zuletzt bietet das Projekt ein Beispiel dafür, wie Magnesium in hochbelastbaren Anwendungen etabliert werden kann.

Vielseitige Einsatzfelder – von E-Mobilität bis Robotik

Die Sichtbarkeit des STIHL-Projekts eröffnet die Chance, vergleichbare Anwendungen in anderen Industriefeldern zu erschließen. Ultraceramic® wurde bereits erfolgreich getestet und eingesetzt in:

- Optischen Technologien
- Robotik und Automatisierung
- Textil- und Automobilindustrie
- Lebensmittel- und Pharmatechnik bei FDA-konformen Oberflächen
- Anwendungen in der E-Mobilität, Luft- und Raumfahrt, Robotik sowie in der Industrie-elektronik

Dabei bilden die Bauteilgeometrie und die Produktionsvolumina keine Begrenzung – denn der Prozess ist serienfähig und kann exakt auf Design und Einsatzprofil abgestimmt werden.

Fazit – Sichtbar geworden und bereit für mehr

Was über Jahre im Hintergrund funktionierte, wird nun sichtbar und öffnet den Weg zu neuen Anwendungen.

Ultraceramic® zeigt, dass Oberflächentechnologie heute mehr leisten kann als schützen: Sie kann integrieren, stabilisieren und ermöglichen. Und das – wenn gewünscht – auch weiterhin im Stillen.

➔ www.ceranod.de



Wir stellen aus!
Halle 1, Stand H18

Surface
Technology
GERMANY

Die Kraft der Leichtigkeit

Wie neue Verfahren Magnesium für den Leichtbau erschließen

Es ist leichter als Aluminium. Trotzdem wurde Magnesium von der Industrie bislang kaum genutzt, da seine Verarbeitung zu Bauteilen als komplex und energieintensiv gilt. Nach drei Jahren Forschungsarbeit entwickelte und erprobte ein Team verschiedener Fachbereiche der TU Bergakademie Freiberg gemeinsam mit Industriepartnern eine durchgängige Prozesskette für Magnesiumleichtbauteile – von der Schmelze bis zum funktionsfähigen Prototyp. Über alle Prozessschritte hinweg konnten Energiebedarf und CO₂-Emissionen reduziert werden, unter anderem durch den Einsatz von Wasserstoff in der Schmelz- und Anwärmtchnik, verkürzte Prozesse und eine kaltumformbare Magnesiumlegierung. Im Forschungsverbund entstanden so unter anderem Magnesiumleichtbau-Computergehäuse, Schienenrücksitzwände für Hochgeschwindigkeitszüge wie den TGV, Scharnierteile für Transportcontainer und ein Luftstromkanal für ein Hovercraft-Rettungsfahrzeug.

Unser Ziel war es, Magnesium durch neue, kürzere Herstellungswege als industriellen Leichtbauwerkstoff nutzbar zu machen, sagt Prof. Ulrich Prahl vom Institut für Metallformung der TU Bergakademie Freiberg. Beginnend mit der Blechherstellung setzt das Team am Institut für Metallformung der TU Bergakademie Freiberg dafür auf innovative Verfahren: Das eingesetzte Gießwalzen ermöglicht Prof. Prahl zufolge bereits die Erzeugung von Magnesiumblechen mit Dicken von rund fünf Millimetern. Dadurch könnten nachgeschaltete Umformschritte reduziert werden. Das Ergebnis sind Magnesiumbauteile, die bei vergleichbarer Festigkeit rund ein Drittel leichter sind als verbreitete Aluminiumlösungen. Damit kann das Potenzial von Magnesium als Leichtbauwerkstoff künftig besser ausgeschöpft werden, etwa in der Elektromobilität, im Maschinen- und Fahrzeugbau oder in der Medizintechnik.

Drei Bausteine für eine effizientere und klimafreundlichere Magnesiumverarbeitung

Als ersten Bestandteil des neuen Herstellungsprozesses entwickelten die Forschenden Technologien, die fossile Brennstoffe durch bis zu einhundert Prozent klimaneutralen Wasserstoff ersetzen können. Die Um-

stellung der Schmelz- und Anwärmprozesse auf Wasserstoff und deren energieeffiziente Gestaltung ist ein zentraler Schritt, um Magnesium perspektivisch klimaneutral und kostengünstiger herzustellen, sagt Prof. Hartmut Krause vom Lehrstuhl für Gas- und Wärmetechnische Anlagen der TU Bergakademie Freiberg, dazu helfen uns digitale Zwillinge, die Prozesse besser zu verstehen und vor allem im Betrieb zu verbessern.

Ein zweiter Hebel liegt in der deutlich verkürzten Prozessroute. Für die schnelle Umwandlung der flüssigen Magnesiumschmelze in ein Vorprodukt setzt das Team auf das am Institut für Metallformung integrierte Gießwalzverfahren. Dabei wird die Wärme aus der Gießhitze direkt für die Umformung genutzt, sodass Bleche oder Drähte entstehen, die bereits fast die gewünschte Bauteilform besitzen. Energie- und zeitaufwendige nachgeschaltete Prozessschritte können dadurch reduziert werden.

Für die Drahtproduktion entwickelte das Forschungsteam zusätzlich das GieWaCon-Verfahren, welches das Drahtgießwalzen mit dem CONFORM™-Verfahren kombiniert. Letzteres ist für Werkstoffe wie Kupfer bereits etabliert und wurde im Projekt erstmals auf Magnesium übertragen. Da das CONFORM™-Verfahren bei Raumtemperatur arbeitet, kann die im Gießprozess vorhandene Wärme genutzt werden, um in wenigen Prozessschritten direkt ein Drahtprodukt herzustellen. Die im Projekt hergestellten Magnesiumdrähte erreichten einen finalen Durchmesser von 1,6 Millimetern – entweder direkt über das CONFORM™-Verfahren oder durch anschließendes Drahtziehen.

Darüber hinaus zeigt das Projekt, dass sich das Prinzip der verkürzten Prozessroute auch auf weitere Umformverfahren übertragen lässt. So wurde die eingesetzte Magnesiumlegierung erfolgreich geschmiedet; die dabei entstandenen Bauteile wurden unmittelbar nach der Umformung nachbearbeitet, etwa durch Entgraten oder Fräsen. Ergänzend entwickelte ein Industriepartner ein Strangpressverfahren, bei dem zunächst Bolzen gegossen und anschließend noch aus der Gießhitze heraus stranggepresst werden. Das entstehende Rohr wird aufgetrennt und aufgebogen, sodass verarbeitbare Bleche erzeugt



Magnesiumblech bei der Umformung
(Bild: TU Bergakademie Freiberg)

werden können, ebenfalls ohne zusätzliche Erwärmungsschritte.

Als dritter Baustein kommt die calciumhaltige Magnesiumlegierung ZAX210 zum Einsatz. Sie lässt sich bereits bei vergleichsweise niedrigen Umformtemperaturen von etwa 200 °C gut verarbeiten und gewährleistet dennoch stabile mechanische Eigenschaften. Die Magnesiumlegierung erlaubt es uns, Umformprozesse bei deutlich geringeren Temperaturen zu realisieren, ohne Abstriche bei den Bauteileigenschaften zu machen, erklärt Prof. Ulrich Prahl.

Ergänzend wurden für alle Prototypen geeignete Oberflächenbeschichtungen untersucht, um Korrosionsbeständigkeit und Einsatzfähigkeit der Magnesiumbauteile unter realen Bedingungen sicherzustellen. Darüber hinaus analysierte und optimierte das Projektteam verschiedene Schweißverfahren, die gezielt an die eingesetzte Magnesiumlegierung angepasst und für die jeweiligen Demonstratoren weiterentwickelt wurden.

Gemeinsam mit Industriepartnern aus dem Projekt will das Team die entwickelten Herstellungsrouten auch künftig weiter voranbringen und auf weitere Bauteile und Formgebungsverfahren anwenden. Ein CO₂-Rechner, mit dem sich Unternehmen mögliche Prozessketten für die Umformung von Magnesium zusammenstellen und vergleichen können, ist dafür eigens im Projekt entwickelt worden.

➔ <https://tu-freiberg.de>

Das Forschungsprojekt *ReNaRe* zeigt, wie Kreislaufwirtschaft für Elektrolyseure Realität werden kann.

Forschende haben in den vergangenen vier Jahren im Projekt *ReNaRe: Recycling – Nachhaltige Ressourcennutzung* nach Mitteilung des Dechema e. V. innovative Ansätze für das Recycling von wertvollen Materialien aus Elektrolyseuren entwickelt. Dazu arbeiteten elf interdisziplinäre Teams aus Forschung und Industrie von 2021 bis 2025 gemeinsam an der Entwicklung von Strategien und Technologien, mit denen die Elektrolyseure nach ihrem Lebensende ressourcenschonend und wirtschaftlich recycelt werden können. Besonders im Fokus stand dabei die Rückgewinnung kritischer und wertvoller Rohstoffe wie Iridium, Platin, Ruthenium und Seltener Erden. Ihre weltweite Verfügbarkeit ist begrenzt, gleichzeitig sind sie für eine künftige Hochskalierung der Elektrolyseurproduktion unverzichtbar. Im vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt und der EU geförderten Projekt *ReNaRe* als Teil des Wasserstoff-Leitprojekts *H2Giga* konnten die Forschenden aufzeigen, wie eine funktionierende Kreislaufwirtschaft im Wasserstoffsektor Realität werden kann.

Recyclingkette für PEM- und HT-Elektrolyseure

Zentraler Bestandteil von *ReNaRe* war die Entwicklung spezifischer Prozessschemata für das Recycling. Im Projekt wurde jeweils eine vollständige Recyclingkette sowohl für Protonenaustauschmembran- (PEM) als auch für Hochtemperatur (HT)-Elektrolyseure entwickelt. Sie beginnt mit der automatisierten und schonenden Zerlegung der Elektrolyseure und umfasst den gezielten mechanischen Aufschluss sowie die Trennung und Aufbereitung wertvoller Materialien in Partikelform. Darüber hinaus beinhaltet sie hydrometallurgische Verfahren, mit denen sich seltene Metalle rückgewinnen lassen, sowie erste Ansätze, diese in künftigen Anwendungen wiederzuverwenden.

Automatisierte Demontage

Einer der Schwerpunkte des Projekts war die Entwicklung von effizienten Konzepten zur automatisierten Demontage von Elektrolyseur-Stacks. Ziel war es, die Einheiten der Stacks so zu zerlegen, dass die darin enthaltenen funktionellen Materialien zugäng-

lich werden und in weiteren Schritten gezielt zurückgewonnen werden können. Unter Leitung des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung, gemeinsam mit der Forschungszentrum Jülich GmbH und dem Karlsruher Institut für Technologie, wurden automatisierte, mechanische Demontageprozesse entwickelt, mit denen sich einzelne Bauteile wie Bipolarplatten, Membranen, Verbindungen und Rahmen zerstörungsfrei trennen lassen. Für PEM-Stacks wurde ein Verfahren zur präzisen Separation von Membran-Elektroden-Einheiten erarbeitet, das bereits erfolgreich getestet wurde. Auch für HT-Stacks konnte ein automatisiertes Trennverfahren für Zellen und Rahmen validiert werden. Dabei kamen eigens entwickelte Werkzeuge sowie integrierte Sensorsysteme zum Einsatz, die den Trennvorgang intelligent steuern.

Mechanische Aufschluss- und Trennverfahren

Nach der Demontage der Elektrolyseur-Stacks stehen der Aufschluss der verbleibenden Materialverbunde und die Voranreicherung der enthaltenen Wertstoffe im Fokus. Die Projektpartner des Instituts für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik der TU Bergakademie Freiberg entwickelten dazu innovative Verfahren sowohl für PEM- als auch für HT-Elektrolyseure, um die wertvollen Materialien aus den dünnen Elektrodenschichten mechanisch von weiteren Funktionsschichten zu trennen. Diese effizienten Verfahren zum mechanischen Aufschluss von Werkstoffverbünden sind ein grundlegender Schritt im Recyclingprozess, da sie eine gezielte Voranreicherung von kritischen Rohstoffen wie Platin und Iridium aus PEM-Elektrolyseuren oder Seltener Erden aus HT-Elektrolyseuren bei gleichzeitig hoher Materialausbeute ermöglichen sollen.

Ein weiterer Meilenstein des Projekts, entwickelt von den Projektpartnern des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf e. V., war die Entwicklung weitergehender mechanischer Trennverfahren für die im vorherigen Schritt konzentrierten Elektrodenmaterialien jeweils für PEM- als auch für HT-Elektrolyseure, mit denen sich die wertvollen und kritischen Materialien aus den Elektroden ge-



ReNaRe-Konsortium beim Jahrestreffen in Jülich
(© Forschungszentrum Jülich)

zielt abtrennen lassen. Anstatt auf chemische Prozesse zu setzen, wurden hier physikalische und physikochemische Ansätze verfolgt und mit Modellmaterialien validiert. Durch die gezielte Nutzung von Oberflächeneigenschaften wie Benetzbarkeit und Dichteunterschied konnten die Modellmaterialien effizient voneinander getrennt und in konzentrierter Form für die Weiterverarbeitung aufbereitet werden.

Für HT-Elektrolyseure wurden erste Ansätze zur Trennung der in den Elektroden enthaltenen keramischen Materialien entwickelt, wobei insbesondere Partikel aus Nickel- und Zirkoniumoxid erfolgreich voneinander getrennt wurden. Die mechanischen Verfahren liefern damit eine künftige Grundlage für die gezielte Voranreicherung wertvoller Funktionsmaterialien wie Platin, Iridium oder Seltener Erden aus Elektrolyseuren und zeigen das Potential für die physikalische und physikochemische Trennung der Elektrodenmaterialien.

Hydrometallurgische Aufreinigung

Für die Extraktion der Edelmetalle Platin und Iridium aus den mechanisch aufgetrennten PEM-Elektrodenmaterialien wurde ein neues Laugungsverfahren auf Basis organischer Säuren von Forschenden des Instituts für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik der TU Bergakademie Freiberg, des Instituts für Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling der RWTH Aachen sowie des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf entwickelt. Durch die vorherige mechanische Separation kann der chemische Aufwand deutlich reduziert werden. Damit schafft das Verfahren die Voraussetzung für die Rückführung von hochreinen Edelmetallen in neue Elektrolyseursysteme.

Diese Kombination aus mechanischen und hydrometallurgischen Verfahren bildet somit eine aufeinander abgestimmte Prozesskette, die ökologische und technische Anforderungen gleichermaßen anstrebt.

Zusätzliche Rohstoffquellen und industrielle Übertragbarkeit

Auch die bei pyrometallurgischen Prozessen entstehenden Schlacken aus Interkonnektoren der HT-Elektrolyseure enthalten noch wertvolle Ressourcen. In ReNaRe wurden diese Rückstände von den Projektpartnern des Instituts für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik der TU Bergakademie Freiberg und des Forschungszentrums Jülich GmbH, Institute of Energy Materials and Devices / Institute of Technology and Engineering, umfassend analysiert, um ihr Recyclingpotenzial zu bewerten. Ziel war es, gezielt kritische Elemente wie Chrom, die in der Schlacke gebunden sind, mechanisch zurückzugewinnen. So konnten neue Wege aufgezeigt werden, wie selbst vermeintliche Abfallströme zu wertvollen Quellen für die Rohstoffrückgewinnung werden können.

Um die Praxistauglichkeit der entwickelten Recyclingverfahren unter realen Bedingungen zu bewerten, wurden die neuen Ansätze durch die Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG mit bestehenden industriellen Prozessen verglichen. Dabei wurde untersucht, ob sich die entwickelten Methoden an industrielle Abläufe anpassen lassen und für wel-

che Materialströme vorhandene Verfahren bereits ausreichen. Erste Ergebnisse zeigen, dass eine Übertragung grundsätzlich möglich ist. Für eine belastbare Bewertung der industriellen Anwendbarkeit sind jedoch weitere Untersuchungen mit größeren Materialmengen notwendig.

Recyclingpfade

Außerdem wurde von Forschenden des Institute of Energy Materials and Devices / Institute of Technology and Engineering der Forschungszentrum Jülich GmbH, des Instituts für Keramik, Feuerfest und Verbundwerkstoffe der TU Bergakademie Freiberg sowie des Instituts für Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling der RWTH Aachen untersucht, wie sich metallische und keramische Materialien aus betriebenen Stacks von HT-Elektrolyseuren wiederverwerten lassen. Dafür wurden unterschiedliche Recyclingpfade erprobt, um die Materialien entweder direkt wieder in neue Komponenten einzubringen oder gezielt durch alternative Werkstoffe zu ersetzen. Die Ergebnisse zeigen ein hohes Potenzial: Bis zu 90 Prozent der Keramik- und 100 Prozent der Metallteile konnten erfolgreich innerhalb des Materialkreislaufs wiedergenutzt werden. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurden zudem Designempfehlungen für recyclingfreundlich konstruierte Stacks erarbeitet, welche die Wiederverwertung künftig deutlich vereinfachen können. Vor allem im Bereich des Recyclings der

Keramikkomponenten leisteten die Forschenden Pionierarbeit, da Keramiken, im Gegensatz zu Metallen, Papier und Glas bis dato noch vergleichsweise geringe Recyclingquoten aufweisen.

Ökobilanz, Wirtschaftlichkeit und digitale Transparenz

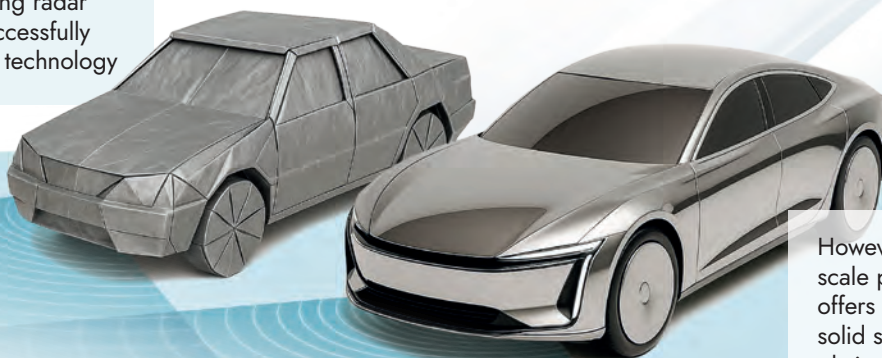
Um die ökologischen und wirtschaftlichen Auswirkungen der entwickelten Recyclingprozesse zu bewerten, wurden umfassende Ökobilanzierungen (LCA) durch das Öko-Institut e. V. und techno-ökonomische Analysen durch die Technische Universität München durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen deutlich: Das Recycling von Materialien aus PEM- und HT-Elektrolyseuren verursacht deutlich geringere Umweltbelastungen als die Herstellung aus Primärrohstoffen und ist zugleich wirtschaftlicher. Zudem wurde durch den Dechema e. V. ein Konzept für ein Tool zum digitalen Stoffstrominformationsmanagement entwickelt, um transparente Informationen, zum Beispiel über die Materialien, Umweltwirkung und Zustand des Elektrolyseurs, über den gesamten Lebenszyklus von Elektrolyseuren hinweg bereitzustellen. Damit liefert ReNaRe nicht nur technologische Lösungen, sondern auch datenbasierte Entscheidungsgrundlagen für eine zirkuläre Wasserstoffwirtschaft. Simone Angster

➔ www.dechema.de

BICONEX

Reliable production of waveguides for radar sensors a key factor for autonomous driving

Waveguides for imaging radar sensors have been successfully developed using PVD technology



However, when it comes to large scale production, electroplating offers a proven, most reliable and solid solution. Worldwide, in existing plating facilities with low investments.



www.biconex.de/waveguides

AKL'26: Mehr Business Insights und ein erweitertes Technologiespektrum

Vom 22. bis 24. April 2026 lädt das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zum 15. **AKL – International Laser Technology Congress** ein. Drei Tage lang wird Aachen wieder zum Zentrum der internationalen Laser- und Photonikbranche. Das Programm ist deutlich erweitert und richtet sich an **Laseranwender, -hersteller und -entwickler**: Aktuelle Forschungsergebnisse, industrielle Trends und praxisnahe Lösungen stehen im Fokus. Mit über 500 Teilnehmenden beim AKL'24, mehr als 80 Vorträgen und 53 Ausstellerständen hat sich der AKL als führende europäische Plattform für angewandte Lasertechnik etabliert.

Das diesjährige Programm des AKL setzt neue Schwerpunkte: Erstmals gibt es an beiden Tagen der technologischen Fachkonferenz vier parallele Sessions, die eine größere Themenbreite als zuvor bieten. Neu im Programm sind Zukunftsthemen wie Hochenergielaser für Fusion und Sekundärquellen sowie Künstliche Intelligenz in der Photonik. Damit reagiert der Veranstalter auf den steigenden Bedarf der Industrie nach strategischer Orientierung.

Technology Business Day: Markteinblicke und Branchentrends

Der Kongress beginnt am Mittwoch, 22. April 2026, mit dem *Technology Business Day*, der inhaltlich ausgebaut wurde. Vormittags erhalten Teilnehmende einen tiefgehenden Einblick in die globalen Photonik- und Lasermärkte mit Analysen zu den Absatzmärkten Europa, China und USA sowie weiteren Regionen. Am Nachmittag berichten Laseranwender von relevanten Unternehmen aus sechs Kernbranchen (Automobiltechnik, Luft- und Raumfahrt, Energiewirtschaft, Mikroelektronik, Quantentechnologie und Medizintechnik) wie sie Lasertechnologien erfolgreich in ihren Produkten und Verfahren einsetzen und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit stärken. Auch Branchentrends werden in Bezug auf das Einsatzpotenzial des Lasers beleuch-

tet. Der erste Kongresstag findet seinen Abschluss mit der feierlichen Verleihung des *Innovation Award Laser Technology 2026* des Arbeitskreises Lasertechnik e. V. im Krönungssaal des Aachener Rathauses.

Technologische Fachkonferenz: breiteres Spektrum durch vier parallele Sessions

Am Donnerstag und Freitag steht die technologische Fachkonferenz im Mittelpunkt. Expertinnen und Experten bieten in vier parallelen Sessions Deep Dives in ihren Forschungs- und Innovationsaktivitäten, die das gesamte Feld der Lasermaterialbearbeitung, der Strahlquellenentwicklung, der System- und Optiktechnik sowie der Digitalisierung abdecken. Besonders hervorzuheben sind die neuen Themenschwerpunkte: Hochenergielaser für Fusionsanwendungen und KI-gestützte photonische Prozesse. Die Struktur erlaubt es den Teilnehmenden, gezielte Vertiefungen zu wählen und sich gleichzeitig branchenübergreifend zu informieren.

Ein zentrales Element des ersten Konferenztages ist die *Gerd Herziger Session*. Damien Buet, Präsident und CEO der Amplitude Laser Group (F), Trevor D. Ness, Chief Revenue Officer (CRO) der IPG Photonics Corporation (USA), Dr. Christopher Dorman, Executive Vice President der Coherent Corp. (USA), Dr. Hagen Zimer, Chief Executive Officer für Laser Technology und Vorstandsmitglied der Trumpf SE + Co. KG (D) sowie Prof. Constantin Häfner, Vorstand für Forschung und Transfer der Fraunhofer-Gesellschaft e. V. (D) referieren über neue Perspektiven für Laser in Wissenschaft und Industrie. Anschließend eröffnen sie in der Panel-Diskussion *Hochleistungs- und Hochenergielaser – Quo Vadis?* die Rolle dieser Laserstrahlquellen für zukünftige Produktionsumgebungen.

Darüber hinaus präsentieren auf der ausverkauften konferenzbegleitenden Ausstellung über 50 internationale Unternehmen der Lasertechnik und der Photonik dem interessierten Publikum innovative Produkte und Pro-

zesse. Zwischen den Sessions und in den Pausen bietet sich den Besuchern und Besucherinnen der Konferenz die Gelegenheit, über konkrete inhaltliche Fragestellungen zu diskutieren.

Die Abendveranstaltung *30 Jahre AKL* am 23. April 2026, die im Ausstellungsbereich des AKL'26 stattfindet, bietet ausreichend Gelegenheit zum Networking und zum fachlichen Austausch in entspannter Atmosphäre.

Lasertechnik Live: Innovation hautnah

Ein Highlight des Kongresses ist auch in diesem Jahr die Veranstaltung *Lasertechnik Live* am 23. April 2026: In den Laboren des Fraunhofer ILT präsentieren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer ILT und der RWTH Aachen in rund 60 Live-Demonstrationen, woran sie aktuell arbeiten. Diese unmittelbaren Einblicke in Systeme, Verfahren und Forschungsergebnisse schaffen Raum für Dialog zwischen Wissenschaft und Industrie.

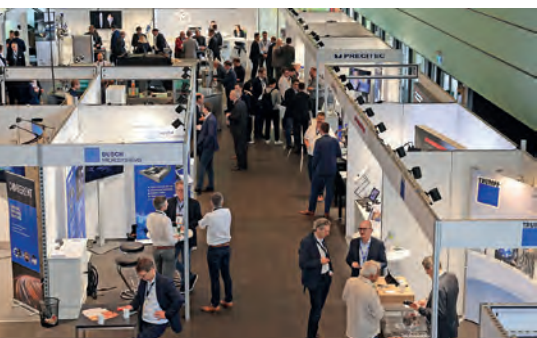
Zukunftsorientierung für die Industrie

Mit seiner programmatischen Erweiterung, dem Fokus auf strategische Märkte sowie technologischen Innovationen richtet sich der AKL'26 besonders an Unternehmen, die angesichts des technischen Wandels Orientierung und Impulse suchen. Ob Fortschritte bei der Laserstrahlquellenentwicklung, neue Applikationen in Schlüsselindustrien oder die Rolle von Digitalisierung und KI – der Kongress liefert praxisrelevantes Wissen und fördert den branchenübergreifenden Austausch. Die Registrierung zum AKL'26 ist unter

➔ www.lasercongress.org

möglich; Anmeldeschluss ist der **24. März 2026**. Alle Vorträge werden simultan auf Deutsch und Englisch übersetzt. Weitere Informationen zu Programm und Teilnahmebedingungen finden sich ebenfalls auf der oben genannten Website.

➔ www.ilt.fraunhofer.de



Mehr als 500 Teilnehmende des AKL'24 nutzten die konferenzbegleitende Ausstellung zu fachlichem Austausch und Networking

(© AKL e.V. / Andreas Steindl)

Reinheit und Effizienz für glatte Oberflächen

Ölfreie und LABS-freie Prozessluft für Beschichtungen

Auf der Karlsruher PaintExpo präsentiert BOGE vom 14. bis 17. April in Halle 3, Stand 3120 effiziente Lösungen für höchste Luft- und Gasreinheit in der industriellen Lackiertechnik. Im Fokus stehen ölfreie und LABS-freie Druckluft sowie bedarfsgerecht erzeugter Stickstoff – beides zentrale Schlüsselkomponenten für stabile, wirtschaftlich effiziente und fehlerfreie Beschichtungsprozesse.

Lackbenetzungsstörende Substanzen (LABS) zählen zu den größten Risiken in der Oberflächen- und Lackiertechnik. Bereits geringste Spuren von Silikonen, Ölen oder Weichmachern führen zu Kratern, Abperleffekten oder Benetzungsstörungen. LABS-Freiheit bedeutet die absolute Vermeidung jeder Kontamination mit Substanzen, welche die Haftung oder Verteilung von Lack beeinträchtigen. Für die Lackiertechnikbranche, die Anlagen- und Automobilindustrie sind reine Druckluft und stabile Prozessgase daher unverzichtbar, um Qualität und Wirtschaftlichkeit zu sichern.

Auf der Weltleitmesse für die industrielle Lackiertechnik PaintExpo in Karlsruhe stellt BOGE sein umfassendes Portfolio von ölfrei verdichtenden Kompressoren vor. Dieses reicht von kleinen ölfreien Kolbenkompressoren der PO-Baureihe und Scrollkompressoren der EO-Serie bis hin zu Industrieanlagen mit ölfrei erzeugenden Schraubenkompressoren (SO-Baureihe) sowie den eigens entwickelten, luftgelagerten Turbokompressoren der T-Baureihe. Ein weiteres Highlight ist die bewährte bluekat-Technologie, die ölhaltige Luft in absolut ölfreie Druckluft der Klasse 0 umwandelt und dabei jegliche Formen von Silikaten bindet. Für Hersteller und Anwender bedeutet das konstant reproduzierbare Lackierqualität, weniger Ausschuss

und niedrigere Prozesskosten. Alle Systeme liefern nach Mitteilung des Unternehmens absolut ölfreie Druckluft und gewährleisten höchste Reinheit – ideal für sensible Lackieranwendungen und LABS-kritische Produktionsbereiche.

Im Kompetenzfeld für industrielle Gase präsentiert BOGE die INMATEC Spezialgasgeneratoren und zeigt, wie Stickstoff in Lackier- und Beschichtungsprozessen effizient on-site eingesetzt werden kann. Stickstoffgeneratoren mit PSA-Technologie ermöglichen eine zuverlässige Versorgung in exakt der benötigten Reinheit, ohne Lieferverträge, Logistikaufwand und volatile Marktpreise. Die permanente Reinheitsüberwachung und moderne Steuerung sorgen für einen energieeffizienten Betrieb, der sich besonders in der Lackiertechnik schnell amortisiert.

Stabile Prozessqualität für höchste Oberflächenstandards

Saubere Druckluft und hochwertiger Stickstoff sind nach Aussage von Klaus Buchholz, Key Account Manager im Vertrieb Anlagenbau bei BOGE, die Basis von fehlerfreien Lackiererergebnissen. *Mit unseren ölfreien und LABS-freien Technologien zeigen wir, wie sich Prozesssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Effizienz in der Lackiertechnik nachhaltig stei-*

gern lassen, erklärt Buchholz. Mit dem kombinierten Angebot aus hochreiner Druckluft und präzise kontrollierter Stickstoffversorgung unterstützt das Familienunternehmen Hersteller entlang der gesamten Lackierwertschöpfungskette. Moderne Druckluft- und Gasversorgungssysteme sorgen für planbare Kosten, minimale Stillstandzeiten sowie dauerhaft stabile Qualität und sichern Betriebe so langfristig ab.

Über BOGE

Mit der Erfahrung von mehr als 115 Jahren gehört die BOGE Kompressoren Otto Boge GmbH & Co. KG zu den ältesten Herstellern von Kompressoren und Druckluftsystemen in Deutschland. Ob Schraubenkompressoren, Kolbenkompressoren, Scrollkompressoren oder Turbokompressoren, komplette Anlagen oder einzelne Maschinen – BOGE erfüllt unterschiedlichste Anforderungen und höchste Ansprüche. Präzise und qualitätsbewusst in allen Druckluftklassen. Seit 2023 gehört auch die INMATEC GaseTechnologie GmbH & Co. KG zur BOGE-Gruppe. Mit ihrer langjährigen Expertise in Entwicklung und Bau von Generatoren zur Erzeugung von Stickstoff und Sauerstoff ergänzt die in Herrsching ansässige Firma das Leistungsspektrum der BOGE-Gruppe um ein weiteres Kompetenzfeld für industrielle Gase. Kunden profitieren somit von einem integrierten Portfolio aus Druckluft- und Gasversorgung sowie einem globalen Vertriebs- und Servicenetz. Das international tätige Familienunternehmen beschäftigt nach eigenen Angaben rund 800 Mitarbeiter und wird von Dr. Sebastian Göbel und Dr. Björn Six geführt. Seinen internationalen Kunden bietet BOGE mit zahlreichen Verkaufsbüros und Tochtergesellschaften einen umfassenden Service. Das Unternehmen liefert seine Produkte und Systeme in weltweit mehr als 120 Länder.

➔ www.boge.com/de



Auf der Karlsruher PaintExpo präsentiert BOGE vom 24. bis 27. April effiziente Lösungen für höchste Luft und Gasreinheit in der industriellen Lackiertechnik (Bild: BOGE)

Lackierergebnis durch innovative Rotationsdüse verbessert

Düsenteknik der Schneestrahlsreinigung in Lackierautomaten ersetzt

Bei der Beschichtung von Anbauteilen aus Kunststoffen hat sich die Schneestrahlsreinigung als State of the Art-Verfahren etabliert. Zur Optimierung der Reinigungsqualität und damit des Lackierergebnisses ersetzte ein auf Interieur- und Exterieurkomponenten für die Automobilindustrie spezialisiertes Unternehmen die klassischen Düsen der in Lackierautomaten integrierten Schneestrahlsreinigung durch ein innovatives Rotationssystem, das auch auf der PaintExpo in Karlsruhe zu sehen sein wird.

Mit der vor rund einem Jahr erfolgten Übernahme durch die Aequita SE & Co. KGaA sind die Weichen bei der traditionsreichen KTX GmbH in Richtung Zukunft und weiteres Wachstum gestellt. Das auf innovative Interieur- und Exterieurkomponenten für die Automobilindustrie spezialisierte Unternehmen mit Sitz im bayerischen Weißenburg und Niederlassungen in Solingen sowie in Serbien und den USA deckt von der Konzeption bis zur Endmontage die gesamte Produktionskette ab. Gefertigt werden die hochwertigen Trimlösungen auf Spritzgussmaschinen mit einer Schließkraft von 80 bis 3200 Tonnen. Die anschließende Lackierung der Teile, die das Unternehmen am Firmensitz auch als Dienstleistung anbietet, zählt zu seinen Kernkompetenzen.

Fokussiert auf kontinuierliche Prozessverbesserung

Die Beschichtung erfolgt unter anderem mit Lackieranlagen des Herstellers Venjakob Maschinenbau GmbH, in die bei der damaligen Errichtung bereits eine CO₂-Schneestrahlsreinigung integriert war. Insbesondere bei Teilen, die eine hochglänzende Piano-Black-Op-

tik erhalten, sind nach Aussage von David Heidrich, Head of Paint Shop bei KTX in Weißenburg, absolut saubere Oberflächen ein Muss. *Selbst kleinste Staubpartikel oder Fasern verursachen Oberflächenirritationen und damit Ausschuss*, erklärt David Heidrich. *Wir sind daher immer an Lösungen interessiert, mit denen wir unsere Prozesse weiter optimieren können.* Eine solche Gelegenheit bot sich, als der Abteilungsleiter einen ehemaligen Kollegen aus der Technikerschule traf. Dieser arbeitete inzwischen als Applikationstechniker bei der acp systems AG, die mit ihrer quattroClean-Schneestrahlsreinigung zu den globalen Technologieführern zählt. Das Verfahren nutzt flüssiges, recyceltes Kohlendioxid als Reinigungsmedium, das durch eine verschleißfreie Zweistoff-Ringdüse geleitet wird. Das Kohlendioxid entspannt beim Austritt aus der Düse zu feinem CO₂-Schnee, der von einem separaten, ringförmigen Druckluft-Mantelstrahl gebündelt und auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt wird. Beim Auftreffen auf die zu reinigende Oberfläche entwickelt der Schnee-Druckluftstrahl eine Kombination aus thermischem, mechanischem, Lösemittel- und Sublimationseffekt.

Durch das Zusammenspiel dieser vier Wirkmechanismen werden partikuläre Verunreinigungen bis in den Submikrometerbereich und filmische Kontaminationen prozesssicher und reproduzierbar entfernt. Da das kristalline Kohlendioxid während des Prozesses vollständig sublimiert, sind die gereinigten Flächen rückstandsfrei trocken.

Höhere Reinigungsleistung in Versuchen nachgewiesen

Um die Leistungsfähigkeit der Technologie von acp mit der bisher eingesetzten zu vergleichen, wurden Versuche bei KTX vereinbart. Zum Einsatz kam zunächst ein mit sechs Düsen ausgestattetes Array, das außerhalb der Zulaufstrecke der Lackieranlage manuell über die Teile geführt wurde. *Bei den mit dem Düsenarray manuell gereinigten Teilen war die anschließende Lackierqualität besser*, berichtet Thomas Leimester, Head of Surface Development bei KTX. *Wir entschlossen uns deshalb, diese Lösung für die Integration in unsere Lackieranlage gemeinsam mit acp weiterzuentwickeln.* Wichtig war bei dieser Anpassung, die Sicherheit des vorhandenen Reinigungsmoduls von Venjakob zu erhalten



Bei der Lackierung von Interieurkomponenten für so genannte A-Bereiche sind saubere Oberflächen ein Muss, da selbst kleinste Staubpartikel und Fasern Oberflächenirritationen verursachen (Bild: KTX GmbH)



Bei den hochwertigen, im Spritzgießverfahren gefertigten Trimlösungen, sorgt der Einsatz des neuen Rotationsdüsensystems für eine verbesserte Prozessqualität und Prozessstabilität (Bild: KTX GmbH)

und die neue Reinigungseinheit in die bestehende Anlagensteuerung zu integrieren, was durch die hervorragende Zusammenarbeit der beteiligten Unternehmen möglich wurde.

Rotationsdüse als Lösung

Für die Aufgabenstellung bei KTX erwies sich das von acp neu entwickelte Rotationssystem als optimale Lösung. Diese Düsentechнологie ermöglicht bei der Entfernung von locker anhaftenden, partikulären Verunreinigungen eine hohe Flächenreinigungsleistung bei verringertem Kohlendioxid- und Druckluftverbrauch. Die Düsen stehen mit einem fest eingestellten 45°-Winkel sowie über Adapter anpassbarem Strahlwinkel zur Verfügung. Die Rotationseinheit kann mit verschiedenen Flügeln ausgestattet werden. Durch Versuche mit einer ebenfalls manuell geführten Strahleinheit mit drei Rotationsdüsen hat acp laut Heidrich nachgewiesen, dass damit ein ebenso gutes beziehungsweise sogar besseres Reinigungsergebnis erzielt wird.

Integration einer Einheit mit drei Rotationsdüsen

Die Integration in das Reinigungsmodul von KTX erfolgte mittels einer vierflügeligen Rotationseinheit, die mit drei Düsen bestückt ist. Die Strahlwinkel lassen sich hier teilespezifisch anpassen. Platziert ist die Rotationseinheit am Linearsystem des Reinigungsmoduls,

wofür einige kleinere Umbauarbeiten erforderlich waren. *Für die steuerungstechnische Synchronisation der neuen Strahleinheit mit der Lackieranlage haben wir Venjakob mit ins Boot geholt, konkretisiert Thomas Leimeister. Die Zusammenarbeit der beiden Unternehmen untereinander und mit uns war sehr gut und partnerschaftlich. Alle bei der Umstellung auftretenden Herausforderungen wurden reibungslos gemeistert, merkt sein Kollege an. Bei dem als Pilotprojekt erfolgten Umbau waren nach der Inbetriebnahme einige Optimierungen und Feinabstimmungen der Strahlwinkel für ein optimales Reinigungsergebnis erforderlich.*

Technisch und wirtschaftlich ein Erfolg

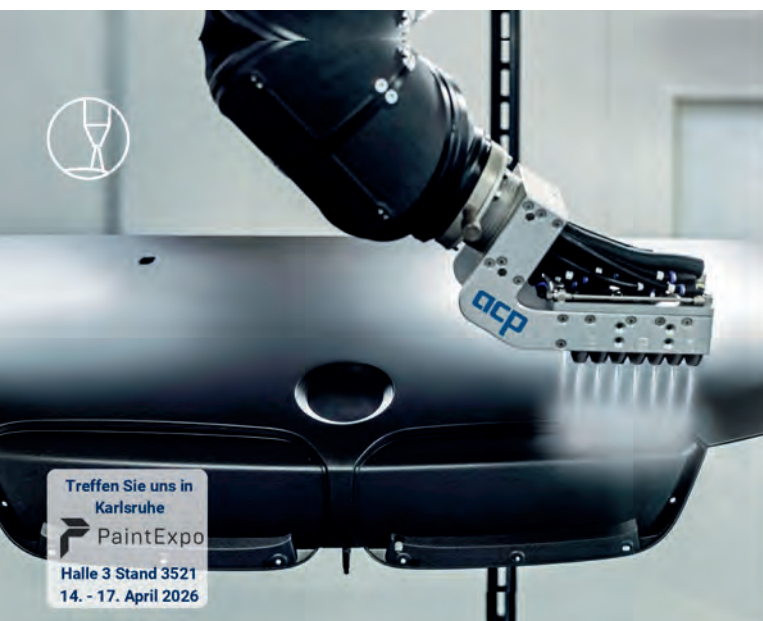
Inzwischen arbeitet KTX seit August 2024 mit der neuen Reinigungslösung im Serienbetrieb. Mit den Ergebnissen ist das Unternehmen sehr zufrieden, sodass die Ausstattung von weiteren Lackieranlagen mit der Reinigungslösung geplant ist. Technisch konnte das Unternehmen seinen Produktionsprozess spürbar verbessern und das auch hinsichtlich der Prozessstabilität. *Darüber hinaus erzielen wir aus kaufmännischer Sicht einen Mehrwert, sagt David Heidrich. Und nicht zuletzt haben wir aus diesem Projekt viel gelernt, so dass weitere Umbauten mit weniger Aufwand erfolgen können, ergänzt Thomas Leimeister.*



Die neue Reinigungslösung mit Rotationsdüsen sorgt sowohl aus technischer als auch kaufmännischer Sicht für einen Mehrwert
(Bild: KTX GmbH)

Die acp systems AG präsentiert diese sowie weitere kosten- und ressourcensparende, trockene quattroClean-Reinigungslösungen vom 14. bis 17. April auf der PaintExpo, Karlsruhe, in Halle 3, Stand 3521. Doris Schulz

➔ www.acp-systems.com



Treffen Sie uns in
Karlsruhe
PaintExpo
Halle 3 Stand 3521
14. - 17. April 2026

advanced
clean production
acp-systems.com

acp

Mit Schneestrahlsreinigung zur perfekten Lackierung

trocken, nachhaltig und rückstandsfrei

mit  **quattroClean**
technology

Technologieführer für advanced clean production
www.acp-systems.com · info@acp-systems.com



Die industrielle Fertigung steht unter zunehmendem Druck. Absatzmärkte, die jahrzehntlang als sicher galten, werden instabil. Robuste Lieferketten sind bedroht. Energie- und Materialkosten steigen, die Märkte verlangen nach immer mehr Varianten, und neue Produkte müssen immer schneller produktionsreif werden. In diesem Umfeld hat sich der Laser als zuverlässiges Fertigungswerkzeug etabliert, wie das Fraunhofer ILT berichtet. Seine physikalischen Grundlagen sind gut verstanden, viele laserbasierte Verfahren sind ausgereift und im industriellen Einsatz bewährt. Dadurch verlagert sich der Schwerpunkt der Forschung deutlich. Die zentrale Frage lautet nicht mehr, ob ein Verfahren mit einem Laser realisiert, sondern wie effizient, robust und wirtschaftlich es in der täglichen Produktion eingesetzt werden kann.

Die Produktivität ist einer der wichtigsten Aspekte der Forschungsarbeit am Fraunhofer-Institut für Lasertechnologie ILT. Damit sind nicht einfach höhere Bearbeitungsgeschwindigkeiten gemeint, sondern eine ausgewogene Kombination aus Durchsatz, Prozessstabilität und reproduzierbarer Qualität. Signifikante Gewinne werden selten durch isolierte Technologiesprünge erzielt. Vielmehr resultieren sie aus der intelligenten Kombination von Prozessen, der parallelen Ausführung von Schritten und der Skalierung bestehender Ansätze. Die Reduzierung von unproduktiven Zeiten und die effektivere Nutzung von verfügbaren Ressourcen haben oft eine größere Wirkung als die Optimierung einzelner Parameter.

Produktivität in der Lasertechnologie

Die Produktivität in der Lasertechnologie lässt sich nicht allein auf Laserleistung und Vorschubgeschwindigkeit reduzieren. Sie zeigt sich im Gesamtprozess: kurze Zykluszeiten, geringe Nebenzeiten, minimales Umspannen, wenig oder keine Nacharbeit und eine gleichbleibend stabile Qualität. Ein Prozess ist nur dann wirklich produktiv, wenn er im täglichen

Betrieb zuverlässig läuft, ohne dass ständige manuelle Anpassungen erforderlich sind.

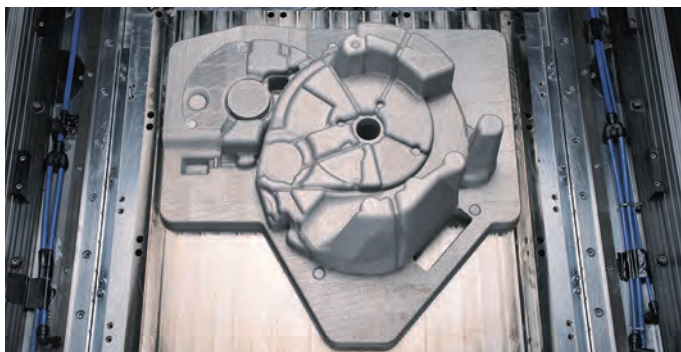
Gleichzeitig hat sich eine grundlegende Voraussetzung geändert. Laserenergie ist in vielen Anwendungsbereichen keine knappe oder unerschwinglich teure Ressource mehr. Hochleistungsquellen sind weit verbreitet und zusätzliche Watt tragen oft nur wenig zu den Gesamtkosten des Systems bei. Die entscheidende Frage ist daher nicht, wie viel Leistung zur Verfügung steht, sondern wie effizient sie in echte Produktivität umgewandelt werden kann. Hier liegen die Herausforderungen der Moderne. Nur wenn Laserquelle, Strahlführung, Prozessstrategie und Systemintegration aufeinander abgestimmt sind, lässt sich die verfügbare Leistung in einen höheren Durchsatz umsetzen. Ohne diese Umsetzung bleibt hohe Leistung nicht viel mehr als eine Zahl auf einem Datenblatt.

Laser-Kombinationsprozesse als Hebel für Produktivität

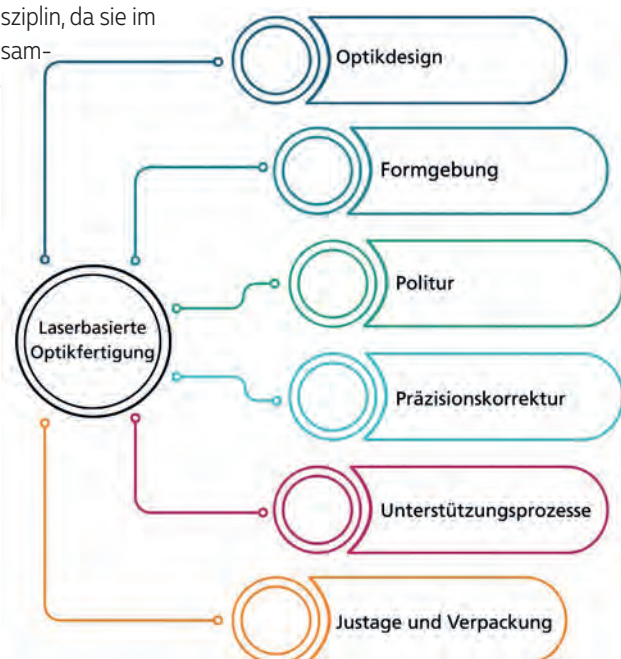
Laserkombinationsprozesse sind in diesem Zusammenhang die Königsdisziplin, da sie im Idealfall ein reibungsloses Zusammenspiel aller Prozesse er-

möglichen. Sie vereinen Ansätze, bei denen mehrere Bearbeitungsschritte innerhalb eines Systems, in einer eng aufeinander abgestimmten Abfolge oder gleichzeitig durchgeführt werden. Der Kerngedanke dabei ist ein produktiverer Gesamtworkflow. Durch die Integration zuvor getrennter Schritte können solche Konzepte herkömmliche Prozessketten verkürzen, Schnittstellen und Übergaben reduzieren und wiederholte Rüstvorgänge oder Umspannvorgänge vermeiden.

Diese Integration hat zwei direkte Auswirkungen auf die Produktivität. Erstens reduziert sie unproduktive Zeiten: weniger Transfers zwischen Maschinen, weniger Zwischenkontrollen, weniger nachträgliche Korrekturen. Zweitens ermöglicht sie es, Laserenergie und Prozesszeit genau dort einzusetzen, wo sie einen Mehrwert schaffen, anstatt durch Übergänge, Wartezeiten oder redundante Vorgänge verlorenzugehen. In vielen Fällen resultiert der Produktivitätsgewinn weniger aus dem Ausreizen eines Parameters bis an



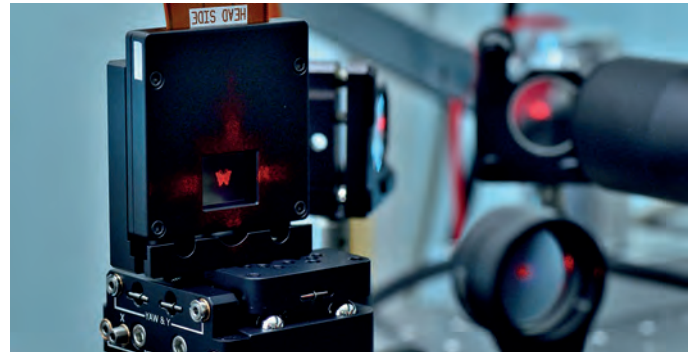
Erfolgreiches Gemeinschaftsprojekt zwischen Fraunhofer ILT, MacLean-Fogg und Toyota: Ein mittels Laser Powder Bed Fusion gefertigtes Werkzeuginlay für das Getriebegehäuse des Toyota Yaris Hybrid, hergestellt mit hybrider Technologie. Aufgrund des portalgesteuerten Großformatsystems können komplexe, widerstandsfähige Werkzeuge mit einem Volumen von über 20 000 cm³ auf einer konventionellen Vorform gedruckt werden
(©Fraunhofer ILT)



Die neue laserbasierte Prozesskette für die Optikfertigung am Fraunhofer ILT
(©Fraunhofer ILT)



Das SMaC-Verfahren kombiniert EHLA-Beschichtung mit mechanischer Bearbeitung, so wird die Herstellung von Korrosions- und Verschleißschutzbeschichtungen sowie funktionalen Oberflächen beschleunigt: EHLA auf der Oberseite, mechanische Bearbeitung auf der Unterseite
(© Fraunhofer ILT)



Beim optischen Stempeln kann der Strahl eines UltrakurzpulsLasers präzise in das gewünschte Muster geformt werden, wie in diesem Bild ein Schmetterling. Dadurch können Mikrostrukturen genau, reproduzierbar und in einem Bruchteil der zuvor benötigten Zeit erzeugt werden
(© Fraunhofer ILT)

seine Grenzen, sondern vielmehr aus der Gestaltung des Prozessablaufs, sodass jeder Schritt effizient auf dem vorherigen aufbaut.

Parallelisierung: mehr Wirkung im gleichen Zeitfenster

Prozesse parallel ablaufen zu lassen, ist eine der direktesten Methoden, die Produktivität zu steigern. Anstatt einzelne Schritte nacheinander auszuführen, entstehen mehrere Bearbeitungsergebnisse gleichzeitig. Dies verkürzt Zykluszeiten und nutzt Energie, Geräte und Arbeitszeit besser aus. Parallelisierung greift daher direkt an der Kernidee der Produktivität an: mehr Wertschöpfung innerhalb des gleichen Zeitfensters.

Ein gutes Beispiel ist *SCoRB* (Simultaneous Coating and Roller Burnishing): Das Verfahren kombiniert das extreme Hochgeschwindigkeits-Laserbeschichten (EHLA) mit Walzglätten in einem einzigen Arbeitsschritt. Noch während die aufgetragene Schicht warm ist, fährt ein Walzwerkzeug über die resultierende Oberfläche, verdichtet sie plastisch und glättet Rauheitsspitzen. Dies erzeugt eine dichte, druckgesättigte Oberflächenschicht mit hoher Oberflächenqualität ganz ohne Abtrag oder zusätzlichen Aufbau.

Ein ähnlicher Ansatz liegt dem Verfahren *SMaC* (Simultaneous Machining and Coating) zugrunde, das mechanische Bearbeitung mit EHLA in einem Arbeitsschritt kombiniert. Ebenfalls am Fraunhofer ILT entwickelt, löst SMaC ein grundlegendes Problem hochfester Schutzbeschichtungen, die vor Korrosion und Verschleiß schützen: je härter die Beschichtung, desto besser der Schutz, aber desto komplexer die Nachbearbeitung. Das Besondere an SMaC ist die Nutzung der Restwärme, die im EHLA-Prozess entsteht.

Parallele Prozesse verkürzen Zykluszeiten, verbessern die Prozesszuverlässigkeit und nutzen Ressourcen effizienter. Produktivitätsgewinne entstehen nicht durch schnelleres Arbeiten in isolierten Abschnitten, sondern durch das kontrollierte und stabile Erzeugen mehrerer Bearbeitungsschritte gleichzeitig.

Hochleistungs-Ultrakurzpuls-Laser für Flächenbearbeitung

Neben der Parallelisierung spielt die Skalierung von etablierten Prozessen eine zentrale Rolle bei der Verbesserung der Produktivität. Viele Laserprozesse sind im kleinen Maßstab gut verstanden, werden jedoch erst wirtschaftlich attraktiv, wenn sie auf größere Flächen oder höheren Durchsatz übertragen werden können. Dieser Wandel zeigt sich derzeit im Bereich der Ultrakurzpuls-Laser (UKP-Laser).

Ultrakurzpulstechnologie wurde lange Zeit vor allem mit hoher Präzision und geringer Materialbelastung in Verbindung gebracht, typischerweise bei moderater mittlerer Leistung. Heute verändert sich dieses Bild. UKP-

Laser im Kilowattbereich werden verfügbar und eröffnen neue Möglichkeiten für die produktive Oberflächen- und Volumenbearbeitung. Anwendungen, die bisher durch lange Bearbeitungszeiten begrenzt waren, bewegen sich nun in einem Bereich, der für die industrielle Fertigung relevant ist.

Doch höhere Leistung allein führt nicht automatisch zu höherer Produktivität. Entscheidend ist, wie diese Leistung auf das Werkstück gebracht wird. Geeignete Strahlformung, schnelle, präzise Strahlablenkung und angepasste Prozessstrategien sind essenziell, um die Energie effizient zu verteilen und unerwünschte Effekte wie Wärmeanhäufungen oder Instabilitäten zu vermeiden. Nur wenn diese Elemente aufeinander abgestimmt sind, entfaltet die Hochleistungs-Ultrakurzpulstechnologie ihr volles Produktivitätspotenzial. Ohne diesen systematischen Ansatz bleiben zusätzliche Watt ungenutzt, anstatt zu effektivem Durchsatz zu führen.

In vielen Laseranwendungen wird die Produktivität nicht durch den Laser selbst begrenzt, sondern durch die Art und Weise, wie Ener-



SERFILCO®
Pumpen & Filter
chemiebeständig · robust · langlebig

Der starke Partner für Industrie & Anlagenbau!

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

WERKSTOFFE

gie auf die Oberfläche übertragen wird. Scanstrategien sind äußerst flexibel und präzise, doch wenn große Flächen oder repetitive Mikrostrukturen benötigt werden, wird das Scannen schnell zum dominierenden Zeitfaktor. Jeder zusätzliche Pfad verlängert die Gesamtprozesszeit, selbst wenn ausreichend Laserleistung verfügbar ist.

Hier bietet das optische Stempeln einen grundlegend anderen Ansatz. Anstatt eine Struktur Punkt für Punkt oder Linie für Linie zu scannen, formt ein räumlicher Lichtmodulator den Strahl so, dass ein gesamtes Muster mit einem einzigen Laserpuls auf die Oberfläche übertragen wird. Komplexe Mikrostrukturen können so in einem Schritt erzeugt werden, anstatt durch Tausende einzelner Bewegungen.

Bei diesem Konzept sind Optik, Laserquelle und Prozessstrategie eng miteinander verbunden. Der klassische Bearbeitungspfad wird effektiv aus der Prozesskette entfernt. Produktivitätsgewinne entstehen nicht durch höhere Geschwindigkeit entlang eines Pfads, sondern durch das Ersetzen vieler einzelner Schritte durch eine kontrollierte Interaktion. So zeigt das optische Stempeln, wie neue Prozessprinzipien Produktivität erzeugen können, indem die Anwendung von Laserenergie in Zeit und Raum neu gedacht wird.

Hybride Fertigung

Die Idee der Prozesskombination geht weit über Laser-Laser-Interaktionen hinaus. In vielen Fällen lassen sich die größten Produktivitätssteigerungen erzielen, wenn laserbasierte Verfahren intelligent in konventionelle Fertigungsprozesse integriert werden. Anstatt etablierte Techniken zu ersetzen, ergänzt der Laser diese dort, wo seine Stärken am effektivsten zum Tragen kommen.

Ein gutes Beispiel hierfür ist die Herstellung von Hybridwerkzeugen. Große Grundkörper werden im Guss- oder Schmiedeverfahren hergestellt, die sich besonders für die Produktion großer Stückzahlen und einfacher Geometrien eignen. Funktionsbereiche wie komplexe Kühlkanäle oder lokal verstärkte Bereiche werden anschließend durch laserbasierte additive Fertigung hinzugefügt. Durch diese Arbeitsteilung kann jedes Verfahren in seinem optimalen Bereich eingesetzt werden. Aus Sicht der Produktivität bietet dieser Ansatz mehrere Vorteile. Die Gesamtfertigungszeit wird reduziert, da die additive Verarbeitung auf die Bereiche beschränkt ist, in denen sie einen entscheidenden Mehrwert bietet. Der Materialeinsatz wird effizienter,

da teure Legierungen nur dort eingesetzt werden, wo sie benötigt werden. Gleichzeitig kann die Werkzeugleistung durch integrierte Funktionalität verbessert werden, ohne die Gesamtkomplexität zu erhöhen. Die hybride Fertigung zeigt so, wie die Kombination von Laserprozessen mit konventionellen Verfahren zu wirtschaftlicheren und robusteren Produktionsstrategien führen kann.

Von einzelnen Schritten zu integrierten Lösungen

In vielen Fällen werden die größten Produktivitätsgewinne nicht durch die Optimierung eines einzelnen Prozessschritts erzielt, sondern durch die Neugestaltung der gesamten Prozesskette. Traditionelle Fertigungswege bestehen oft aus einer Abfolge von isolierten Vorgängen, die jeweils eigene Setups, Handhabungen und Qualitätskontrollen erfordern. Während jeder Schritt für sich effizient sein mag, summieren sich in der Gesamtkette Zeitverluste und Variabilitätsquellen.

Laserbasierte Prozessketten bieten einen alternativen Ansatz, wie ein Forschungsprojekt am Fraunhofer ILT zeigt. Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen nutzen Laserprozesse, die von der Formgebung und Materialabtragung bis hin zur Oberflächenveredelung und funktionalen Strukturierung reichen. Digitale Planung und Simulation verknüpfen diese Schritte von Anfang an, um sicherzustellen, dass jeder Vorgang optimal auf den nächsten abgestimmt ist.

Dieser integrierte Ansatz reduziert Schnittstellen zwischen den Prozessen und minimiert manuelle Eingriffe. Weniger Übergaben bedeuten weniger Fehlerquellen und einen verringerten Bedarf an Zwischenkorrekturen. Gleichzeitig ermöglicht digitale Steuerung eine reproduzierbare Qualität über die gesamte Prozesskette hinweg. In diesem Kontext ersetzt die Kombination von Laserprozessen nicht einfach einzelne konventionelle Schritte; sie substituiert lange, zeitintensive Sequenzen durch einen kohärenten, digital gesteuerten Workflow, der sowohl höhere Produktivität als auch größere Konsistenz liefert.

Gemeinsame Erfolgsfaktoren über alle Ansätze hinweg

Egal, ob Produktivitätsgewinne durch Parallelisierung, hybride Fertigung oder völlig neue Prozessprinzipien erzielt werden – die zugrunde liegenden Erfolgsfaktoren bleiben weitgehend dieselben. Laserprozesse werden nur dann wirklich produktiv, wenn sie innerhalb stabiler und gut verstandener Pro-

zessfenster arbeiten. Ohne diese Stabilität verstärken höhere Geschwindigkeit oder größere Integration lediglich die Variabilität, anstatt einen echten Mehrwert zu schaffen.

Überwachung und Steuerung spielen daher eine zentrale Rolle. In-situ-Sensorik, Echtzeit-Datenauswertung und geschlossene Regelkreise helfen, die Prozesse auch unter sich ändernden Bedingungen im optimalen Bereich zu halten. Dies reduziert Ausschuss, minimiert den Bedarf an Nacharbeit und ermöglicht es Systemen, über lange Zeiträume zuverlässig zu laufen.

Ebenso wichtig ist ein systematischer *Design-for-Laser*-Ansatz. Komponenten und Prozessketten müssen von Anfang an mit Blick auf den Laser konzipiert werden, anstatt nachträglich angepasst zu werden. In diesem Kontext gewinnt künstliche Intelligenz in der Lasertechnologie zunehmend an Bedeutung. Datengetriebene Methoden unterstützen die Prozessoptimierung, die Auswahl von Parametern und die vorausschauende Wartung. Richtig eingesetzt stärken sie die Robustheit und Reproduzierbarkeit. Produktivität entsteht somit nicht durch einzelne Technologien allein, sondern durch das Zusammenspiel von Hardware, Software und intelligenter Prozessgestaltung innerhalb eines kohärenten Systems.

Von der Demonstration zur industriellen Produktion

Die Übertragung vielversprechender Konzepte von Labordemonstrationen in robuste und skalierbare Produktionsumgebungen erfordert Ingenieurserfahrung, Systemverständnis und eine enge Zusammenarbeit mit der Industrie. Prozesse müssen beweisen, dass sie über lange Zeiträume zuverlässig arbeiten können, Schwankungen in Materialien und Komponenten tolerieren und sich nahtlos in bestehende Produktionslinien integrieren lassen.

In dieser Übergangsphase spielen erfahrene Forschungspartner eine entscheidende Rolle. Mit ihrer langjährigen Expertise in laserbasierter Fertigung, Systemintegration und anwendungsorientierter Forschung unterstützt das Fraunhofer ILT die internationale Industrie dabei, innovative Laserkonzepte in produktive industrielle Lösungen umzusetzen. Der Fokus liegt dabei nicht nur auf technologischer Exzellenz, sondern darauf, Prozesse zu schaffen, die in realen Fertigungsumgebungen messbare Produktivitätsgewinne liefern.

➔ www.ilt.fraunhofer.de

Höchste Präzision für Lack- und Materialprüfung

Auf der PaintExpo 2026 in Karlsruhe präsentiert die Helmut Fischer GmbH vom 14. bis 17. April modernste Lösungen zur Schichtdickenmessung, Materialanalyse und Werkstoffprüfung.

Auf der diesjährigen PaintExpo erfahren Besucher alles über modernste Lösungen im Bereich der industriellen Lackiertechnik. Als Komplettanbieter für hochpräzise Messtechnik zur Qualitätssicherung von Farb- und Lackoberflächen zeigt Fischer sein umfassendes Produktportfolio und berät Anwender zu ihren Messaufgaben.

Im Fokus steht nach Mitteilung des Unternehmens die DMP®-Serie. Mit einer breiten Modellpalette an Handgeräten für Schichtdickenmessung und Werkstoffprüfung bietet die Serie maximale Flexibilität für unterschiedlichste Anwendungen. Die Modelle



Die DMP®-Serie von Fischer: der Allrounder für präzise Schichtdickenmessungen

(Bild: Helmut Fischer)

DUALSCOPE®, DELTASCOPE® und ISOSCOPE® überzeugen durch ihre einfache Handhabung und liefern selbst bei dünnsten Beschichtungen und an schwer zugänglichen Messstellen präzise Messergebnisse mit hoher Wiederholgenauigkeit. In Kombination mit der Fischer Software FISIQ® T lassen sich Daten unkompliziert über USB-C oder Bluetooth übertragen und detaillierte Reportings erstellen. Mit dem FISCHERSCOPE® MMS® Automation gibt Fischer einen Einblick in seine Automationslösungen.

Ergänzend zu den Messgeräten wird zusätzlich ein Teil des breiten Portfolios an Messsonden für unterschiedlichste Anwendungen ausgestellt. Mit über 100 Standardsonden sowie zahlreichen Spezial- und digitalen Sonden steht für nahezu jede Messaufgabe die passende Lösung zur Verfügung. Verschiedene Gehäuseformen, robuste und verschleißgeschützte Sondenpole sowie integrierte Kompensationsmechanismen ermöglichen präzise Messungen selbst auf komplexen oder schwer zugänglichen Geometrien. Damit lässt sich auf der PaintExpo 2026 auch für anspruchsvolle Aufgaben die passende Lösung finden.

Interessierte haben am Stand von Fischer (Halle 3, Stand 3110) die Möglichkeit, sämtliche Geräte, Sonden und die Software ausführlich zu testen. Messexperten von Fischer stehen dabei beratend zur Seite und informieren umfassend über die verschiedenen Messlösungen, Anwendungsbereiche und innovativen Technologien der Fischer Produkte.

Über die Helmut Fischer Gruppe

Unter dem Motto *Measuring Made Easy* entwickelt und fertigt die Helmut Fischer Gruppe seit 1953 hochpräzise Messgeräte zur Schichtdickenmessung, Materialanalyse und Werkstoffprüfung für Industrie und Labor. Die Mess- und Analysegeräte des Unternehmens finden sich überall dort, wo hohe Präzision, Zuverlässigkeit und einfache Handhabung gefordert sind; ganz gleich ob für die Automobilindustrie, Galvanik, Halbleiterindustrie, Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik, den Korrosionsschutz oder die Edelmetallanalyse. Mit 21 Tochtergesellschaften und über 50 Vertretungen weltweit bietet das Unternehmen eine bestmögliche Beratung und einen exzellenten Rundum-Service vor Ort.

➔ www.helmut-fischer.com

GusChem

G. & S. PHILIPP CHEMISCHE PRODUKTE

Die effiziente Art der Wasserbehandlung.

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

Wir beraten Sie gerne persönlich über die

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



Besuchen Sie uns auf www.guschem.de

GusChem® - Qualität, die überzeugt!

Schnellere Qualifizierung von Bauteilen in Wasserstoffanwendungen: Start eines Forschungsprojekts

Das Forschungsprojekt HyLife des Fraunhofer IWM und National Institute of Standards and Technology NIST zielt darauf ab, ein physikbasiertes Prognosewerkzeug für die Lebensdauer für Materialien im Kontakt mit Wasserstoff zu entwickeln. Durch innovative Testmethoden und Materialmodelle soll die Lebensdauer von Komponenten unter Wasserstoffeinfluss zuverlässig vorhergesagt und somit entscheidend zur Sicherheit und Effizienz von Infrastrukturen der Wasserstoffwirtschaft beigetragen werden.

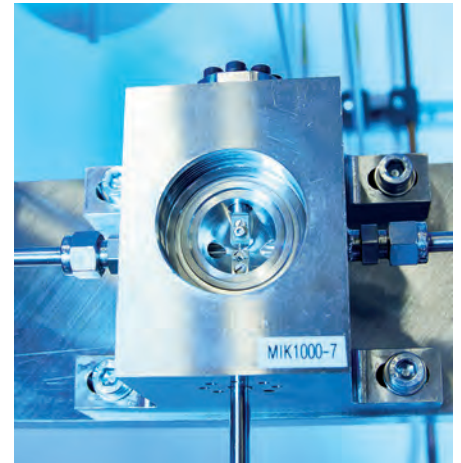
Die Nutzung von Wasserstoff als Energieträger ist abhängig von sicheren Infrastrukturen für dessen Speicherung und Transport. Werkstoffe und Bauteile für Druckbehälter und Rohrleitungen von gasförmigem Wasserstoff müssen hinsichtlich ihrer Anfälligkeit für Wasserstoffversprödung getestet und qualifiziert werden. Aktuell werden viele Komponenten, die mit Druckwasserstoff in Kontakt kommen, sehr konservativ ausgelegt oder sehr zeit- und kostenintensiven mechanischen Bruch- und Ermüdungsprüfungen unterzogen. Die Qualifizierung neuer Werkstoffe für Wasserstoffanwendungen kann mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Die Materialcharakterisierung und -qualifizierung ist daher für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft ein Erfolgsfaktor.

Genau hier setzt das Forschungsprojekt *HyLife* an, eine Kooperation des Fraunhofer-Instituts für Werkstoffmechanik IWM mit dem National Institute for Standards and Technology (NIST) in den USA, das gerade begonnen hat und bis 2028 laufen wird. Die Fraunhofer-Gesellschaft fördert in ihrem For-

schungsprogramm ICON – International Cooperation and Networking – die strategische Zusammenarbeit zwischen Fraunhofer und einem herausragenden internationalen Forschungspartner.

Übergreifendes Ziel von HyLife sind weniger konservative, dennoch zuverlässige Konstruktionsrichtlinien für Komponenten, die unter Druckwasserstoff betrieben werden. Dafür werden schnellere und aussagekräftigere Qualifizierungskonzepte für Bauteile von Wasserstoffinfrastrukturen entwickelt. Die Vorteile liegen auf der Hand: Eine materialeffizientere Konstruktion von Infrastrukturen und eine zeit- und kosteneffiziente Qualifizierung von Komponenten unterstützen den beschleunigten Aufbau der nachhaltigen Energiewirtschaft.

Der Schlüssel dafür ist ein validiertes physikalisches Vorhersagemodell für die Lebensdauer von Stahlteilen mit Schweißnähten. Mit dem Modell soll die Schädigung von Materialien im Kontakt mit Wasserstoff auf Basis ihrer Mikrostruktur und einiger physikalischer Kenndaten zuverlässig vorhergesagt werden.

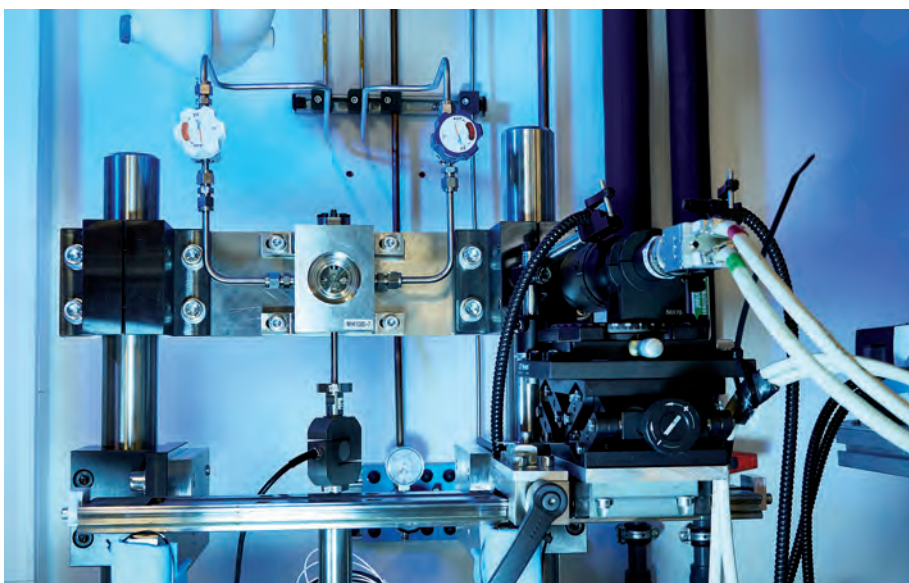


Mikrozugprobe (6 mm Länge, Stegbreite 0,4 mm) in der Prüfkammer in Probenhaltern montiert
(Bild: IWM / Kai Wudtke)

Dies soll ein Paradigmenwechsel in der Lebensdauerprognose werden und den Bedarf aufwendiger und teurer Versuche zur Entstehung und Ausbreitung von Rissen für die Sicherheitsbewertung verringern. Dadurch können die Produktionskosten gesenkt und Innovationszyklen beschleunigt werden.

Auf dem Weg zum Modell kommt eine innovative Mikroproben-Prüftechnik des Fraunhofer IWM zur Bestimmung der Bruchzähigkeit und des Risswachstums zum Einsatz. Die Messergebnisse werden mit einzigartigen Hochdurchsatz-Ermüdungstests auf der Makroskala des NIST abgeglichen. Auch bei der präzisen Messung der Dekohäsion mechanisch belasteter Korngrenzen, die zu einem besseren Verständnis von lokalen Schädigungen durch Wasserstoff führen soll, ergänzen sich die Partner bei der Mikrostrukturanalyse, Materialdatenverwertung und Modellbildung. Ziel ist, dass das Vorhersagemodell mit weniger Materialkenndaten auskommt und gleichzeitig die wasserstoffinduzierte Entstehung und Ausbreitung von Rissen auf der Mikroskala besser berücksichtigt.

Mit dem Wasserstoffgas-Mikroautoklaven können quasi-statische Zugprüfungen so-



Wasserstoffgas-Mikroautoklav-Aufbau für mechanische Insitu-Tests in gasförmigem Wasserstoff an Mikroproben
(Bild: IWM / Kai Wudtke)

wie mechanische Ermüdungs- und Bruchexperimente an Mikroproben bis zu einem Wasserstoffgasdruck von 5 MPa (50 bar) durchgeführt werden. Die Kammer des Mikroautoklaven fasst maximal eine Menge an Druckwasserstoff, die vier Liter Wasserstoff bei Atmosphärendruck entspricht.

Der Projektplan sieht vor, dass das HyLife-Modell direkt in den Normen ASME B31.12 und ISO 11114-4 für die Auslegung von Bauteilen Anwendung findet, und so die Sicherheit und Effizienz in der Wasserstoffwirtschaft erhöht.

Komplementäre Expertisen für sichere Wasserstoffinfrastrukturen

Das Fraunhofer IWM ist auf die Aufklärung von Schädigungsmechanismen in Werkstoffen spezialisiert und bringt eine besondere

Expertise in der Charakterisierung und Modellierung von Werkstoffen auf der Mikroskala ein. So können präzise Materialkenndaten direkt aus kritischen Bauteilbereichen gewonnen werden.

Das National Institute of Standards and Technology (NIST) ist die führende Forschungsorganisation und Normungsbehörde der USA. Die Fatigue and Fracture Group am NIST zeichnet sich weltweit gesehen in Hochdurchsatz-Ermüdungstests in Wasserstoff auf der Makroskala aus. Durch die Zusammenarbeit mit Normungsgremien wie ASME und ISO fließen die Ergebnisse der Forschung am NIST direkt in die Entwicklung und Aktualisierung relevanter Normen ein.

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM arbeitet an der Nachhaltigkeit

in der industriellen Wertschöpfung. Mit seinen Forschungs- und Entwicklungsleistungen eröffnet es seinen Partnern Wege und Gestaltungsräume für Langlebigkeit und Sicherheit in Bauteilen, Ressourceneffizienz in Prozessketten sowie Energieeffizienz in Maschinen. Dazu macht das Institut Werkstoffe in Prozessketten, Bauteilen und Maschinen mit ihrem Verhalten und ihren Eigenschaften berechenbar. Die Auswirkungen von mechanischen, tribologischen, thermischen, elektrischen und chemischen Beanspruchungen auf die Funktion und die Beständigkeit von Werkstoffen werden erforscht und Lösungen entwickelt, damit diese in Prozessen und Bauteilen wie einstellbare Systeme genutzt werden können.

➔ www.iwm.fraunhofer.de

Kasseler Forschungsergebnisse verbessern Einsatzfähigkeit von Hochleistungsmaterialien in Triebwerken

Ein Forschungsteam der Universität Kassel hat neue Erkenntnisse zur Sicherheit von Hochleistungswerkstoffen gewonnen, die in Flugzeugtriebwerken eingesetzt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass nickelbasierte Materialien auch unter schockartigen mechanischen Belastungen und hohen Temperaturen ihre außergewöhnliche Festigkeit beibehalten. Die Ergebnisse wurden in der renommierten internationalen Fachzeitschrift *Acta Materialia* veröffentlicht.

Die vom Forschungsteam erlangten Erkenntnisse liefern wichtige Grundlagen für die Auslegung von robusteren und sichereren Triebwerkskomponenten in der zivilen Luftfahrt; langfristig tragen sie zur weiteren Verbesserung der Flugsicherheit bei. Die Studie wurde von Prof. Dr. Benoit Merle vom Institut für Werkstofftechnik, Fachgebiet Mechanisches Verhalten von Werkstoffen, der Universität Kassel geleitet. Untersucht wurde eine intermetallische Phase (Ni_3Si), die als Modellmaterial für sogenannte Nickelbasis-Superle-

gierungen dient, die in Flugzeugtriebwerken eingesetzt werden.

Ein besonderes Merkmal dieser Materialien ist die sogenannte Fließspannungsanomalie: Anders als gewöhnliche Metalle werden sie bei steigenden Temperaturen zunächst fester. Dieser Effekt ist für die mechanische Zuverlässigkeit von Triebwerken entscheidend, da sie aus Effizienzgründen bei extrem hohen Temperaturen ($> 1000\text{ C}$) betrieben werden, die bei klassischen Metallen zur Aufweichung führen würden.

Bisher war jedoch unklar, ob dieser zentrale Mechanismus auch bei schockartigen Belastungen erhalten bleibt, wie sie beispielsweise bei Vogelschlägen, Trümmeraufprall oder bei harten Landungen auftreten können. Mit Hilfe neuartiger Nanoindentierungs-Experimente – einer Methode, bei der mechanische Eigenschaften im Nanometerbereich gemessen werden – konnte das Kasseler Team zeigen, dass die Fließspannungsanomalie auch bei hohen Belastungsgeschwindigkeiten be-

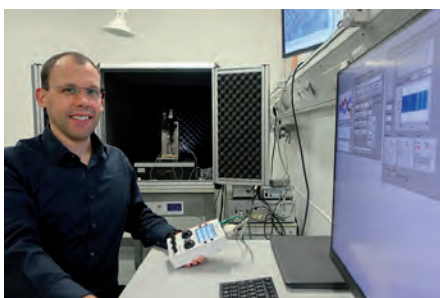
stehen bleibt und sich sogar bis in höhere Temperaturbereiche ausdehnt. Dass diese Erkenntnis nun gesichert ist, verbessert die Einsatzmöglichkeiten dieser Materialien in Triebwerken.

Die Arbeiten entstanden in Zusammenarbeit mit Prof. George M. Pharr aus der Texas A&M University (USA), einem international führenden und hochzitierten Experten auf dem Gebiet der Nanomechanik der Werkstoffe. Das Projekt wurde durch den European Research Council (ERC) im Rahmen des EU-Forschungsprogramms *Horizon 2020* gefördert (Grant Agreement Nr. 949626).

Originalpublikation

Merle et al.: High strain rate persistence of the strength anomaly in the L1_2 intermetallic compound Ni_3Si evidenced by nanoindentation testing; *Acta Materialia* (2025), Volume 284, 120598, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2024.120598>

➔ www.uni-kassel.de



Prof. Dr. Benoit Merle (Bild: Uni Kassel)

So stimmt die Chemie beim Schleifen

Beim Schleifen entscheiden winzige Unebenheiten über Gutteil oder Ausschuss. Für den perfekten Schliff muss in der Fabrik nicht nur die Mechanik stimmen, sondern auch die Chemie. So rückt eine oft unterschätzte Komponente in den Fokus: der Kühlschmierstoff (KSS). Voraussetzung für die autonome Fertigung und optimale Schleifergebnisse ist eine datenbasierte KSS-Überwachung. Sie ist das Bindeglied zwischen Chemie und Mechanik und macht den Schleifprozess durch standardisierten Datenaustausch und den Einsatz digitaler Zwillinge robuster, effizienter und nachhaltiger. Hier kommt auch die Konnektivitätsinitiative umati (Universal Machine Technology Interface) ins Spiel, die den reibungslosen Datentransfer in der Fabrik gewährleistet. Als weltweite Community des Maschinenbaus ermöglicht umati auf Basis des Kommunikationsstandards OPC UA, dass Maschinen herstellerübergreifend miteinander kommunizieren können. Dies schafft die notwendige Interoperabilität, um Daten aus der KSS-Überwachung nahtlos in übergeordnete IT-Systeme oder Cloud-Plattformen zu integrieren und so den Weg für die Plug-and-Play-Anbindung im industriellen Ökosystem zu ebnen. Auf der Fachmesse GrindingHub, die der VDW (Verein Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken) vom 5. bis 8. Mai 2026 in Stuttgart veranstaltet, werden die Besucherinnen und Besucher mehr über die optimierte KSS-Versorgung für höchste Oberflächengüten erfahren.

Energieeinsparung von bis zu 27 Prozent

Bei bedarfsgerechter KSS-Zufuhr winken hohe Effizienz- und Produktivitätsgewinne, wie die wissenschaftliche Forschung herausgefunden hat. *Bereits in den Grundlagenuntersuchungen konnten Prozessfenster identifiziert werden, in denen der Energiebedarf beim Schleifen um bis zu 27 Prozent reduziert werden konnte, ohne Einbußen bei Werkstückqualität oder Werkzeugverschleiß*, sagt Prof. Berend Denkena, Leiter des Instituts für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW) der Leibniz Universität Hannover. *Gleichzeitig ließ sich das Zeitspannvolumen um bis zu 20 Prozent steigern, was eine deutliche Produktivitätssteigerung ermöglicht.* Bedarfs-

gerechte KSS-Versorgung soll diese Potenziale künftig systematisch und reproduzierbar in die industrielle Anwendung übertragen.

Auch mit Blick auf die Nachhaltigkeit in der industriellen Produktion ergeben sich positive Effekte. Bedarfsgerechte KSS-Versorgung ermöglicht laut Prof. Denkena eine Reduzierung des Kühlschmierstoffverbrauchs und senkt damit nicht nur den Energiebedarf im Schleifprozess, sondern auch den Aufwand für Herstellung, Aufbereitung und Entsorgung des KSS. Prof. Denkena ist Mitglied der WGP (Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik), die zum Thema bedarfsgerechter Einsatz von Kühlschmierstoffen seit vielen Jahren forscht. Durch stabilere Prozessbedingungen ließen sich zudem Werkzeugstandzeiten erhöhen und Ausschuss sowie Nacharbeit reduzieren. Insgesamt trage dies zu einem effizienteren Ressourceneinsatz und einer nachhaltigeren industriellen Produktion bei.

Schleifkräfte und Spindelleistung im Blick

Bedarfsgerechte KSS-Versorgung basiert auf der kontinuierlichen Erfassung prozessnaher Zustandsgrößen und deren Nutzung zur adaptiven Regelung der Kühlschmierstoffzufuhr, erklärt Denkena. Am IFW wurden hierfür zunächst die Grundlagen der KSS-Versorgung in der Schleifkontaktzone untersucht. Darauf aufbauend werden aktuell sensor- und regelungstechnische Konzepte entwickelt, um künftig eine bedarfsgerechte und automatisierte KSS-Versorgung zu realisieren. Daten sind dabei der wichtigste Rohstoff. In den Grundlagenuntersuchungen wurden dem Forscher zufolge kühlsmierstoffbezogene Größen wie Volumenstrom, Temperatur und Druck sowie prozessnahe Kenngrößen wie

Schleifkräfte, Spindelleistung und werkstückbezogene Eigenschaften erfasst. Dabei wurde analysiert, wie sich veränderte KSS-Bedingungen auf den Schleifprozess auswirken. Aufbauend darauf sollen künftig sensorisch erfasste Daten genutzt werden, um Zielgrößen wie Energieeffizienz, KSS-Bedarf, Werkzeugverschleiß und Werkstückqualität gezielt zu beeinflussen.

Gesunde Emulsion ohne Schaum und Infektionen

Das optimale KSS-Management in der Fabrik treibt auch den Schmierstoffhersteller Fuchs SE aus Mannheim um. *Ein effizientes KSS-Management basiert im Wesentlichen auf vier zentralen Bausteinen*, sagt Alexander Kaiser, Head of Global Product Line Smart Services & Digital Business Partner bei Fuchs, und zählt sie der Reihe nach auf: erstens das Anmischen einer stabilen Emulsion mit möglichst feiner Tropfenstruktur unter Verwendung einer bekannten und empfohlenen Wasserqualität; zweitens die kontinuierliche Überwachung des Gesundheitszustands der Emulsion, um ihre Leistungsfähigkeit dauerhaft sicherzustellen; drittens ein regelmäßiger Nachsatz mit frischer Emulsion zur Kontrolle der Konzentration und zum Ausgleich von Volumenverlusten; und viertens das gezielte Additivieren zur Bekämpfung von Infektionen oder Schaumbildung. *Teile des Prozesses können teilautomatisiert oder vollständig automatisiert werden*, sagt Fuchs-Manager Kaiser. Automatisierung sei dann sinnvoll, wenn die Applikation stabil sei und keinen starken Schwankungen unterliege. Außerdem sei auch die Wirtschaftlichkeit zu beachten, da Automation immer auch Investition bedeute.



Bedarfsgerechte KSS-Zufuhr beim Schleifen bietet laut Prof. Berend Denkena, Leiter des IFW der Leibniz Universität Hannover, Energieeinsparung von bis zu 27 %

(Bild: Leibniz Universität Hannover)

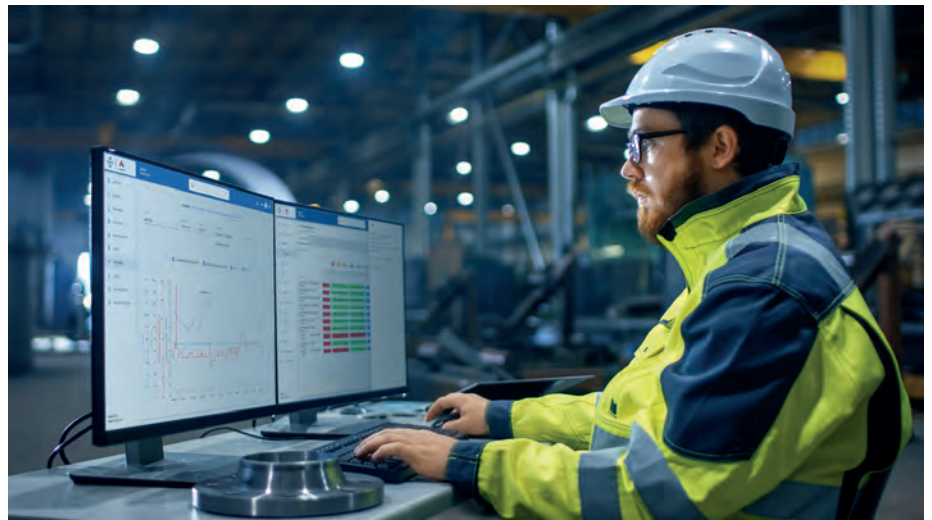
Digitale Zwillinge in der Cloud

Bei der Automatisierung werde mindestens die aktuelle Konzentration durch Inline-Refraktometer ermittelt. Zusätzlich werde der aktuelle Füllstand des KSS-Tanks erfasst. Über die Zielkonzentration für die Applikation ermittelt die Automatisierung dann die notwendige Nachsatzmenge und deren Konzentration, um die Emulsion auf einem konstanten Konzentrationsniveau zu halten. *Alle Produktionsmittel, beispielsweise Maschinen, und ihre Schmierpunkte werden als digitale Zwillinge in unserer cloudbasierten Service-Management-Plattform LubeLink Fluids-Connect abgebildet*, sagt Kaiser. Der aktuelle Zustand, Nachsatzmengen sowie der gesamte Pflegeprozess werden über dieses System erfasst, geplant und nachhaltig abgesichert. Dadurch kenne das Smart-Services-Team jederzeit den Zustand der Produktion und könne frühzeitig Maßnahmen ergreifen, um ungeplante Stillstände zu vermeiden.

Riechen, sehen, messen

Für KSS wird typischerweise in kurzen Intervallen die Konzentration bestimmt – entweder per Refraktometer (automatisiert oder manuell), durch Titration vor Ort oder mittels detaillierter Laboranalysen. Zusätzlich werden regelmäßig pH- und Nitritwerte gemessen. Abstriche dienen der Erkennung von möglichen bakteriellen Infektionen. Teilweise werden auch Geruch und optischer Zustand dokumentiert. Auf Basis dieser Informationen werden Nachsatzzyklen sowie Reinigungsintervalle der Tanks geplant. *LubeLink unterstützt mit Einsatzplänen und Meldungen die effiziente Koordination der Experten vor Ort*, sagt Kaiser. Bei vollautomatischem Nachsatz werde zudem regelmäßig die Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit des Equipments überprüft. Alle Daten, unabhängig davon, ob sie automatisiert oder manuell erfasst wurden, werden zentral in FluidsConnect gespeichert und bereitgestellt.

Ob sich der ganze Aufwand für den industriellen Anwender lohnt, ist letztlich ein kaufmännisches Rechenexempel, da die Höhe der Effizienz- und Produktivitätsgewinne durch automatisiertes KSS-Management beim Schleifen je nach Anwendungsfall variiert. Laut Kaiser können Personalkosten als auch Fluidkosten eingespart werden, im Wesentlichen durch Verlängerung der Standzeiten. Diese Einsparungen müssen allerdings der Investition in die Automatisierung entgegengestellt werden. Eine zeitnahe Amortisation sei nicht in allen Märkten, bei allen Kunden und Appli-



Alle Daten im Blick: Der Schmierstoffhersteller Fuchs SE aus Mannheim bildet Maschinen und ihre Schmierpunkte als digitale Zwillinge in einer cloudbasierten Plattform ab (Bild: Fuchs SE)

kationen gewährleistet. In allen Fällen steigere professionelles KSS-Management jedoch die Produktivität, indem Ausfallzeiten auf ein Minimum reduziert würden und die gewünschte Qualität der produzierten Teile sichergestellt werden könne.

Weniger Wasser, Additive und Energie

Hinzu kommt dabei der ökologische Nutzen. Durch Standzeitverlängerung des KSS würden sowohl benötigtes Konzentrat als auch genutztes Frischwasser verringert. Gleichzeitig reduzierten sich Emulsionen, die entsorgt werden müssten. Durch den konstant guten Gesundheitszustand der Emulsion wird auch die Nutzung von Additiven reduziert oder gar komplett vermieden. *Auch zu erwähnen ist, dass Standzeitverlängerungen der Werkzeuge und perfekte Schmierung zu spürbaren Energieeinsparungen führen können*, so Kaiser. Eine Datenverarbeitung in der Cloud bietet zusätzliche Vorteile: *Immer aktuell, überall verfügbar, zentrale Datenbasis sowie hohe Ausfallsicherheit*, fasst Kaiser die Vorteile zusammen. Neue Funktionen, Sicherheitsupdates und Verbesserungen stünden durch die Cloud sofort bereit. Der Zugriff sei von jedem Standort, jedem Gerät und zu jeder Zeit möglich, was perfekt sei für globale Produktionsnetzwerke. Daten aus Maschinen, Sensoren, Laboren und Serviceeinsätzen seien in einem System verfügbar – ohne Datensilos, Versionskonflikte und Medienbrüche. Und redundante Systeme und professionelles Monitoring sorgten für Betriebsstabilität.

Daten bleiben in Deutschland

Zentral für den Anwender ist dabei, dass die Daten in der Cloud auch sicher gespeichert

sind. *Wir sind uns der zentralen Bedeutung von IT-Sicherheit bewusst*, bekräftigt Kaiser. LubeLink sei eine cloudbasierte Plattform, die auf modernsten Webtechnologien aufbaue. Die Anwendung werde in Deutschland gehostet. *Da sich LubeLink stetig weiterentwickelt, lassen wir sowohl die Anwendung als auch die Hosting-Umgebung regelmäßig von einem unabhängigen externen Partner prüfen und zertifizieren*, sagt der Fuchs-Manager. Bislang seien keinerlei Schwachstellen oder Sicherheitsprobleme festgestellt worden – *ein Ergebnis, auf das wir stolz sind*. So bieten wir unseren Kunden ein modernes, leistungsfähiges und zugleich äußerst sicheres System für das Management ihrer Schmierprozesse, erklärt Kaiser.

KI verspricht noch mehr Effizienz

Beim datenbasierten KSS-Management verspricht maschinelles Lernen in Zukunft weitere Effizienzgewinne. *Wir nutzen eine Vielzahl moderner Technologien, um aus den verfügbaren Daten echten Mehrwert für unsere Kunden zu schaffen*, sagt der KSS-Experte. Wo es sinnvoll sei, kämen dabei auch Verfahren der künstlichen Intelligenz zum Einsatz. *Dank unserer langjährigen Erfahrung und der über die Zeit aufgebauten Datenbasis können wir Anomalien in Schmierapplikationen frühzeitig erkennen – und in vielen Fällen sogar vorhersagen*. Im Mittelpunkt der Gespräche mit den Kunden stehe jedoch nicht die Frage, welche Algorithmen oder Technologien eingesetzt werden, sondern wie die Produktion produktiver, effizienter und nachhaltiger gestaltet werden könne, so Alexander Kaiser.

Daniel Schaubert

➔ www.grindinghub.de

≡ Mit Forschung und Know-how zu echten Komplimenten für nachhaltige und smarte Lackiertechnik

Wenn sich im April 2026 die internationale Beschichtungsbranche wieder zur PaintExpo in Karlsruhe trifft, bringt das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA erneut frischen Forschergeist in die Messehalle. Unter dem Motto *Finishing for Compliments – mit Forschung und Know-how zu echten Komplimenten* zeigt das Institut aktuelle Forschungsprojekte aus dem Bereich der Lackiertechnik und vielfältige Formate der Zusammenarbeit – von Machbarkeitsstudien und industrienahen Technikumsversuchen über Schadensanalysen bis hin zu Entwicklungsprojekten. Von diesen dürfen sich beschichtende Unternehmen innovative Wege zu effizienteren, intelligenteren und nachhaltigeren Lackierprozessen und echte Komplimente von ihren Kunden versprechen.

Digitale Lackcharakterisierung und smarte Lackierprozessplanung

Die Forschenden aus dem wissenschaftlichen Direktorat Oberflächen und Materialien zeigen, wie KI, innovative Simulationstools und datenbasierte Methoden die Lackierprozesse der Zukunft prägen. Der Fokus liegt auf der Frage, wie sich Qualität, Energieeffizienz und Ressourceneinsatz gleichzeitig optimieren lassen.

Thema auf dem Messestand wird das Highlight-Projekt *PaintBehaviour* sein, in dem der Spritzlackierprozess mittels eines Verhaltensmodells digital überwacht wird. Mit neu entwickelten Mess- und Auswertetechnologien kann die Beschichtungsqualität bereits während des Applikationsprozesses präzise vorhergesagt werden – ein entscheidender Hebel, um Entwicklungszeiten zu verkürzen, Ausschuss zu reduzieren und Prozesse frühzeitig abzusichern.

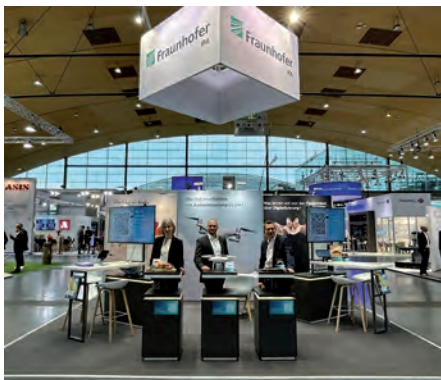
Auch das Projekt *DigiStrahl* zeigt beispielhaft, wie digitale Werkzeuge die Prozessplanung revolutionieren. Durch die Kombination aus hochmodernen Analysemethoden und modellbasierten Simulationen entsteht ein

System, das Strahlprozesse reproduzierbarer, effizienter und besser steuerbar macht. Unternehmen profitieren dabei von höherer Prozesssicherheit und deutlich verbesserter Vorhersagequalität.

Nachhaltige Beschichtung neu gedacht

Neben smarten Prozessen präsentiert das Fraunhofer IPA auf der PaintExpo 2026 seine starke Position im Bereich nachhaltiger Beschichtungstechnik. Gezeigt werden energieeffiziente Verfahren, ressourcenschonende Prozessketten und technologische Ansätze zur Emissionsreduzierung in Lackierbetrieben. Die Botschaft ist eindeutig: Ökologische Ziele und wirtschaftliche Produktivität müssen kein Widerspruch sein – die Kombination aus Wissenschaft und Praxis-Know-how macht beides vereinbar.

Der Messeauftritt verdeutlicht, dass zukunftsfähige Beschichtungstechnik dort entsteht, wo Forschungsimpulse, industrielle Anforderungen und Praxiserfahrung zusammengeführt werden. Besucherinnen und Besucher erhalten nicht nur Einblicke in laufende Projekte, sondern auch in konkrete Anwendungsfelder und Wege der Zusammenarbeit. Wer auf der PaintExpo 2026 nach fundiertem Know-how und praxistauglichen Lösungen sucht, sollte den Stand des Fraunhofer IPA fest einplanen. Die Gäste erwartet ein Mix aus neuen Technologien, Forschungsergebnissen und persönlichen Fachgesprächen.



Der Fraunhofer IPA Messestand auf der PaintExpo 2024. Auch dieses Jahr wird wieder Aktuelles aus der angewandten Forschung speziell für die Lackiertechnik präsentiert

(Bild: IPA, Fred Nemitz)



Fraunhofer
IPA

Wir produzieren Zukunft

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

Ansprechpartner

Dr. rer. nat. Volker Wegmann,
Leiter Forschungsbereich Oberflächenverfahren, -technik und Materialien,
Dr. Oliver Tiedje, Geschäftsbereichsleiter,
Fraunhofer IPA, Stuttgart

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

Fraunhofer IPA @ PaintExpo 2026

Datum: 14. bis 17. April 2026
Messe: PaintExpo 2026 in Karlsruhe
Stand: Halle 1, 1322
Termine: Buchen Sie einen Gesprächstermin mit dem Fraunhofer IPA auf der PaintExpo 2026 in Karlsruhe
Info: www.ipa.fraunhofer.de/finishing-for-compliments

≡ Wege zur energieeffizienten Galvanik – Datengetriebene Energiesystemplanung

Von Laura Jung, Sonja Ziehn, Stefan Kölle und Peter Schwanzer, Fraunhofer-Institut IPA



Zum online-Artikel

Galvanotechnische Prozesse zeichnen sich durch einen hohen und stark schwankenden Energieverbrauch aus. Angesichts steigender Energiepreise, regulatorischer Vorgaben und des zunehmenden Einsatzes erneuerbarer Energien ist eine ganzheitliche Betrachtung der Energiesysteme in galvanotechnischen Betrieben notwendig. Auf Basis von praxisnahen Ansätzen zur systematischen Planung von Energiesystemen und anhand branchenspezifischer Erfahrungen lässt sich aufzeigen, wie durch strukturierte Analysen, geeignete Technologien und integrierte Planung die Energieeffizienz gesteigert werden kann. In einem zweiten Beitrag in der nächsten Ausgabe der WOMag erfolgt eine entsprechende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu den vorgestellten Ansätzen.

1 Herausforderungen bei der Energiebeschaffung am Standort Deutschland

Laut einer Umfrage in der chemischen Industrie gehören die Energiekosten mit einer Gewichtung von 56 % zu den Hauptherausforderungen am Standort Deutschland. Rohstoffkosten sind mit 43 % ein weiterer bedeutsamer Faktor auf Rang vier [1]. Diese Umfrage lässt sich leicht auf die Branche der Galvano- und Oberflächentechnik übertragen.

Ein Blick auf die Energiekosten zeigt ein differenziertes Bild der Strom- und Gaspreise. Während die Strompreise mit 0,176 €/kWh für das Jahr 2025 auf dem Vorkrisenniveau von 2020 (0,177 €/kWh) angekommen sind [2], liegen die Gaspreise deutlich über dem Vorkrisenniveau. Hier konnte Deutschland in der Vergangenheit von günstigen Gasimportpreisen profitieren. Nun hat sich das Gegenteil

eingestellt, und die hohen Gaspreise treiben die allgemeinen Energiekosten der Unternehmen in die Höhe (Abb. 1): Zum einen sind dadurch die Kosten für die Stromerzeugung um rund 0,07 € im Vergleich zum Jahr 2020 gestiegen, und zum anderen sind die Kosten für die gasbasierte Prozesswärmebereitstellung gestiegen. Während der Gaspreis im Jahr 2020 rund 0,025 €/kWh betrug, liegt er im Jahr 2024 noch immer bei 0,062 €/kWh [3]. Im internationalen Vergleich liegen die aktuellen Industriestrom- und Industriegaspreise in den USA bei 0,08 €/kWh und 0,01 €/kWh; in China liegen die Strompreise ebenfalls auf dem sehr niedrigen Niveau von 0,08 €/kWh. Nur die Gaspreise in China sind mit 5 ct/kWh nahezu identisch mit denen in Deutschland [4]. Studien der Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft (VBW) [4] und von Liebensteiner et al. [5] kommen zu dem Ergebnis, dass auch künftig keine Reduzierung der Strom-

und Gaspreise, sondern eher ein Anstieg zu erwarten ist. Der Ausbau der erneuerbaren Energien und die sinkenden Netto-Stromexporte führen jedoch zu einem Preisdruck nach unten. Dieser wird allerdings von preistreibenden Faktoren wie steigenden CO₂-Preisen, steigender Nachfrage, hohen Gaspreisen und dem Wegfall von Atomstrom als Grundlast dominiert. Es zeigt sich aber auch, dass in den USA der rasante Ausbau von Rechenzentren für künstliche Intelligenz und die damit verbundene steigende Nachfrage die dortigen Energiepreise ebenfalls ansteigen lassen. Allerdings wird erwartet, dass die Preise in China und den USA auch künftig deutlich unter dem deutschen Niveau liegen werden [4, 5].

2 Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit durch Energieeffizienz

Der wirksamste Weg für Deutschland, die Kosten für Strom und Gas zu senken, bleibt damit die konsequente Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen und effizienten Technologien. Ein plakatives Beispiel ist die Wärmepumpe, die mit einer Energiemenge von 1 kWh Strom durchschnittlich 3 kWh bis 4 kWh Wärme bereitstellt.

Die Kurzstudie *Energieeffizienzmaßnahmen in der Industrie* [6] geht davon aus, dass in Deutschland durch den Einsatz von Energieeffizienztechnologien, die bereits am Markt verfügbar sind, 44 % des Endenergieverbrauchs der deutschen Industrie eingespart und dabei eine hohe Zusatzrendite erwirtschaftet werden könnten. In Zahlen bedeutet dies Einsparungen in Höhe von jährlich 23 Milliarden Euro für die deutsche Industrie, um trotz hoher Energiepreise ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit auf Basis nachhaltiger Technologien zu verbessern. Die

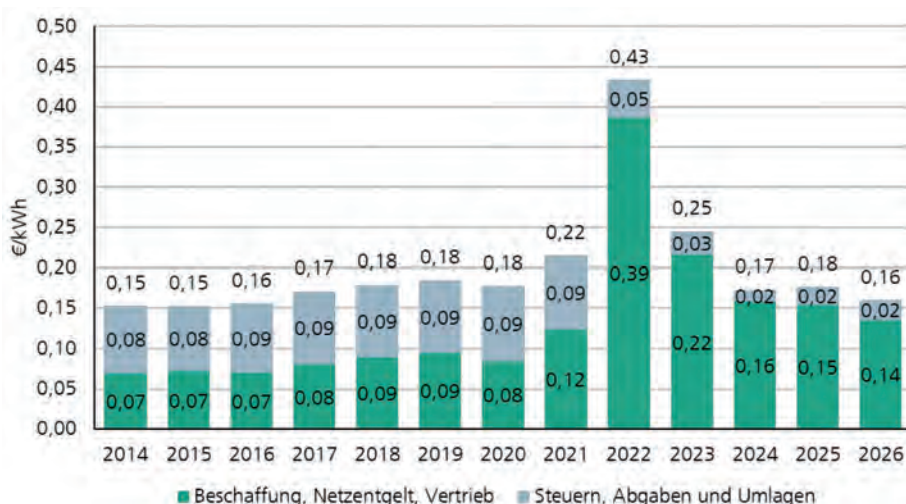


Abb. 1: Durchschnittlicher Strompreis in Deutschland als Jahreswerte für Neuabschlüsse in der Industrie inklusiv reduzierter Stromsteuer bei einem Jahresverbrauch von 160 000 bis 20 Mio. kWh, mittelspannungsseitige Versorgung Belieferung zum nächsten Halbjahr [2]

OBERFLÄCHEN

größten Potenziale liegen in den Bereichen Prozesswärme, Antriebstechnik und Raumwärme. Aufgrund von Amortisationszeiten von über drei Jahren bleiben aktuell jedoch 60 % dieser Einsparmöglichkeiten und damit die Wachstumschancen ungenutzt. Besonders hervorzuheben ist dabei das größte ungenutzte Einsparpotenzial bei der Prozesswärme von 293 TWh/a bei Amortisationszeiten von über sechs Jahren [6]. Aufgrund dieser Erkenntnis stellt sich die Frage, warum die Einsparung ungenutzt bleibt. Neben den hohen Amortisationszeiträumen bei Investitionen in Effizienzprojekten spielen zusätzliche Aspekte eine Rolle. Insbesondere der Mangel an zeitlichen und personellen Kapazitäten führt dazu, dass entsprechende Projekte zurückgestellt werden, solange unklar bleibt, welche Effizienzmaßnahmen für den eigenen Betrieb am sinnvollsten sind. Darüber hinaus ist vielfach nicht bekannt, ob überhaupt wirtschaftlich attraktive Einsparpotenziale bestehen – ein Befund, der sich auch in der Erhebung des Energieeffizienzindex der deutschen Industrie widerspiegelt [7]. Erschwerend kommt hinzu, dass es für die Optimierung der Energieeffizienz in der Galvanotechnik insgesamt nur wenige standardisierte und allgemein anwendbare Methoden gibt [8]. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass nicht nur hohe Amortisationszeiten als Hemmnis für die Investition in Effizienztechnologien gesehen werden können. Häufig liegt es auch an unklaren Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, unzureichender Planungssicherheit und letztlich oft am Fehlen der Kapazität zur Umsetzung von Effizienzprojekten. Mit dem vorliegenden Beitrag wird eine grundlegende Einführung in die Energiesystemplanung

Regulatorik

In den letzten Jahren haben die gesetzlichen Anforderungen und Verpflichtungen für Unternehmen im Bereich der Energieeffizienz in Deutschland und der EU erheblich zugenommen. Ein Beispiel ist das Energieeffizienzgesetz (EnEfG), das deutsche Unternehmen zur Einführung von Energie- oder Umweltmanagementsystemen, zu Energieeffizienzmaßnahmen sowie zur umfassenden Abwärmenutzung verpflichtet. Es enthält zudem zahlreiche Berichts- und Offenlegungspflichten. Das EnEfG verlangt, basierend auf dem durchschnittlichen jährlichen Energieverbrauch der letzten drei Jahre, dass Unternehmen ab einem Energieverbrauch von 2,5 GWh detaillierte Umsetzungspläne zur Verbesserung der Energieeffizienz sowie zur Vermeidung oder Nutzung von Abwärme erstellen. Bei einem Verbrauch von 7,5 GWh oder mehr ist ein Energie- oder Umweltmanagementsystem vorgeschrieben [9].

gegeben. Neben der Betrachtung, was zu einem Energiesystem gehört, welche Technologien derzeit zur Verfügung stehen und wie methodisch bei der Auslegung und Planung vorgegangen wird, soll anhand eines Projektbeispiels aufgezeigt werden, wie schrittweise vorgegangen werden kann.

3 Energiesysteme in galvanotechnischen Prozessen

Ein industrielles Energiesystem in der Galvanotechnik umfasst alle Anlagen und Komponenten, die zur Erzeugung, Umwandlung, Speicherung und Nutzung von Energie dienen. Es ist ein wesentlicher Bestandteil des Produktionsbetriebs und sorgt dafür, dass die Energie für energieintensive galvanotechnische Verfahren bereitgestellt wird. Das Energieversorgungssystem ist eng mit dem öffentlichen Energiemarkt verbunden und bezieht (je nach Auslegung) elektrische und thermische Energie sowie gasförmige Energieträger aus externen Netzen [10]. Aufgrund schichtabhängiger Produktionsprozesse und der zunehmenden Integration erneuerbarer Energien können im Energiesystem Schwan-

kungen entstehen, die durch schwankende erneuerbare Energien sowie Produktionslastspitzen die Versorgung stark belasten. Daher ist eine effiziente Planung des Energieversorgungssystems essenziell, um den Energieverbrauch zu optimieren und die Betriebskosten zu minimieren. So hängt die Energiesystemplanung galvanotechnischer Produktionsstätten direkt mit deren wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit zusammen.

In galvanotechnischen Betrieben zählen die Beheizung von Prozessverfahren (Elektrolyte, Spül- und Vorbehandlungsmedien), die Raumbeheizung sowie elektrochemische Abscheidungsverfahren mit den Gleichrichtern zu den Hauptenergieverbrauchern. Abbildung 2 zeigt die prozentuale Aufteilung des gesamten Energieverbrauchs auf die einzelnen galvanotechnischen Prozesse. Ergänzend werden erhebliche Energiemengen für mechanische Komponenten wie Pumpen zur Medienförderung, Pumpen zur Umwälzung der flüssigen Medien sowie für Abluftreinigungs- und Absaugsysteme eingesetzt. Zentrale elektrische Verbraucher sind

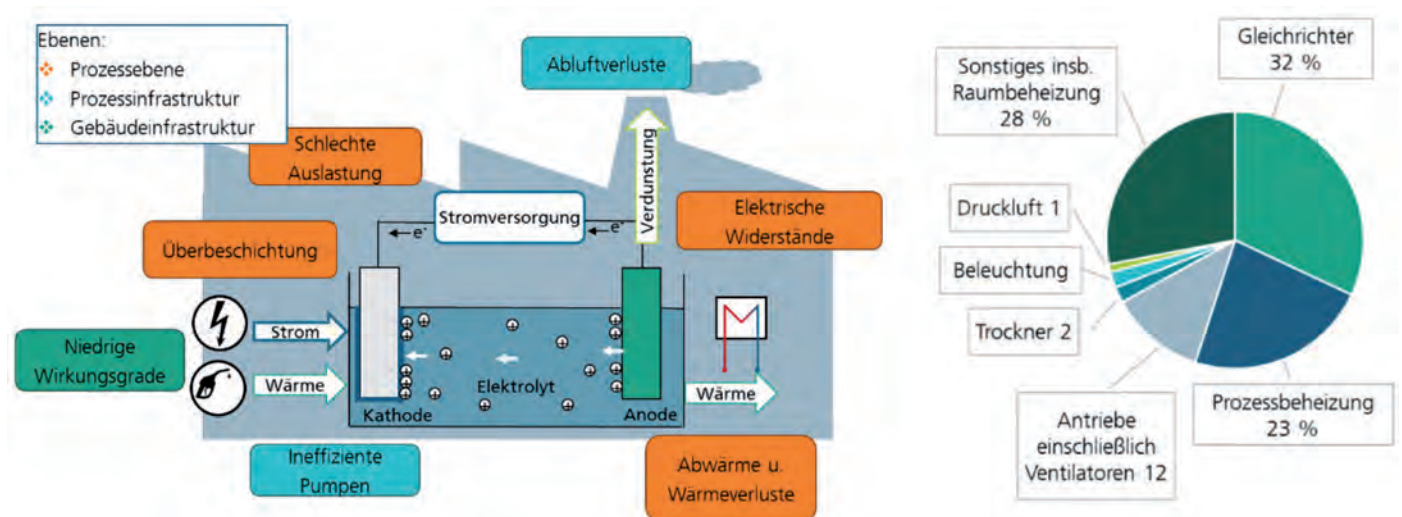


Abb. 2: Darstellung typischer Bereiche von Energieverlusten in galvanotechnischen Betrieben (links, eigene Darstellung) sowie prozentuale Verteilung des Energieverbrauchs in galvanotechnischen Betrieben (rechts) [11]

die Gleichrichter, deren Energiebedarf direkt von der Stromdichte, der Spannung, der beschichteten Fläche sowie der Schichtdicke abhängt.

Der Gesamtenergiebedarf variiert stark in Abhängigkeit von Anlagengröße, Prozessführung und Art der Galvanisierung (z. B. Verchromen, Vernickeln oder Verzinken). Der Energiebedarf für die Raumbeheizung führt in galvanischen Betrieben zu deutlichen Schwankungen, da aus Arbeits- und Umweltschutzgründen Abluftsysteme erforderlich sind, um Prozessdämpfe aus den galvanischen Prozessen abzuführen. Insbesondere im Winter führt dies zu erhöhten Wärmeverlusten und einem saisonalen Heizbedarf. Da Energiekosten einen wesentlichen Anteil der Produktionskosten ausmachen, bildet die Identifikation der größten Verbraucher eine zentrale Grundlage für die wirtschaftliche Bewertung und Optimierung galvanotechnischer Energiesysteme.

Zur effizienten dezentralen Energieversorgung galvanotechnischer Betriebe stehen aktuell verschiedene Technologien zur Verfügung, die je nach Lastprofil, Prozessanforderungen und Standort individuell kombiniert werden können. Die Stromversorgung kann, neben dem Netzbezug, nach dem Stand der Technik durch Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke (BHKW) und Brennstoffzellen erfolgen, wobei die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme erhebliche Vorteile für den Gesamtwirkungsgrad bietet. Die Wärme kann neben den BHKW- und Brennstoffzellensystemen auch durch Wärmepumpen, Elektrokessel oder die gezielte Nutzung von Prozessabwärme bereitgestellt werden. Für die Kälterzeugung kommen Kühltürme sowie Absorptionskältemaschinen zum Einsatz, insbesondere in Kombination mit vorhandener Abwärme.

Ergänzend gewinnen elektrische Energiespeicher, thermische Speicher und Warmwasserspeicher an Bedeutung, um Lastspitzen zu reduzieren, den Eigenverbrauch zu steigern und die Flexibilität des Gesamtsystems zu verbessern. Aktuelle Entwicklungen zeigen eine stärkere Vernetzung der Energiesektoren, eine zunehmende Elektrifizierung von Prozessen sowie den Einsatz von digita-

len Energiemanagementsystemen, um Effizienz und Wirtschaftlichkeit ganzheitlich zu optimieren. Auch eine strategische Planung für Wärmenetze fördert die Sektorkopplung, indem sie verschiedene Wärmequellen und -speicher in ein integriertes Verteilungssystem integriert.

Da Energiesysteme in Industrieunternehmen aus verschiedenen Energieträgern, -erzeugern und -verbrauchern bestehen, ist eine optimale Auswahl neuer dezentraler Technologien wichtig, um die energetische Leistungsfähigkeit eines Betriebs zu bestimmen. Durch eine systematische Planung der Energiesysteme können Unternehmen zukunftsorientierte Versorgungskonzepte entwickeln und ihre Wettbewerbsfähigkeit langfristig verbessern.

Als methodisches Vorgehen wird zunächst eine (1) Zieldefinition für das Energiesystem erstellt. Darauf aufbauend erfolgen die (2) Datenerfassung und -aufbereitung, um die aktuelle energetische Situation klar darzustellen. Dies umfasst die Ermittlung von Lastprofilen sowie die Identifikation der Hauptenergieverbraucher. Basierend auf diesen Daten werden (3) Maßnahmen zur Energieeinsparung im Rahmen von Energieeffizienzinitiativen bewertet. Anschließend werden (4) einzelne Technologien und ihre Auslegung analysiert, um anschließend eine (5) Szenarioanalyse mit verschiedenen Technologiekombinationen durchzuführen und diese Varianten sowie den Vergleich der Technologiekonfigurationen zu bewerten [12]. *Abbildung 3* stellt die genannten Schritte zur Energiesystemplanung dar, um ein zukunftsorientiertes Versorgungskonzept zu erstellen.

4 Energiesystemplanung in galvanotechnischen Betrieben

4.1 Projektrahmen und Projektziele

Der Stuttgarter Technologie- und Innovationscampus S-TEC wird vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg gefördert. Im Rahmen eines dieser STEC-Zentren – des STEC-Zentrums für Klimaneutrale Produktion und Ganzheitliche Bilanzierung – führten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer



**Branchensoftware
speziell für**

**Oberflächen-
veredler**

**Sprechen Sie
uns gerne an!**

softec.de/terminvereinbaren/



SOFTEC
ERP-Software für Oberflächenveredler

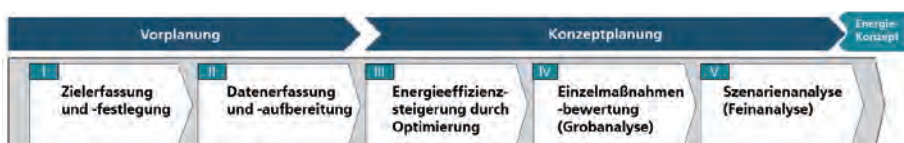


Abb. 3: Methodisches Vorgehen zur Energiesystemplanung

(Bild: Fraunhofer IPA)

OBERFLÄCHEN

IPA ein Forschungsprojekt mit dem Unternehmen Topocrom durch. Topocrom ist ein international tätiges Unternehmen für hochwertige Oberflächenbeschichtungen im Hartchrombereich. Ziel des etwa sechsmontatigen Projekts war es, für den Beschichtungsbetrieb am Topocrom-Standort Stockach Energieeffizienzmaßnahmen an der Galvanisierungsanlage sowie in der Anlagenperipherie zu identifizieren und zu bewerten. Im Folgenden werden diese Ergebnisse zur Energieeffizienz und zur Energiesystemplanung vorgestellt. Zweites Projektziel war es, die energetische Nutzung des Elektrolysewasserstoffs aus der Abluft zu untersuchen und zu bewerten. Die Ergebnisse zur Wasserstoffnutzung werden separat veröffentlicht. In den folgenden Abschnitten wird das methodische Vorgehen der Energiesystemplanung ausführlich erläutert und direkt mit den Ergebnissen aus der industriellen Anwendung verknüpft. Es werden die einzelnen Schritte vorgestellt, von der Zieldefinition über die Datenerfassung und Analyse der Lastprofile bis hin zur Bewertung technischer Maßnahmen, und anhand konkreter Beispiele veranschaulicht. So werden sowohl die Vorgehensweise als auch deren praktischer Nutzen dargestellt.

4.1.1 Zieldefinition und Systemabgrenzung

Das Ziel der Energiesystemplanung im betrachteten galvanotechnischen Betrieb besteht darin, die Energiekosten und CO_2 -Emissionen zu senken, während die Versorgung der Produktionslinien zuverlässig bleibt. Der Betrachtungsrahmen umfasst das bestehende Energieversorgungssystem des Betriebs und berücksichtigt darüber hinaus geplante Erweiterungen. Zum Versorgungssystem zählen der Netzanschluss für elektrische Energie, ein Elektrokessel sowie ein Erdgasbrenner zur Wärmeerzeugung und die mögliche Integration einer geplanten Photovoltaikanlage. Dieser Rahmen dient als Grundlage für die anschließende Datenerfassung, die Lastprofilanalyse sowie die Bewertung technischer Maßnahmen. Der Fokus liegt insbesondere auf der Dekarbonisierung, der Bereitstellung von Strom und Wärme sowie auf der gezielten Nutzung vorhandener Abwärmequellen, um die Effizienzpotenziale optimal zu nutzen. Zur Steigerung der Energieeffizienz und zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen wurden verschiedene Optionen geprüft. *Abbildung 4* zeigt die Auswahl möglicher Technologien: Photovoltaik, Elektrifizierung von

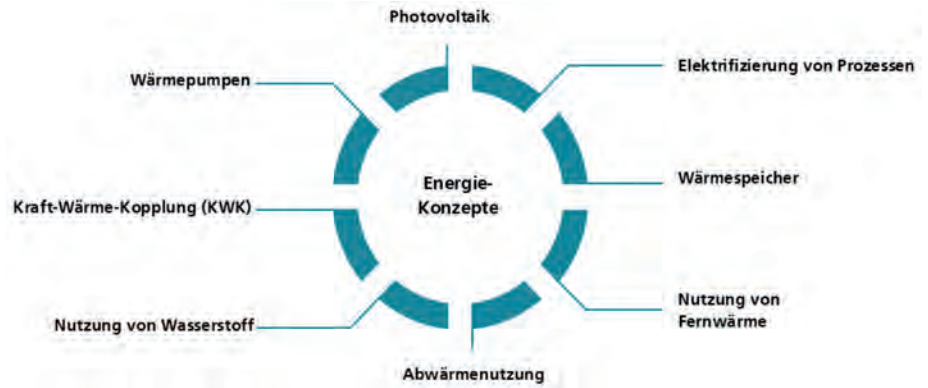


Abb. 4: Betrachtungsrahmen für die Erweiterung

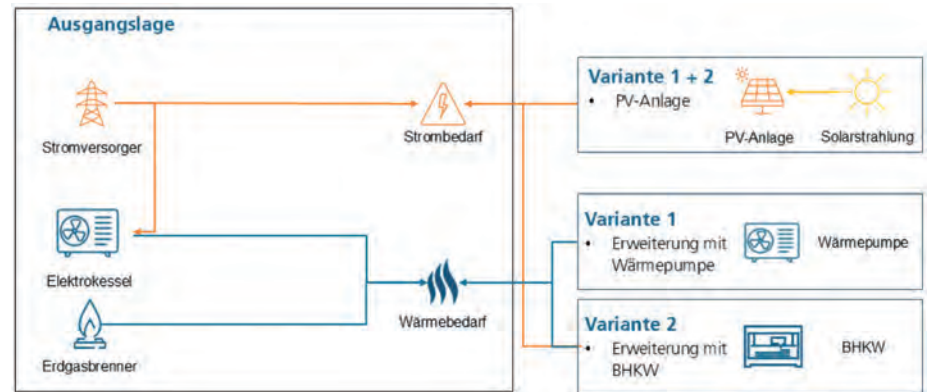


Abb. 5: Energiesystem sowie Erweiterungen

Prozessen, Wärmepumpen, Wärmespeicher, Kraft-Wärme-Kopplung, Fernwärmenutzung, Abwärmenutzung sowie Wasserstoffnutzung. Für die Umsetzung wurde ein kurz- bis mittelfristiger Zeitraum definiert.

4.1.2 Datenerfassung und -aufbereitung

Zunächst wurde der aktuelle Energiebedarf des Betriebs für die Energiesystemplanung ermittelt, einschließlich des jährlichen Stromverbrauchs, des Wärmebedarfs sowie der elektrischen Wärmebereitstellung über den Elektrokessel. Die Integration einer Photovoltaikanlage wurde ebenfalls berücksichtigt. Basierend auf diesen Daten wurden zwei Erweiterungsvarianten entwickelt: Variante 1 integriert eine Wärmepumpe zur effizienten Wärmeversorgung, während Variante 2 den Betrieb eines Blockheizkraftwerks (BHKW) vorsieht. Diese Optionen bilden die Grundlage für die Bewertung von Einsparpotenzialen und Szenarioanalysen. *Abbildung 5* zeigt die Ausgangslage des Energiesystems sowie die beiden möglichen Erweiterungen.

In *Abbildung 6* ist der Verlauf des elektrischen und thermischen Energieverbrauchs des Betriebs über mehrere Wochen in einer Referenzwoche im Zusammenhang mit dem Produktionsprozess dargestellt. Der jährliche Strombedarf des Betriebs beträgt etwa

2.939 MWh/a, der thermische Bedarf etwa 1.514 MWh/a. Durch eine Photovoltaikanlage könnten etwa 276,28 MWh/a gedeckt werden, was etwa 9,4 % des Gesamtbedarfs entspricht. Der Nutzungsgrad der Photovoltaikanlage liegt bei nahezu 100 %. Der wöchentliche Stromverbrauch weist eine deutlich erkennbare, stabile Grundlast auf, die hauptsächlich durch dauerhaft laufende Verbraucher wie Pumpen, Lüftungs- und Abluftreinigungssysteme verursacht wird. Zusätzlich gibt es deutliche Lastspitzen, die zeitlich mit produktionsabhängigen Vorgängen wie dem Betrieb galvanotechnischer Linien oder Gleichrichtern zusammenfallen. Neben dem elektrischen Lastprofil zeigt auch der wöchentliche Gasverbrauch eine klare Abhängigkeit vom Produktionsablauf. Es gibt eine konstante Grundlast, die hauptsächlich zur kontinuierlichen Wärmebereitstellung für Prozesspositionen (Elektrolyte, Reinigungsstufen) und Nebenaggregate benötigt wird. Je nach Auslastung, Prozessführung und Produktionsintensität variiert der Gasverbrauch von Woche zu Woche. Besonders der Wärmebedarf der galvanotechnischen Prozesse sowie der Vorbehandlungsstufen und die Raumbeheizung tragen wesentlich zum Gasverbrauch bei. Durch die Abluft werden große Mengen an Luft ausgetauscht, die ge-

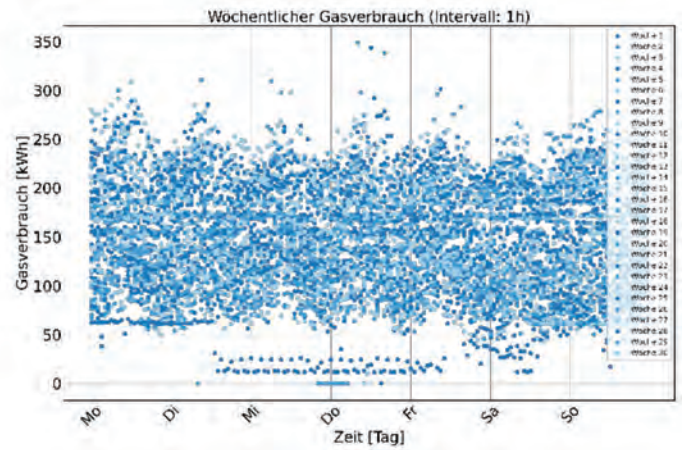
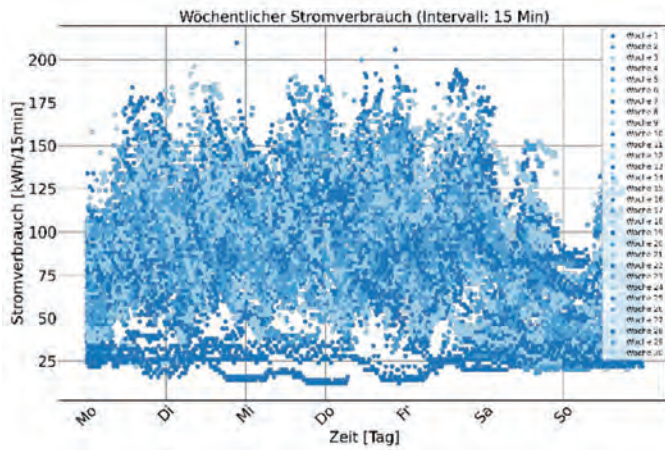


Abb. 6: Elektrischer und thermischer Energieverbrauch

rade im Winter erneut aufgeheizt werden müssen, wodurch der Verbrauch durch die Raumbeheizung steigt. Zusätzlich führen unterschiedliche Produktionszyklen und die damit verbundenen Temperaturanforderungen in den Hallen zu weiteren Schwankungen des Heizbedarfs, was den Gasverbrauch weiter erhöht. Die gleichzeitige Betrachtung des elektrischen Lastprofils mit Grundlast und Lastspitzen sowie des wöchentlichen Gasverbrauchs ermöglicht die Bewertung von

Maßnahmen zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und zur Nutzung von Abwärme im Rahmen der Variantenanalyse.

4.1.3 Bewertung von Maßnahmen zur Energieeinsparung in galvanotechnischen Betrieben

Auf Basis der erfassten Energieverbräuche und Lastprofile lassen sich energieeffizienzsteigernde Maßnahmen identifizieren und ableiten. Effizienzmaßnahmen in der Gal-

vanotechnik können sich auf den Beschichtungsprozess beziehen, wie beispielsweise die bedarfsgerechte Absenkung der Elektrolytttemperaturen, die Verbesserung der Leitfähigkeit von Elektrolyten oder das Vermeiden von Überbeschichtungen, das gleichzeitig zur Materialeinsparung beiträgt. In der Anlageperipherie liegen ebenfalls hohe Potenziale in der Vermeidung von Leitungs- und Widerstandsverlusten, im Einsatz von frequenzgeregelten Pumpen und Antrieben, die

MUNK
WE HAVE THE POWER!

**POWER
YOUR WAY**
MUNK SiC TECHNOLOGY



MUNK GmbH

Gewerbepark 8+10 | D-59069 Hamm-Rhynern

Tel.: +49 2385 74-0 | Mail: vertrieb@munk.de

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

**Surface
Technology**
GERMANY

WIR FREUEN UNS AUF SIE

HALLE 1 | STAND C 41 (14)

5. – 7. MAI 2026

OBERFLÄCHEN

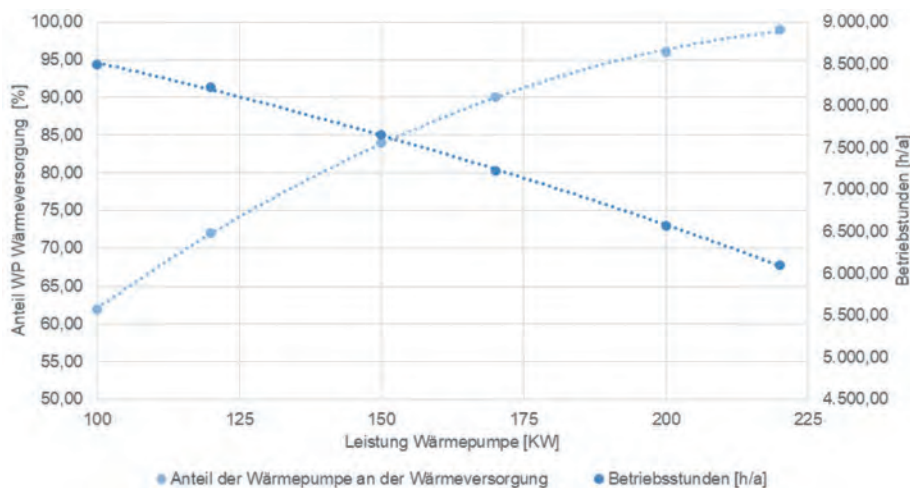


Abb. 7: Auslegung Wärmepumpe

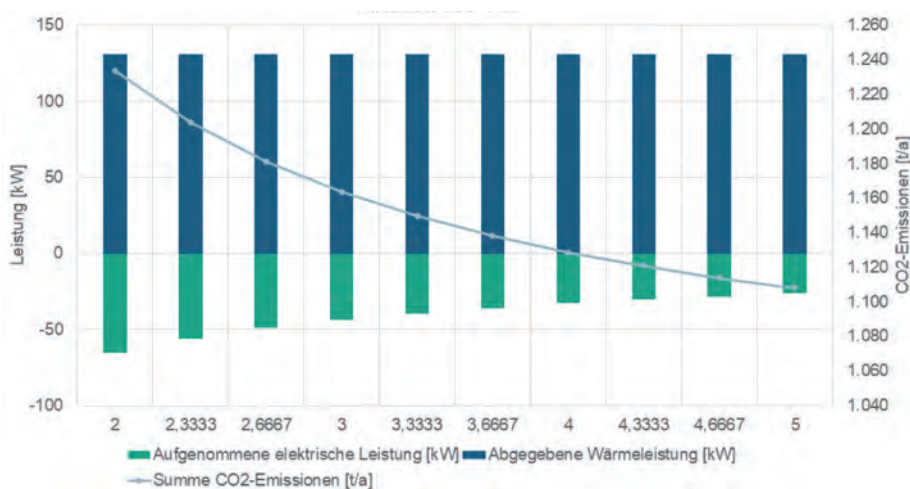


Abb. 8: Variation des COP

einen bedarfsgesteuerten Anlagenbetrieb zulassen, modernen Gleichrichtern mit hohem Wirkungsgrad bis in den Teillastbereich und im Allgemeinen in der Rückgewinnung von Abwärmeverlusten, die einen enormen Anteil an Energieverlusten in galvanotechnischen Betrieben darstellen. Dies betrifft insbesondere die Wärmerückgewinnung aus Abluft und aus Gleichrichtern. Des Weiteren sollten Elektrolyte zur Metallabscheidung mit einer Isolierung ausgestattet sein. Falls (betriebs-)technisch möglich, können Behälterabdeckungen ebenfalls zur Reduzierung von Abwärmeverlusten beitragen. Ebenso lassen sich bei der Trocknung hohe Effizienzsteigerungen erzielen.

Da Effizienzmaßnahmen im Einzelnen nicht im Fokus dieser Veröffentlichungen stehen, sei an dieser Stelle auf eine Reihe von Veröffentlichungen verwiesen [11, 13], die Informationen zu Effizienzmaßnahmen bieten:

- Staatliche Förderung hocheffizienter Gleichrichter [15]

- Möglichkeiten der Energie- und Ressourceneffizienz moderner Abluftanlagen [16]
- Energieeffizienz in der Galvanotechnik [17]
- Zeit für Neues – Kondensationstrocknung mit Wärmepumpe [18]

4.1.4 Einzelmaßnahmenbewertung und Auslegung der Technologien

Die Wärmepumpe stellt eine effiziente Lösung zur Dekarbonisierung der Wärmeversorgung dar und lässt sich in das bestehende Energiesystem integrieren. Die Dimensionierung der Wärmepumpe basiert auf dem zeitlich aufgeschlüsselten Wärmebedarf des galvanotechnischen Betriebs. Als mögliche Wärmequellen kommen vor allem Prozess- und Abwärme aus Kühlprozessen, Abluftsystemen und Abwasser in Frage, die während der Betriebszeit kontinuierlich zur Verfügung stehen.

Zur Bestimmung einer geeigneten Anlagengröße wurden mehrere Leistungsstufen der Wärmepumpe untersucht. Für jede Leistungs-

variante wurde berechnet, welcher Anteil des jährlichen Wärmebedarfs durch die Wärmepumpe gedeckt werden kann und wie sich die resultierenden Betriebsstunden entwickeln. Ein COP-Wert (Coefficient of Performance) von 2,5 für alle Leistungsklassen der Wärmepumpe wurde festgelegt. Ein hoher COP, der das Verhältnis von Heizleistung zu Antriebsleistung beschreibt, zeigt, dass die Wärmepumpe effizienter arbeitet und dadurch geringere Stromkosten verursacht. Somit amortisieren sich die Anschaffungskosten der Wärmepumpe schneller. Hierfür wurden die zeitlichen Schwankungen des Wärmebedarfs im Laufe des Jahres berücksichtigt.

Ziel war es, eine Auslegung zu finden, die sowohl eine hohe Wärmedeckung als auch ausreichende Betriebsstunden der Wärmepumpe ermöglicht, ohne die Anlage über- oder unterzudimensionieren. Die Analyse in *Abbildung 7* lässt erkennen, dass mit zunehmender Wärmepumpenleistung zwar der Anteil der bereitgestellten Wärme steigt, jedoch die Vollastbetriebsstunden abnehmen. Eine zu große Auslegung würde zu einer geringeren Auslastung führen, während eine zu kleine Wärmepumpe den Wärmebedarf nur in begrenztem Umfang abdecken könnte. Auf Basis dieser Untersuchung wurde eine Wärmepumpenleistung von 150 kW als optimaler Kompromiss identifiziert. Diese Leistung ermöglicht eine weitgehende Deckung des Wärmebedarfs über den gesamten Betriebszeitraum bei gleichzeitig hoher Auslastung der Anlage.

Durch umfassende Betrachtung der Abwärmequellen lässt sich der COP einer Wärmepumpe präziser untersuchen und die Effizienz der Wärmepumpe beurteilen. In *Abbildung 8* sind die Änderungen bei der aufgenommenen elektrischen Leistung der Wärmepumpe in Abhängigkeit vom steigenden COP dargestellt. Ein höherer COP macht die Wärmepumpe effizienter und benötigt weniger elektrische Leistung, um die gleiche Wärmeleistung zu erzeugen. Durch einen effizienteren Betrieb werden auch Treibhausgasemissionen (durch geminderten Strombedarf) eingespart. Somit zeigt sich, dass die effiziente Nutzung der Abwärme Vorteile bringt.

Die Auslegung des Blockheizkraftwerks (BHKW) basiert auf den gemessenen Wärmebedarfsdaten des galvanotechnischen Betriebs. Aus diesen Daten wurde eine Jahresdauerlinie des Wärmebedarfs (*Abb. 8*) erstellt, welche die Wärmeleistung nach den Stunden im Jahr absteigend darstellt. Diese Methode ermöglicht eine klare Analyse,

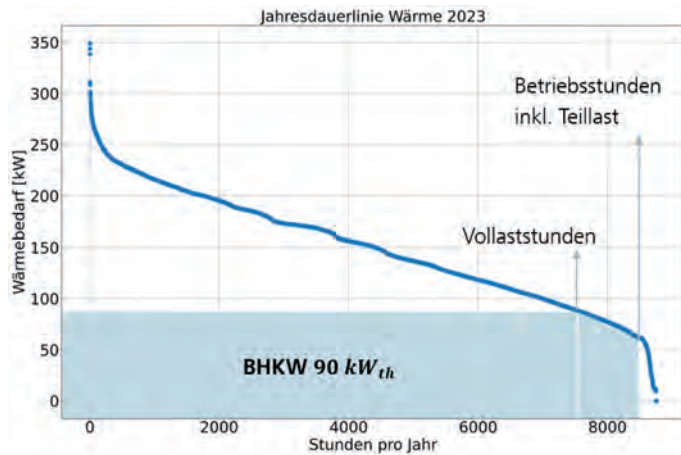


Abb. 9: Auslegung BHKW

in welchen Leistungsbereichen der Wärmebedarf über längere Zeiträume besteht und welche Lasten nur kurzfristig auftreten. Basierend auf der Jahresdauerlinie kann die thermische Nennleistung des BHKW so festgelegt werden, dass die Anlage einen möglichst hohen Anteil der jährlichen Betriebsstunden abdeckt. Ziel bei der Auslegung war es, das BHKW hauptsächlich im Volllastbereich zu betreiben, um eine hohe Laufzeit und eine effiziente Nutzung von Strom und Wärme zu gewährleisten. Eine zu große Auslegung könnte zu häufigem Teillastbetrieb oder Stillstand führen, während eine zu kleine Auslegung den Eigenverbrauch der erzeugten Energie einschränken würde. Durch die grafische Analyse der Jahresdauerlinie wurde eine thermische Leistung von 90 kW_{th} bestimmt, die einen durchgehenden Einsatz des BHKW über große Teile des Jahres ermöglicht (Abb. 9). Ein Teil der verbleibenden

Betriebsstunden kann durch den Teillastbetrieb abgedeckt werden. So trägt das BHKW zur Wärmeversorgung bei; bei einem elektrischen Wirkungsgrad von 33 % werden etwa 50 kW elektrische Energie gekoppelt erzeugt. Dies führt zudem zu einer Verringerung des externen Strombezugs in den untersuchten Energiesystemvarianten.

4.1.5 Simulationsaufbau und Vergleich der Varianten

In der Simulation des Energiesystems werden Energiesystemvarianten definiert. Hierfür wird zunächst eine Basisvariante definiert, die auf den gemessenen Daten und den bestehenden Technologien im laufenden Betrieb beruht. Anschließend werden zwei Varianten simuliert, welche die Erweiterung des Energiesystems um eine Wärmepumpe und ein BHKW abbilden. Für diese beiden Varianten wird die geplante Erweiterung der Pho-

tovoltaikanlagen berücksichtigt. Alle Anlagen werden modelliert und ihre jeweiligen Betriebszeiten in der Simulation abgebildet, um den elektrischen und thermischen Bedarf des Betriebs abzudecken. Die Simulation wird für ein Referenzjahr durchgeführt, anschließend werden die Varianten verglichen. Ziel des Vergleichs der Varianten ist es, die Integration der jeweiligen Technologien hinsichtlich des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen deutlich zu machen. Der Simulationsaufbau erfolgte mit der Software TOP-Energy. Diese Software dient zur Modellierung, Simulation und Optimierung von Energiesystemen, die eine ganzheitliche Betrachtung von Strom-, Wärme- und weiteren Energieströmen ermöglicht. Stündlich aufgelöste Bedarfsprofile für Strom, Wärme und einzelne Verbraucher können den jeweiligen Komponenten zugeordnet und mit Erzeugern, Speichern sowie Verbrauchern verknüpft werden.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Unter WOMag-online.de steht der gesamte Beitrag zur Ansicht zur Verfügung. In einem weiteren Punkt des ersten Teils des Fachaufsatzes erfolgt eine ökologische Betrachtung zur Energieeinsparung. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 8 Seiten mit 12 Abbildungen und 18 Literaturhinweisen.

Wir stellen aus!
Halle 1, Stand H18

**Surface
Technology**
GERMANY

Chrom in Bestform

- Oberflächentechnologie als Kernstärke
- Technologievorsprung dank Forschung und Entwicklung
- Geschlossene Reaktorverfahren für Umwelt und Mensch
- Effizient und Nachhaltigkeit
- Reach Autorisierung

Einstellbare Strukturoberflächen für viele Anwendungen

- Blechindustrie (Walzen)
- Textilmaschinen (Walzen, Galetten und Faserkontaktbauteile)
- Folienherstellung (Kalander, Extrusionswerkzeuge)
- Kunststoffindustrie (Spritzguss und Pultrusionswerkzeuge)
- Lebensmittelindustrie (Formen und Zylinder)
- Pharmazie (Pumpen, Werkzeuge)



topocrom

Topocrom GmbH, Hardtring 29, 78333 Stockach
0049 7771 93 630, info@topocrom.com

Produktionsnahe Analytik in der Galvanotechnik

Gemeinsame Marktinitiative von Gravitech, Met-at-lab und Brenscheidt

Die Gravitech Gesellschaft für Analysentechnik mbH und die Met-at-lab GmbH intensivieren ihre Zusammenarbeit mit dem Ziel, produktionsnahe Analysenlabors in der Galvanotechnik gezielt zu adressieren. Ergänzt wird die Kooperation durch die Brenscheidt Galvanik Service GmbH mit ihrer Marke *Labor Brenscheidt*. Gemeinsam positionieren sich die Partner als Dienstleister und Lieferanten für robuste, praxisgerechte Laborlösungen im unmittelbaren Produktionsumfeld.

Ein erster sichtbarer Impuls der Zusammenarbeit ist der gemeinsame Messeauftritt auf der Surface Technologie 2026 am Gemeinschaftsstand des Zentralverband Oberflächentechnik (ZVO) in Stuttgart.

Ziel der Kooperation ist es nach Aussage von Oliver Brenscheidt, die analytischen Anforderungen galvanischer Betriebe ganzheitlich abzudecken – von der täglichen Elektrolytüberwachung über praxisnahe Testverfahren bis hin zu Schulung, Beratung und externer Verifikation. Im Mittelpunkt steht dabei ausdrücklich die Umsetzbarkeit im Produktionsalltag.

Produktionsnahe Analytik in der Galvanotechnik scheitert aus unserer Erfahrung nicht an fehlender Messtechnik, sondern an mangelnder Robustheit, fehlender Schulung und unklaren Verantwortlichkeiten, erläutert Oliver Brenscheidt, Geschäftsführer der Brenscheidt Galvanik Service GmbH. *Mit Gravitech und Met-at-lab bündeln wir bewusst Gerätekompetenz, praxisnahe Testverfahren und unabhängige fachliche Bewertung.* Ziel sei es, Produktionslabors so aufzustellen, dass sie im Alltag funktionieren – und bei Bedarf durch externe Kontrolle ergänzt werden können.

Gravitech bringt in die Kooperation ein bereits etabliertes Gerätekonzept zur robusten und leicht bedienbaren Analyse von galvanischen Elektrolyten ein. Der Fokus liegt auf klassischen, bewährten Verfahren wie Titration und Gravimetrie, die gezielt für den Einsatz in Produktionslaboren ausgelegt sind. Ergänzend stellt Gravitech ein Schulungslabor im Rhein-Main-Gebiet zur Verfügung.

Unsere Kunden erwarten Analytik, die im Produktionsumfeld zuverlässig, verständlich und reproduzierbar ist, betont Dr. Elke Spahn, Geschäftsführerin der Gravitech Gesellschaft für Analysentechnik mbH. Die Zusammenarbeit mit Met-at-lab und Labor Brenscheidt

ermögliche es, Geräte, Methoden und Anwenderkompetenz konsequent zusammenzudenken. Gerade in der Galvanotechnik entstehe so ein praxisorientierter Ansatz, der über eine reine Gerätelieferung deutlich hinausgeht.

Met-at-lab ergänzt das Portfolio durch Produkte, Know-how und Zubehör rund um den Hüllzellen-Test. Der Hüllzellen-Versuch gilt als zentrales Werkzeug zur Beurteilung von Abscheidebedingungen, Stromdichteverteilungen und Badzuständen und ist insbesondere bei der Fehlersuche und Prozessoptimierung von hoher Bedeutung. Met-at-lab fokussiert sich dabei auf standardisierte, praxisbewährte Lösungen für den täglichen Einsatz im Labor.

Die Brenscheidt Galvanik Service GmbH tritt innerhalb der Kooperation bewusst als unabhängige, vermittelnde Instanz auf. Unter der Marke *Labor Brenscheidt* werden Schulungen für Labor- und Anlagenpersonal, Beratungsleistungen zur Einrichtung oder zum Umbau von Produktionslaboren sowie externe Überprüfungen, Plausibilitätsbewertungen und Mediation bei technischen Fragestellungen angeboten. Damit richtet sich das gemeinsame Angebot sowohl an bestehende Produktionslabors als auch an Unternehmen, die ihre analytischen Strukturen neu aufbauen oder professionalisieren möchten.

Die Partner verstehen die Zusammenarbeit als langfristige Initiative mit dem Anspruch, produktionsnahe Analytik in der Galvanotechnik fachlich zu stärken und klar zwischen Serienkontrolle, Prozessunterstützung und externer Qualitätssicherung zu differenzieren.

Gravitech Gesellschaft für Analysentechnik mbH

Die 1994 gegründete Gravitech mit Sitz in Rodgau, Hessen, ist seit Jahrzehnten spezialisiert auf maßgeschneiderte analytische



Dr. Elke Spahn und Oliver Brenscheidt

(Bild: BGS / mit KI bearbeitet)

Lösungen für industrielle Labore. Das Angebot umfasst neben Geräten und Methoden zur elektrolytischen Analyse auch Beratung, Schulungen und Laborplanung. Die Messtechnik und Prozessoptimierung sind auf die Bedürfnisse von Oberflächentechnik und verwandten Branchen abgestimmt.

➔ <https://gravitech.de>

Met-at-lab GmbH

Met-at-lab mit Standort in Sundern, Sauerland, betreibt einen spezialisierten Online-Shop und Serviceangebote für die Galvanotechnik. Der Schwerpunkt liegt auf Hüllzellen und Zubehör. Das Unternehmen kombiniert langjährige Erfahrung in der Metallverarbeitung und galvanischen Anwendungen mit einem breiten Sortiment an praxisgerechten Testmitteln.

➔ <https://met-at-lab.com>

Brenscheidt Galvanik Service GmbH / Marke Labor Brenscheidt

Als ergänzende Kompetenz steuert die Brenscheidt Galvanik Service GmbH mit ihrer Marke *Labor Brenscheidt* Schulungs-, Beratungs- und Unterstützungsleistungen bei. Dazu zählen Qualifizierung des Laborpersonals, Beratung zur Einrichtung und Optimierung von Produktionslabors sowie Assistenz bei externen Prüfanforderungen oder Problemstellungen in der galvanischen Fertigung. Diese Angebotsbreite ergänzt das technische Portfolio der Kooperation sinnvoll durch fachliche und organisatorische Serviceleistungen.

➔ <https://galvanikservice.de>

Hochgradig reflexionsmindernde Beschichtungen auf Leichtmetallen

Von Klaus Vogelsang und Felix Düppengießer, Jena

Optische Geräte wie Mikroskope, Fernrohre oder auch andere optische Messsysteme müssen zur Verbesserung der Abbildungsqualität innen reflektionsmindernd ausgerüstet werden, um Streulicht zu reduzieren. Dafür werden die häufig aus Leichtmetallen wie Aluminium, Magnesium oder Titan bestehenden Bauteile mit einer Beschichtung versehen, welche sowohl durch ihre schwarze Farbe möglichst viel Licht absorbiert, als auch durch eine raue Oberfläche störende Reflexionen vermeidet. Je nach Anwendungsfall kommen weitere erforderliche Eigenschaften wie eine hohe Korrosionsbeständigkeit, ausreichende mechanische Stabilität oder der Anspruch an niedrige Emissionen an leichtflüchtigen organischen Verbindungen hinzu. Hierzu können plasmachemisch oxidierte Oberflächen mit einer zusätzlichen Beschichtung mit reflektionsmindernden Eigenschaften zum Einsatz kommen, welche unerwünschte Reflexionen über einen weiten Wellenlängenbereich minimieren.

1 Motivation

Die plasmachemische Oxidation (z. B. unter der Markenbezeichnung PCO[®]) wird seit Jahren erfolgreich als reflektionsmindernde Beschichtung für optische Geräte angewendet (Abb. 1). Dabei wird das Bauteil als Anode in einem wässrigen Elektrolyten elektrochemisch oxidiert. Die resultierende absorbierende Beschichtung zeichnet sich durch ihre hohe Wirksamkeit über einen breiten Wellenlängenbereich, gute thermische, mechanische und chemische Beständigkeit aufgrund komplett anorganischer Zusammensetzung sehr

niedrigen Mengen an flüchtigen Bestandteilen aus und ist relativ konturentreu. Dadurch hat sie gegenüber organischen Lacken oder klassischen Eloxalschichten zahlreiche Vorteile. Ihre Wirkung beruht zum einen auf anorganischen lichtabsorbierenden Bestandteilen, welche im Unterschied zu schwarzen Eloxalschichten bereits während der elektrochemischen Oxidation in die Schicht eingebracht werden und dadurch besser fixiert sind. (Beim Schwarzfärben einer klassischen Eloxalschicht werden nach Abschluss des Eloxalprozesses unter Nutzung einer Tauch-

behandlung Farbstoffe oder Pigmente in die vorhandenen Poren im Oxid eingebracht.) Zum anderen führt die Mikrorauheit der Beschichtung zur Streuung des einfallenden Lichts.

Durch die zur Oberfläche geneigten Facetten der rauen Oberfläche sind besonders bei in streifendem Einfall auftreffendem Licht eine deutliche Verminderung des Streulichts und eine verbesserte Abbildungsqualität in optischen Geräten zu beobachten (Abb. 2). Dieses bewährte Verfahren wurde nun durch die gezielte Erzeugung einer rauen Oberfläche vor der PCO[®]-Behandlung und besonders durch eine nach der PCO[®]-Behandlung abgeschiedene nanorauhe Siliziumdioxidschicht (SiO₂) weiter verbessert. Durch die dadurch erhöhte Rauheit wird in streifendem Einfall auftreffendes Licht diffuser gestreut. Gleichzeitig bricht die SiO₂-Schicht das Licht in Richtung zur PCO[®]-Oberfläche, wo es absorbiert wird. Dadurch kann die diffuse Reflektion je nach Wellenlänge ungefähr

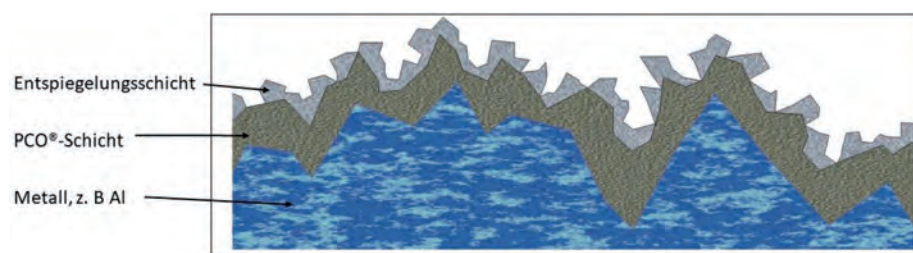


Abb. 1: Schematischer Aufbau der reflektionsmindernden Oberfläche

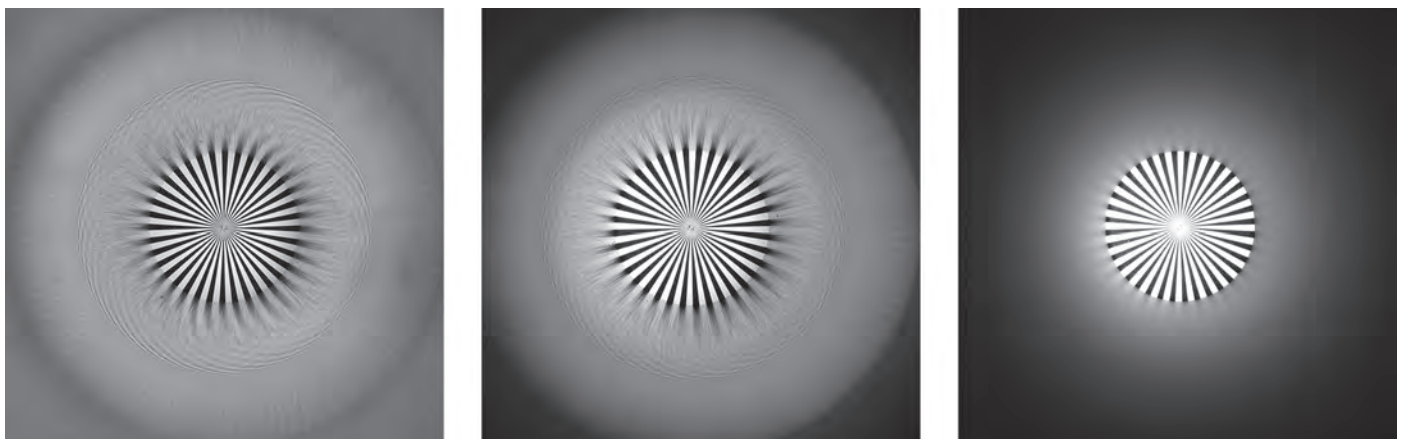


Abb. 2: Siemens-Stern, aufgenommen durch ein glattes Aluminiumrohr mit unterschiedlichen Oberflächen und konstanter diffuser Hintergrundbeleuchtung; unbeschichtetes Aluminiumrohr (links), mit Schwarzeloxierung (Mitte) sowie nach der plasmachemischen Oxidation (rechts)

OBERFLÄCHEN

halbiert werden, was die Abbildungseigenschaften damit ausgerüsteter optischer Geräte weiter verbessert.

2 Verfahrensablauf

Als Substrate für PCO®-Schichten sind dabei besonders die Leichtmetalle Aluminium, Magnesium, Titan sowie die meisten ihrer Legierungen geeignet.

Zur Ermittlung der für eine wirksame Streulichtunterdrückung erforderlichen Schichteigenschaften wurden Berechnungen unter Verwendung eines rigorosen Wellenmodells (rigorous coupled wave analysis) durchgeführt. Damit lassen sich die Rauheiten der Oberfläche sowie die Dicke und der Brechungsindex der auf der PCO®-Schicht abgeschiedenen SiO₂-Schicht bestimmen. Typischerweise liegen die Schichtdicken der aufgetragenen Siliziumdioxidbeschichtung bei 150 nm.

Für eine besonders wirksame Streulichtunterdrückung wurden die Oberflächen vor der PCO®-Behandlung sandgestrahlt, um grobe Rauheiten der Bauteiloberflächen im Bereich von Ra = 2 µm bis 4 µm aufzubringen. Durch die anschließende Plasmaanodisation werden neben der Schwärzung der Oberfläche weitere Rauheiten von Ra = 0,3 µm aufgebracht. Die abschließende Entspiegelung mittels Siliziumdioxidschicht erzeugt weitere Rauheiten von Ra = 3 nm bis 5 nm. Durch diese abgestufte Rauheit wird sichergestellt, dass Lichtstrahlen möglichst in Richtung auf die lichtschluckende schwarze PCO®-Oberfläche abgelenkt werden.

Die Erzeugung der Siliziumdioxidschicht auf der Oberfläche erfolgt durch CVD-Prozesse unter Verwendung siliziumhaltiger Precursoren und kann zum Beispiel mittels Atmosphärendruckplasma oder flammengestützt im Pyrosil®-Verfahren erfolgen. Beide Verfahren erzeugen kleine Siliziumoxidpartikel im sub-µm-Bereich, die sich auf der Oberfläche schichtbildend vernetzen. Durch die ge-

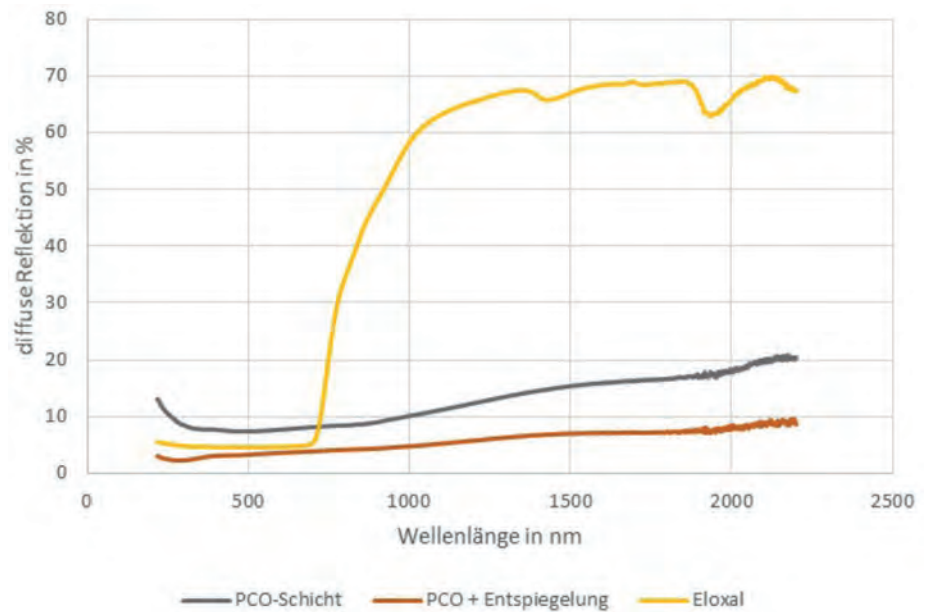


Abb. 4: Mittels Ulbricht-Kugel gemessene diffuse Reflektion von plasmaanodisch erzeugten Schichten sowie derartigen Schichten mit zusätzlicher SiO₂-Schicht nach 1 Minute Ultraschalleinwirkung im Vergleich mit einer schwarzen Eloxalschicht, jeweils auf Aluminiumsubstrat

naue Wahl der Abscheideparameter kann durch Einflussnahme auf die Schichtstruktur- bildung die resultierende Lichtabsorption auf den Wellenlängenbereich angepasst werden. *Abbildung 3* zeigt Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahmen von PCO®-Beschichtungen auf Aluminium als Grundwerkstoff mit wahlweise unterschiedlich dicken Siliziumdioxidschichten.

3 Schichtbeständigkeit

Durch ihre Zusammensetzung aus Aluminium- und Siliziumoxiden sind die hochabsorbierenden Schichten rein anorganischer Natur sowie chemisch, thermisch als auch UV-stabil. Kurzzeitige Reinigung mit Ultraschallunterstützung (bis 5') oder 1000 Zyklen im Washability-Tester (nach ASTM D2486) haben die diffuse Reflektion der Schichten nicht verschlechtert. Punktuelle starke mechanische Belastungen oder längere Ultraschallreinigung können jedoch zu Beschädi-

gungen an der Schicht führen. Da derartige Schichten besonders im Inneren von optischen Geräten angewendet werden, sind solche Belastungen hauptsächlich bei der Montage zu erwarten.

4 Fazit

Die diffuse Reflektion der PCO®-Schicht wird durch die auf die Oberfläche aufgetragene Siliziumdioxidschicht und die damit verbundene Realisierung zusätzlicher Nanorauheiten deutlich reduziert.

Abbildung 4 zeigt beispielsweise die diffuse Reflexion von Eloxal- als auch von PCO®-Oberflächen auf Aluminium als Grundwerkstoff. Die herkömmliche Eloxalschicht lässt bei Wellenlängen oberhalb von rund 720 nm eine deutlich höhere Reflektion im Vergleich zu einer klassischen PCO®-Beschichtung erkennen. Zum anderen wird die diffuse Reflektion der plasmaanodisch erzeugten Schicht durch die zusätzliche dünne SiO₂-Schicht über-

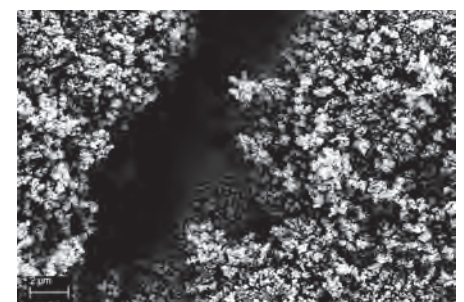
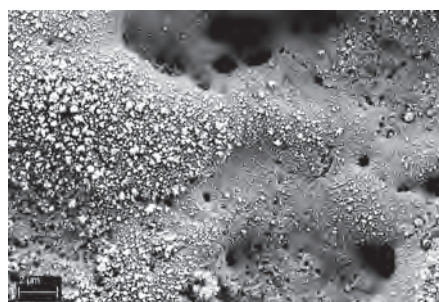
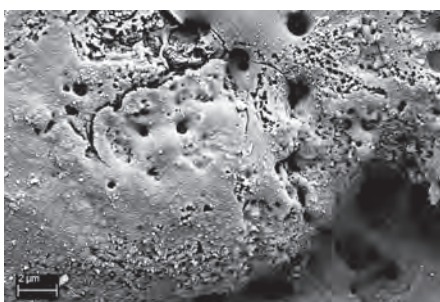


Abb. 3: Rasterelektronenmikroskopieaufnahme einer unbeschichteten PCO®-Oberfläche auf Aluminium (links) sowie einer zusätzlich flamm- pyrolytisch aufgetragenen dünnen (Mitte) beziehungsweise dicken Siliziumdioxidschicht (rechts)

den gesamten untersuchten Wellenlängenbereich von 220 nm bis 2200 nm ungefähr halbiert. Die mit der vorgestellten Prozessführung erzeugte Schicht, die auf Leichtmetallen und

den meisten ihrer Legierungen aufgebracht werden kann, ist dabei auf rein anorganischer Basis, ausgasungsarm, thermisch und chemisch stabil und mechanisch relativ robust. Aus diesem Grund eignet sie sich für eine

große Bandbreite an Anwendungen in optischen Geräten. Weitere Informationen zum PCO®-Prozess sind verfügbar unter www.coating-innovent.com

Entlackung mit System

Stillstände, Qualitätsverluste oder Beschädigungen von Bauteilen lassen sich nicht selten auf eine ungeeignete Entlackung zurückführen. Umso wichtiger ist die Wahl eines Verfahrens, das exakt auf Material, Bauteilgeometrie und Beschichtung abgestimmt ist. Die WISAG Industrie Service Gruppe unterstützt ihre Kunden mit unterschiedlichen Entlackungsmethoden und identifiziert für jeden Anwendungsfall die technisch und wirtschaftlich sinnvollste Lösung.

Zum Leistungsportfolio der WISAG zählen nach Mitteilung des Unternehmens neben chemischen Verfahren und der Trockeneisreinigung vor allem die thermische Entlackung mittels Pyrolyse, die Wasserhöchstdruckreinigung sowie die Laserreinigung. *Für uns steht keines der Verfahren im Vordergrund*, sagt Fabian Härtel, Leiter Technik bei der WISAG Produktionsservice GmbH. *Wir wollen unsere Kunden bestmöglich beraten und schauen uns daher zuerst die individuellen Gegebenheiten und Anforderungen genau an.*

Die Pyrolyse etwa basiert auf der thermischen Zersetzung von organischen Beschichtungen unter Sauerstoffmangel und eignet sich besonders für robuste metallische Bauteile mit komplexen Geometrien oder dicken Lackschichten. Die zu bearbeitenden Werkstücke werden in einem geschlossenen Ofensystem kontrolliert erhitzt, sodass die Beschichtungen vollständig entfernt werden, ohne das Grundmaterial zu beeinträchtigen.

Darüber hinaus setzt der Industriedienstleister auf die Wasserhöchstdruckreinigung, bei der Lackschichten mithilfe eines stark gebündelten Wasserstrahls mechanisch vom Untergrund abgetragen werden. Dieses Verfahren kommt vor allem bei widerstandsfähigen Bauteilen mit einfacher Geometrie zum Einsatz und ermöglicht eine effektive Entlackung ohne chemische Zusätze oder thermische Belastung. Für selektive Anwendungen und empfindliche Oberflächen hat die WISAG mit der Laserreinigung eine weitere Option parat. Die berührungslose Technologie erlaubt eine präzise Entfernung von Beschichtungen, erzeugt keine Strahlmittelabfälle und erfordert nur geringe Einsatzstoffe. Das kann sich besonders bei ebenen Flächen oder punktuellen Aufgabenstellungen als geeignete Alternative erweisen. *Unserer Erfahrung nach gibt es nicht das eine Entlackungsverfahren für alle Fälle*, erklärt Härtel. Entscheidend sei die richtige Einordnung des Bauteils und der Prozessanforderungen. *Genau hier sehen wir unsere Rolle als Systempartner der Industrie.*

Über die WISAG Industrie Service Holding SE

Die WISAG Industrie Service Holding SE mit Hauptsitz in Frankfurt am Main zählt zu den führenden Industriedienstleistern in Deutschland. Als Systempartner und lösungsorientierter Dienstleister übernimmt das familiengeführte Unternehmen umfassend unterstützende Prozesse rund um Produktion und Verwaltung. Mit dem ganzheitlichen Serviceansatz Industrial Plant Management (IPM) bietet die WISAG maßgeschneiderte Lösungen für sämtliche Bereiche industrieller

Sekundärprozesse: von infrastrukturellen und produktionstechnischen Services bis hin zur vollständigen Übernahme ganzer Funktionsbereiche. Das Leistungsspektrum reicht von Gebäudetechnik und industrieller Reinigung über Instandhaltung, Logistik und Produktionsunterstützung bis hin zur Stromversorgung und Industriemontage. Die WISAG Industrie Service Holding SE erzielte 2024 nach eigenen Angaben einen Jahresumsatz von 1,1 Milliarden Euro und beschäftigt rund 60 000 Mitarbeitenden an über 280 Standorten im In- und Ausland.

www.wisag.de

AUFBRUCH

IN NEUE WELTEN

Mit 5 Gestell- und 2 Trommel-ZINK-Anlagen sind wir einer der **LEISTUNGSFÄHIGSTEN** Beschichter in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz. **Unschlagbar im Umkreis von 100 KM.**



STRÄHLE

+

MMB

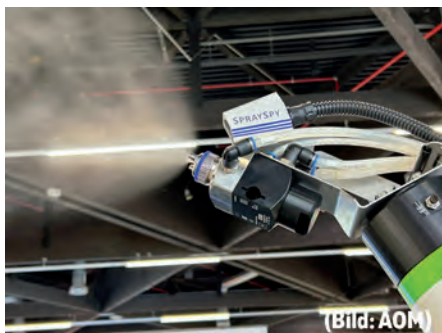
METALLVEREDELUNG

Strähle-Galvanik GmbH + MVB Metallveredelung Bretten GmbH
 Zentrale: Gewerbestraße 16 - 18 • 75059 Zaisenhausen
 Telefon + 49 (0) 72 58 91 32 - 0 • info@straehle-galvanik.de
www.straehle-galvanik.de • www.mv-bretten.de

Wie KI und Automatisierung die Oberflächentechnik verändern

Künstliche Intelligenz und Automatisierung sind längst fester Bestandteil der industriellen Oberflächentechnik. Ob Prozessüberwachung, Qualitätssicherung, Materialeffizienz oder Anlagensteuerung – digitale Technologien verändern Lackierprozesse grundlegend und heben sie auf ein neues Leistungsniveau. Die PaintExpo greift diese Entwicklung auf und rückt intelligente, automatisierte Lösungen vom 14. bis 17. April 2026 in Karlsruhe in den Fokus, die heute bereits in der Praxis eingesetzt werden und künftig noch stärker an Bedeutung gewinnen. Im engen Austausch mit Herstellern, Systemanbietern, Forschungseinrichtungen und Anwendern zeigt sich: KI ist kein Zukunftsversprechen mehr, sondern ein entscheidender Hebel für effizientere, nachhaltigere und stabilere Beschichtungsprozesse.

Eine feste Größe, wenn es um nachhaltige Prozesse und Fehlerminimierung im Nasslackprozess geht, ist AOM-Systems. Von AOM generierte Daten sind die Grundlage für die KI, welche die Prozesse der Kunden automatisieren und optimieren. Anwender sind damit in der Lage, mit künstlicher Intelligenz die Fehler im Sprühprozess zielgerichtet und unmittelbar zu beheben. Dafür erhält der Bediener von der KI eine Mitteilung, wo exakt die Fehlerursache im Prozess liegt. Dies reduziert die Fehlproduktion und minimiert Lack-, Energie- und Stromverbrauch. Somit trägt künstliche Intelligenz nun direkt zur Ressourcenschonung und dem besseren Umgang mit Produktionsmitteln bei.



(Bild: AOM)

Ein großer OEM musste eine Mindestschichtdicke erreichen und legte dafür einen hohen Sicherheitsbeiwert fest, um selbst bei kleinen Prozessschwankungen die Mindestschichtdicke zu erreichen. Mit Spray von AOM kann er nun 100 Prozent des Schichtauftrags in Echtzeit kontrollieren. Das spart massiv Schichtdicke, Material sowie alternative nachgeschaltete Kontrollen und somit bares Geld, erläutert der Geschäftsführer Dr. Meiko Hecker anhand eines Praxisbeispiels den Nutzen für die Anwender. Während der PaintExpo liegt der Fokus von AOM-Systems auf der Integration der Sprayüberwachung direkt in den Zerstäuber.

Auch die Convergent Information Technologies GmbH setzt als weltweit führender Software-Lieferant für die Lackreparatur mit Ro-



(Bild: Convergent)

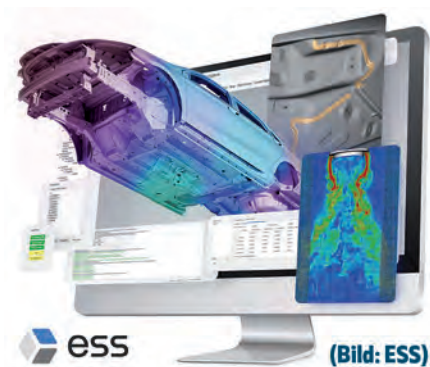
botern verschiedene Ausprägungen von künstlicher Intelligenz und maschinellem Lernen ein. Dies ermöglicht den Ausführungen von Geschäftsführer Dr.-Ing Christof Eberst zufolge die Automatisierung von komplexen Anwendungen, die vor wenigen Jahren noch undenkbar schienen. Sie erlauben einen kürzeren Anlauf, eine größere Flexibilität der Produktion und eine schnellere Integration neuer Produkte. Auf der PaintExpo zeigt Convergent IT die nächste Generation der automatischen Planung für die Lackreparatur mit Robotern und weitere Oberflächenprozesse. Präsentiert werden auch neue Eingabemöglichkeiten zur leichteren Roboterprogrammierung, gerade für kostengünstige Anlagen. Bei der Dürr Systems AG steht die Automation für Nasslacksysteme im Vordergrund. Auf der Messe zeigt Dürr live die oversprayfreie Lackierung mit dem EcoPaintJet und präsentiert die Weiterentwicklung des Materialversorgungssystems EcoSupplyP Core. Dies ist ein modulares Farbversorgungssystem mit Molchtechnik und kann überall dort



(Bild: Dürr)

eingesetzt werden, wo verschiedene Lackfarben in kleineren Mengen appliziert werden, wie in der Bau- und Holzindustrie oder bei Automobilzulieferern. Unverbrauchter Lack lässt sich damit nahezu vollständig zurückgewinnen, der Verbrauch von Spülmittel minimieren und der Farbwechsel beschleunigen. Mit dem EcoPaintJet hielt die oversprayfreie Lackapplikation Einzug in die industrielle Fahrzeuglackierung, die randscharf und ohne jeglichen Overspray lackiert. Jetzt profitieren auch andere Industriezweige von dieser Lösung der Dürr Systems AG.

ESS Engineering Software Steyr GmbH ist Spezialist für die Automatisierung des Pre-Processing-Schritts beim Meshing. Dieses Engagement für Prozessautomatisierung erstreckt sich über den gesamten Simulationsworkflow. Die Lösungen erzielen dank Automatisierung erhebliche Zeit- und Effizienzgewinne. Eine Fahrzeugentwicklungszeit kann zum Beispiel um bis zu einen Monat verkürzt und die Betriebskosten können um rund 30 Prozent gesenkt werden.



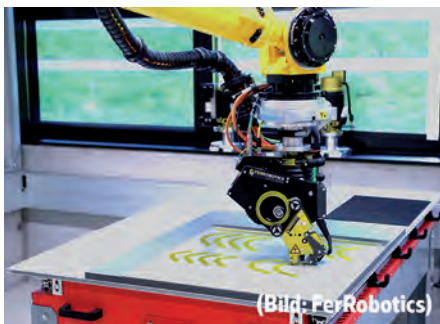
ESS

(Bild: ESS)

Aber auch reduzierte Prototypkosten, schnellere Optimierungen und eine geringere Abhängigkeit von Experten lassen sich mit den Lösungen von ESS erzielen. Anstatt rund 600 kWh für die Lackierung eines Fahrzeugs, wird mit der neuen patentierten Lackiertechnologie des Unternehmens der Energiebedarf pro Karosserie auf 200 kWh gesenkt. In

Verbindung mit CO₂-Reduktion, einer erhöhten Materialeffizienz und Abfallvermeidung dank digitaler Prototypen, sparen die Kunden von ESS signifikant Ressourcen. Auf der PaintExpo zeigt das Unternehmen eine Palette an automatisierten Prozessen und Workflows über den gesamten Simulationsablauf.

Als ein führender Entwickler von End-of-Arm-Tools für die sensible Oberflächenbearbeitung – wie Schleifen, Polieren oder Entgraten – besetzt die FerRobotics Compliant Robot Technology GmbH eine Schlüsselposition an der Schnittstelle von hochpräziser Mechanik und fortschrittlicher Automatisierung. Mithilfe der patentierten Active Compliant Technology (ACT) überführt das Unternehmen feinfühligere manuelle Prozesse in die robotergestützte Serienproduktion.



(Bild: FerRobotics)

Die ACT-basierten Tools garantieren durch aktive Kraftregelung, automatischen Toleranzausgleich und KI-optimierte Kalibrierung eine Präzision, die zu 100 Prozent reproduzierbaren Ergebnissen führt und perfekte Finishes selbst auf empfindlichen Oberflächen ermöglicht. Gleichzeitig steigt die Effizienz, während die Prozesssicherheit erhöht und die Ausschussrate minimiert wird. Auf der PaintExpo 2026 präsentiert FerRobotics mit dem Active Taping Kit (ATK) eine Lösung für automatisiertes Maskieren sowie eine einzigartige Methode zur Lackfehlerausbesserung auf Kunststoff (AOK 403) und neue Bearbeitungsstrategien für eine schnelle und intuitive Programmierung.

Auch in der Pulverbeschichtung sind Automation und künstliche Intelligenz ein Thema. Die Gema Switzerland GmbH setzt als Applikationshersteller seit geraumer Zeit auf intelligente, vernetzte Steuerungen beziehungsweise Steuerungssoftware, wie das *MagicControl 4.0*-System, das eine leistungsfähige Automatisierungsschnittstelle bietet. Darüber hinaus lassen sich ausgewählte Konzepte aus Industrie 4.0 gewinnbringend



(Bild: Gema)

im Pulverbeschichtungsprozess einsetzen. Produktionsdaten werden kontinuierlich erfasst, aufbereitet und mithilfe von Tools wie dem *GemaConnect® Dashboard* übersichtlich und informativ visualisiert. Der daraus resultierende Mehrwert für die Kunden in der Pulverbeschichtung sind Materialeinsparungen und Effizienzsteigerungen. Durch präzise Steuerung wird die Pulvermenge optimiert, was weniger Overspray und damit weniger Materialverbrauch bedeutet.

Künstliche Intelligenz und Automatisierung können aber auch dazu dienen, höhere Qualität und Konsistenz zu erreichen, die Arbeitskräfte zu entlasten, Prozesskontrolle und Rückverfolgbarkeit mit vernetzten Systemen und Echtzeitdaten zu verbessern sowie die Sicherheit für das Bedienpersonal zu erhöhen. Gema präsentiert auf der Messe eine Vielzahl integrierter Funktionen, welche die industrielle Pulverbeschichtung laufend verbessern und einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen unterstützen.

Die Automatisierung spielt auch bei M&N Fördersysteme GmbH eine zentrale Rolle. Die Fördertechnik gewährleistet einen kontinuierlichen, stabilen Materialfluss und stellt sicher, dass alle Prozessschritte in der Oberflächentechnik exakt aufeinander abgestimmt sind. Dadurch erzielen die Kunden hohe Prozesssicherheit, Effizienz und reproduzierbare Qualität. Automatisierte Fördertechnik leistet auch einen wichtigen Beitrag zur Ressourcenschonung, denn ein kontinuierlicher und präzise gesteuerter Transport der Werkstücke reduziert Stand- und Leerlaufzeiten, minimiert Nacharbeit und sorgt für eine optimale Auslastung der Beschichtungsanlagen. Dies führt zu geringerem Energieverbrauch, weniger Ausschuss und insgesamt effizienteren Prozessen.

In Karlsruhe legt M&N den Fokus auf neue, weiterentwickelte Rundtakt-Förderanlagen und optimierte Steuerungs- und Leitsysteme, die eine höhere Flexibilität bei Taktzeiten

und Werkstückvarianten bieten, die Energieeffizienz der Antriebe verbessern und einen noch kontinuierlicheren, automatisierten Materialfluss ermöglichen.

In der Farb- und Lackentwicklung ermöglichen es ML-gestützte Analysemethoden, Formulierungen, Rezepturen und Applikationsprozesse wesentlich schneller und fundierter zu verstehen. Pi Probaligence entwickelt ML-Algorithmen, die branchenübergreifend in Produktentwicklung, Prozesssteuerung und Simulation eingesetzt werden. Diese Modelle fließen zunehmend in Steuerungssoftware ein und ermöglichen dort intelligente Vorhersagen und Assistenzfunktionen. Je datenreicher und automatisierter ein Prozess ist, desto wirkungsvoller können die Lösungen von Pi Probaligence eingesetzt werden.

In der Produktentwicklung erlaubt ML eine dateneffiziente, explorative Versuchsplanung, die Parameterräume gezielt durchsucht. Dadurch wird entweder ein Optimum gefunden oder ein digitaler Zwilling erstellt, der komplexe reale chemische und physikalische Systeme virtuell abbildet. Auf der PaintExpo 2026 präsentiert Pi Probaligence konkrete Anwendungen aus Industrie und Forschung und stellt eine neue Oberfläche mit Steuerung in natürlicher Sprache sowie automatisierter Anbindung an bestehende Tools vor.

KI und Automatisierung als integrale Bestandteile vernetzter Beschichtungsprozesse

Die vorgestellten Anwendungen verdeutlichen, dass künstliche Intelligenz und Automatisierung in der Oberflächentechnik nicht mehr isoliert betrachtet werden, sondern zunehmend als integrale Bestandteile durchgängiger Prozessketten. Der Fokus verschiebt sich von Einzeloptimierungen hin zu vernetzten Systemen, in denen Prozessdaten, Qualitätsinformationen und Anlagenparameter in Echtzeit zusammengeführt und ausgewertet werden. Diese Entwicklung eröffnet neue Potenziale für reproduzierbare Qualität, Ressourceneffizienz und Prozessstabilität – setzt jedoch zugleich eine hohe Systemintegration und belastbare Datenmodelle voraus. Die PaintExpo 2026 bildet diesen technologischen Reifegrad der Branche ab und bietet eine Plattform für den fachlichen Austausch über den praktischen Einsatz, die Grenzen und die Weiterentwicklung KI-gestützter Lösungen in der industriellen Oberflächentechnik.

➔ www.paintexpo.de

Hightech-Produkte benötigen klassische Galvanotechnik

Der DGO-Fachausschuss Galvanoformung traf sich zu seiner ersten Präsenzsitzung am KIT in Karlsruhe

Die galvanotechnische Metallabscheidung wird klassischerweise verbunden mit Oberflächen für den Korrosionsschutz oder die dekorative Gestaltung von Teilen für den technischen oder häuslichen Gebrauch. Dass Galvanotechnik aber auch ein Hightech-Verfahren für zahlreiche moderne Technologien mit Anforderungen in höchster Präzision ist, zeigt sich an dem Spezialverfahren der Galvanoformung. Fachleute verstehen darunter die vollständige Herstellung von dreidimensionalen Teilen durch die klassische galvanische Abscheidung von Metall. Im Rahmen des neu aktivierten Fachausschusses Galvanoformung der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V (DGO) auf Initiative von Dr. Markus Guttman vom Karlsruher Institut für Technologie KIT fand am 22. Januar in Karlsruhe eine erste Präsenztagung statt.

Für die erste Sitzung als Präsenzveranstaltung konnten der Leiter des Fachausschusses Dr. Guttman und DGO-Geschäftsführer Dr. Daniel Meyer 25 Teilnehmerinnen und Teilnehmer begrüßen. Die Teilnehmer des Fachausschusses Galvanoformung nutzten die Möglichkeit, ihre Arbeitsbereiche vorzustellen und aufzuzeigen, welche Anforderungen für die Entwicklung und Verbesserung der galvanischen Metallabscheidung bestehen. Dazu wurden hochinteressante Darstellungen präsentiert, aus denen die Leistungsfähigkeit der zugegebenermaßen sehr speziellen Abscheidungsverfahren ersichtlich wurde. Zugleich wurden Anregungen für Entwicklungen aufgezeigt wurden, mit denen sich der DGO-Fachausschuss in Zukunft beschäftigen kann.

Dr. Guttman befasst sich seit mehr als 20 Jahren mit der Herstellung von Werkzeugen für die Abformung von Kunststoffteilen, wie sie zum Beispiel in Analysengeräten der Medizintechnik oder Optik sowie für MEMS-Anwendungen eingesetzt werden. Am Institut für Mikrostrukturtechnik IMT am Karlsruher Institut für Technologie KIT wurde dazu anfangs schwerpunktmäßig die Röntgenlithografie genutzt. Aus Kostengründen wurde im Laufe der Zeit auf Laser- oder Elektronenstrahlolithografie umgestellt.

Aufbauend auf diesen Technologien werden im ersten Schritt Master aus speziellen Kunststoffen und Belichtungslacken hergestellt. Die damit erzeugten dreidimensionalen Strukturen werden mittels galvanotechnischer Verfahren zu den eigentlichen Metallstrukturen aufgebaut. Genutzt werden Nickel, Kupfer und Gold als galvanisch abzuschheidende Metalle, wobei die Abscheidedauer je nach Dicke der Strukturen bis in den Wochenbereich reichen kann. Zu den neueren Anwendungsfeldern der Technologie zählt die Herstellung von Bauteilen für photovoltaische Zellen, um



Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen der Veranstaltung

(Bild: DGO / Dr. D. Meyer)

beispielsweise durch Mikrostrukturen bei großen Flächen die Lichtausbeute zu erhöhen. Stetig wachsend ist der Bedarf an moderner Sicherheitstechnik für Ausweise, Sicherheitslösungen für Banken sowie Sicherheit für Währungen in klassischer und digitaler Form. Derartige Sicherheitstechniken sind Bestandteil des Portfolios der Papierfabrik Luise in Gmund am Tegernsee. Hier spielen die Drucktechnik von Banknoten, das Banknotenpapier, Sicherheitsfäden und Sicherheitsfolien eine wichtige Rolle. Verfahren der Galvanotechnik werden beispielsweise zur Metallisierung und Demetallisierung für die Herstellung von Prägezyllindern (Lithografie mit galvanischer Abformung) für den Druck genutzt. So werden Folien mit Mikroprägungen für das Erzielen der Farben oder Beschichtungen zur Glanzerzeugung eingesetzt, aus denen dann schließlich Banknoten hergestellt werden. Im Falle der Prägezyllinder besteht der Prozess aus der Bedampfung eines Rohlings (Folie), aus dem anschließend durch galvanische Metallabscheidung handhabbare Folien (Dicke 120 µm bis 160 µm) aufgebaut werden. Diese können für den Einsatz auf einen Basiszylinder aufgezogen werden.

Für die galvanische Metallabscheidung eignen sich insbesondere Nickelsulfamatelektrolyte. Für die Herstellung der Shims (Druckplatten) steht eine hohe Maßhaltigkeit im Vordergrund.

Als wichtiger Parameter bei der galvanischen Abscheidung gelten organische Zusätze im Nিকেlelektrolyten. Für deren Konstanthaltung liefert die Analytik (HPLC) nur begrenzt genaue Werte; ähnliches gilt auch für die entstehenden Abbauprodukte.

Für den Druck von Banknoten werden bei der Giesecke + Devrient GmbH in München Stichtiefdruckplatten benötigt mit Gravurtiefen bis zu etwa 80 µm. Solche Gravuren erzeugen die fühlbaren Strukturen von Banknoten. Am Anfang stehen hier Master, die durch Laserstrukturieren in Kunststoff hergestellt werden. Diese Master werden im ersten Schritt mit Nickel bedampft und anschließend per galvanische Nickelabscheidung zu einer Druckplatte (bis 1 mm Dicke) erweitert. Zur Gewährleistung der Abriebbeständigkeit wird abschließend verchromt.

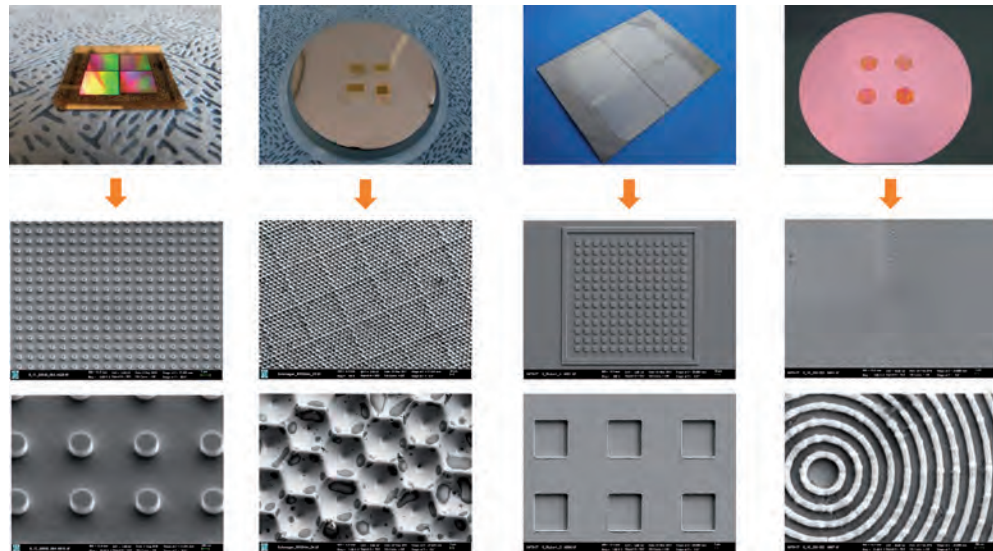
Neben der galvanischen Nickelabscheidung liegen Anforderungen bei der Passivierung, einer optimalen Gestellfertigung, der Was-

serstoffableitung und anlagentechnischen Kenngrößen wie das optimale Befüllen der Anodenkörbe.

Im Bereich der Optik für Teleskope oder Mikroskope und für Röntgenspiegel zur Herstellung von Mikroschaltungen, wie sie von der Carl Zeiss AG in Oberkochen entwickelt und produziert werden, ist die Galvanoformung nach wie vor die optimale Fertigungstechnologie. Hierfür eignet sich neben Nickel und Kupfer auch Aluminium, abgeschieden aus aprotischen Elektrolyten. Besonders vorteilhaft ist bei diesen Anwendungen die hohe Genauigkeit der Galvanoformung bis in den Bereich von 0,3 nm. Herausforderungen liegen bei der geforderten Abscheidetemperatur von 20 °C zur Gewährleistung der Endgeometrie der Spiegel oder der Minimierung der inneren Spannungen der Nickelfolien, aus denen die Spiegel aufgebaut werden. Um die Härte der abgeschiedenen Metalle zu steigern, werden unterschiedliche Legierungen genutzt, beispielsweise durch Zugabe von Kobalt oder Titan zu Aluminium.

Weitere wichtige Teile, bei denen die Galvanoformung angewendet wird, sind Ablenkspulen für REMs. Hierbei handelt es sich um Grundkörper aus galvanisch abgeschiedenem Kupfer in einer Dicke von etwa 150 µm, die zusätzlich mit Gold als Reflexionsschicht beschichtet werden. Abgeschieden wird in diesem Fall auf einen Grundkörper aus Edelstahl, von dem die Kupferform mechanisch abgelöst werden kann.

Eingesetzt wird Galvanoformung auch für die Herstellung von Brennkammern und dafür notwendige Bauteile für Raketen bei der arianeGroup in München. Galvanoformung für Triebwerke kommt unter anderem zum Einsatz, weil sich damit die notwendigen Mikrostrukturen in Kanalform zur Kühlung des



Beispiel für nano- und mikrostrukturierte Nickel-Shims, hergestellt unter Einsatz von Galvanoformung
(Bild: Dr. Guttman/KIT)

Triebwerks auf der Innenseite des Triebwerks in höchster Qualität herstellen lassen. Zur Abscheidung werden Kupfer und Nickel verwendet, wobei Kupfer das Eindringen von Wasserstoff in die Nickelform verhindern soll. Aus mechanischen Gründen muss die Nickelform mit Dicken bis 20 mm unterbrechungsfrei abgeschieden werden, woraus sich Abscheidzeiten von bis zu 30 Tage ergeben. Eine Herausforderung besteht beispielsweise in der Aufrechterhaltung des Stromflusses bei Netzstörungen oder Überlastungen der Geräte, wozu hocheffiziente Batterien eingesetzt werden. Das abgeschiedene Nickel muss eine definierte konstante Härte, Festigkeit und Duktilität aufweisen und es muss schweißbar sein.

Entwicklungsbedarf ergibt sich durch auftretende Schwächen bei der Haftung des abgeschiedenen Metalls auf dem Grundkörper, die

aufgrund oberflächlicher Anreicherungen von zum Beispiel Zirkon auftreten können. Die Eigenschaften beim abgeschiedenen Kupfer machen sich durch Änderungen bei den organischen Zusätzen bemerkbar. Schließlich erfährt das abgeschiedene Nickel unter Einfluss von Wasserstoff eine Rissbildung, die es zu vermindern gilt.

Für Fahrzeuge werden heute aufwändige optische Einrichtungen, beispielsweise zur Darstellung von Informationen auf der Frontscheibe, eingesetzt. Ebenfalls mit optischen Einrichtungen wird in der Medizintechnik gearbeitet, die zudem Mikroelemente in großer Zahl zur Analyse verwendet, zum Beispiel Diffusoren, Mikrolinsenarrays, Membranen für Inhalatoren oder Filter für die Abtrennung von Mikroorganismen oder zur Analyse von Zellen. In allen Fällen werden Mikro- und Nanostrukturteile auf großflächigen Einheiten

BRW
CHEMIE

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

WIR LEBEN OBERFLÄCHENTECHNIK

- + **Metarox** – Entfettung
- + **Avant / Amex Elcid** – saure Zinksysteme
- + **Royal** – cyanidische Zinksysteme
- + **Nickofan** – Nickelsysteme
- + **Cobre/Cuprofan** – cyanidische und alkalisch cyanfreie Kupfersysteme
- + **Colorchrom** – Passivierungen
- + **Metastrip** – Beizentfetter und Entmetallisierungen
- + **Cynex** – alkalische Zinksysteme
- + **Quimi** – chemische Nickelsysteme
- + **Cuprocid** – saure Kupfersysteme
- + **RSI-Produktreihe** – Produktlösungen für Eloxalbetriebe
- + **Avant Guard** – Top Coats
- + **Metallfärbungen**
- + **Zink-Nickel Verfahren**
- + **Weißbronze**
- + **Mechanische Verzinkung** – Produktlösungen und Anlagenbau



Dr. Guttman stellt Anlagentechnik in seinem Institut vor

(Bild: DGO / Dr. D. Meyer)

benötigt. Mit diesen Herausforderungen befasst sich die temicon in Dortmund. Herstellt werden sie zu einem großen Teil mittels Rolle-zu-Rolle-Verfahren, bei denen Masken, aufgebracht auf Druckwalzen in metallischer Ausführung, benötigt werden. Diese hochpräzisen Metallteile beziehungsweise Metallwerkzeuge in kleinen Dimensionen entstehen durch Anwendung der Galvanoformung, bei denen in großem Umfang Nickelabscheidungen genutzt werden.

Die Arbeitsfolge beginnt vorteilhafterweise beim Design und reicht über die Masterherstellung bis zur fertigen Maske für die Form-

gebung in Kunststoff. Genutzt werden UV- und Laserlithografie für die notwendigen Master, wobei Flächen bis zu 1 m² machbar sind. Neben Rolle-zu-Rolle-Verfahren kann auch mit Platten aus Polymer oder Glas mit einer entsprechenden Oberflächenstruktur gearbeitet werden. Die Nickelwerkzeuge werden durch Abscheidung aus Nickelsulfamat oder Glanznickel und Schwarznickel hergestellt. Herausforderungen für die galvanischen Prozesse liegen in der Vermeidung von Poren aus unzureichender Benetzung, der Vermeidung von Poren aus der Wasserstoffgasbildung bei der Abscheidung oder

der Herstellung von schwarzen Schichten als Ersatz für Schwarzchrom.

Mit den zahlreichen interessanten Darstellungen von Verfahren und erzielbaren Ergebnissen ist es den Teilnehmern des DGO-Fachausschusses Galvanoformung gelungen, jungen ebenso wie altgedienten und erfahrenen Fachleuten der galvanotechnischen Branche die Wichtigkeit ihres Tuns aufzuzeigen und sich gegenseitig zu motivieren. Die Arbeiten zeigen das nach wie vor berechnete Interesse an der altbewährten Technologie der galvanischen Metallabscheidung und verdeutlichen auch die Wichtigkeit der Arbeit in der DGO.

Die nächsten Treffen des Fachausschusses in diesem Jahr werden am 19. Mai online und am 16. September in Präsenz (wieder in Karlsruhe und vor den ZVO-Oberflächentagen) stattfinden. Bei diesen für 2026 terminierten Treffen soll die gegenseitige Vorstellung der bisher an einer aktiven Mitarbeit im Fachausschuss interessierten Unternehmen und Forschungseinrichtungen und deren Aktivitäten im Bereich Galvanoformung fortgesetzt werden. Der Ausschuss ist aber weiterhin offen für Interessenten; die Informationen dazu sind über die DGO zu erhalten.

➔ www.dgo-online.de

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

DGO-Bezirksgruppe Thüringen

Der erste Vortrag im diesem Jahr der DGO-Bezirksgruppe Thüringen startete mit dem Thema *Support durch elektrochemische Prozesse: Wie die Elektrochemie die Galvano- und Leiterplattenindustrie unterstützen kann*. Als Referent konnte Dr. Jens Krümborg, Geschäftsführer der Eilenburger Elektrolyse- und Umwelttechnik GmbH (EUT GmbH) gewonnen werden.

Die EUT GmbH ist ein technologieorientiertes Unternehmen, das 1992 von Industrie- und Hochschulmitarbeitern gegründet wurde. EUT produziert Elektrolysetechnik in einem breiten Sortiment. Das Portfolio reicht von kleinen Elektrolysezellen für den Laborbedarf, für Wasserdessinfektionsanlagen geringer Leistung bis hin zu kleintechnischen und

technischen Elektrolysezellen sowie zu industriellen Anlagen mit großer Stromkapazität. Für die Entwicklung von neuen Verfahren und Technologien stehen moderne Laborausrüstungen mit einem gut ausgestatteten Technologiezentrum zur Verfügung.

Der Referent beschrieb zu Beginn seines Vortrags die Sicherung stabiler Prozessbedingungen durch den Einsatz von zusätzlichen inerten Anoden am Beispiel der elektrochemischen Vernicklung. Ihr Einsatz führt nicht nur zur Erhöhung der Elektrolytstabilität, sondern auch zur Steigerung der Lebensdauer und zur Abfallminderung. Dabei ist eine Trennung von inerte Anode und Prozesselektrolyt durch eine Membran vorzunehmen, damit der oxidative Abbau von Organika wesentlich reduziert werden kann.

Bei der chemischen Vernicklung steht die Phosphinat-Aufbereitung bis zum Phosphat durch Anodenprozesse an bordotierten Dia-

mantelektroden (BDD-Elektroden) im Vordergrund. Diese Elektroden werden aus synthetischem Diamanten im CVD-Verfahren hergestellt und zur Verbesserung der elektrischen Leitfähigkeit mit Bor dotiert. Sie besitzen eine hohe chemische sowie mechanische Stabilität und ermöglichen Reaktionen bei hohen und niedrigen elektrischen Spannungen. Jens Krümborg stellt eigens entwickelte Behandlungszellen in der Außenansicht vor.

Im letzten Teil des Vortrags berichtete Jens Krümborg über das RECYPER-Verfahren zum Recycling von verbrauchten Kupfer-Beizlösungen. Bei diesem Prozess erfolgt ebenfalls in einer Membranzelle in Kombination von Anoden- und Kathodenreaktionen die Rückgewinnung des Ätzmittels (Natriumperoxydisulfat Na₂S₂O₈) bei gleichzeitiger Metallerückgewinnung. Die bildlich dargestellte Elektrolysezelle gestattet eine optimierte kathodische Abscheidung des Metalls sowie



Referent Dr. Jens Krümborg (l.) und Mathias Fritz
(Foto: Dr. Kutzschbach)

die anodische Oxidation im Anodenabteil der Zelle. Die Vorteile des RECYPER-Verfahrens sind:

- Gleichzeitige Rückgewinnung von Kupfer und Beizmittel
- Der Betrieb ist im Bypass zur bestehenden Beizlinie möglich
- Effiziente Reduktion der Abwassermenge
- Recycling von verschiedenen Beizmitteln ist möglich
- Erzielen guter Stromausbeuten auch bei niedrigen Sulfatkonzentrationen im Beizelektrolyten
- Effiziente Peroxodisulfat-Reoxidation direkt aus der verwendeten Beizlösung; es sind keine potentialerhöhenden Zusätze erforderlich

Mit einigen Zahlen über die jährliche Rückgewinnung von Kupfer und Peroxodisulfat sowie über den dafür erforderlichen Stromverbrauch einschließlich Kostenbilanz beendete Dr. Krümborg seinen Vortrag. In der anschließenden Diskussion wurden Fragen zur Stromdichtebelastung von BDD-Anoden und ihre Kosten gestellt. Abschließend bedankte sich Bezirksgruppenleiter Mathias Fritz bei Dr. Jens Krümborg für seinen interessanten Vortrag und verwies auf die Exkursion zur Firma Innovent e. V. Technologieentwicklung Jena.

Dr. Peter Kutzschbach

➔ www.dgo-online.de

DGO-Bezirksgruppe Nürnberg: Neuwahlen und Verabschiedung von Manfred Hoos

Die DGO-BG Nürnberg wählte im Rahmen ihrer Weihnachtsfeier am 2. Dezember 2025 ein neues Leitungsteam. Die 28 wahlberechtigten Anwesenden bestätigten einstimmig (bei 3 Enthaltungen) Udo Krüger als BG-Leiter in seinem Amt. Als seine Stellvertreter wurden Anna Thasler, Karl Lehner Oberflächenbehandlung (Tännesberg), und Florian Ottenbreit, Krones AG (Neutraubling bei Re-

gensburg) gewählt. Anna Thasler und Florian Ottenbreit bedankten sich für das entgegengebrachte Vertrauen und nahmen die Wahl an. Ihre Amtszeit begann offiziell am 1. Januar 2026 und dauert fünf Jahre, also bis zum 30. Dezember 2030.

Mit Anna Thasler und Florian Ottenbreit hat sich das Leitungsteam der BG Nürnberg deutlich verjüngt. Beide freuen sich, von Udo Krüger nach und nach an die vielfältigen Aufgaben der BG-Leitung herangeführt zu werden und von seiner langjährigen Erfahrung und Expertise zu profitieren. Eine besondere Herausforderung werden sicher die stets detailreichen und mit exklusivem Begleitprogramm organisierten Exkursionen. Beide Stellvertreter vertrauen auch hier voll und ganz darauf, unter Anleitung von Udo Krüger in diese Aufgabe hineinzuwachsen. An Motivation fehlt es auf jeden Fall nicht.

Gleichzeitig mit der Wahl der neuen Stellvertreter hieß es auch Abschied nehmen von Manfred Hoos, der nach zwölf Jahren sein Amt als Stellvertreter aufgab. Er hat sich dazu entschlossen, nach zwölf Jahren ehrenamtlicher Tätigkeit, seinen anderen Interessen und Hobbies mehr Zeit zu gönnen. Rückblickend sei ein nicht unerheblicher Teil der Freizeitgestaltung der BG Nürnberg gewidmet gewesen. *Das hat mir sehr viel Spaß gemacht und die vielen positiven Rückmeldungen haben meine Motivation hochgehalten, die Zeit und die Kraft gerne dafür aufzuwenden*, so Hoos. Irgendwann sei aber die Zeit reif, den Staffelstab weiterzugeben, damit etwas frischer Wind in unsere BG einzieht. Er dankte herzlich allen für die vielen Erlebnisse, die tollen Momente, die anregenden Gespräche und die vielen anderen Kleinigkeiten, die sein Leben bereichert hätten. Manfred Hoos wünschte den neuen Stellvertretern alles Gute und er ist sich sicher, dass sie die anfallenden Aufgaben sehr gut meistern werden. Hierbei dürften sie natürlich auch auf seine Unterstützung zählen.

➔ www.dgo-online.de

DGO-BG Nürnberg mit Vortrag über effiziente Badabsaugung in der Galvanik

Am 10. Februar war Patric Hering, Airtec, mit einem Vortrag zum Thema *Effiziente Badabsaugung in der Galvanik – von der Optimierung bis zur richtigen Auslegung* bei der DGO-Bezirksgruppe Nürnberg zu Gast. Das Interesse an dem Thema erwies sich aufgrund der Aktualität als groß, und so hatten sich 34 Teilnehmer angemeldet, die teilweise sogar aus Baden-Württemberg anreisten.

Nach kurzer Begrüßung aller Teilnehmer und Vorstellung des neuen Stellvertreters bei der Bezirksgruppe Nürnberg, Florian Ottenbreit, startete Patric Hering mit seinem Vortrag. Der Vortrag war sehr informativ, kurzweilig und hatte einen hohen Praxisbezug. Es gab während des Vortrags immer wieder Fragen, die gleich beantwortet oder diskutiert wurden. Die Teilnehmer erfuhren, wie man seine vorhandene Absaugung effizienter und somit sparsamer machen kann, wie sich die Wirkung einfach erhöhen lässt, welche gängigen Fehler es zu vermeiden gilt und was sich die Behörden in nächster Zeit so wünschen beziehungsweise vorstellen – Stichwort DIN ISO. Auch wurde darüber diskutiert, wie sinnvoll Berechnungen und neue Vorschriften sind.

Die Teilnehmer lobten Patric Hering für den besonders guten Vortrag und die BG-Leitung bedankte sich wie üblich mit einem kleinen Gastgeschenk beim Referenten.

➔ www.dgo-online.de

DGO-FA Chemische Metallabscheidung diskutierte mögliche PTFE-Alternativen in der Galvanotechnik

Im Rahmen eines Webmeetings am 14. Januar befasste sich der DGO-Fachausschuss Chemische Metallabscheidung mit möglichen Alternativen zu PTFE in der Galvanotechnik, das beispielsweise in Partikelform bei chemisch Nickel-Dispersionsschichten zum Einsatz kommt und direkt vom geplanten PFAS-Verbot betroffen ist.

Hierzu waren Dr. Welzel (TITK e. V., Thüringisches Institut für Textil- und Kunststoff-Forschung) sowie Prof. Andreas Bund (TU Ilmenau) zugeschaltet. Dr. Welzel stellte das TITK als materialorientiertes Forschungsinstitut mit Schwerpunkt auf Kunststoffen, polymeren Additiven und deren Verarbeitung vor. Er führte aus, dass die Textilbranche ebenfalls stark vom geplanten PTFE-Verbot betroffen sei: Trotz bereits umgesetzter FuE-Projekte konnten die funktionalen Eigenschaften von PFAS-basierten Textilausrüstungen wie beispielsweise Fluorcarbon bislang nicht vollumfänglich erreicht werden.

In der anschließenden Diskussion wurde empfohlen, zunächst bereits am Markt verfügbare Partikelwerkstoffe aufzugreifen und durch gezielte Compoundierung weiterzuentwickeln. Dies könnte die Basis für ein gemeinsames FuE-Projekt, etwa im Rahmen der IGF, bilden. Als potenzielle PTFE-Alternativen wurden unter anderem POM, ultrahochmolekulares Polyethylen sowie PEEK

VERBÄNDE

genannt, wobei insbesondere Reibverhalten, Verschleißfestigkeit, chemische und thermische Beständigkeit als entscheidende Kriterien hervorgehoben wurden.

Durch die Vielzahl möglicher Anforderungen wurde angeregt, sich auf zwei bis drei klar definierte Musteranwendungen mit eindeutigen Anforderungsprofil zu konzentrieren, etwa mit Fokus auf geringe Reibwerte, hohe Verschleißbeständigkeit oder Antihafteffekte. In der kommenden Sitzung des Fachausschusses Chemische Nickelabscheidung am 12. März 2026 in Geislingen sollen dann geeignete Musteranwendungen definiert und anschließend der Austausch mit den Forschungseinrichtungen vertieft werden.

➔ www.dgo-online.de

DGO-FA DigiTrans stellte digitale Optimierungsansätze sowie etwaige Fördermöglichkeiten in den Fokus

Am 15. Januar fand das vierte Meeting des DGO-Fachausschusses Digitale Transformation und Innovation (DigiTrans) als Webmeeting statt. Im Mittelpunkt der Sitzung standen digitale Optimierungsansätze sowie ein Blick auf etwaige Fördermöglichkeiten.

Ein zentraler Diskussionspunkt war die Vorstellung eines Software-Tools zur Optimierung von komplexen Industrieprozessen, das analytische Laborwerte mit technischen Prozessparametern verknüpft und auf Basis definierter Optimierungsziele konkrete Handlungsempfehlungen zur Anlagenparametrierung ableitet. Das System ist bereits in der Vliesstoffproduktion im Einsatz und könnte perspektivisch auf galvanotechnische Prozesse übertragen werden. In der Diskussion wurden insbesondere die Heterogenität von galvanischen Datenquellen, die notwendige Datenqualität sowie eingeschränkte Optimierungsspielräume in stark regulierten Branchen wie dem Automotiv-Bereich thematisiert. Als nächster Schritt soll der Kontakt zum Tool-Anbieter intensiviert und ein möglicher Galvanik-Use-Case definiert werden.

Darüber hinaus wurde über eine mögliche Zusammenarbeit mit der Industrial Digital Twin Association (IDTA) gesprochen. Für eine der kommenden Sitzungen ist ein Beitrag zur Normungsroadmap Industrie 4.0 und zu Beteiligungsmöglichkeiten geplant.

Ein weiterer Punkt betraf aktuelle Förderbekanntmachungen: Während auf nationaler Ebene derzeit kaum geeignete Programme für Digitalisierungsthemen verfügbar sind, bestehen auf EU-Ebene vereinzelt Optionen, die jedoch als anspruchsvoll eingeschätzt werden.

Das nächste Treffen des FA DigiTrans findet am 23. April 2026 als Präsenzmeeting bei WMV Anlagenbau in Windeck statt.

➔ www.dgo-online.de

Zentralverband Oberflächen-technik e. V.

(ZVO)

ZVO-Positionspapier zu BREF-Dokumenten

Mit der Novellierung der Industrieemissionsrichtlinie rücken die nachgelagerten BREF-Dokumente noch stärker in den Fokus. Sie sind eine der zentralen Stellschrauben für Genehmigungen, Investitionsentscheidungen und die tägliche Betriebspraxis der ZVO-Mitgliedsunternehmen. Vor diesem Hintergrund hat der ZVO ein umfassendes Positions- und Kritikpapier zur neuen BREF-Guideline veröffentlicht. Der ZVO sieht in der aktuellen Ausgestaltung der BREF-Guideline einen deutlichen Paradigmenwechsel: weg von technikbezogenen Anforderungen, hin zu quantitativen Umweltleistungskennwerten (AEPLs) und umfassenden Managementvorgaben. Dieser Ansatz ist grundsätzlich nachvollziehbar, greift in der Praxis jedoch vielfach zu kurz. Kritisch bewertet der Verband insbesondere die fehlende belastbare Methodik zur Ableitung der AEPLs, die mangelnde Operationalisierung der *Anwendbarkeit* von Techniken sowie eine drohende Rechtsunsicherheit in Genehmigungsverfahren. Hinzu kommen hohe und teils realitätsferne Datenanforderungen, die

vor allem kleine und mittlere Unternehmen strukturell benachteiligen können.

Aus Sicht des ZVO besteht dringender Handlungsbedarf, um den Anspruch eines europaweit einheitlichen, fairen und praxisnahen Vollzugs zu erfüllen. Notwendig sind unter anderem klare Bewertungsmaßstäbe, transparente Kriterien zur Datenqualität sowie Instrumente zur Auflösung von Zielkonflikten im Umweltmanagement.

Das vollständige Positionspapier mit einer detaillierten Analyse und konkreten politischen Forderungen steht auf der ZVO-Website zum Download bereit.

➔ www.zvo.org

ZVO onlineDialog: Förderpotenziale für die Branche

Im 27. ZVO onlineDialog am 29. Januar, der kostenlosen und exklusiven Informationsplattform für ZVO-Mitglieder, zeigte Pascal Schneider (Schneider Consulting) auf, wie Unternehmen mit den passenden Fördermitteln erfolgreich ins Jahr 2026 starten können. Das neue Jahr bringt Änderungen und spannende Entwicklungen in der Fördermittellandschaft mit sich. Für Unternehmen der Galvano- und Oberflächentechnik eröffnen sich 2026 vielfältige Chancen, um Investitionen in Innovation, Personal, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit gezielt zu fördern. Im einstündigen Webinar gab Fördermittel-Experte Pascal Schneider einen Überblick zum Thema Fördermittel, zum Europäischen Beihilferecht und zu den wichtigsten Punkten bei der Beantragung. Außerdem stellte er die ZVO-Fördermittelplattform vor und detailliert einige Förderprogramme und Änderungen, die 2026 bekannt sein sollten und wie Unternehmen diese strategisch nutzen können. Im Anschluss an den Vortrag hatten die über 20 Teilnehmenden die Möglichkeit, Fragen zu stellen und sich auszutauschen.

Eine aktuelle Übersicht passender Förderprogramme bietet die ZVO-Fördermittelplattform im Mitgliederbereich der Website.

➔ www.zvo.org

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!

Dr. Herrmann GmbH wird Teil der IFO/QUBUS-Gruppe

Die Dr. Herrmann GmbH & Co. KG ist ab Juli 2026 Teil der IFO/QUBUS-Gruppe. Durch diesen Zusammenschluss bündeln die Unternehmen ihre Kompetenzen und stärken ihr gemeinsames Leistungsportfolio in der Oberflächentechnik – mit echtem Mehrwert für Kunden und Partner.



Dr. Paul Förster, Daniel Hübner, Chris Herrmann (extern), Hannelore Herrmann, Dr. Thomas Herrmann, Michael Müller, Silke Biele, Dr. Benjamin Fiedler, Dennis Lenz, Andreas Mühle und Marc Holz (v. l. n. r.) auf dem diesjährigen Pulversymposium

(Bild: Dr. Herrmann GmbH & Co. KG)

Für die Kundschaft von Dr. Herrmann bleibt alles, wie sie es kennt: vertraute Ansprechpartner, bewährte Qualität und die unabhängige Arbeitsweise des Labors bleiben vollständig erhalten. Auch das traditionsreiche Pulversymposium wird fortgeführt – ab 2027 unter der Leitung der IFO/QUBUS-Gruppe, die sich darauf freut, diese etablierte Veranstaltung gemeinsam weiterzuentwickeln und die Erfolgsgeschichte fortzuschreiben.

Der Zusammenschluss ist ein klares Signal für Kontinuität, Verlässlichkeit und Zukunftsfähigkeit in einer Branche, die von technologischer Entwicklung und hoher Qualitätsorientierung geprägt ist.

➔ www.ifo-gmbh

➔ www.qubus.de

L&R Kältetechnik als TOP-100-Innovator ausgezeichnet

Die L&R Kältetechnik GmbH & Co. KG aus Sundern-Hachen gehört zu den innovativsten mittelständischen Unternehmen Deutschlands. Im Jubiläumsjahr seines 35-jährigen Bestehens erhält das Familienunternehmen das renommierte TOP-100-Siegel. Der Wettbewerb, der bereits zum 33. Mal durchgeführt wird, analysiert unter wissenschaftlicher Leitung von Prof. Nikolaus Franke (Wirtschaftsuniversität Wien)

das Innovationsmanagement deutscher Mittelständler anhand von mehr als 100 Prüfkriterien. Ausgezeichnet werden Unternehmen, die Innovation strategisch, strukturell und kulturell fest im Unternehmen verankert haben.

Für L&R markiert die Auszeichnung einen besonderen Meilenstein im 35. Jahr der Unternehmensgeschichte. *Seit unserer Gründung verfolgen wir ein klares Ziel: Kältetechnik effizienter, nachhaltiger und wirtschaftlicher zu machen*, erklärt die Geschäftsführung, bestehend aus Sebastian Rüßmann (CFO), André Rüßmann (CTO), dem Unternehmensgründer Burkhard Rüßmann sowie Thomas Imenkämper (Geschäftsführer Vertrieb).

Wie Sebastian Rüßmann betont, ist Innovation bei L&R kein kurzfristiges Projekt, sondern Teil unserer unternehmerischen DNA. Effizienz, Betriebssicherheit und der konsequente Einsatz natürlicher Kältemittel seien Ergebnis kontinuierlicher Entwicklungsarbeit und langfristiger strategischer Entscheidungen. Technologisch erschließt L&R immer wieder neue Anwendungsfelder – von industriellen Großkälteanlagen über energieeffiziente Wärmepumpensysteme bis hin zur Integration in moderne Energie-Infrastrukturen. In jeder einzelnen Anlage steckt nach Aussage von André Rüßmann individueller Engineering-Aufwand. *Dieser Anspruch ermöglicht es uns, auch komplexe Anforderungen unserer Kunden wirtschaftlich umzusetzen*. Auch der Vertrieb sieht die Innovationskraft als entscheidenden Erfolgsfaktor. *Unsere Kunden stehen vor großen Herausforderungen – stei-*



L&R Geschäftsführung: Burkhard Rüßmann, Thomas Imenkämper, André Rüßmann und Sebastian Rüßmann (v. l. n. r.)

(Bild: L&R Kältetechnik)

gende Energiepreise, regulatorische Anforderungen und der Wunsch nach mehr Nachhaltigkeit, sagt Thomas Imenkämper. Innovative Technik müsse sich daher nicht nur technisch, sondern auch wirtschaftlich rechnen. Genau daran arbeiten wir täglich im engen Dialog mit dem Markt.

Neben dem industriellen Kerngeschäft treibt L&R seit 2020 unter der Marke *Art of Cryo* ein weiteres innovatives Geschäftsfeld voran. Die Entwicklung hochpräziser Ganzkörper-Kältesysteme sowie weiterer Anwendungen zeigt, wie breit das Innovationsverständnis des Unternehmens aufgestellt ist.

Trotz internationaler Projekte bleibt das Unternehmen seiner Heimat im Sauerland eng verbunden. Entwicklung, Produktion und Ausbildung erfolgen weiterhin am Standort in Sundern-Hachen. *35 Jahre sind für uns kein Abschluss, sondern ein Fundament*, so die Geschäftsführung. *Die TOP-100-Auszeichnung ist uns Ansporn, unseren Weg konsequent weiterzugehen – mit Innovation aus dem Sauerland für internationale Märkte*.

Seit der Firmengründung im Jahr 1991 hat das Unternehmen herausragendes Know-how in der Kältetechnik entwickelt – mit Fokus auf den umwelt- und energiebewussten Einsatz von leistungsstarken und qualitativ hochwertigen Kühlanlagen für industrielle Anwendungen. In enger Zusammenarbeit mit den Kunden entwickelt L&R Kältetechnik maßgeschneiderte Gesamtkonzepte, die sich durch einzigartige Energieeffizienz über die gesamte Lebensdauer der Anlagen auszeichnen. Das Angebot umfasst Kühl- und Temperiersysteme in verschiedensten Bauarten mit Leistungen bis 2,5 MW sowie die Optimierung bestehender Anlagen. Das Temperaturspektrum reicht von -120 °C bis +350 °C, optional können die Anlagen mit Peripheriegeräten, wie zum Beispiel Filtertechnik und chemiefreier Wasseraufbereitung, ergänzt werden. Die Kompetenz aus dem firmeneigenen Schaltschrankbau inklusive Software-Programmierung wird als Dienstleistung auch Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus angeboten.

Die unterschiedlichen Systemlösungen des Unternehmens werden weltweit bei Kunden aus der Kunststoff- und Kautschukindustrie, Oberflächen- und Galvanotechnik, Lebensmittelindustrie, Chemie- und Pharmaindustrie, Medizintechnik, Metallverarbeitung sowie dem Maschinen- und Anlagenbau eingesetzt.

➔ www.lr-kaelte.de

Laserline mit erneuter Erweiterung der Führungsspitze

Diodenlaserspezialist Laserline erweitert neuerlich seine Führungsebene. Neben dem Gründerduo Dr. Christoph Ullmann und Volker Krause sowie Dr. Claus Narr ist seit dem 1. Januar 2026 Dr. Alexander Arndt viertes Mitglied der Geschäftsführung. Der promovierte



Das Laserline-Führungsteam: Dr. Christoph Ullmann, Dr. Claus Narr, Dr. Alexander Arndt, Volker Krause (v. l. n. r.) (Bild: Laserline)

Maschinenbau-Ingenieur ist seit 2018 für Laserline tätig und bekleidete bereits mehrere zentrale Positionen im Unternehmen. Er wird die Bereiche Vertrieb, Marketing, Applikation und die gesamte Informationstechnik verantworten und will Laserline auf diesen Gebieten auf die nächsten Entwicklungsschritte vorbereiten. Sein Ziel ist es, diese zentralen Unternehmensfelder weiter konsequent auf Expansion und nachhaltiges Wachstum auszurichten und dadurch Laserlines Position als einer der international führenden Anbieter von maßgeschneiderten Laserinnovationen systematisch zu stärken.

Alexander Arndt studierte Maschinenbau mit Schwerpunkt Produktentwicklung zunächst an der Hochschule Koblenz, absolvierte sein Masterstudium an der Technischen Universität Darmstadt und promovierte dort in Maschinenbau mit Schwerpunkt Additive Fertigung. Nach seinem Eintritt ins Unternehmen im Jahr 2018 war er für Laserline zunächst

als Assistent der Geschäftsführung mit Schwerpunkt Digitalisierung und Prozessentwicklung tätig, 2020 übernahm er die Position des Managers of Digitalization and Process Design. Seit 2022 fungierte er als Head of Process Management and IT sowie als Bereichsleiter Vertrieb, Marketing und Applikation. 2024 wurde er in das Board of Directors des Laserline-Unternehmens WBC berufen. *Wir freuen uns, mit der Bestellung von Alexander Arndt zum Geschäftsführer den nächsten Schritt in der Weiterentwicklung unseres Unternehmens gehen zu können*, betonen die Laserline-Gründer Dr. Christoph Ullmann und Volker Krause. Sein breites Wissen über Laserapplikationen in Verbindung mit den innovativen Lasertechnologien von Laserline, seine genaue Kenntnis der Unternehmensstrukturen sowie sein tiefes Verständnis für die internationalen Zielmärkte machten ihn zum idealen Mitglied der Leitungsteams.

➤ www.laserline.com

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



The screenshot shows the WOMAG app interface. At the top, there's a dark blue header with the WOMAG logo and a search bar. Below the header, there's a section titled 'FILTERSYSTEME VOM PROFI' with the text 'PROZESSOPTIMIERT, BEDIENERFREUNDLICH, EFFIZIENT.' and an image of various industrial filter systems. To the right of the image is the 'Sager + Mack' logo with the tagline 'Leading the way in pumps and filters'. At the bottom of the screenshot, there's a blue bar with social media icons (Facebook, Instagram, LinkedIn, YouTube) and the website address 'www.sager-mack.com'.



Laden im
App Store



Laden bei
Google play

INSERENTENVERZEICHNIS

acp systems	11	GusChem	15	Serfilco	13
Biconex	7	MKS Atotech	U4	Softec	23
Brenschardt Galvanikservice	U2	Munk GmbH	25	Strähle + MVB	31
BRW Elektrochemie	35	Renner GmbH	1	Topocrom	27
Deutsche Messe	U3	Sager + Mack	Titel	WOTech	40



Experience the surface of tomorrow

Surface Technology GERMANY

Get your
ticket now!



International Trade Fair
for Surface Technology

5–7 May 2026

Stuttgart ▪ Germany

surface-technology-germany.de

Surface
Technology
GERMANY

Revolution der industriellen Metallreinigung



Wasserbasierte alkalische Reiniger spielen eine Schlüsselrolle bei der Vorbehandlung von industriellen Metalloberflächen. Auf dem Weg in eine umweltfreundlichere Zukunft ist es unabdingbar, die Prozesseffizienz zu verbessern und gleichzeitig die Umweltauswirkungen während der Produktion zu verringern.

MKS' Atotech setzt mit den fortschrittlichen Reinigern einen neuen Standard. Frei von unerwünschten Chemikalien wie Phosphaten, harten Chelatbildnern und Aminen, definieren **UniClean® A101 / B201** die industrielle Metallreinigung neu.

Dieses innovative Tauchreinigungssystem arbeitet bei extrem niedrigen Temperaturen von 35°C und reduziert den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen erheblich. Mit optimierten Rezepturen zeichnet sich unser mild-alkalischer Reiniger als emulgierender Tauchreiniger aus und ist ultraschalltauglich. Darüber hinaus wird der Ölabbau verbessert; eine verlängerte Badlebensdauer und eine sehr gute Leitfähigkeitskontrolle machen unsere kombinierte Lösung, UniClean A101 und UniClean B201, zu einer echten Alternative für die Reinigung von Metallsubstraten, einschließlich Stahl, Edelstahl, Kupfer, Messing und Zink. Diese hochkonzentrierten Reinigungsprodukte bieten eine unübertroffene Leistung und sind damit die ultimative Lösung für Ihren Bedarf.

Um mehr über Modern Cleaners zu erfahren, scannen Sie den QR-Code auf der rechten Seite.

