

WOMAG

 Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche

OBERFLÄCHEN PERFEKT TROCKNEN

HARTER
drying solutions

EFFIZIENT, ABLUFTFREI & ENERGIESPAREND DANK WÄRMEPUMPE



Trommeltrockner



Bandtrockner



Gestelltrockner



Durchlauftrockner

75 % ENERGIEEINSPARUNG · PROZESSSICHER ·
ALLES AUS EINER HAND · STAATLICH GEFÖRDERT

DGO

Deutsche Gesellschaft für
Galvano- und Oberflächentechnik e.V.

31. LEIPZIGER FACHSEMINAR

03. März 2026 | Congress Center Leipzig (CCL)

WERKSTOFFE

Rmr als entscheidender Maßstab für
Funktionssicherheit von Oberflächen

MEDIZINTECHNIK

Neues Verfahren revolutioniert
Herstellung von Medizinbauteilen

WERKSTOFFE

Förderung für innovative Trock-
nungstechnik mit Wärmepumpe

OBERFLÄCHEN

Anwendung der ADP-Technik für
Automotive und Mobilität

WERKSTOFFE

B+T verleiht ersten Sustainability
Award an Dr.-Ing. Max Schlötter

SPECIAL

Korrosionsmessung an Chrom-
Nickel-Schichten, abgeschieden aus
einem Chrom(III)elektrolyten

JANUAR-FEBRUAR 2026

Branchen-News täglich: womag-online.de

Neue Methode zur Abwasserbehandlung.

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

Was bringt das?

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

Wir helfen gerne bei der Integration in Ihre vorhandene Abwasserbehandlung.

Besuchen Sie uns auf www.guschem.de



GusChem® - Qualität, die überzeugt!

Korrosionsbeständigkeit von galvanischen Schichten



Zu den beliebtesten Streitthemen auf Fachtagungen im Bereich der Oberflächentechnik zählt die Eignung von Methoden zur Bestimmung der Korrosionsbeständigkeit. Die moderne Wissenschaft richtet ihr Augenmerk auf die Vorgänge im Mikrobereich und deren Bestimmung und Erklärung, beispielsweise durch die Aufzeichnung von sogenannten anodischen und kathodischen Stromdichten um das Ruhepotenzial und der daraus ermittelten Korrosionsstromdichte. Die Praktiker ziehen die Betrachtung großer Flächen und deren Bewertung nach gut sichtbaren Angriffspunkten oder Angriffsflächen

vor, wie sie aus der Belastung im Salzsprühnebeltest schnell und einfach zu gewinnen sind. Kunden aus der Automobilindustrie erweitern diesen einfachen Test durch komplexe Verläufe mit unterschiedlichen Temperaturen und Belastungsszenarien, die näher an der Realität sind (oder sein sollten – auch das ein Thema für ausufernde Diskussionen). In einer umfangreichen Untersuchung hat Jonas Rehbein im Rahmen seines Studiums an der TU Ilmenau verschiedene Korrosionsverfahren herangezogen, um die Eigenschaften von Kombinationsschichten aus Nickel und Chrom, abgeschieden aus einem Chrom(III)-elektrolyten, unter verschiedenen Aspekten zu betrachten (Beitrag auf Seite 21 ff). Die Untersuchung bezog sich dabei nicht nur auf die verschiedenen Prüfverfahren, sondern auch auf einen wichtigen Aspekt bei Chromschichten aus Chrom(III)systemen: die Anwesenheit von Eisen und Nickel im Elektrolyten, die bei der galvanischen Beschichtung stets in mehr oder weniger großem Umfang in den Elektrolyten als Störstoffe vorhanden sind. Diese haben einen erheblichen Einfluss auf die Eigenschaften der Chromschichten. Er zeigt damit einerseits, welche Wirkung die beiden Störstoffe haben, andererseits lassen seine Untersuchungen erkennen, dass der klassische Salzsprühnebeltest durchaus Vorteile gegenüber den moderneren elektrochemischen Messtechniken bei der Untersuchung von derartigen Beschichtungen hat.

Viele Praktiker wird diese Erkenntnis freuen. Nicht nur die gute Vergleichbarkeit aufgrund langjähriger Nutzung und einer umfangreichen Datenlage sprechen für diesen klassischen Korrosionstest; unter bestimmten Bedingungen überzeugt er auch durch seine einfachere Durchführung und die gut zu interpretierenden Resultate.

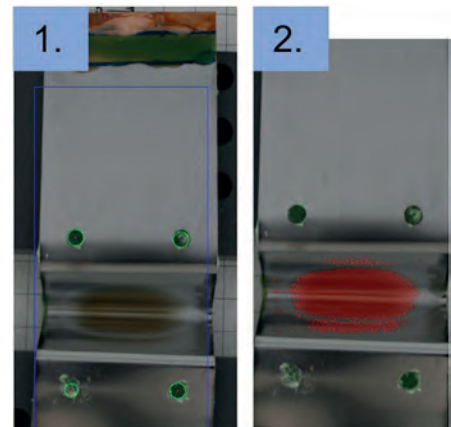
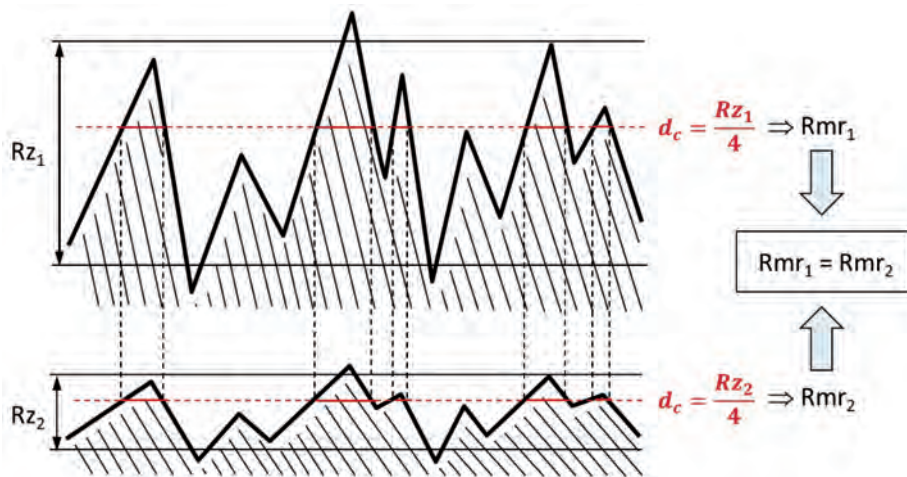
WOMAG – VOLLSTÄNDIG ONLINE LESEN

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



DAS IST 2026 DER REFRE

INHALT



4 Neue Betrachtung der Aussagekraft von Kenngrößen der Oberflächenrauheit

21 Chrom aus Chrom(III)elektrolyten



10 Sustainability Award der B+T für die Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG



32 Reinigen in höchster Qualität

WERKSTOFFE

- 4 Mehr als Rauheit: Der Traganteil Rmr als entscheidender Maßstab für Funktionssicherheit und Performance von Oberflächen
- 7 Wie Eisen-Schwefel-Nanoblätter entstehen: Röntgenblick in eine chemische Reaktion
- 8 Staatliche Förderung für innovative Trocknungstechnik mit Wärmepumpe
- 10 B+T verleiht den ersten Sustainability Award an die Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG
- 11 Qubus und IFO auf der PaintExpo 2026
- 12 Batterieforum Deutschland 2026
- 13 Erfolgreiche Werkstofftagung: Kupfer-Symposium 2025
- 14 Standort erneuert, Portfolio erweitert: HORA eTec Connectivity setzt auf Zukunft
- 15 Salzgitter AG und Umicore kooperieren beim Recycling von seltenem Edelmetall
- 16 Richtungsweisende Schleiftechnologien auf der GrindingHub

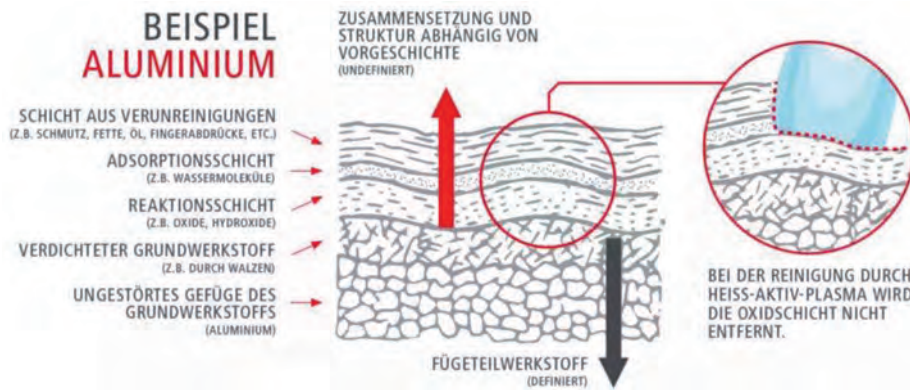
MEDIZINTECHNIK

- 18 Neues Verfahren soll Herstellung von Medizinbauteilen revolutionieren
- 18 Auswahl und korrekte Durchführung von Materialprüfungen in industrieller F&E und Qualitätssicherung

OBERFLÄCHEN

- 20 Technischer Fortschritt braucht Vorreiter – und eine Bühne!
- 21 Korrosionsmessungen an Chrom-Nickel-Schichten, abgeschieden aus einem Chrom(III)elektrolyten
- 25 Automotive und Mobilität
- 28 Kostenvorteile durch optimierte Schichtdickenverteilung bei der Hartvergoldung
- 30 Wassermoleküle in Bewegung: Überraschende Dynamik auf 2D-Materialien
- 31 Methodenmix macht Nanomaterialien sicherer
- 32 Höchste Sauberkeit – nicht nur ein Reinigungsprozess

BEISPIEL ALUMINIUM



25 Atmosphärendruckplasma zur Verbesserung der Oberflächeneigenschaften



8 Trocknungstechnologie



28 Optimale Schichtdickenverteilung

VERBÄNDE

- 34 Lage der Oberflächenveredelungsbranche spiegelt Stimmung der Wirtschaft in Deutschland wider
- 35 Informationen der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V.

UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

- 38 Nachruf: Werner Ruhl und Willi Perschbacher – Nachruf: Walter Maximilian Baur

BERUF + KARRIERE

- 39 Vier Zukunftsprojekte für die Materialforschung gesichert
- 40 Johannes Florek zum besten Schulabsolventen im Bereich Oberflächenbeschichter geehrt

Zum Titelbild: Seit mehr als 35 Jahren entwickelt und fertigt Harter hocheffiziente Trocknungssysteme für die Industrie auf Basis der Wärmepumpentechnik – er gilt damit als Pionier auf diesem Gebiet; mehr dazu im Beitrag auf Seite 8-9

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

Erscheinungsweise

10 x jährlich, wie in den Mediadaten 2026 angegeben

Herausgeber und Verlag

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

Verlagsleitung

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

Redaktion/Anzeigen/Vertrieb/Abo

siehe Verlagsleitung

Bezugspreise

Jahresabonnement für WOMag-Online:
149,- €, inkl. MwSt.
Die Mindestbezugszeit eines Abonnements beträgt ein Jahr. Danach gilt eine Kündigungsfrist von zwei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums.
Es gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 15 vom 20. September 2025

Inhalt

WOMag berichtet über:

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

Leserkreis:

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

WOMag-Beirat

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

Bankverbindung

BW-Bank, IBAN: DE71 6005 0101 0002 3442 38
BIC: SOLADEST600; (Konto 2344238, BLZ 60050101)
Das Magazin und alle in ihm enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Bei Zusendung an den Verlag wird das Einverständnis zum Abdruck vorausgesetzt. Nachdruck nur mit Genehmigung des Verlags und ausführlicher Quellenangabe gestattet. Gezeichnete Artikel decken sich nicht unbedingt mit der Meinung der Redaktion. Für unverlangt eingesandte Manuskripte haftet der Verlag nicht.

Gerichtsstand und Erfüllungsort

Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Waldshut-Tiengen

Herstellung

WOTech GbR

Grafische Gestaltung (Grundlayout)

Wasserberg GmbH

Druck

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

≡ Mehr als Rauheit: Der Traganteil Rmr als entscheidender Maßstab für Funktionssicherheit und Performance von Oberflächen

Von Prof. Dr.-Ing. Dietmar Schorr, Karlsruhe

Der relative Materialanteil Rmr ist ein praxisnaher Kennwert, der die Brücke zwischen der geometrischen Beschreibung und dem funktionalen Verhalten von Oberflächen schlägt. Im Gegensatz zu klassischen Rauheitsgrößen wie Ra oder Rz ermöglicht er eine realitätsnahe Bewertung von Tragfähigkeit, Dichtfunktion, Schmierfilmbildung und Verschleißbeständigkeit. Somit ist eine gezielte Auslegung und Steuerung von Fertigungsprozessen möglich. Da er zudem auch mit kostengünstigen Messgeräten zuverlässig erfasst werden kann, stellt er ein handhabbares Werkzeug für Qualitätssicherung und Prozessoptimierung dar. Bereits heute lohnt es sich, Vergleichsmessungen durchzuführen, um das Verhalten von Oberflächen bei Lieferantenwechseln oder Prozessänderungen besser zu verstehen und die Funktion moderner Bauteile nachhaltig abzusichern.

Die Herstellung funktionaler Oberflächen hat sich in den vergangenen Jahren deutlich gewandelt. Heute können unterschiedliche Fertigungsverfahren ähnliche Oberflächenstrukturen erzeugen. Dadurch verlagert sich der Fokus von der Prozessbeschreibung hin zur Bewertung funktionsrelevanter Oberflächenmikrostrukturen. Die alleinige Betrachtung klassischer Rauheitskennwerte wie Ra, Rz, Rmax oder Rt stößt dabei zunehmend an ihre Grenzen, da sie keine verlässliche Aussage über die tatsächliche Bauteilfunktion zulässt. Gerade bei Funktionsflächen für Dichtungen, Gleitlagern, Führungen oder Presssitzen ist nicht die Höhe von Rauheitsspitzen entscheidend, sondern der tatsächlich tragende Flächenanteil der Oberfläche. Dieser beeinflusst maßgeblich die Dichtheit, die Schmierfähigkeit sowie das Reibungs- und Verschleißverhalten.

Vor diesem Hintergrund rückt der relative Materialanteil Rmr nach ISO 21920-2:2021 in den Fokus der Oberflächenbewertung. Als Traganteil beschreibt er den Materialanteil der Oberfläche bei einer definierten Schnitthöhe und macht somit die reale Tragfähigkeit sichtbar. Rmr ergänzt klassische Rauheitskennwerte sinnvoll und stellt einen Schlüsselparаметer für die Beurteilung von Funktionssicherheit, Verschleißfestigkeit und die Lebensdauer von modernen Bauteilen dar.

1 Funktionen von Oberflächen

Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts erkannten Ingenieure, dass selbst scheinbar glatte Oberflächen eine feine Mikrostruktur besitzen, die entscheidenden Einfluss auf Reibung, Verschleiß, Dichtheit und Haftung hat. Mit der Einführung der Rauheitskenngröße Ra im Jahr 1930 stand erstmals ein

einfach berechenbarer Parameter zur Verfügung, der sich rasch als industrieller Standard etablierte. Die Entwicklung von mechanischen Profilographen ab den 1930er-Jahren und ihre kontinuierliche Weiterentwicklung führten schließlich zu der Vielzahl an Kenngrößen und Messmethoden, die heute in internationalen Normen zur Verfügung stehen.

Trotz dieser Entwicklung wird die Oberfläche eines Bauteils häufig noch immer nur auf ihre Rolle als geometrische Begrenzung reduziert. Tatsächlich ist sie jedoch weit mehr als nur die äußere Hülle: Die Oberfläche vermittelt zwischen Bauteil und Umgebung sowie zwischen miteinander in Kontakt stehenden Bauteilen. Somit ist sie maßgeblich für Funktion (Abb. 1), Qualität und Lebensdauer verantwortlich. Klassische Rauheitskennwerte wie Ra oder Rz beschreiben lediglich die mittlere Höhenverteilung von Spitzen und Tälern. Für viele technische Anwendungen sind diese Angaben jedoch zu allgemein, da sie weder den tatsächlichen Lasttraganteil noch die Funktionalität der Oberfläche in ihrer Umgebung ausreichend abbilden.

Als Träger von geometrischen Eigenschaften realisiert die Oberfläche Form- und Lage-

toleranzen und beeinflusst somit unmittelbar die Passgenauigkeit von Bauteilen. Darüber hinaus erfüllt sie zahlreiche physikalische Funktionen.

So beeinflusst die Mikrostruktur beispielsweise das Reibungs- und Verschleißverhalten sowie die Dichtheit von Kontaktflächen. In der Verbindungstechnik – etwa bei Press-, Schrumpf- oder Schraubverbindungen – ist die Oberflächenbeschaffenheit für die Sicherheit des Haftschlusses entscheidend. Auch die Ermüdungsfestigkeit hängt eng mit der Oberflächenstruktur zusammen, da Anrisse an der Oberfläche entstehen können. Das Risiko für Kerbwirkung ist aber nicht durch Ra und Rz beschreibbar. Ebenso spielt die Oberfläche eine zentrale Rolle beim Aufbau von Schmierfilmen sowie bei der elektrischen und thermischen Leitfähigkeit von Kontakt- und Funktionsflächen.

Darüber hinaus erfüllt die Oberfläche chemische und physikalisch-chemische Aufgaben. So beeinflusst sie das Korrosionsverhalten, die Haftfestigkeit von Beschichtungen oder Klebstoffen sowie die Reinigungsfähigkeit von Bauteilen. Schließlich kommen optische und haptische Funktionen hinzu: Glanz, Far-

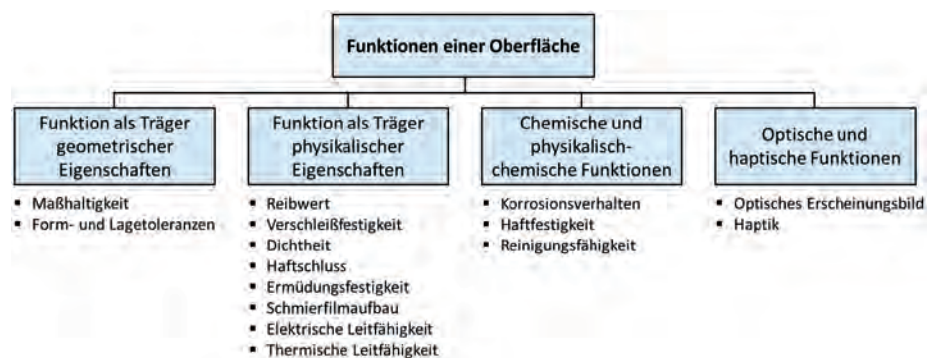


Abb. 1: Funktionen einer Oberfläche

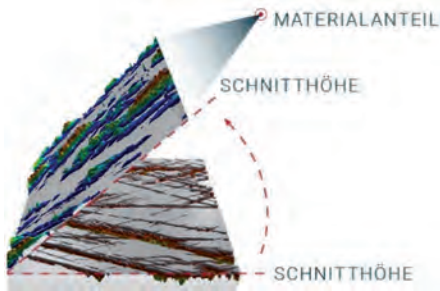


Abb. 2: Materialanteil einer Oberfläche

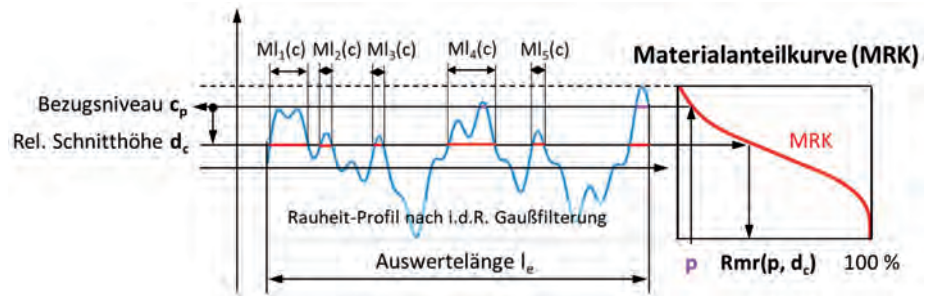


Abb. 3: Ermittlung des relativen Materialanteils Rmr aus der Materialanteilkurve (MRK)

be und Struktur prägen das Erscheinungsbild sichtbarer Komponenten, während die Haptik darüber entscheidet, ob eine Oberfläche als rutschfest, angenehm oder hochwertig wahrgenommen wird.

Somit wird deutlich, dass die Oberfläche eines Bauteils kein passiver Rand ist, sondern ein hochfunktionales Element, dessen gezielte Gestaltung und Bewertung für die Leistungsfähigkeit moderner technischer Systeme von entscheidender Bedeutung ist.

2 Relativer Materialanteil Rmr – Traganteil Rmr

Die Kenngröße *relativer Materialanteil Rmr* beziehungsweise *Traganteil Rmr* wird aus der sogenannten Materialanteilkurve (MRK) ermittelt (Abb. 3). Diese gibt für eine bestimmte Schnitthöhe c den kumulierten Materialanteil in Prozent an. Die MRK wurde 1933 von Ernest James Abbott und Floyd Firestone als Abbott-Firestone-Kurve beschrieben. Mathematisch entspricht die MRK der kumulierten Verteilungsdichtefunktion des Oberflächenhöhenprofils (Summenhäufigkeitsfunktion) und kann durch Integration des Oberflächenprofils berechnet werden.

2.1 Bezugsmaterialniveau c_p

Da bei der Berechnung der Bezug zur höchsten Spitze im Rauheitsprofil genommen wird, wird in der Praxis ein sogenanntes Bezugsniveau c_p definiert. Dadurch wird verhindert, dass eine einzelne Rauheitsspitze den Messwert für den Rmr verfälscht. Zur Berechnung des Bezugsniveaus wird üblicherweise ein Materialanteil von zwei bis fünf Prozent verwendet. Dieser muss im Oberflächensymbol auf Zeichnungen angegeben werden. So erhält man den relativen Materialanteil Rmr beziehungsweise Traganteil Rmr in einer relativen Schnitthöhe d_c (Abb. 3).

Nach der neuen ISO 21920-2:2021 ist der relative Materialanteil der Rauheit $Rmr(p, d_c)$ der summierte Anteil der im Material verlaufenden Strecke relativ zur Auswertelänge l_e . Dieser verläuft in einer Schnitthöhe d_c zum

Bezugsniveau c_p , also wird dieser wie folgt berechnet:

$$Rmr(p, d_c) = \frac{100\%}{l_e} \cdot \sum_{i=1}^n Ml_i(c_p + d_c) \quad \text{<Gl. 1>}$$

2.2 Relative Schnitthöhe d_c – Festlegung

In der Praxis steht der Konstrukteur oft vor der Aufgabe, die relative Schnitthöhe d_c für eine Oberfläche festzulegen.

Die Schnitthöhe ist dabei so zu wählen, dass die resultierenden Rmr-Werte eine Differenzierung der Oberflächenqualität ermöglichen. Zur Ermittlung der Schnitthöhe sollten optimalerweise Oberflächen von Bauteilen (Abb. 4) mit bekannter i.O.-Funktion vermessen werden. Für diese wird dann der relative Materialanteil für verschiedene relative Schnitthöhen berechnet. Ein solcher funktionaler Zusammenhang mit Interpolation zwi-

schen den Stützstellen für die berechneten relativen Schnitthöhen ist in *Abbildung 5* als Diagramm dargestellt, einschließlich der Streuungen. Aus dieser Berechnung wird nun eine Schnitthöhe, beispielsweise $d_c = -0,45 \mu\text{m}$, so gewählt, dass der angestrebte Toleranzbereich (grün) von Rmr für die i. O.-Bauteile erreicht wird. Bei der Definition der Toleranzbreite ist jedoch auch auf das Erreichen der Messmittelfähigkeit zu achten.

2.3 Schnitthöhe $Rz/4$

In der Praxis wird häufig festgelegt, die Schnitthöhe in Relation zur maximalen Höhe der Rauheit Rz zu wählen. Dabei wird jedoch oftmals ein methodischer Fehler begangen. So wird nicht der mittlere Rz -Wert als Durchschnitt über alle zu messenden Bauteile zur Berechnung einer festen Schnitthöhe verwendet. Stattdessen wird die Schnitthöhe aus dem jeweiligen Rz -Wert der Oberfläche

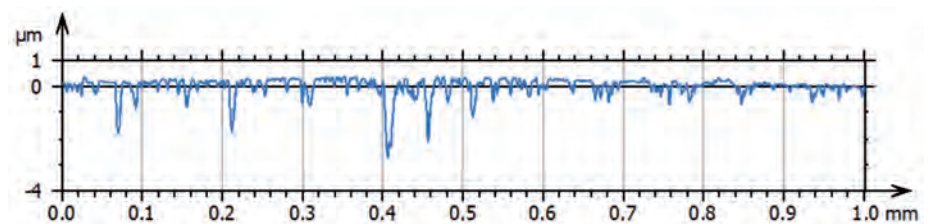


Abb. 4: Beispielhaftes Rauheitsprofil einer plateauartigen Funktionsoberfläche

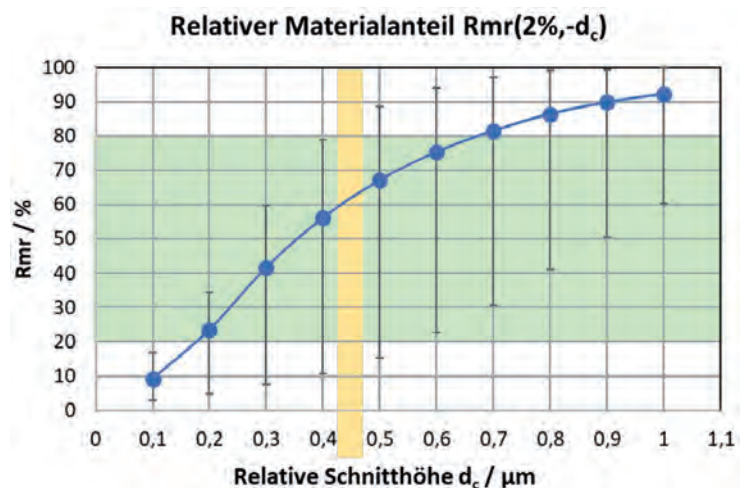


Abb. 5: Relativer Materialanteil Rmr für verschiedene relative Schnitthöhen d_c

WERKSTOFFE

ermittelt, sodass für jede Oberfläche eine andere Schnitthöhe zur Berechnung des Traganteils Rmr verwendet wird. In der Konsequenz kann beispielsweise eine gefräste Oberfläche mit großer Rauheit den gleichen Materialanteil Rmr aufweisen wie eine fein geschliffene Oberfläche mit geringer Rauheit. Dies steht in klarem Widerspruch zu ihrem tatsächlichen funktionalen Verhalten. Während eine gefräste Oberfläche ein völlig anderes Trag- und Verschleißverhalten zeigt als eine geschliffene Oberfläche, werden sie durch die gewählte relative Bezugsmethode rechnerisch gleichgesetzt. *Abbildung 6* verdeutlicht diesen Sachverhalt.

3 Oberflächenangabe technische Zeichnung

Die gewählte Schnitthöhe und der zulässige Materialanteil sind am Oberflächensymbol der Zeichnung einzutragen. Nur so kann gewährleistet werden, dass die Ermittlung des Materialanteils Rmr am Bauteil stets mit den gleichen Einstellparametern erfolgt. So fordert beispielsweise die Oberflächenangabe in *Abbildung 7* einen relativen Materialanteil Rmr im zulässigen Toleranzbereich von 20 % bis 80 % bei einer relativen Schnitthöhe von $d_c = -0,45 \mu\text{m}$ und einem Bezugsmaterialanteil von $p = 2 \%$.

4 Bedeutung von Rmr für die Praxis

Die Kenngröße *relativer Materialanteil Rmr* ist ein quantitatives Maß, das mit der Funk-

tionalität einer Bauteiloberfläche in Zusammenhang steht. Sie gibt an, wie groß der tragende Anteil der Oberfläche bei einer definierten Schnitthöhe ist. Damit ergänzt sie die klassischen Rauheitswerte um die entscheidende Dimension der Funktionsgerechtigkeit einer Oberfläche.

Daraus wiederum ergeben sich einige Konsequenzen für die Praxis:

- **Dichtflächen:** Damit eine Zylinderkopfdichtung, eine Hydraulikdichtung oder eine Gasdichtung (z. B. für Wasserstoff) zuverlässig abdichten, ist eine hohe Auflagefläche erforderlich. Ein ausreichend hoher Materialanteil verhindert Leckagen.
- **Gleitlager:** Die Oberfläche von Gleitkontakten muss einerseits Lasten aufnehmen können und andererseits Schmierstofftaschen bieten. Gleichzeitig muss sie ausreichend Fläche aufweisen, um durch den Wasserski-Effekt einen stabilen Schmierfilmaufbau zu unterstützen. Ein ausgewogener Materialanteil sorgt für geringe Reibung und eine lange Lebensdauer.
- **Führungen:** Um präzise Bewegungen und geringen Verschleiß sicherzustellen, benötigen Maschinenführungen einen gleichmäßigen Materialanteil.
- **Sichere Verbindung:** Der relative Materialanteil Rmr ist entscheidend für die sichere Verbindung zweier Bauteile, insbesondere bei Verbindungen wie Presssitzen. Er beschreibt die tatsächlich tragende Kontaktfläche und beeinflusst somit die Verteilung

der Kontaktpressung sowie die übertragbare Haftreibung. Ein geeigneter Rmr-Wert reduziert lokale Überlastungen, verhindert Mikrobewegungen und trägt wesentlich zur Funktionssicherheit und Lebensdauer der Verbindung bei.

- **Lackierungen und Klebeverbindungen:** Der relative Materialanteil Rmr ist auch für lackierte oder geklebte Oberflächen von großer Bedeutung, da er die reale Benetzung- und Haftfläche beeinflusst. Ein zu geringer Rmr führt zu einer kleinen effektiven Kontaktfläche, während ein zu hoher Rmr die mechanische Verankerung von Lacken oder Klebstoffen erschwert. Ein optimaler Traganteil stellt somit ein ausgewogenes Verhältnis zwischen tragender Fläche und Mikrovertiefungen sicher und verbessert die Haftfestigkeit sowie die Dauerbeständigkeit von Beschichtungen und Klebeverbindungen.

5 Zusammenfassung und Fazit

Der relative Materialanteil Rmr, der auch als Traganteil bezeichnet wird, ist ein praxisorientierter Kennwert mit direktem Funktionsbezug. Er beschreibt Oberflächen nicht nur anhand ihrer Geometrie, sondern stellt auch den Zusammenhang zwischen Topografie und realem Einsatzverhalten her.

Im Vergleich zu klassischen Rauheitskennwerten wie R_a oder R_z ermöglicht Rmr eine deutlich realitätsnähere Beurteilung der tatsächlichen Tragfähigkeit von Oberflächenprofilen. Dadurch gewinnt er zunehmend an Bedeutung in der Qualitätssicherung und Prozessauslegung. Seine Relevanz zeigt sich überall dort, wo Oberflächen in direktem Kontakt mit Bauteilen oder Medien stehen. Dichtfunktion, Schmierfilmbildung, Verschleißverhalten und Lebensdauer werden ebenso vom Materialanteil beeinflusst wie Reibung, Lastverteilung, Einlaufverhalten oder Korrosionsbeständigkeit. In der Fertigung ermöglicht Rmr zudem eine gezielte Einstellung der Prozesse, sodass Oberflächen reproduzierbar funktional ausgelegt werden können.

Der Materialanteil schlägt somit die Brücke zwischen der geometrischen Beschreibung einer Oberfläche und ihrem funktionalen Verhalten im Einsatz. Er ist ein zentraler Parameter für die Auslegung, Fertigung und Prüfung moderner Bauteile.

Kontakt

Steinbeis Transferzentrum Tribologie in Anwendung und Praxis; Prof. Dr.-Ing. Dietmar Schorr

www.steinbeis-analysezentrum.com

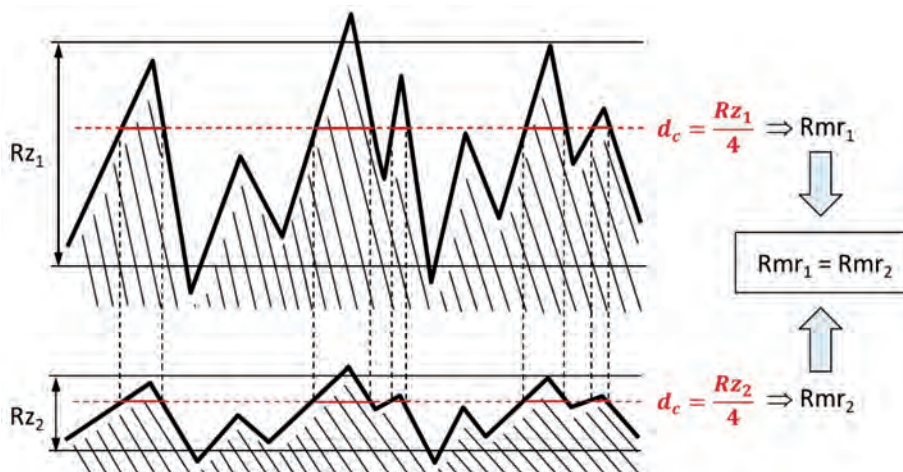


Abb. 6: Gleicher Materialanteil von Oberflächen unterschiedlicher Rauheit

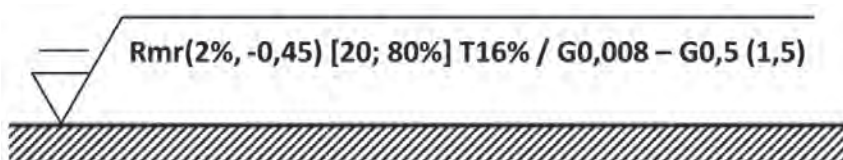


Abb. 7: Normkonforme Oberflächenangabe für relativen Materialanteil Rmr

Wie Eisen-Schwefel-Nanoblätter entstehen: Röntgenblick in eine chemische Reaktion

Forschende der Universität Hamburg, der Universität Toulouse und der Forschungsinstitute DESY und ESRF haben nach Mitteilung der Universität Hamburg erstmals in Echtzeit verfolgt, wie sich Eisen-Schwefel-Nanostrukturen in Lösung bilden. Mit zeitaufgelösten Röntgenmethoden konnten sie den kompletten Reaktionsweg sichtbar machen – von molekularen Vorstufen bis hin zu vollständigen, hauchdünnen Nanoschichten. Die Ergebnisse liefern grundlegende Einblicke in die Entstehung sogenannter metastabiler Materialien und wurden im renommierten *Journal of the American Chemical Society (JACS)* veröffentlicht.

Eisen-Schwefel-Verbindungen spielen eine wichtige Rolle sowohl in geologischen Prozessen als auch in technologischen Anwendungen, etwa in der Forschung an Energiewerkstoffen. Besonders interessant ist das Mineral Greigit (Fe_3S_4), das sich durch außergewöhnliche magnetische und elektronische Eigenschaften auszeichnet. Trotz intensiver Forschung war bislang jedoch unklar, wie solche Nanostrukturen in einer chemischen Synthese tatsächlich entstehen.

Einem internationalen Team um Prof. Dr. Dorota Koziej von der Universität Hamburg und dem Exzellenzcluster *CUI: Advanced Imaging of Matter* ist im Rahmen des ERC-Consolidator-Projekts *LINCHPIN* die Entschlüsselung des bislang verborgenen Entstehungs-

prozesses gelungen. Dafür kombinierten die Forschenden mehrere Röntgenmethoden an den hochenergetischen Röntgenquellen der European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) und des DESY und wendeten insbesondere die sogenannte vtc XES-Methode unter realen Reaktionsbedingungen in Lösung und bei höheren Temperaturen an. Ohne die hochbrillanten Röntgenquellen am ESRF wäre das sonst sehr schwache Signal nicht messbar gewesen. Während die Reaktion lief, beobachteten sie simultan die Struktur, den Oxidationszustand des Eisens und die chemische Bindungsumgebung.

Die Messungen zeigen, dass sich das angestrebte Material nicht direkt bildet. Stattdessen entsteht zunächst ein kurzlebiges, schichtartiges Zwischenprodukt aus Eisen-Sulfid. Dieses wächst bevorzugt in zwei Dimensionen und gibt seine Form eines zerknitterten Nanoblatts anschließend an das endgültige Material weiter. In einem sogenannten topotaktischen Umwandlungsschritt reorganisieren sich die Atome im Festkörper, ohne dass diese charakteristische zerknitterte Nanoblattform verloren geht.

Wir konnten einen sehr guten Überblick über die einzelnen Schritte der Reaktion gewinnen – von der ersten Reduktion der Eisenverbindung bis zur Ausbildung der finalen Eisen-Schwefel-Nanostruktur, sagt Dr. Cecilia Zito. Solche detaillierten Einblicke sind nur durch die Kombination mehrerer Analysemethoden an einem Synchrotron unter Einsatz speziell entwickelter Messzellen möglich, er-

gänzt Dr. Lars Klemeyer, auf dessen Doktorarbeit die Publikation basiert.

Den Forschungsergebnissen kommt eine Bedeutung zu, die weit über das konkret untersuchte Materialsystem hinausgeht. Sie zeigen, wie sehr Zwischenschritte und Wachstumsdynamik die endgültige Form von Nanomaterialien bestimmen. Die gewonnenen Einsichten sind entscheidend, um Nanostrukturen künftig gezielt zu designen, etwa für effizientere Energiespeicher, Katalysatoren oder funktionale Materialien. Zugleich liefern die Experimente neue Hinweise darauf, wie ähnliche Mineralien auch in der Natur entstanden sein könnten, zum Beispiel in sauerstoffarmen Umgebungen der frühen Erde.

Die Arbeit unterstreicht zudem das Potenzial von modernen multimodalen In-situ-Röntgenanalysemethoden, chemische Prozesse auf molekularer und nanoskaliger Ebene im Zeitverlauf zu entschlüsseln – ein Ansatz, der künftig auf viele weitere Materialsysteme übertragen werden kann. Christina Krätzig

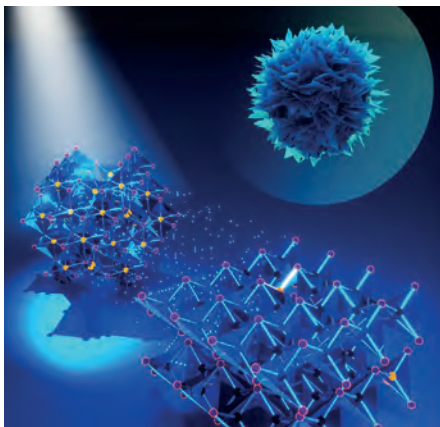
Kontakt

Prof. Dr. Dorota Koziej, Institut für Nanostruktur- und Festkörperphysik, Universität Hamburg,
E-Mail: dorota.koziej@uni-hamburg.de

Originalpublikation

Cecilia A. Zito, et.al.: In situ X ray Synchrotron Studies Reveal the Nucleation and Topotactic Transformation of Iron Sulfide Nanosheets; *J. Am. Chem. Soc.* 147, 47409–47420 (2025), <https://doi.org/10.1021/jacs.5c15843>

➔ www.cui-advanced.uni-hamburg.de



Die Nanostruktur entsteht über ein schichtartiges Zwischenprodukt, das in zwei Dimensionen wächst und seine Form an das endgültige Material weitergibt (© Ella Maru Studio)



Lufttechnische Anlagen
Abluftreinigung
Ventilatoren



Wärmerückgewinnungssysteme
Prozesskühlung
Modernisierung bestehender Anlagen

Wir schließen Ihren Energiekreislauf

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

Staatliche Förderung für innovative Trocknungstechnik mit Wärmepumpe

Feuchtigkeit stellt in zahlreichen industriellen Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen eine große Herausforderung dar. Viele Produkte verlassen im feuchten Zustand eine Prozessfolge und müssen vor dem nächsten Produktionsschritt gründlich getrocknet werden. Wenn dieser Schritt nicht optimal funktioniert, kann er den gesamten Produktionsablauf blockieren und zu erheblichen Verzögerungen führen. Genau hier setzt das innovative Trocknungsverfahren eines traditionsreichen Unternehmens aus dem Allgäu an: die Kondensationstrocknung auf Wärmepumpenbasis. Dieses umweltfreundliche Verfahren, das seit über 35 Jahren von der Harter GmbH kontinuierlich weiterentwickelt wird, vereint physikalische Innovation mit hoher Energieeffizienz und wird inzwischen von staatlicher Seite finanziell gefördert.

Technologie mit Wärmepumpe

Das Grundprinzip der Technologie basiert auf einem geschlossenen System, in dem die Luft entfeuchtet und kontinuierlich wiederverwendet wird. In der Trocknungskammer strömt diese besonders trockene Luft über oder durch die Produkte, nimmt dabei die enthaltene Feuchtigkeit auf und wird anschließend in einem zweistufigen Kühlprozess auskondensiert. Das dabei entstehende Wasser wird aus dem System abgeführt, bevor die Luft erneut erwärmt und in den Kreislauf zurückgeführt wird. Dieses Verfahren ist nicht nur besonders schonend für die Produkte, sondern auch äußerst energieeffizient, da keine Abluft entsteht und das Wärmetauschersystem den Energiebedarf auf ein Minimum reduziert.

Mit variablen Temperaturbereichen von 20 °C bis 90 °C lässt sich die Trocknung flexibel auf unterschiedliche Produkte und Prozesse abstimmen. Sowohl Chargen- als auch kontinuierliche Anlagen können mit dieser Technik betrieben werden. Das breite Anwendungsspektrum reicht von Metall-, Kunststoff- und Glasprodukten über sensible pharmazeutische und medizintechnische Güter bis hin zu Lebensmitteln und Futtermitteln. Selbst Spezialanwendungen wie die Trocknung von Medizinal-Cannabis oder Klärschlämmen und industriellen Schlämmen aus der Abwasserreinigung sind bei Harter realisiert worden. Diese Vielseitigkeit und die stetig wachsende Kundenbasis sprechen für die hohe Praxis-tauglichkeit dieser Technologie.

Ein entscheidender Erfolgsfaktor ist die perfekte Kombination aus einer hocheffizienten Luftentfeuchtung durch die Wärmepumpe und einer präzise konzipierten Luftführung in der Trocknungskammer. Die Luft sucht naturgemäß immer den Weg des geringsten Widerstands, weshalb die Luftführung individuell an die jeweiligen Produkte und Anlagen angepasst wird – ein geschütztes Know-how, das Harter über Jahrzehnte aufgebaut hat. Das vollständig geschlossene System

sorgt nicht nur für eine höhere Energieeffizienz und Unabhängigkeit von klimatischen Schwankungen, sondern reduziert auch den Ausstoß an Kohlestoffdioxid (CO₂) erheblich. Im Vergleich zu herkömmlichen Trocknungsanlagen sind Einsparungen von bis zu 85 % beim Energieverbrauch und bis zu 80 % bei den CO₂-Emissionen möglich. Überschüssige Wärme kann über Plattenwärmetauscher zurückgewonnen und zum Beispiel zur Erwärmung von Prozesswasser genutzt werden. Seit 2017 profitieren Anwender in Deutschland, Österreich und der Schweiz von staatlichen Fördermitteln, die die Investition in diese umweltfreundliche Technologie zusätzlich attraktiv machen.

Praxisbeispiele: Vielfältige Anwendungen mit überzeugenden Ergebnissen

Ein eindrucksvolles Beispiel aus dem Bereich der Lebensmittelverarbeitung ist die nachhaltige Nutzung von Apfeltrester – einem Nebenprodukt aus der Safterstellung, das früher meist an Wildtiere verfüttert oder kompostiert wurde. In Österreich wird der Trester heute in einem speziell entwickelten Trommeltrockner bei Temperaturen zwischen 40 °C und 50 °C schonend getrocknet. Innerhalb von acht bis zwölf Stunden entsteht so ein nährstoffreiches Pulver, das als Zutat zum Backen, Kochen oder auch roh verzehrt werden kann. Die Anlage arbeitet mit einer Leis-

tung von lediglich 5,5 kW und ist dank eines genau abgestimmten Umluftsystems besonders energieeffizient. Dieses Upcycling-Beispiel zeigt, wie moderne Trocknungstechnik zur Wertschöpfung aus Reststoffen beiträgt. Auch bei hochwertigen Endprodukten wie getrockneten Apfelingringen kommt moderne Trocknungstechnik zum Einsatz. Ein Hersteller von Bio- und Reformprodukten nutzt dazu drei Harter-Hordentrockner mit insgesamt vier Hordenwagen. Diese sind mit je 50 Lagen bestückt, auf denen PE-HD-Bleche (600 × 800 mm) einlagig befüllt werden. Die Trocknung erfolgt bei 40 °C bis 45 °C über zehn bis zwölf Stunden. Die Kammern arbeiten unabhängig voneinander und schalten automatisch ab, sobald die gewünschte Restfeuchte erreicht ist. Eine integrierte Kühlfunktion ermöglicht das Herunterkühlen auf Raumtemperatur zur sofortigen Verpackung. Das Ergebnis: besonders aromatische, optisch ansprechende Apfelingringe – energieeffizient und in bester Bio-Qualität. Ein weiteres Highlight ist die Kunststoffverarbeitung im Automobilbereich, wo eine veraltete Heißluft-Trocknungsanlage durch ein Wärmepumpensystem von Harter ersetzt wurde. Hier werden die empfindlichen Kunststoffteile zunächst mit einer druckluftfreien Abblasvorrichtung vom Grobwasser befreit. Anschließend erfolgt die schonende Trocknung bei 60 °C. Die optimierte Steuerung der



Hordentrockner (links) zum Beispiel für die Trocknung von Apfelingringen sowie Trommeltrockner (rechts) beispielweise für die Trocknung von Apfeltrester

Luftgeschwindigkeit sorgt dafür, dass auch komplexe Geometrien vollständig und schnell trocknen, ohne Schaden zu nehmen. Die Trocknungszeit konnte von 15 auf elf Minuten reduziert werden, während sich der Energieverbrauch drastisch von 189 kW auf nur noch 22,6 kW Heizleistung verringerte – ein großer Fortschritt für Effizienz und Nachhaltigkeit.



Auch die Schüttguttrocknung hat bei Harter einen hohen Stellenwert. Seit 1996 setzt das Unternehmen ein spezielles Trommeltrocknersystem ein, das Schüttgüter direkt in der Trommel trocknet, entweder statisch oder mit minimaler Bewegung. Ein Beispiel aus einer Lohngalvanik zeigt, dass das oft als unmöglich geltende Verfahren hervorragend funk-



Für die Oberflächentechnik kommt die Gestelltrocknung (links) ebenso wie die Trommeltrocknung (rechts) zum Einsatz

tioniert: Die Trocknung erfolgt innerhalb von nur acht Minuten bei 75 °C und benötigt keine aufwändige Zentrifugierung. Die Anlage arbeitet unabhängig von Wetterbedingungen und garantiert so eine hohe Prozesssicherheit bei geringem Platzbedarf.

Im Bereich der Abwasserbehandlung eröffnet die Wärmepumpentechnik zusätzliche wirtschaftliche Chancen. Mechanisch vorentwässerte Schlämme können durch Kondensationstrocknung um bis zu 60 % in Volumen und Gewicht reduziert werden, was Transport- und Entsorgungskosten deutlich senkt. Einige Betreiber profitieren sogar von der verbesserten Einstufung des getrockneten Schlammes und nutzen ihn als wertvolle Ressource im Recycling. Die moderne Klärschlamm-trocknungsanlage mit integrierter Fördertechnik in Erpfendorf (Österreich) ist bereits in Betrieb und stellt einen wichtigen Meilenstein für den kommunalen Bereich dar.

Zukunftssichere Investition dank Fördermitteln und Energieeffizienz

Die Entscheidung für ein Kondensationstrocknungssystem von Harter bedeutet eine doppelte Gewinnsituation: Zum einen profitieren Unternehmen von erheblichen Energie- und CO₂-Einsparungen, zum anderen werden die Investitionskosten durch staatliche Fördermittel in Deutschland, Österreich und der Schweiz signifikant reduziert. Damit ist diese Technologie nicht nur ökologisch zukunftsfähig, sondern auch wirtschaftlich attraktiv.

Durch die Kombination aus physikalischem Know-how, innovativer Wärmepumpentechnik und maßgeschneiderter Anlagenplanung gelingt es Harter, für die unterschiedlichsten Branchen und Anforderungen passgenaue Lösungen zu realisieren. Die Bandbreite der Anwendungen reicht von der hochwertigen Lebensmittelveredelung über anspruchsvolle medizintechnische Trocknung bis hin zur effizienten Schlammbehandlung.

Dabei überzeugt das Verfahren nicht nur mit hoher Qualität und Zuverlässigkeit, sondern auch mit einer bemerkenswerten Energie- und Ressourceneffizienz, die es zu einer Schlüsseltechnologie für nachhaltige Industrieprozesse macht.

➞ www.harter-gmbh.de



Die Klärschlamm-trocknungsanlage in Erpfendorf besteht aus fünf Wärmepumpenmodulen; diese stellen die erforderliche Prozessluft bereit und sind ebenso für den Kondensationsprozess verantwortlich

B+T verleiht den ersten *Sustainability Award* an die **Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG**

Von Frank Benner, Annalina Benner und Sigrid Frey

Am 20. Januar 2026 fand in den Räumlichkeiten der Dr.-Ing. Max Schlötter GmbH & Co. KG in Geislingen die feierliche Übergabe des *Sustainability Award 2025* durch die B+T Unternehmensgruppe statt. Die Auszeichnung würdigt Schlötter als Unternehmen, in dem Nachhaltigkeit nicht als Zusatzprogramm, sondern als zentrale Unternehmensstrategie verstanden wird, durch die neue Maßstäbe in der Oberflächentechnikbranche gesetzt werden.

Seit über 37 Jahren besteht eine Verbindung zwischen Schlötter und B+T, wobei das Unternehmen aus Geislingen nicht nur als zuverlässiger Lieferant, sondern auch als langjähriger, treuer Partner geschätzt wird. Das Unternehmen aus Baden-Württemberg lebt Nachhaltigkeit in allen Bereichen: von Forschung über Produktion und Logistik bis hin zur weiteren Unternehmenskultur. Bereits seit 2020 ermittelt Schlötter den CO₂-Fußabdruck seiner Produkte, erstellt einen Nachhaltigkeitsbericht nach den ESRS-Standards (CSRD) und erfasst Emissionen an Treibhausgas nach dem GHG-Protokoll (Scope 1–3). Nachdem die Auswertung der Berichte gezeigt hat, dass die Roh- und Hilfsstoffe den größten Teil der Emissionen ausmachen, legt das Unternehmen ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung nachhaltiger Produkte und Verfahren entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Unter der Leitung von CEO Dr. Michael Zöllinger und Dr. Theresa Knobloch, verantwortlich für Nachhaltigkeit & Klimaschutz, entwickelt Schlötter Verfahren, die Umweltbelastungen wo möglich eliminieren oder zumindest minimieren. Zu den wichtigsten Innovationen zählen das Verfahren zur Abscheidung von Hartchromschichten aus Elektrolyten auf Basis von Chrom(III), welches frei von Chrom(VI) ist, PFAS freie Beschichtungen sowie stoffkreislauf-geschlossene Prozesse, die das Recycling von Prozesschemikalien und Verpackungen ermöglichen und damit Abfälle reduzieren. Durch diese Technologien senkt Schlötter nicht nur seine eigenen Scope-3-Emissionen, sondern befähigt zugleich seine Kunden, ihre ESG-Ziele zu erreichen, was einen klaren Wettbewerbsvorteil darstellt. Seit Beginn der CO₂-Bilanzierung im Jahr 2020 hat das Unternehmen seine Emissionen kontinuierlich reduziert. In Scope 1 und Scope 2 wurden durch Investitionen die direkten Emissionen deutlich gesenkt. Dies



B+T überreicht Schlötter den *Sustainability Award 2025*; darüber freuen sich (von links) Frank Benner (B+T), Dr. Stefanie Geldbach (Schlötter), Annalina Benner (B+T), Dr. Theresa Knobloch (Schlötter), Dr. Michael Zöllinger (Schlötter) und Frank Ottofülling (Schlötter)

(Bild: B+T Unternehmensgruppe)

wurde unter anderem durch den Einsatz von Blockheizkraftwerken, den Umstieg auf erneuerbare Energien sowie elektrisch betriebene Dienstfahrzeuge erreicht. Darüber hinaus ist der wachstumsbedingte Neubau auf dem Gelände klimaneutral geplant. Das Gebäude soll über Wärmepumpen beheizt und gekühlt werden und für die Produktion an die Wasserstoffversorgung angeschlossen werden. Scope 3 bleibt weiterhin die größte Herausforderung, da Rohstoffe, Hilfs- und Betriebsstoffe die Hauptquellen für Emissionen darstellen; sie stehen daher im Fokus von künftigen Maßnahmen. Durch eine optimal abgestimmte Transport- und Logistikplanung werden die Emissionen darüber hinaus signifikant gesenkt.

Ein interner Klimafonds bewertet die Emissionen auf Grund von Dienstreisen mit dem aktuellen CO₂-Preis und finanziert regiona-

le Umweltprojekte. Neben dem Jobrad wurde durch einen betriebsinternen Wettbewerb eine Initiative zur Reduktion der Emissionen im Pendelverkehr eingeführt. Wer hier besonders nachhaltige Ansätze rund um die Arbeit vorbringt, darf sich auf ein Preisgeld freuen. Diese Initiative motiviert, mit dem Fahrrad oder zu Fuß den Arbeitsweg anzutreten, Fahrgemeinschaften zu bilden oder öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen. Die Preisverleihung im Rahmen der Weihnachtsfeier motiviert das Team zu weiterem Engagement und schafft einen zusätzlichen und direkten Anreiz für klimafreundliches Verhalten. Nach erfolgreicher Erprobung des Wettbewerbs wurde dieser nun zum wiederholten Male ausgelobt.

Mit 25 Prozent der Belegschaft im Bereich Forschung & Entwicklung (F&E) und 19 Auszubildenden bei insgesamt 185 Mitarbeitern

in der Stammbesellschaft setzt Schlötter auf langfristige Kompetenzentwicklung und Mitarbeiterbindung. Die Leitung durch Dr. Stefanie Geldbach, welche das Unternehmen bereits in der vierten Generation führt, signalisiert klare Perspektiven und stärkt die Motivation der regionalen Belegschaft, die für ein traditionsreiches Familienunternehmen mit Blick für die Zukunft tätig ist.

International ist Schlötter durch Standorte in Irland, Schweden, Singapur, aber auch in China und Taiwan vertreten, die neueste Niederlassung wurde kürzlich in Mailand/Bozen eröffnet. Zusammen decken diese Märkte rund 85 Prozent des weltweiten Absatzes ab. Trotz seiner globalen Präsenz legt das Unternehmen großen Wert auf Regionalität, indem vor der Eröffnung neuer internationaler Standorte zunächst lokale Partnerschaften etabliert werden. Dieses Prinzip minimiert ökologische und soziale Auswirkungen und stärkt gleichzeitig die globale Wettbewerbsfähigkeit. In Mittelhessen wird Schlötter durch den Vertriebsmitarbeiter Frank Ottobüßing fachkompetent und menschlich integer repräsentiert, sodass Kunden, wie B+T, vor Ort von einem Ansprechpartner profitieren, der sowohl technisches Knowhow als auch ein hohes Verantwortungsbewusstsein verkörpert.

Die Verleihung des *Sustainability Award* macht die vielen Gemeinsamkeiten zwischen Schlötter und B+T besonders deutlich. Bei-

de werden seit mehreren Generationen als Familienunternehmen geführt – Schlötter in der vierten und B+T in der dritten Generation – und teilen damit Werte wie Kontinuität, persönliche Verantwortung und einen engen Kontakt zu Mitarbeitern, Lieferanten und Kunden. Nachhaltigkeit wird bei beiden Unternehmen nicht als Kostenfaktor, sondern als strategischer Wachstumstreiber und Investition in die nächste Generation gesehen.

Seit 2020 bewertet B+T seine Umweltleistung im Rahmen des Umwelt- und Risikomanagementsystems mit dem innerbetrieblichen Umweltindex BUX. Ergänzend nutzt das Unternehmen seit 2023 das Analyse Tool *ecocockpit*, mit dem die Emissionen an Treibhausgasen (Scope 1–3) präzise ermittelt werden. Schlötter trägt zur kontinuierlichen Optimierung dieser Kennzahlen bei, indem es B+T mit besonders umweltfreundlichen Beschichtungsverfahren beliefert und detaillierte Daten zum CO₂-Fußabdruck seiner Produkte bereitstellt. Auf diese Weise ermöglicht Schlötter der B+T Unternehmensgruppe, ihre eigenen Nachhaltigkeitsziele zu erreichen und das gesamte Wertschöpfungssystem noch klimafreundlicher zu gestalten.

Forschung und Entwicklung bilden das Rückgrat von beiden Unternehmen. Während bei Schlötter etwa ein Viertel aller Beschäftigten in F&E tätig sind, startet B+T jährlich ein bis zwei eigene Forschungsprojekte, wobei

in vergangenen Jahren gerade die Themen Digitalisierung, künstliche Intelligenz und Cybersicherheit im Fokus standen. Beide Unternehmen übernehmen zudem Verantwortung für die Region, indem sie lokale Ausbildung fördern, sich an regionalen Umweltprogrammen beteiligen und ihre ESG-Daten nach den ESRS-Standards veröffentlichen. Dieser offene Austausch und die transparente Berichterstattung bilden das Fundament einer vertrauensvollen Zusammenarbeit.

Entsprechend ist der verliehene Preis *Sustainability Award 2025* mehr als eine Ehre – er ist ein Versprechen für die Zukunft. Schlötter und B+T haben anhand ganz konkreter Maßnahmen angekündigt, ihre Kooperation weiter zu vertiefen, um gemeinsam einen entscheidenden Beitrag zu einer klimaneutralen Oberflächentechnikbranche zu leisten. *Nachhaltigkeit funktioniert nur, wenn sie langfristig und vernetzt gedacht wird*, betont CEO Frank Benner und ergänzt: *Wir freuen uns, dass Schlötter diese Vision teilt und wir gemeinsam die Zukunft gestalten*.

Damit steht der erste Sustainability Award nicht nur für die bisher erreichten Meilensteine, sondern auch für das gemeinsame Ziel beider Unternehmen, eine zukunftsfähige, ressourcenschonende und sozial verantwortliche Unternehmenslandschaft zu formen.

➔ www.bt-unternehmensgruppe.de

QUBUS und IFO auf der PaintExpo 2026

Planung. Beratung. Prüfung. Analyse.

Der Unternehmensverbund QUBUS und IFO präsentiert vom 14. bis 17. April auf der PaintExpo 2026 in Karlsruhe sein gebündeltes Potenzial aus Ingenieurdienstleistungen und Laborkompetenz. Mit einem umfassenden Leistungsspektrum aus einer Hand unterstützen beide Unternehmen seit über 30 Jahren Kunden in mehr als 75 Ländern bei allen Fragestellungen der Oberflächentechnik – praxisnah, lösungsorientiert und wirtschaftlich. Besucher der PaintExpo sind eingeladen, sich am Messestand, Standnummer 1421 in Halle 1, näher über realistische Korrosionsprüfung mittels Klimawechseltests, die Vorteile

von Produktzertifizierungen und effiziente Prozessoptimierung in der Anlagenplanung zu informieren. Interessierte haben die Möglichkeit, Fragen zu stellen und mit dem Expertenteam in den Dialog zu treten. Die Unternehmen freuen sich auf einen produktiven Austausch und neue Ideen.

Der Unternehmensverbund IFO und QUBUS ist als führender Dienstleister für Unternehmen der Oberflächentechnik und Metallverarbeitung weltweit tätig. Über 100 qualifizierte Mitarbeiter vom Chemiker bis zum Sicherheitsingenieur sind an den Unternehmensstandorten in Deutschland, China, den



Vereinigten Arabischen Emiraten, den Niederlanden und in Polen im Einsatz.

➔ www.qubus.de

➔ www.ifo-gmbh.de

Die Hochschule Aalen war auf der führenden Fachkonferenz für Batterieforschung in Berlin vertreten

Kürzlich fand in Berlin das Batterieforum Deutschland statt, ein zentraler Treffpunkt für alle, die die Zukunft der Batterietechnologie aktiv mitgestalten möchten. Die Veranstaltung brachte rund 400 Fachleute aus Wissenschaft, Industrie und Politik zusammen und verdeutlichte eindrucksvoll die Schlüsselrolle von Batterien für die Energiewende, die Mobilität und die industrielle Wertschöpfung im 21. Jahrhundert, berichtet die Hochschule Aalen.

Das Zentrum Elektrochemische Oberflächen-technik (ZEO) der Hochschule Aalen war durch Lena Meixner in Berlin vertreten; sie präsentierte im Rahmen der Posterausstellung aktuelle Forschungsergebnisse aus der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Timo Sörgel zu neuen Batterietechnologien. Der intensive Austausch mit dem Fachpublikum aus Industrie und Wissenschaft unterstrich erneut die Bedeutung von anwendungsnaher Forschung für einen erfolgreichen Transfer in die industrielle Praxis.

Den Auftakt des Batterieforums gestalteten Michael Krausa, Geschäftsführer des Kompetenznetzwerks Lithium-Ionen-Batterien (KLiB e. V.), und Peter Lamp, Vorstandsvorsitzender des KLiB. In ihren Eröffnungsbeiträgen machten sie deutlich, dass der Aufbau eines leistungsfähigen Batterieökosystems kein Selbstzweck ist, sondern eine zwingende Voraussetzung für Wettbewerbsfähigkeit, technologische Souveränität und wirtschaftlichen Erfolg darstellt. Peter Lamp betonte, dass Deutschland und Europa nun vom Reden ins Handeln kommen müssten, um den notwendigen Wachstumsschub im Batterieökosystem zu erreichen.

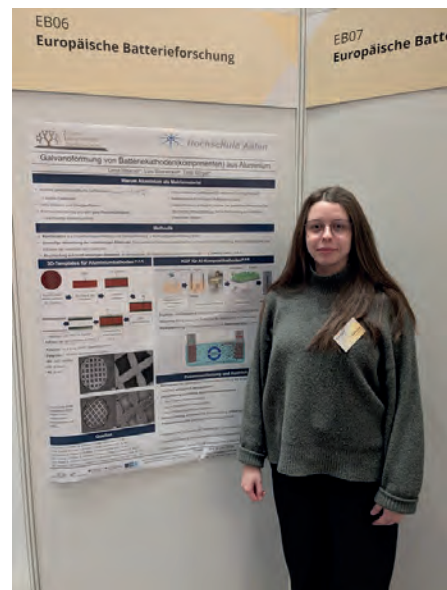
Aus wissenschaftlicher Perspektive unterstrich Prof. Dr. Martin Winter, Vorsitzender des BMFTR-Beirats Batterieforschung Deutschland, dass die Batterietechnologie noch lange nicht ausgereizt ist. Insbesondere in den Bereichen Sicherheit, neue Zellchemien und Systemintegration gebe es weiterhin erhebliches Innovationspotenzial.

Ein zentrales politisches Signal setzte Bundesforschungsministerin Dorothee Bär, als sie das Ziel formulierte, Deutschland bis 2035 wieder an die Weltspitze der Batterietechnologie zu führen. Mit der Hightech-Agenda Deutschland habe die Bundesregierung dafür den strategischen Rahmen geschaffen. Batterien zählen zu den sechs prioritären Schlüsseltechnologien. Im aktuellen Haushalt sind 227 Millionen Euro für die Batteriefor-

schung vorgesehen. Insbesondere von China sollen Abhängigkeiten konsequent reduziert werden.

Ines Miller (P3) zeigte auf, wie KI entlang der gesamten Batterie-Wertschöpfungskette eingesetzt werden kann – von der Materialentwicklung bis zur Produktion – und so die Grundlage für die nächste industrielle Revolution legen kann. Rui Zhang (EVE Energy) und Prof. Dr. Alexander Sauer (Fraunhofer IPA) verdeutlichten, wie KI-gestützte Produktionsökosysteme und Embedded-AI-Ansätze die Effizienz und Qualität in der Batteriezellfertigung nachhaltig steigern können.

Weiterer Höhepunkt war der Themenblock *Batterien für Luft- und Raumfahrt*. Hier wurde deutlich, wie extrem die Anforderungen an Batterien in diesen Anwendungen sind. Georgi Atanasov (DLR) zeigte die aktuellen Grenzen der elektrischen Luftfahrt auf und stellte Plug-in-Hybrid-Konzepte als realistische Brückentechnologie vor. Dr. Jakob Asenbauer (ESA) verdeutlichte die enormen Belastungen von Batterien im AI-I, während Michael Deutmeyer (EAS Batteries) Einblicke in die konstruktiven Herausforderungen aus Herstellersicht gab. Einen Ausblick lieferte Dr. Holger Althues (Fraunhofer IWS) mit einem Beitrag über das Potenzial von Lithium-Schwefel-Batterien, die langfristig deutlich höhere Energiedichten ermöglichen könnten. Ein inhaltlicher Schwerpunkt lag auf stationären Großspeichern, die als zentrale Säule der Energiewende gelten. In der von Prof. Dr. Christina Toigo (Hochschule Landshut) und Dr. Bernhard Riegel (HOPPECKE Batteries) moderierten Session wurde deutlich, dass die Wirtschaftlichkeit von solchen Systemen stark von der Systemauslegung, der Betriebsstrategie und dem Marktumfeld abhängt. Prof. Dr. Dirk Uwe Sauer (RWTH Aachen University) analysierte die ökonomischen Grenzwerte und zeigte, wie durch die Kombination verschiedener Vermarktungswege zusätzliche Erlöspotenziale erschlos-



Lena Meixner vom Zentrum für Elektrochemische Oberflächentechnik (ZEO) der Hochschule Aalen nahm am diesjährigen Batterieforum in Berlin teil © Helmholtz Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH | Felix Nagler

sen werden können. Praxisnahe Einblicke in die Umsetzung von Großspeicherprojekten lieferte Carl Zoellner (INTILION), während Dr. Magdalena Graczyk-Zajac (EnBW) mit dem Projekt *ResHy* einen innovativen Hybridspeicher aus Second-Life- und Natrium-Ionen-Batterien vorstellte.

Am Ende der Veranstaltung wurde einmal mehr deutlich: Die Batterietechnologie ist ein zentraler Schlüssel für Klimaschutz, industrielle Wertschöpfung und technologische Souveränität. Das Batterieforum 2026 hat gezeigt, dass Deutschland und Europa über exzellente Forschung und technologische Kompetenzen verfügen. Nun gilt es, diese konsequent in Wertschöpfung, industrielle Skalierung und eine wettbewerbsfähige europäische Batterieindustrie zu überführen.

www.hs-aalen.de

Erfolgreiche Werkstofftagung: Kupfer-Symposium 2025

Mit hoher Beteiligung und durchweg positiven Rückmeldungen fand am 12. und 13. November 2025 das 19. Kupfer-Symposium des Kupferverbandes statt. Rund 130 Fachleute aus Industrie, Forschungseinrichtungen und Hochschulen nutzten die zweitägige Werkstofftagung in Schwäbisch Gmünd, um sich über aktuelle Entwicklungen rund um Kupfer und Kupferlegierungen auszutauschen. Die Veranstaltung setzte – fachlich wie organisatorisch – ein deutliches Signal für den Stellenwert des Werkstoffs und seiner Anwendungen.

Traditionsgemäß wurde das Symposium in Kooperation mit einem wissenschaftlichen Partner durchgeführt, 2025 mit dem fem Forschungsinstitut in Schwäbisch Gmünd als Gastgeber. Es stellte die Räumlichkeiten bereit sowie die Unterstützung vor Ort.

Breites Programm und aktuelle Forschungsthemen

Das Programm bot einen umfassenden Überblick über zentrale Fragestellungen der modernen Kupferforschung. Vorgestellt wurden neue Kupfer- und Kupferbasislegierungen, Entwicklungen in der spanenden und umformenden Fertigung sowie Fortschritte in Simulation und Modellierung. Auch additive Verfahren, Methoden der Werkstoffcharakterisierung, Oberflächentechnik und Fragen der Energieeffizienz und Kreislaufwirtschaft fanden große Aufmerksamkeit. Viele Teilnehmende hoben die ausgewogene Verbindung zwischen wissenschaftlicher Tiefe und industrieller Praxisnähe hervor. Besonders positiv bewertet wurden die offene Gesprächskultur und die Möglichkeit, konkrete technische Fragestellungen direkt mit Expertinnen und Experten zu diskutieren.

Förderpreis 2025 für Dr.-Ing. Julia Dölling

Ein besonderer Höhepunkt des Symposiums war die Verleihung des Förderpreises 2025 im Rahmen des Abendprogramms im Kloster Lorch. Die Auszeichnung ist Teil der Initiative *Science goes Copper* und würdigt herausragende wissenschaftliche Arbeiten zum Werkstoff Kupfer. Sie wird alle zwei Jahre vergeben und ist mit 2500 Euro dotiert. In diesem Jahr ging der Preis an Dr.-Ing. Julia Dölling, DLR Stuttgart. Ihre an der TU Bergakademie Freiberg entstandene Dissertation untersucht niedriglegierte Kupferwerkstoffe auf Basis von Hafnium und Scandium. Die gezielte Mikrolegierung ermöglicht eine deutliche Erweiterung des Eigenschaftsprofils und eröffnet neue industrielle Anwendungsfelder. Die Arbeit wurde mit *summa cum laude* bewertet. Die Preisübergabe erfolgte durch die Geschäftsführer des Kupferverbandes, Dr. Klaus Ockenfeld und Markus Killer.

Prämierte Posterbeiträge

Große Aufmerksamkeit fand auch die begleitende Posterausstellung, die einen breiten Einblick in laufende Forschungsarbeiten bot. Der erste Preis ging an Kilian Brans von der



Dr. Julia Dölling erhielt den Förderpreis 2025 der Initiative *Science goes Copper*, überreicht von Markus Killer (l.) und Dr. Klaus Ockenfeld
(© Thomas Zehnder/Kupferverband)

RWTH Aachen für seine Darstellung zu Spanformen bei der Bearbeitung von bleifreien Kupferwerkstoffen. Den zweiten Preis erhielt Dr. Julia Dölling für ihre Arbeiten zur additiven Fertigung und Ausscheidungsverfestigung niedriglegierter Kupferlegierungen mit Chrom und Hafnium. Der dritte Preis wurde Udo Schleif für seinen Beitrag zur hybriden Zerspanung für den Einsatz bei Kupfer und Kupferlegierungen zuerkannt.

Die Bewertung erfolgte durch die Teilnehmenden des Symposiums. Jede angemeldete Person konnte durch eine Stimmabgabe direkt am jeweiligen Poster ihren Favoriten markieren. Auf diese Weise entstand ein transparentes und breit getragenes Stimmungsbild, das die wissenschaftliche Qualität und die Anwendungsrelevanz der ausgezeichneten Beiträge widerspiegelt.

Positive Resonanz und Ausblick

Die Rückmeldungen zum Symposium fielen durchweg positiv aus. Die Teilnehmenden lobten insbesondere die fachliche Qualität der Vorträge, die Vielfalt der Themen, die Möglichkeit des direkten fachlichen Austauschs sowie die gute organisatorische Betreuung vor Ort.

Das nächste Kupfer-Symposium wird im Jahr 2027 in Kooperation mit der RWTH Aachen University in Aachen stattfinden.

➔ www.kupfer.de



Rund 130 Teilnehmerinnen und Teilnehmer nutzten das 19. Kupfer-Symposium für Austausch, Fachgespräche und Vernetzung
(© Thomas Zehnder/Kupferverband)

Standort erneuert, Portfolio erweitert: HORA eTec Connectivity setzt auf Zukunft

Die HORA eTec Connectivity GmbH hat die umfangreichen Modernisierungsarbeiten auf dem Unternehmensgelände abgeschlossen und setzt damit einen strategischen Wandel fort. Mit der Neuausrichtung des Standorts und des Produktportfolios positioniert sich das Unternehmen als kompetenter Partner für hochwertige Stecker- und Buchsensysteme in zukunftssträchtigen Branchen.

Die Modernisierung des Produktionsstandorts folgt dem Prinzip nachhaltiger Optimierung: Fußbodensanierungen, zeitgemäße LED-Beleuchtung und eine Neuordnung der Regalsysteme verbessern die Arbeitsbedingungen und -abläufe. Die großflächige Photovoltaikanlage auf dem Dach der Produktionshalle leistet einen wertvollen Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung. Die sichtbaren Umbauten sind nach den Worten von Dirk Niestrat, Geschäftsführer der HORA eTec Connectivity GmbH, Teil eines umfassenden Change-Prozesses, der das Unternehmen zu einem Center of Excellence für hochwertige Steckverbinder macht.

Erweitertes Produktportfolio fokussiert Zukunftsbranchen

Damit einher geht die strategische Neuausrichtung des Produktportfolios, das gezielt zukunftssträchtige Branchen anspricht. Hier setzt das Tochterunternehmen der HORA eTec auf Zukunftsmärkte wie Elektromobilität, Automatisierung, Sensorik sowie Steuerungs- und Regelungstechnik. Darauf abgestimmt fertigt das Unternehmen am Standort Eberdingen rundsymmetrische Stecker und Buchsen mit einem Durchmesser zwischen zwei und neun Millimetern. Im Bereich der Profilmaterialien sind Querschnitte zwischen zwei

und elf Millimetern realisierbar. Die Steckverbinder können eine Länge von bis zu 70 Millimetern haben. Mit dem neuen Fokus auf komplexe Geometrien erweitert HORA eTec Connectivity das Produktportfolio und forciert seinen Status als Hersteller von hochwertigen Stecker- und Buchsensystemen. *Unsere Expertise bei der Entwicklung neuer Bauteile ist stark nachgefragt. Gerade die Umstellung auf bleifreie Anwendungen erfordert viel Abstimmung mit unseren Kunden, so Niestrat. Als Systemanbieter für elektromechanische Bauteile verfügt das Unternehmen über langjährige Erfahrung im Zerspanen und Räumen. Wir sind ein gefragter Ansprechpartner, wenn es um Machbarkeitsanalysen und Legierungswechsel hin zu bleifreien Anwendungen geht, sagt Niestrat.*

Optimierter Maschinenpark und gesteigerte Produktionskapazität

Zur Abdeckung der unterschiedlichen Marktanforderungen investiert das Unternehmen in den Ausbau des bestehenden Maschinenparks. Im Werk Eberdingen fertigt HORA eTec Connectivity sein Stecker- und Buchsenportfolio auf Rundtaktautomaten vom Typ Vario-matic. Durch die Umrüstung der Bestandsmaschinen mit neu entwickelten Aggregaten lassen sich Einstech- und Schlitzoperatio-



Hochwertige Teile im Produktsegment Stecker und Buchsen in verschiedenen Durchmesserbereichen und Geometrien

(Bild: HORA eTec GmbH)

nen nun komprimiert auf weniger Stationen durchführen. Das Resultat: eine deutlich höhere Prozessstabilität und eine verbesserte Maschinenverfügbarkeit. Kunden können somit auch komplexe Geometrien zu einem optimierten Maschinenstundensatz fertigen lassen. Das Unternehmen stärkt damit seine Position als leistungsfähiger Zulieferer und Partner.

Gezielte Entwicklung der Unternehmensstruktur und Mitarbeiter

Parallel zur Standort- und Produktentwicklung wurden interne Strukturen angepasst. Neue Organigramme, überarbeitete Stellenausschreibungen und transparente Abteilungsprofile führen zu effizienten Abläufen. Die Belegschaft wuchs kontinuierlich auf 32 Mitarbeiter, die nun ein höheres Ausbildungsniveau und übergreifende Kenntnisse aufweisen. Darauf basierend wurde auch die Gehaltsstruktur angepasst. Die Mitarbeiter sind nach Aussage von Niestrat ein zentraler Erfolgsfaktor, die die Neuausrichtung aktiv mittragen.

Mit der abgeschlossenen Standortmodernisierung, dem neuen Maschinenpark und der Neuausrichtung des Produktportfolios ist HORA eTec Connectivity optimal für aktuelle und zukünftige Marktanforderungen aufgestellt.



Der Produktionsstandort der HORA eTec Connectivity GmbH, Tochterunternehmen der HORA eTec GmbH, in Eberdingen bei Stuttgart

(Bild: HORA eTec GmbH)

Über HORA eTec

Die HORA eTec GmbH ist ein Hersteller elektrotechnischer Zerspanteile und Komponenten auf der Grundlage verschiedener Werkstoffe wie Messing, Kupfer und Aluminium. Neben der Fertigung von Elektroteilen bietet das Unternehmen im Bereich der Elektrokomponenten Komplettsysteme für die Energieverteilung. HORA eTec entwickelt und produziert Hauptleitungsabzweigklemmen,

Phasenschienen, Phasenverteilerblöcke und Reihenklempen für den Anschluss von Aluminium- und Kupferleitern in verschiedenen Einsatzgebieten wie der Unterverteilung, Elektroladesäulen oder der Gebäudeinstallationstechnik. Über Partnergesellschaften vertreibt das Unternehmen die Komponenten weltweit. Dank Joint Ventures in Indien und China deckt das Unternehmen ein breites Spektrum von Anschlussteilen aus einer

Hand ab. Der 1919 gegründete Systemanbieter hat seinen Hauptsitz in Bünde (Ostwestfalen). Zu dem Unternehmen zählt auch die HORA eTec Connectivity GmbH mit einem Produktionsstandort in Eberdingen (Baden-Württemberg). Eigentümer sind die BWK GmbH Unternehmensbeteiligungsgesellschaft (90 %) sowie Geschäftsführer Dirk Niestrat (10 %).

➔ www.hora-etec.com

Salzgitter AG und Umicore kooperieren beim Recycling von seltenem Edelmetall

Die Salzgitter AG und Umicore's Business Unit MDS (Metal Deposition Solutions) haben nach Mitteilung der Salzgitter AG gemeinsam einen Prozess etabliert, der die Rückgewinnung des seltenen Edelmetalls Iridium aus Anoden der elektrolytischen Bandverzinkung ermöglicht. Damit leisten die beiden Partner einen Beitrag zur Ressourcenschonung und zur Kreislaufwirtschaft.

Bei der elektrolytischen Bandverzinkung wird mittels sogenannter MMO-Anoden eine dünne Zinkschicht als Korrosionsschutz auf Stahlbändern aufgetragen. Verzinkte Stahlbänder finden beispielsweise im automobilen Karosseriebau und der Hausgerätebranche Anwendung. Die Anoden, die von Umicore MDS in einem speziellen Verfahren beschichtet und kundenspezifisch angefertigt werden, besitzen eine edelmetallhaltige Beschichtung, die Iridium als wichtigsten Bestandteil enthält. Diese Beschichtungen müssen regelmäßig erneuert werden. Dabei konn-

ten bestehende Beschichtungsreste vor einer Wiederbeschichtung bisher nicht wieder wirtschaftlich aufgearbeitet werden.

Iridium zählt zu den seltensten nicht-radioaktiven Metallen und gilt als strategisch wichtiger Rohstoff für Transformationsprozesse, beispielsweise als Elektrodenmaterial für Wasserstoff-Elektrolyseure. Seine jährliche Fördermenge beträgt weltweit nur bis zu 10 000 Kilogramm. Diese Kombination führte jüngst zu einem massiven Preisanstieg des Edelmetalls auf dem Weltmarkt.

Umso interessanter ist es, dass neue Verfahren es ermöglichen, das Iridium aus Beschichtungsresten wieder dem Materialkreislauf zuzuführen. Und genau hier setzt unsere Idee an, bei der es – einfach gesagt – um die Rückgewinnung des an den Anoden verwendeten Iridiums geht. Wir sprechen hier von bis zu einem Kilogramm jährlich, so Dr. Marc Debeaux, Experte für Galvanikprozesse bei der Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH.

In einem gemeinsamen Projekt zwischen dem Anodenhersteller Umicore Galvanotechnik GmbH, der Salzgitter Flachstahl GmbH und der Salzgitter Mannesmann Forschung GmbH

wurden Abläufe und Schnittstellen geschaffen, die eine wirtschaftliche Rückführung des Iridiums in den Stoffkreislauf erlauben.

Das Recycling von Iridium ist nach Aussage von Frank Friebe, Bereichsleiter Elektrokatalytische Elektroden bei der Umicore Business Unit MDS, sehr aufwendig und schwierig. Momentan gebe es nur wenige Anbieter am Markt, die auf diesen komplexen Prozess spezialisiert seien. Hier konnten wir durch unsere jahrelange Expertise auf dem Gebiet des Edelmetallrecyclings vermittelnd tätig werden. Durch gemeinsame Versuche und die Entwicklung interner Abläufe ist es uns letztendlich gelungen, den Prozess gemeinsam in den betrieblichen Alltag bei der Salzgitter Flachstahl GmbH zu integrieren, erklärt Frank Friebe.

Die Kooperation zeigt, wie sich durch gezielte Rückgewinnung wertvoller Materialien auch abseits der Kernprozesse nachhaltige Effekte erzielen lassen und gibt einen Impuls für eine breiter gedachte Kreislaufwirtschaft.

➔ www.salzgitter-ag.com

➔ <https://mds.umicore.com>



Im Herzen der Bandgalvanik: Ein Stahlband durchläuft eine Verzinkungszelle
(Bild: Salzgitter AG)

Richtungweisende Schleiftechnologien auf der GrindingHub

Global wettbewerbsfähig mit Automation, KI und Hightech-Verfahren

Vollautomatisiert, datengetrieben, präzise: Künstliche Intelligenz, Sensorik und smarte Produktionssteuerung machen aus Schleifmaschinen heute intelligente Fertigungspartner. So entstehen produktive, flexible und selbstoptimierende Systeme. Auf der GrindingHub 2026 ist vom 5. bis zum 8. Mai in Stuttgart das *Who's who* der Branche vereint, um sich mit den Fachbesucherinnen und -besuchern im direkten Dialog auszutauschen sowie richtungweisende Hightech-Lösungen zu präsentieren. Von der mannlosen Fertigung im Closed Loop, Streamfinishen und die automatisierte Kompensation über das Schleifen für humanoide Roboterkomponenten bis hin zu Sensorik und KI für stabile Präzisionsprozesse gibt es zahlreiche Highlights zu erleben.

Den Schleifstandard neu definieren

Mit der intelligenten Automation 4.0 haben wir den Wandel schon längst eingeläutet, berichtet Marie-Sophie Maier, Geschäftsführerin der Adelbert Haas GmbH in Trossingen. Die intelligente vollautomatisierte Komplettfertigung habe der klassischen Komplettbearbeitung den Rang abgelassen. Heute zählen enorm hohe Produktivität und Flexibilität sowie null Kompromisse bei der Präzision. Schlüsselfertig schleifen reicht ihr zufolge schon lange nicht mehr. Gefragt sind wir als Partner, der die durchgängige Digitalisierung und Automation beherrscht und dies auf die Straße bringt. Vollautomatisierte Fertigung im Closed Loop sei Standard bei Adelbert Haas. Schleifen, Messen, Schleifen – bis zur Perfektion: 21 Schichten pro Woche, mannlos, effizient.

Und der Customer Care löst nach Aussage von Marie-Sophie Maier Probleme, bevor sie entstehen. KI-Agenten analysieren Maschinendaten in Echtzeit, erkennen Anomalien und starten Maßnahmen, bevor ein Stillstand droht: automatische Ticketerstellung, Priorisierung kritischer Alarmer, Logfiles auf Knopfdruck. Regelbasierte Programmierung war

gestern. Heute lernen wir aus Daten und handeln proaktiv, sagt Marie-Sophie Maier. Damit werde Kundenservice zur Haltung und zum echten Wettbewerbsvorteil. Die GrindingHub 2026 in Stuttgart biete die ideale Plattform, um diese Entwicklungen zu diskutieren: Wie Schleiftechnologien von Automation und KI profitieren und wie Lösungen aus dem Hause Adelbert Haas die Zukunft der Fertigung prägen werden.

Schritt für Schritt direkt alles richtig

Wir widmen uns auf der GrindingHub neben der Vorstellung von neuen Produkten für das Streamfinishen sowie zur Herstellung von Wendeschneidplatten und Mikrowerkzeugen schwerpunktmäßig der Automation und Produktionssteuerung, verrät Martin Winterstein, Geschäftsführer der Anca Europe GmbH in Weinheim. Ziel sei es, den Anwendern durch hohe Qualität, niedrige Fertigungskosten und kreative Lösungen dazu zu verhelfen, unter den ihnen gegebenen Bedingungen wettbewerbsfähig zu fertigen. Als Beispiel dafür präsentiert Anca mit Hauptsitz in Melbourne (Australien) ein serverbasiertes System zur digitalen Produktionssteuerung, inklusive App-basierter Werkerführung sowie automatisierter Messung und Kompensation. Vergleichbar mit einem Verkehrsleitsystem für die Werkzeugproduktion sagt das System jeder Palette und jeder Maschine für jeden Auftrag, was als Nächstes zu tun ist und gibt dem Bedienpersonal Schritt-für-Schritt-Anweisungen, damit alles gleich beim ersten Mal richtig ausgeführt wird. Es setzt auf bestehenden Anca- und Zoller-Maschinen auf, sodass die Bediener weiterhin die ihnen vertraute Hardware benutzen können – jedoch wird der gesamte Arbeitsablauf organisiert, digitalisiert und lückenlos nachvollziehbar.

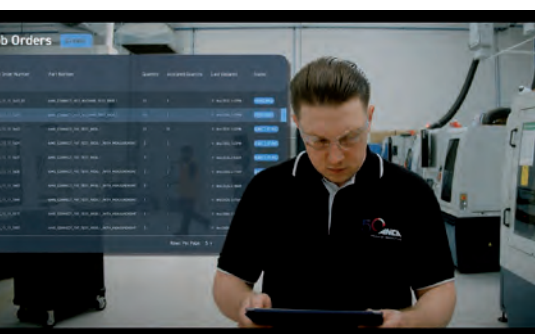
Für Bediener bestehe die größte Veränderung darin, dass die notwendigen Arbeits-

schritte klar und eindeutig beschrieben sind. Digitale Arbeitsanweisungen auf einem PC oder tragbaren Endgerät zeigen, welche Palette geladen werden soll, welches Programm auf der Schleifmaschine bereits vorbereitet ist, wann gemessen werden muss und wie auf die Messergebnisse zu reagieren ist. Damit entfällt das zeitaufwändige Suchen nach Dateien, der Großteil manueller Dateneingaben wird vermieden und Kompensation sowie Qualitätsprüfungen werden deutlich einfacher und sicherer.

Ein geschlossener Messkreislauf und automatische Kompensation stellen sicher, dass Chargen innerhalb der Toleranz bleiben, ohne dass der Bediener Offsets berechnen oder im Kopf behalten muss. Gleichzeitig werden alle Daten zentral gespeichert, sodass jeder Schritt rückverfolgbar ist. Das Ergebnis: Eine Fachkraft kann eigenständig eine größere Anzahl an Maschinen betreuen als bisher, neue Mitarbeiter werden schneller eingearbeitet, Ausschuss wird reduziert, die gesamte Schicht läuft ruhiger und vorhersehbarer.

Hochpräzises Schleifen für die Zukunft humanoider Roboter

Übertragungselemente in der humanoiden Robotik sind mechanische Komponenten, die Bewegungen und Kräfte von einem Antrieb zu einem Gelenk oder anderen beweglichen Teilen übertragen. Sie sind entscheidend für die Effizienz, Präzision und Dynamik der Bewegungen. In komplexen Robotersystemen werden lineare und rotatorische Antriebe kombiniert, beispielsweise rotatorische Antriebe in Hüften und Schultern sowie lineare Antriebe in Fingern, Armen und Beinen. Für die Herstellung dieser Komponenten sind Schleifverfahren erforderlich, die notwendige Maßhaltigkeit und Oberflächenqualität gewährleisten, um Präzision zu erfüllen und Geräuschemissionen so gering wie möglich zu halten.



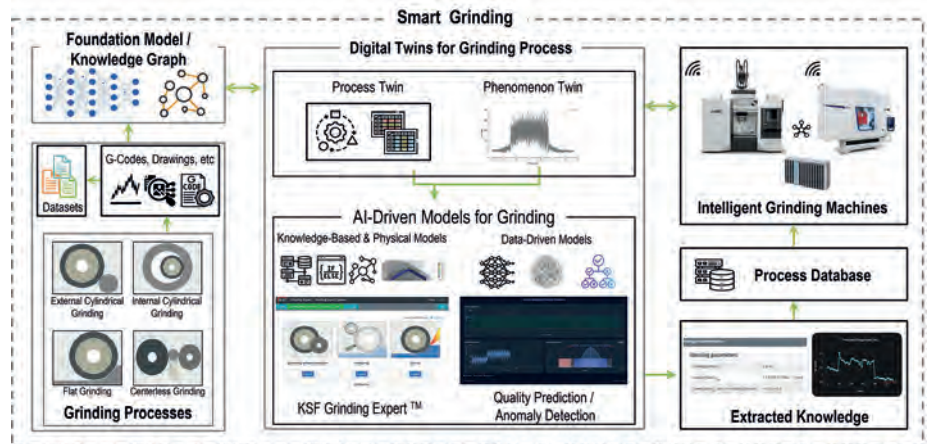
Das serverbasierte System zur digitalen Produktionssteuerung liefert unter anderem Schritt-für-Schritt-Anweisungen für das Bedienpersonal (Bild: Anca)

Unsere Schleifmaschinen garantieren hohe Maß- und Formgenauigkeit, Prozesssicherheit und Flexibilität bei hoher Ausbringung. Dank unserer langjährigen Erfahrung im Gewindeschleifen sind wir in der Lage, maßgeschneiderte Schleiflösungen für alle Gewindearten anzubieten, schildert Jan Schmid, Bereichsleiter Engineering & Projektierung bei der Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH in Nordrach. Unser Know-how garantiert höchste Präzision und Qualität – selbst bei komplexen Anforderungen.

Zur Bearbeitung der Schlüsselkomponenten für humanoide Roboter – wie Gelenke und Antriebe – bieten die Schwarzwälder spezialisierte Schleiflösungen mit keramisch und galvanisch gebundenen CBN-Schleifscheiben und Schleifstiften: Beim *Innengewindeschleifen* werden Gewinde direkt aus dem Vollen geschliffen. Dabei können Spitz- und Kugelgewinde sowie Sonderprofile präzise gefertigt werden. Selbst kleinste Innengewindedurchmesser kleiner als zehn Millimeter lassen sich zuverlässig bearbeiten. Darüber hinaus ist die Bearbeitung von Muttern mit einem ungünstigen Durchmesser-/Längenverhältnis problemlos möglich. Beim Schleifen von Gewindespindeln lassen sich nach Aussage von Schmid dank des flexiblen Maschinenkonzepts auch Gewinde mit hohen Steigungswinkeln realisieren. Neben Spitz- und Kugelgewinden fertigt die Erwin Junker Maschinenfabrik individuelle Sonderprofile, die exakt auf Kundenanforderungen abgestimmt sind. Für maximale Flexibilität bietet das Unternehmen Lösungen für Einzahnbearbeitung sowie Mehrzahnbearbeitung für eine besonders hohe Ausbringung. Beim *Schleifen von Gewinderollen* erfolge die Komplettbearbeitung in einem präzisen effizienten Prozess. Dabei werden die Außengeometrie, das Gewinde und die Laufverzahnung in einer Aufspannung gefertigt, so Jan Schmid.

Smart Grinding: Sensorik und KI für stabile Präzisionsprozesse

Die aktuellen Entwicklungen im Präzisions-schleifen zeigen einen klaren Trend hin zu durchgängigen, geschlossenen Regelkreisen auf Maschinen- und Prozessebene, sagt Prof. Bahman Azarhoushang, Leiter des KSF-Instituts von der Hochschule Furtwangen. Moderne Werkzeugmaschinen verbinden ihm zufolge klassische NC- und Bahnsteuerungen mit sensorischer Echtzeitüberwachung, integrierter In-Situ-Messtechnik und zunehmend auch mit zusätzlichen Messzellen direkt



Intelligente Werkzeugmaschinen und künstliche Intelligenz werden bezüglich der künftigen Wettbewerbsfähigkeit eine Schlüsselrolle übernehmen (Bild: KSF)

neben der Maschine, beispielsweise mit Koordinatenmesssystemen. Ziel sei eine deutliche Steigerung der Prozesseffizienz und Produktivität, ohne Kompromisse bei Form- und Maßgenauigkeit oder Oberflächenqualität eingehen zu müssen.

Integrierte Sensorkomplexe erzeugen kontinuierlich Prozessdaten. Beispiele hierfür sind etwa Kraft- und Schwingungssensorik sowie die in der Antriebstechnik verbauten Sensoren zur Überwachung von Strom und Spannung beispielsweise der Spindel. Diese Daten dienen KI-Modellen zur Verschleißprognose der Schleifscheibe oder auch zum Erkennen instabiler Prozesszustände (Anomalieerkennung). Darüber hinaus lässt sich damit die Bauteilqualität zur automatischen Optimierung der Schnittparameter vorhersagen, beispielsweise von Vorschub, Schnittgeschwindigkeit oder Zustellung. Diese Daten bilden gleichzeitig eine zentrale *Prozessdatenbank*, in der prozessrelevantes Know-how gespeichert und kontinuierlich angereichert wird. Unternehmen erhalten dadurch die Möglichkeit, trotz des Fachkräftemangels ein internes Prozesswissen langfristig aufzubauen und verfügbar zu halten – unabhängig von der individuellen Erfahrung von einzelnen Mitarbeitenden.

Moderne intelligente Schleifmaschinen integrieren hierfür besonders dynamische Antriebe, hochauflösende Messketten und adaptive Regelalgorithmen, die den Schleifprozess permanent analysieren und autonom optimieren, erläutert der Leiter des KSF-Instituts (Institute for Advanced Manufacturing) am Innovations- und Forschungs-Centrum IFC in Tuttlingen. Intelligente Schleiftechnologien markieren aus seiner Sicht einen entscheidenden Schritt hin zu robusten selbstoptimierenden Fertigungssystemen. Die

Kombination aus Sensorik, integrierter Messtechnik und KI-gestützter Prozessregelung befähigt zu einer nachhaltigeren, wirtschaftlicheren und gleichzeitig qualitätsstabileren Präzisionsbearbeitung. Die zentrale Herausforderung liege dabei in der vollständigen Integration dieser Technologien in bestehende Produktionsumgebungen, sowohl technisch als auch organisatorisch. Mit Blick auf die *GrindingHub* wird deutlich: Die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit industrieller Fertigungsstandorte hängt maßgeblich davon ab, wie konsequent Schleifprozesse digitalisiert, automatisiert und in geschlossenen Regelkreisen betrieben werden, sagt Prof. Azarhoushang. Intelligente Werkzeugmaschinen und Künstliche Intelligenz würden dabei eine Schlüsselrolle übernehmen.

Schleifen neu gedacht

Sowohl Anbieter als auch Anwender sind gefordert wie noch nie und auch das Präzisionsschleifen befindet sich in einem grundlegenden Wandel. Automation, durchgängige Digitalisierung und KI-gestützte Regelkreise machen aus klassischen Schleifprozessen hochproduktive, selbstoptimierende Fertigungssysteme. Vollautomatisierte Closed-Loop-Prozesse sichern Qualität, Flexibilität und Wirtschaftlichkeit selbst bei besonders hohen Anforderungen. Sensorik, intelligente Produktionssteuerung und datenbasierter Service verlagern den Fokus von Reaktion auf Prävention. Die *GrindingHub 2026* wird in einmaliger Art verdeutlichen, wie diese Technologien die Wettbewerbsfähigkeit industrieller Fertigung nachhaltig prägen.

Dag Heidecker

➔ www.grindinghub.de

Neues Verfahren soll Herstellung von Medizinbauteilen revolutionieren

An der Fakultät Automobil- und Maschinenbau der Westsächsischen Hochschule Zwickau (WHZ) ist das Forschungsprojekt **EProKry- Effiziente Prozessketten für die rückstandsfreie Fertigung von Medizinbauteilen durch kryogene Zerspanungstechnologien** gestartet.

Beim Einsatz von Medizinprodukten ist deren Sauberkeit von wesentlicher Bedeutung. Bei der aktuellen Herstellung dieser Bauteile sind erhebliche, nachträgliche Reinigungsaufwände zur Eliminierung von herstellbedingten Verunreinigungen notwendig. Mithilfe neuer Prozessketten soll im Rahmen dieses Forschungsprojekts die saubere Herstellung durch den Einsatz von kryogener Kühlung ermöglicht werden. Dadurch werden bisherige, nachgelagerte und aufwändige Prozesse zur Reinigung drastisch reduziert.

Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Alterung der Gesellschaft und dem damit verbundenen, steigenden Bedarf an Instrumenten, Implantaten und Komponenten für medizinische Geräte sind die hier anvisierten Innovationen zur effizienten sauberen Herstellung von hoher Bedeutung.

Vier klein- und mittelständische Unternehmen sowie die Westsächsische Hochschule Zwickau (WHZ) als Forschungspartner entwickeln



Am 28. Januar 2026 fand die Auftaktveranstaltung des neuen Forschungsprojektes im Laborbereich der Fakultät Automobil- und Maschinenbau statt
(Bild: J.Siemann/WHZ)

Projekt-Steckbrief

Titel	EProKry – Effiziente Prozessketten für die rückstandsfreie Fertigung von Medizinbauteilen durch kryogene Zerspanungstechnologien
Laufzeit	11.2026 bis 31.12.2027
Partner	acp systems AG, Eggers Components GmbH, IPlaCon GmbH, Ott-Jakob Spanntechnik GmbH, Westsächsische Hochschule Zwickau (Fakultät Automobil- und Maschinenbau)
Förderung	Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt, Fördermaßnahme KMU-innovativ: Zukunft der Wertschöpfung, Förderkennzeichen: 02P25K073

gemeinsam Anlagen- und Prozesstechnik zur Realisierung der neu geplanten, kryogenen Prozesskette und werden diese abschließend in eine reale Fertigungsumgebung übertragen.

Unterstützt wird das Konsortium durch assoziierte Partner wie das marktführende Medizinalunternehmen B. Braun SE/Aesculap, den Maschinenhersteller Chiron Group SE sowie das NMI Naturwissenschaftliche und Medizinische Institut an der Universität Tübingen.

J. Siemann/S. Vogelsang

Kontakt

Dr.-Ing. Jan Glühmann, E-Mail: jan.gluehmann@whz.de

➔ www.whz.de

Auswahl und korrekte Durchführung von Materialprüfungen in industrieller F&E und Qualitätssicherung

Von leichten Elektronikprodukten bis zu Hochleistungspolymeren für den Einsatz in der Medizintechnik müssen moderne Werkstoffe ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Festigkeit, Dauerhaltbarkeit, Gewicht, Herstellbarkeit und Kosten bieten. Mit der Weiterentwicklung der Materialien müssen sich jedoch auch die Prüfmethoden kontinuierlich weiterentwickeln. Fabio Lipari, Werkstoffingenieur beim Hersteller von Materialprüfsystemen Instron, erläutert, wie sich die richtigen Materialprüfungen auswählen und anwenden lassen, um optimal auf die jeweilige Anwendung abgestimmt zu sein.

In den letzten Jahren stehen Werkstoffingenieure vor einer zwar bekannten, jedoch zunehmend komplexeren Herausforderung: Materialien müssen immer mehr leisten – in anspruchsvolleren Anwendungen und bei gleichzeitig geringerem Fehlertoleranzspiel-

raum. Die Wahl eines ungeeigneten Prüfverfahrens oder die falsche Anwendung einer grundsätzlich geeigneten Prüfung kann zu irreführenden Ergebnissen, kostspieligen Neuentwicklungen und im Extremfall zu Ausfällen im realen Einsatz führen.

Die Werkstoffprüfung befindet sich an der Schnittstelle zwischen Entwicklung, Produktion und Qualitätssicherung (QS). In Forschung und Entwicklung stützen sich Ingenieure auf Prüfungen, um das Verhalten eines Materials zu verstehen, seine Reaktion auf Belastungen

zu analysieren und zu bewerten, wie sich Änderungen in Rezeptur oder Verarbeitungsprozess auf die Leistungsfähigkeit auswirken. Später, in den QS-Laboren, übernimmt die Prüfung eine Gatekeeper-Funktion: Sie bestätigt, dass jede Charge die im technischen Datenblatt zugesicherten Eigenschaften erfüllt und über die Zeit hinweg ein konsistentes Verhalten zeigt.

Herausforderungen bei der Werkstoffprüfung

Sowohl in der Forschung und Entwicklung als auch in der Qualitätssicherung spielt die Schlagprüfung häufig eine zentrale Rolle, insbesondere bei polymerbasierten Werkstoffen, die im Einsatz Stürzen oder schlagartigen Belastungen standhalten müssen. Dabei ist es jedoch entscheidend zu erkennen, dass die Schlagzähigkeit keine einzelne, universell gültige Materialkennzahl ist. Unterschiedliche Prüfverfahren erfassen unterschiedliche Aspekte des Werkstoffverhaltens, unter verschiedenen Randbedingungen und mit sehr unterschiedlichem Detaillierungsgrad.

Einfachere Methoden, wie Pendelschlagversuche, liefern einen einzelnen Kennwert, der sich leicht vergleichen lässt und sich für die Qualitätskontrolle bei hohem Durchsatz eignet. Anspruchsvollere Ansätze, etwa instrumentierte Fallturmprüfungen, erzeugen hingegen umfangreiche Datensätze, die zeigen, wie sich Kraft, Weg und Energie während des gesamten Schlagereignisses entwickeln.

Probleme entstehen, wenn Prüfverfahren aus Gewohnheit statt aus fachlicher Zielsetzung ausgewählt werden. Ingenieure wenden häufig einen vertrauten Standard an, ohne ausreichend zu hinterfragen, ob dieser das reale Anwendungsszenario, das simuliert werden soll, tatsächlich widerspiegelt.

Bereits kleine Abweichungen können dabei große Auswirkungen haben. Änderungen der Probengeometrie, die Verwendung einer falschen Schlagenergie oder die Anwendung einer Norm, die für eine andere Werkstoffklasse entwickelt wurde, können die Ergebnisse erheblich verfälschen. Insbesondere bei Polymeren spielen Faktoren wie Kerbempfindlichkeit, Temperatur und Probenpräparation eine entscheidende Rolle dafür, ob sich ein Werkstoff unter Schlagbeanspruchung duktil oder spröde verhält.

Ein falsches Verständnis des Schlagverhaltens hat Konsequenzen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. So kann ein Rohstoffhersteller beispielsweise einen Schlagzähigkeitswert angeben, der sich dann später in

der Praxis als nicht erreichbar erweist und zu Auseinandersetzungen führt. Ebenso kann ein Hersteller erst spät in der Entwicklung feststellen, dass ein Material nicht wie erwartet performt – mit der Folge kostspieliger Neuentwicklungen oder Produktionsverzögerungen. Selbst in der Qualitätssicherung können unerwartete Prüfergebnisse die Produktion vollständig zum Stillstand bringen, bis die Ursachen geklärt sind.

Fundierte Auswahl von Werkstoffprüfungen

Bei der Auswahl von Werkstoffprüfungen sollte es daher stets darum gehen, das für die jeweilige Aufgabe geeignete Prüfverfahren zu wählen – und nicht einfach dasjenige, mit dem man am besten vertraut ist. Prüfmethoden müssen auf Werkstofftyp, Anwendung und Entwicklungsphase abgestimmt sein.

Für die routinemäßige Qualitätssicherung bleibt die Pendelschlagprüfung eine schnelle, robuste und normierte Lösung, insbesondere wenn Ergebnisse direkt mit Werten aus technischen Datenblättern verglichen werden sollen. In der Forschung und Entwicklung sowie bei anspruchsvollen Anwendungen bieten instrumentierte Prüfverfahren deutlich tiefere Einblicke, da sie es Ingenieuren ermöglichen zu verstehen, wie und warum eine Probe unter der Prüfbelastung versagt hat.

Ebenso wichtig ist alles, was vor der eigentlichen Prüfung geschieht. Die Probenpräparation – insbesondere das Anbringen von Kerben – muss mit hoher Präzision und Wiederholgenauigkeit erfolgen. Selbst die Art der Kerberzeugung, ob durch Schneiden oder durch Fräsen, kann die lokalen Materialeigenschaften beeinflussen und damit letztlich das Prüfergebnis verändern.

Ein weiterer kritischer Faktor ist die Wahl der Schlagenergie. Ein zu energiereicher Hammer kann Unterschiede zwischen Materialien

überdecken, während eine zu geringe Energie zu nicht aussagekräftigen oder uneindeutigen Ergebnissen führt.

Da kontinuierlich neue Werkstoffe entwickelt werden, werden Ingenieure zunehmend außerhalb etablierter Normen prüfen müssen. In solchen Fällen ist es entscheidend, eine belastbare Korrelation zwischen Prüfergebnissen und dem Verhalten im realen Einsatz herzustellen. Dies erfordert eine sorgfältige Parameterauswahl, ein klares Verständnis der Grenzen des Prüfverfahrens sowie eine enge Zusammenarbeit zwischen Prüfspezialisten – wie Instron – und Materialentwicklern.

Letztlich ist die richtige Prüfung jene, die die richtige Fragestellung beantwortet. Indem Ingenieure zunächst die Endanwendung, die zu erwartenden Belastungsbedingungen und die Entscheidungen, die auf Basis der Daten getroffen werden, in den Fokus stellen, stellen sie sicher, dass die Werkstoffprüfung ein leistungsfähiges Werkzeug bleibt und nicht zu einer potenziellen Quelle von Unsicherheit wird.

Über Instron

Instron ist Anbieter von Prüftechnik für die Werkstoff- und Strukturprüfmärkte. Als globales Unternehmen mit Komplettservice aus einer Hand entwickelt, produziert und betreut Instron Produkte, die zur Prüfung der mechanischen Eigenschaften und Leistungen verschiedenster Materialien, Komponenten und Strukturen in zahlreichen Umgebungen eingesetzt werden. Die Systeme prüfen Materialien von empfindlichsten Filamenten bis zu modernsten Hochleistungslegierungen und bieten umfassende Lösungen für Anforderungen in Forschung, Qualitätskontrolle und Lebensdauerprüfungen. Ergänzt wird dies durch ein breites Spektrum an Serviceleistungen, Unterstützung im Laborbetrieb, Kalibrierkompetenz und Schulungen.

➔ www.instron.com



Gerät zur Schlagpendelprüfung (links), ausgestattet mit Software für das Auslesen der erhaltenen Messwerte (Bild: Instron)

Technischer Fortschritt braucht Vorreiter – und eine Bühne!

Zum zehnten Mal ruft das Fraunhofer IPA Einzelpersonen und Unternehmen zur Teilnahme am Oberflächentechnikpreis **DIE OBERFLÄCHE** auf und rückt wegweisende Entwicklungen ins Rampenlicht. Im Fokus stehen neue Lösungen, Prozesse und Denkweisen, die Ressourcen schonen, umweltfreundlicher sind und die Leistungsfähigkeit steigern. Ausgezeichnet werden Betriebe, die die Oberflächentechnik nachhaltig voranbringen. Die Innovationen der vergangenen Jahre zeigen, wie beispielsweise für die Herstellung von Lackoberflächen moderne Beschichtungstechnik technologische Präzision und Umweltverantwortung verbindet.

Präzision und weniger Ausschuss

Neue Maßstäbe zeigen sich in der intelligenten Regelung von Beschichtungsprozessen. Moderne Regeltechniken ermöglichen erstmals die konstante Dosierung von Beschichtungspulvern, indem sie den Pulverausstoß in Echtzeit überwachen und stabilisieren. Schwankungen durch Verschleiß, Umgebungsbedingungen oder Materialänderungen werden automatisch ausgeglichen. Das Ergebnis sind präzisere Schichtdicken, ein geringerer Materialverbrauch und deutlich weniger Ausschuss.

Quantensprung in der Ressourceneffizienz

Ein weiterer Innovationssprung gelang mit overspray-freien Lackierverfahren, die den Lack vollständig ohne Nebel applizieren. Sie senken den Energiebedarf von Lackierlinien um bis zu 30 Prozent und eröffnen neue Freiheitsgrade in der Gestaltung. Individualisierte Designs lassen sich effizient auto-

matisiert umsetzen, während abluftarme Prozesse den Anlagenaufwand und den Energieverbrauch weiter reduzieren.

Automatisierte Nacharbeit neu gedacht

Auch in der Nachbearbeitung setzt die Oberflächentechnik neue Standards. Roboter-gestützte Systeme zur automatischen Defekterkennung und -korrektur übernehmen Aufgaben, die zuvor stark von manueller Erfahrung abhängig waren. Lackfehler werden erkannt, bewertet und gezielt korrigiert – reproduzierbar, energieeffizient und mit gleichbleibend hoher Qualität. Der Effekt reicht von stabileren Prozessen über geringeren Ressourceneinsatz bis zur nachhaltigen Entlastung des Fachpersonals.

Innovation verdient Sichtbarkeit

Diese Beispiele zeigen: Die Oberflächentechnik befindet sich in einer stetigen technologischen Erneuerung. Ressourcenschonung,



Auf einen Blick

Preis:	Der Oberflächentechnikpreis DIE OBERFLÄCHE 2026
Bewerbung unter:	https://s.fhg.de/dieoberflaeche
Bewerbungsfrist:	bis 20. Februar 2026
Jury:	Dr. Martin Metzner, Fraunhofer IPA; Dr. Martin Riester, VDMA Fachverband Oberflächentechnik; Dr. Michael Hilt, Forschungsgesellschaft für Pigmente und Lacke e. V.
Preisverleihung:	am 5. Mai 2026, auf der MESSE Surface Technology GERMANY, Stuttgart



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

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

Automatisierung und Digitalisierung verschmelzen zu zukunftsfähigen Gesamtlösungen. Genau hier setzt der Oberflächentechnikpreis **DIE OBERFLÄCHE** an.

Der Preis bietet Unternehmen und Einzelpersonen eine Plattform, ihre Innovationen sichtbar zu machen und Impulse für die Branche zu setzen. Nutzen Sie die Gelegenheit und reichen Sie Ihre Bewerbung noch bis zum **20. Februar 2026** ein.

Korrosionsmessungen an Chrom-Nickel-Schichten, abgeschieden aus einem Chrom(III)elektrolyten

Von Jonas Rehbein, Christoph Baumer; TU Ilmenau, Fachgebiet für Elektrochemie und Galvanotechnik



Zum online-Artikel

Für die Messung der Korrosionsbeständigkeit von Chrom-Nickel-Schichten mit Chrom aus einem trivalenten Chromelektrolyten eignen sich verschiedene Methodiken. Hierbei haben die Abscheidedauer sowie Elektrolytverunreinigung von Eisen und Nickel Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit der Schichten. Zur Messung der Korrosionsbeständigkeit wurden Dauerversuche im Salzsprühnebelschrank (SSN) durchgeführt und mit den Ergebnissen der elektrochemischen Korrosionsmessungen verglichen. Verwendet wurden lineare Voltammetrie, elektrochemische Impedanzspektroskopie sowie Chronopotentiometrie. Außerdem wurden Farbe, Glanz und Schichtdicke in Abhängigkeit von den verschiedenen Abscheidparametern charakterisiert. Die Untersuchungen zeigten, dass sich der Salzsprühnebelschrank am besten zur Charakterisierung der Korrosionsbeständigkeit eignet. Elektrochemische Korrosionsmessungen lieferten zwar mehr Informationen, wiesen aber in ihren Ergebnissen teilweise noch Unklarheiten auf. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Eisenverunreinigungen im Elektrolyten die Korrosion am stärksten fördern.

1 Einleitung

Diverse Metalle, wie beispielsweise Nickel, Chrom oder Aluminium haben die Eigenschaft, bei Kontakt mit Sauerstoff eine selbstausheilende Oxidschicht zu bilden. Diese Eigenschaft ermöglicht diverse Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere im Korrosionsschutz. Da die Oxidschicht elektrochemisch edler als der metallische Grundwerkstoff ist, wirkt sie passivierend und hemmt somit die Oxidation des Grundwerkstoffes. Eine Chromoxidschicht löst sich im Vergleich zu metallischem Chrom erst bei einem höheren anodischen Potential auf und schützt somit das Substrat vor weiterer Auflösung. Neben der guten Korrosionsbeständigkeit haben Chromschichten eine hohe Härte, sind elektrisch leitfähig, thermisch beständig und metallisch glänzend. All diese Eigenschaften ermöglichen, neben der reinen Anwendung zum Korrosionsschutz, vielseitige Möglichkeiten zur Nutzung von Chromschichten, beispielsweise in der Fahrzeugindustrie, Sanitärindustrie und im Maschinenbau. Chrombeschichtungen sowie Chrom-Nickelbeschichtungen sind somit von hoher technischer Relevanz in der modernen Welt [1].

Konventionell werden in vielen Prozessen hexavalente Chromverbindungen im Abscheidungselektrolyt verwendet; hier liegt das Chrom in sechsfach oxidiert Form vor. Diese Verbindungen sind problematisch, da sie im Menschen krebserregend, stark reproduktionstoxisch wirken und zusätzlich stark umweltschädlich sind. Aufgrund dessen wurde die Verwendung von hexavalenten Chromverbindungen, wie beispielsweise Chromtrioxid, Chromsäuren und deren Salze, im Zuge

der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) stark eingeschränkt [2].

Hier können trivalente Chromverbindungen eine nicht toxische Alternative darstellen, also Elektrolyte, in denen das Chrom in entsprechender Verbindung dreifach oxidiert vorliegt. Jedoch bringt der Umstieg von hexavalenten auf trivalente Chromverbindungen viele Schwierigkeiten mit sich. So weisen mit trivalenten Chromverbindungen hergestellte Schichten eine geringere Korrosionsbeständigkeit und eine abweichende Farbe auf. Des Weiteren lassen sich mit hexavalenten Elektrolyten sehr viel höhere Stromausbeuten und Abscheideraten erzielen. Während bei chrom(VI)basierten Prozessen Stromausbeuten von 15 % üblich sind, liegen diese Werte bei Elektrolyten auf Basis von Chrom(III)verbindungen bei etwa 5 %. Dementsprechend ergibt sich auch eine 3- bis 4-fach geringere

Abscheiderate [2, 3] bei Verwendung von trivalenten Chromelektrolyten. Zusätzlich enthalten Chrom(III)elektrolyte eine höhere Anzahl an Komponenten und reagieren deutlich empfindlicher auf Verunreinigungen [4]. Hinzu kommt, dass die Methodiken zur Korrosionsmessung speziell an Schichtsystemen aus Elektrolyten auf Basis von Chrom(III) noch nicht so ausführlich untersucht worden sind, wie an chrom(VI)basierten Schichten [1]. Konventionell gibt es zwei Ansätze für die Messung der Korrosionsbeständigkeit: beschleunigte Korrosionstests in einer aggressiven Atmosphäre oder elektrochemische Korrosionstests. Bei den beschleunigten Korrosionstests wird das zu untersuchende Bauteil korrosiven Bedingungen ausgesetzt und die Korrosionsprodukte werden in bestimmten Zeitabständen dokumentiert. Bei elektrochemischen Messungen wird das Bauteil in der Regel als Anode geschaltet und resultierende Potentiale oder Wechselstromwider-



SERFILCO®
Pumpen & Filter
chemiebeständig · robust · langlebig

Der starke Partner für Industrie & Anlagenbau!

- Vertikale Pumpen (dichtungslos u. trockenlaufsicher)
Leistungen: von 4 m³/h bis zu 75m³/h
- Horizontale Pumpen Leistungen: von 0,5m³/h bis zu 120m³/h
- Filtersysteme (Intank- / Außentankmontage)
- Badbewegung ohne Luft
- Badheizer (elektr.)/Wärmetauscher

OBERFLÄCHEN

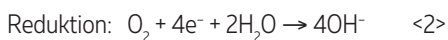
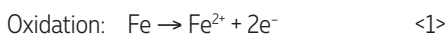
stände werden ausgewertet. Elektrochemische Methodiken haben den Vorteil, dass verschiedene Parameter wie Stromdichte, Potential und Widerstand, direkt gemessen werden können, während sich bei den beschleunigten Tests nur Korrosionsprodukte auswerten lassen.

Vor dem Hintergrund des Umstiegs von hexavalenten zu trivalenten Chromverbindungen sollen die Ergebnisse von verschiedenen Methodiken der elektrochemische Korrosionsmessung, mit den Ergebnissen aus dem Salzsprühnebelschrank verglichen werden; Ziel ist es, die Korrosionsmessung an mittels Chrom(III)elektrolyten hergestellten Schichten besser zu verstehen.

2 Stand der Technik

Der Begriff Korrosion beschreibt die Zerstörung eines Bauteils durch eine chemische Reaktion mit seiner Umgebung, beispielsweise durch Feuchtigkeit oder Salze.

Elektrochemisch gesehen ist ein Korrosionsangriff eine Oxidation durch ein in der Elektrolytlösung vorhandenes Oxidationsmittel. In der Praxis handelt es sich bei dem Oxidationsmittel meist um Sauerstoff aus der Atmosphäre, der in Wasser gelöst ist [5]. Andere häufig vorkommende Oxidationsmittel sind Schwefeldioxid in Industrieatmosphäre oder Peroxoverbindungen in Waschmitteln [5]. Das oxidierende Medium wird reduziert, während das Metall oxidiert wird. Diese Abläufe sind in Gleichung <1> und <2> am Beispiel einer sehr gängigen Korrosionserscheinung, der Bildung von Rost an Eisen, dargestellt:



In Wasser befindet sich neben diversen anderen Ionen auch meist Chlor, das als Katalysator für die Sauerstoffkorrosion wirken kann, indem es die Passivschicht destabilisiert und in deren Folge häufig lokale, lochartige Korrosion auftritt. Somit sind Bauteile, die ständiger Feuchtigkeit ausgesetzt sind, beispielsweise Wasserhähne oder Rohre, prädestiniert für Korrosion und benötigen deshalb einen ausreichenden Korrosionsschutz [1].

Beim passiven Korrosionsschutz existiert eine physikalische oder chemische Barriere zwischen dem Werkstoff und seiner Umgebung. So verhindern beispielsweise Oxidschichten oder Lackierungen, dass Elektrolyt, Sauerstoff oder andere Ionen mit der Metalloberfläche in Kontakt treten. Beim aktiven

Korrosionsschutz wird das zu schützende Metall so beeinflusst, dass es nicht mehr als Anode fungieren kann; die Korrosion wird gezielt auf ein anderes unedleres Material verlagert, eine sogenannte Opferanode. Beispiele für aktiven Korrosionsschutz sind das Feuerverzinken und das galvanische Verzinken auf Eisenwerkstoffen, bei dem die Zinkschicht als Opferanode fungiert und dadurch der Eisenwerkstoff zur Kathode (kathodischer Korrosionsschutz) wird.

Erste Grundlagen für moderne Korrosionsforschung setzt U. R. Evans gegen 1930; er führt Potentialmessungen zur Charakterisierung der Korrosionserscheinungen ein und beschreibt Korrosion als einen lokal gekoppelten elektrochemischen Prozess [6, 7].

Die Charakterisierung der Korrosionsbeständigkeit beschreibt die zugrundeliegende Oxidationsreaktion. Bei der Anwendung von elektrochemischen Methoden können Oxidationsreaktionen zu jedem Zeitpunkt betrachtet werden; zudem lassen sich Korrosionsgeschwindigkeit und Korrosionsrate ermitteln. Eine gängige Methodik ist die Voltammetrie. Bei der Voltammetrie handelt es sich um die Aufnahme einer Strom-Spannungskurve. Ein Potential wird mit bestimmter Scangeschwindigkeit über einen definierten Potentialbereich durch das Bauteil geleitet. Parallel dazu wird in Bezug zu einer Referenzelektrode die resultierende Stromdichte aufgezeichnet. So kann charakterisiert werden, bei welchen Potentialen elektrochemische Reaktionen auf der Bauteiloberfläche stattfinden. Über Voltammeterkurven können die Korrosionsstromdichte, das Korrosionspotential und der Symmetriefaktor einer Reaktion ermittelt werden. Ein hohes Korrosionspotential weist auf eine geringere thermodynamische Korrosionsneigung hin und eine hohe Korrosionsstromdichte steht für eine hohe Korrosionsgeschwindigkeit.

Bei der elektrochemischen Impedanzspektroskopie wird ein sinusförmiges Potential durch das Bauteil geleitet und der resultierende Strom gemessen. Die Frequenz des Potentials variiert dabei logarithmisch im Bereich von typischerweise 10^2 Hz bis zu 10^6 Hz [8]. Alternativ kann auch ein Strom angelegt und die resultierende Spannung gemessen werden (galvanostatische Arbeitsweise). Für jede Frequenz werden nun Potentiale und Ströme über Zeit gemessen, mittels Fourier-Transformation werden Amplituden von Strom und Potential sowie die Phasenverschiebung des Stroms bei jeder Frequenz ermittelt. Im Nyquistplot wird der komplexe Wechselstromwi-

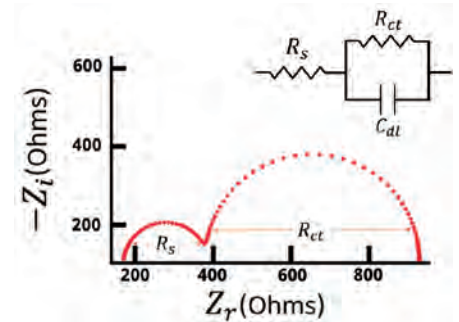


Abb. 1: Nyquistplot schematisch (links) und Ersatzschaltbild (rechts oben) [8] mit den Größen Elektrolytwiderstand (R_s), Ladungstransferwiderstand (R_{ct}) und Doppelschichtkapazität (C_{dl})

derstand dargestellt. Über den Durchmesser der resultierenden Halbkreise (Abb. 1) lassen sich die Widerstände ermitteln. Der ohmsche Widerstand der Elektrolytlösung wird durch R_s beschrieben, und ist im Ersatzschaltbild (Abb. 1) in Reihe geschaltet, da der Strom durch den Elektrolyt geleitet wird. An der Grenzfläche Elektrode/Elektrolyt bildet sich eine frequenzabhängige Doppelschichtkapazität (C_{dl}) aus. Der anliegende Strom wird anteilig zur Aufladung dieser Kapazität oder für den Ladungstransfer genutzt. Der Widerstand für den Ladungstransfer der elektrochemischen Reaktion wird mit R_{ct} beschrieben. Je größer der Ladungstransferwiderstand ist, desto höher ist die Korrosionsbeständigkeit des untersuchten Bauteils.

Eine weitere Methode ist die sogenannte Chronopotentiometrie (oder auch STEP-Test, STEP = Simultaneous Thickness and Electrochemical Potential). Hier wird die zu untersuchende Schicht als Anode geschaltet, sodass ein konstanter Strom durch das Bauteil fließt, während das resultierende Potential über die Zeit in Bezug zu einer Referenzelektrode gemessen wird. Da sich verschiedene Schichten bei verschiedenen Potentialen auflösen, beschreibt ein Potentialplateau den Prozess der Auflösung einer Schicht. Über die Zeit, die der Auflösungsprozess gedauert hat, lässt sich über das Faradaysche Gesetz die Schichtdicke berechnen [9].

Der Salzsprühnebeltest nach DIN EN ISO 9227 stellt eine empirische Messmethode dar. In einer geschlossenen Kammer werden die Bauteile einem gleichmäßig fein verteilten Nebel aus einer Salzlösung ausgesetzt. Die Norm schlägt je nach untersuchtem Material drei verschiedene Prüflösungen vor (Tab. 1). Für reproduzierbare Ergebnisse ist es wichtig, dass die Korrosion ausschließlich von der Salzatmosphäre ausgeht. Deshalb dürfen

Tab. 1: Prüfmethode des Salzsprühnebeltests nach DIN EN ISO 9227 [10]

Prüfmethode	Abkürzung	Prüflösung
Neutrale Salzsprühnebelprüfung	NSS-Test	5%ige wässrige Kochsalzlösung
Essigsäure-Salzsprühnebelprüfung	AASS-Test	Kochsalzlösung mit Zusatz von Essigsäure
Kupferbeschleunigte Essigsäure-Salzsprühnebelprüfung	CASS-Test	Kochsalzlösung mit Essigsäure und Kupfer(II)chlorid-Dihydrat

Tab. 2: Versuchsmatrix (grünes Feld = Abscheidung)

Schichtdicke Chrom	Elektrolytverunreinigung								
	Nickel						Eisen		
	0 mg/l	20 mg/l	40 mg/l	60 mg/l	80 mg/l	100 mg/l	30 mg/l	60 mg/l	90 mg/l
0,1 µm									
0,4 µm									
1,0 µm									

Tab. 3: Elektrolytzusammensetzung Chromelektrolyt

Ansatz Reihenfolge	Produkt	Sollmenge pro 1 L
1	TriMac BLUE Chrome	150
2	TriMac BLUE Initial	50 ml
3	TriMac BLUE Buffer	90 g
4	TriMac BLUE CS	175 g
5	TriMac BLUE Complexor N	10 ml
6	Natriumhydroxid 33%-ige Lösung	15 ml

Tab. 4: Elektrolytzusammensetzung Orion 3000+

Bestandteil	Konzentration
Nickel (Ni)	75 g/l
Chlorid (Cl ⁻)	18 g/l
Borsäure	40 g/l
Nickel Additiv 520	15 ml/l
Nickel Additiv TRA	3 ml/l
Orion 3000+	0,5 ml/l
Nickel Additiv 333	2 mg/l

die Bauteile keinen Kontakt zueinander oder zu anderen Metallen oder dem Gestell haben. Des Weiteren ist darauf zu achten, dass die Bauteile so aufgehängt werden, dass das Kondensat gleichmäßig ablaufen kann und nicht auf andere Bauteile tropft [11].

3 Experimentelles

Für die durchgeführten Untersuchungen wurden Chrom-Nickel-Schichten einseitig auf Winkelblechen aus Kupfer abgeschieden. Bei der Abscheidung der Chromschicht wurden

Abscheidedauer und somit Schichtdicke, sowie die Elektrolytverunreinigungen von Eisen und Nickel variiert (Tab. 2).

Jede Abscheidung wurde doppelt durchgeführt; eine Probe wurde im Salzsprühnebel-schrank verwendet, eine für elektrochemische Messungen. Als Vorbehandlung wurde das Substrat vor jeder Abscheidung mit HSO Uni Entfetter bei 50 °C stromlos für 5 min entfettet und für 30 s bei Raumtemperatur in 10% -iger Schwefelsäure dekapiert. Um die Beschichtung einseitig aufzubringen, wurde

eine Seite der Bleche mit galvanogeeignetem grünem Abdecklack abgedeckt.

Für die Nickelabscheidungen wurde der Elektrolyt Glanznickel Orion 3000+ der Kiesow Oberflächenchemie GmbH & Co KG verwendet. Es wurde eine Schichtdicke von 14 µm bei einer Stromdichte von 4,5 A/dm², einer Temperatur von 57 °C und einem pH-Wert von pH 3,7 mit einer S-Nickel Gegenanode abgeschieden. Für die Chromabscheidungen wurde der TriMac Blue Elektrolyt der Mac-Dermid Enthone Industrial Solutions bei 7 A/dm², 55 °C und einem pH-Wert von pH 3,4 unter Verwendung einer Metallmischoxid-Anode eingesetzt. Beide Abscheidungen fanden unter Elektrolytbewegung statt; in den Tabellen 3 und 4 sind die Zusammensetzungen der Elektrolyte aufgelistet.

Die Versuche im Salzsprühnebel-schrank wurden bei einer Konzentration von 50 g/L NaCl, einer Temperatur von 35 °C und einem pH-Wert von pH 6,5 bis pH 7,2 durchgeführt. Die Proben wurden mittels einer Angelschnur am Gestell der Salzsprühkammer befestigt und nach 24 h, 48 h, 72 h, 96 h und 192 h entnommen und fotografiert. Verwendet wurde ein Salzsprühnebel-schrank des Unternehmens Adwest Köhler, Typ:HK 400. Abbildung 2 zeigt den verwendete Salzsprühnebel-schrank mit aufgehängten Proben.

Für die Korrosionsmessungen wurde ein Potentiostat Modell SP-150 mit Booster von Bio-Logic SAS verwendet. Die Versuchsparameter wurden mit der Software EC-Lab (Version 11.52) eingestellt und gemessen. Für alle Messungen wurde ein konditionierter Silber/Silberchloridring als Referenz mit einem Potential von +0,2 V vs. NHE verwendet. Als Elektrolytlösung diente eine 0,5 mol/L Schwefelsäurelösung mit 1 mol/L NaCl.

Durchgeführt wurden die Versuche mit dem Couloscope V18 der Helmut Fischer GmbH

OBERFLÄCHEN



Abb. 2: Salzsprühnebelschrank mit Winkelblechen

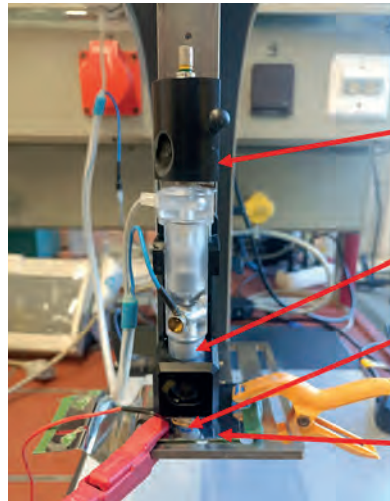


Abb. 3: Versuchsaufbau Korrosionsmessungen

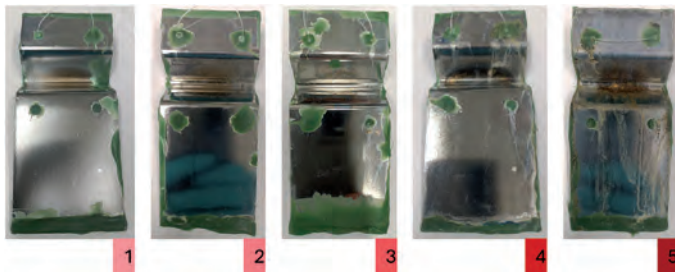


Abb. 4: Bewertung des Korrosionsangriffs von 1 bis 5 (5 = stärkster Korrosionsangriff)

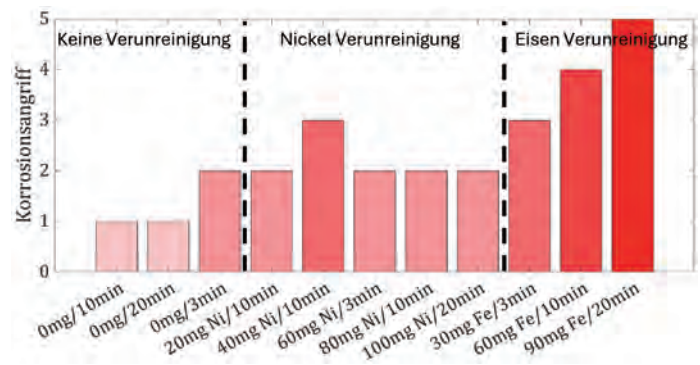


Abb. 5: Korrosionsangriff bei Prüfung im Salzsprühnebelschrank nach 192 h Prüfdauer

und einer extern angeschlossenen Pumpe, die den Elektrolyt während aller Versuche in Bewegung gehalten hat. Die Voltammetrieversuche wurden in einem Potentialbereich von $-0,3\text{ V}$ bis $0,5\text{ V}$ und mit einer Scangeschwindigkeit von 1 mV/s durchgeführt. Der Frequenzbereich für die Impedanzspektroskopie betrug $0,08\text{ Hz} - 100\,000\text{ Hz}$. Für die Steptestversuche wurden für die Auflösdauer eine Zeit von 4 min bei einem Strom von 10 mA gewählt. Jede Messung wurde zweimal durchgeführt. Eine Übersicht des verwendeten Versuchsaufbaus für die elektrochemischen Korrosionsmessungen ist in *Abbildung 3* zu sehen.

4 Darstellung und Diskussion der Ergebnisse

Für die Beurteilung der Versuche im Salzsprühnebelschrank wurde der Korrosionsangriff optisch bewertet. Eine Probe für den Umfang des Korrosionsangriffes nach 192 h im Salzsprühnebelschrank zeigt *Abbildung 4*. Die Ergebnisse der entsprechenden Korrosionsangriffe pro Abscheideparameter sind in *Abbildung 5* zusammengestellt.

Es ist zu erkennen, dass mit Eisenverunreinigungen hergestellt Proben den stärksten Korrosionsangriff aufweisen, wobei die Menge an Korrosionsprodukten mit steigender Eisenverunreinigungskonzentration ansteigt. Proben die in einem Elektrolyten mit Nickelverunreinigungen abgeschieden wurden, weisen einen moderaten Korrosionsangriff auf, während Proben, die ohne Verunreinigungen abgeschieden worden sind, am wenigsten korrodieren. Zwischen der Schichtdicke und dem Korrosionsangriff ist kein deutlicher Zusammenhang zu erkennen.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der elektrochemischen Korrosionsuntersuchungen gezeigt, beginnend mit der linearen Voltammetrie. Die Messungen zeigten unabhängig von den Abscheideparametern Oxidationspeaks zwischen $0,4\text{ V}$ und $0,6\text{ V}$ vs. RHE bei Stromdichten von 10 A/dm^2 bis 20 A/dm^2 (*Abb. 6*). Für die weitere Auswertung wird die logarithmierte Stromdichte über die Überspannung dargestellt, anschließend wird der lineare Bereich dieser Kurve über die Bildung der ersten Ableitung bestimmt und extrapoliert. Über den y-Achsenabschnitt der extrapolierten

Geraden kann die Korrosionsstromdichte und über ihre Steigung der Symmetriefaktor der Korrosion ermittelt werden. Der Schnittpunkt mit der x-Achse der logarithmierten Kurven ergibt den Wert für das Korrosionspotential. Der Ablauf ist in *Abbildung 7* und *8* dargestellt. Die ermittelten Korrosionsstromdichten und Potentiale zeigt die *Abbildung 9*. Der Symmetriefaktor lag unabhängig von den Abscheideparametern nahe $0,5$.

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

Auf WOMag-online.de steht der gesamte Beitrag zur Ansicht zur Verfügung. Im Weiteren werden der Einfluss von Eisen und Nickel im Elektrolyten detailliert dargestellt sowie die Unterschiede bei den Korrosionsmesstechniken aufgezeigt. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 7 Seiten mit 16 Abbildungen , 4 Tabellen und $12\text{ Literaturhinweisen}$.

Tagung des Anwenderkreises Atmosphärendruckplasma über die Anwendung und das Potential von AD-Plasmaverfahren für den Einsatz in der Automobilindustrie



[Zum online-Artikel](#)

Die Automobilindustrie bietet aufgrund der zahlreichen unterschiedlichen Fertigungsbereiche und der Tatsache, dass die verschiedensten Werkstoffe miteinander kombiniert werden, gute Ansatzpunkte für den Einsatz des Atmosphärendruckplasmas. Vor allem bei der Erzeugung von Oberflächeneffekten auf den Werkstoffen bietet sich die Plasmatechnik an, da sie die mechanischen Eigenschaften der Grundwerkstoffe nicht verändert. Zudem lässt sie sich sehr gut automatisieren, weist eine hohe Energieeffizienz aus und überzeugt häufig durch kurze Prozessstrecken und Prozesszeiten. Vor allem für die Reinigung oder die Vorbehandlung von Werkstoffen für das Kleben konnten bisher sehr gute Ergebnisse realisiert werden. Interessant ist zudem die Einsatzmöglichkeit in der additiven Fertigung oder bei der Oberflächenbehandlung von Holzwerkstoffen.

Dr. Kerstin Horn, Innovent e. V. Technologieentwicklung Jena, eröffnete den 50. Workshop des Anwenderkreises für Atmosphärendruckplasma im August-Horch-Museum für Automobilbau in Zwickau. Thematischer Schwerpunkt der Veranstaltung war der Einsatz des Atmosphärendruckplasmas in der Fahrzeugtechnik. Bereits seit vielen Jahren präsentiert der ak-adp mit seiner Themenauswahl eine große Zahl an interessanten Industrie- und Technikbereichen, in denen Atmosphärendruckplasma eingesetzt wird. Als Hauptanwendung der Plasmatechnik unter Atmosphärendruck stand dabei die Haftungsverbesserung in nahezu allen Veranstaltungen im Vordergrund. Etwas aus dieser Reihe ausgeschert ist die Anwendung in der Medizin, bei der beispielsweise die Wundbehandlung oder auch die Reaktionstechnik angesprochen wurde und wird. Besonderen Dank sprach Dr. Horn den Sponsoren der Veranstaltung und des im Zweijahresrhythmus vergebenen Preises für die Nachwuchsförderung aus.

Westsächsische Hochschule Zwickau und Stadt Zwickau

Prof. Dr. Jan Schubert, Westsächsische Hochschule Zwickau (WHZ), stellte zu Beginn der Tagung die Hochschule in Zwickau mit ihrem Schwerpunkt als Hochschule für Mobilität vor. Die Einrichtung mit derzeit 3100 Studierenden vertritt 60 Fachrichtungen und beschäftigt derzeit etwa 140 Professoren. Pro Jahr weist die Hochschule etwa 600 Absolventen auf.

Neben Mobilität wird Wissen in den Bereichen Digitalisierung, Gesundheit/Medizintechnik, Umwelttechnik oder Nachhaltigkeit vermittelt. Die WHZ arbeitet unter anderem mit dem Fraunhofer-Anwendungszentrum

für Optische Messtechnik & Oberflächen-technologien AZOM zusammen. Eine intensive Zusammenarbeit wird darüber hinaus mit Hochschulen in Ilmenau, Chemnitz oder Dresden gepflegt.

Wie der Vertreter der Wirtschaftsförderung der Stadt Zwickau in seinen Begrüßungsworten betonte, ist Zwickau die Geburtsstätte der Automarke Audi durch den Automobilpionier August Horch. Nach wie vor ist in Zwickau eine große Zahl an Unternehmen vertreten, die Zulieferer für namhafte Automarken sind.

Fahrzeugdesign und Oberflächen

Prof. Kristin Laas, WHZ Zwickau, eröffnete die Reihe der Fachvorträge mit einer Betrachtung der Schwerpunkte Fahrzeugdesign und Oberflächen, mit denen eine Verbindung aus Ästhetik, Technik und Emotion geschaffen wird. Sie betonte eingangs, dass Design ein kreativer Prozess ist, mit dem Funktion und Ästhetik verbunden werden; diesen Arbeiten lassen sich ihrer Ansicht nach die Eigenschaften klar, innovativ und zweckgerichtet beziehungsweise nutzungsorientiert zuordnen. Neben Design wird häufig bei bestehen-

den Produkten ein Re-Design betrieben, mit dem Produkte an die neuen Bedürfnisse angepasst werden.

In der Fahrzeugindustrie machen sich Designer darüber Gedanken, warum ein Fahrzeug so gestaltet ist, wie es ist. Im ersten Schritt wird berücksichtigt, wie ein neues Modell am besten in das Markenaussehen des Herstellers passt. Anschließend wird schrittweise eine Karosserie mit flexiblen Werkstoffen aufgebaut und angepasst, um abschließend wieder digitalisiert zu werden. Grundsätzlich spielen hierbei Oberflächen eine wichtige Rolle, um Funktionen und Emotionen optimal zu vermitteln. Hierbei wird zwischen Außenhülle und Innenraum unterschieden. Im Innenraum stehen Ergonomie und Haptik im Vordergrund neben Lichtintegration. Bei der Außengestaltung werden neben der Geometrie weitere Eigenschaften bei der Farbgestaltung betrachtet. Hierbei kommen etwa Lackierungen mit Tiefenwirkungen oder smarte Materialien zum Einsatz. Aktuelle Trends richten sich auf Nachhaltigkeit der eingesetzten Materialien, Digitalisierung und Funktionalität, minimalistische Designs, Individualisierung sowie Licht als Gestaltungselement.

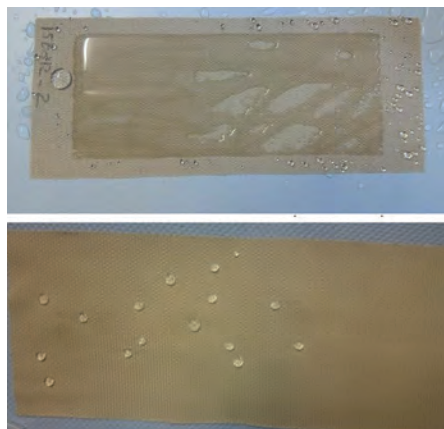


Der Prozess der Designentwicklung umfasst mehrere Stufen vom ersten physischen Modell bis zur Überführung in die Serie (Bild: Prof. Laas)

OBERFLÄCHEN

Applikationen in der Fahrzeugindustrie

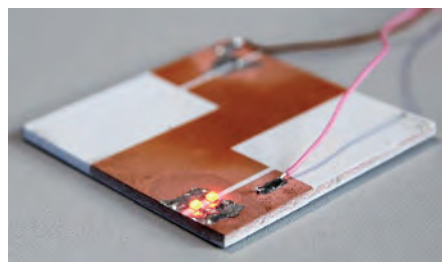
Dr. Andreas Pfuch, Innovent Jena, ging auf die Nutzung von Atmosphärendruckplasmen (ADP) in der Fahrzeugindustrie ein, wie sie beispielsweise bei Innovent entwickelt wurden. Dabei kann der Vortragende auf mehr als 25 Jahre Erfahrungen beim Umgang mit dieser Art der Plasmatechnologie bei Innovent zurückgreifen. Und seit mehr als 15 Jahren werden die daraus entstandenen Erfahrungen im Anwenderkreis ADP (ak-adp) Entwicklern, Anlagenbauern und Anwendern zugänglich gemacht. Neben der Technologie der Atmosphärendruckplasmen werden Verfahren wie Sol-Gel-Beschichtung oder Plasmaspritzen und insbesondere Mischungen der verschiedenen Technologien betrachtet. Für umfangreiche Entwicklungen steht bei Innovent ein Applikationslabor für Atmosphärendruckplasmen zur Verfügung. Ein Anwendungsbereich für Atmosphärendruckplasmen ist die Vorbehandlung von textilen Materialien. Gefordert wird hier zum Beispiel, die Benetzung von Oberflächen anzupassen, um Verschmutzungsneigungen zu vermindern oder die Verklebung mit anderen Materialien zu verbessern. Benötigt werden hierbei flächige Behandlungen. Diese werden entsprechend untersucht, unter anderem durch angepasste analytische Verfahren zur Bewertung der Bearbeitung, um hydrophobe oder lipophobe Oberflächen zu erzeugen. Nicht in Betracht kommt für diese Grundmaterialien die Flammpyrolyse aufgrund der thermischen Belastung. Mit den verbliebenen Methoden konnte im Verlauf der langjährigen Arbeiten eine deutliche Verbesserung der Verklebungen erreicht werden. Ein besonde-



Durch die Plasmabehandlung wird die Benetzungsfähigkeit mit Wasser erreicht, und zwar unterschiedlich auf der behandelten Textilseite (oben) und der unbehandelten Rückseite (unten) (Bild: Dr. Pfuch)

rer Vorteil ist die Möglichkeit, die Textilien mit unterschiedlichen Eigenschaften auf Vorder- und Rückseite auszustatten.

Ein weiterer Anwendungsbereich ist die Leistungselektronik in Form von Metallkernleiterplatten mit Aluminium als Metallkern. Solche Leiterplatten kommen vor allem dann zum Einsatz, wenn hohe mechanische Belastungen auftreten können oder wenn hohe Beträge an thermischer Energie abgeführt werden müssen. Um die jeweiligen Anforderungen zu erreichen, kann zum Beispiel in die Aluminiumoberfläche Silikat eingebracht und Kupfer auf der vorhandenen Oxidschicht eingearbeitet werden. Als neues Material wurde Magnesium an Stelle von Aluminium geprüft. Dabei wurde das Grundmetall mittels plasmachemischer Oxidation und Plasmaspritzen auf vorkonditionierten Oberflächen behandelt. Die plasmachemische Oxidation bietet eine breite Einstellbarkeit der Oberflächeneigenschaften je nach gewählten Arbeitsparametern bei der Oxidation.



Einseitig bestückte IMS-Leiterplatte (Demonstrator) mit einer Kantenlänge von 50 mm, dielektrisch verstärktem Magnesiumkern, kaltplasmagespritzten Leiterbahnen aus Kupfer und LED (Bild: Dr. Pfuch)

Vorteilhaft für den Aufbau der Mehrschicht ist die Schaffung einer glatten Oberfläche, was durch einen Sol-Gel-Prozess erreicht wird. Die letztendliche Kupferoberfläche wird durch Kaltplasmaspritzen von Kupferpulver erzeugt. Erreicht werden damit Schichten mit Dicken im Bereich bis 100 µm. Je nach Arbeitsparameter lassen sich Haftung, Leitfähigkeit oder Rauheit der Kupferschichten steuern. Solche Schichten sind

beispielsweise auch dazu geeignet, Bauteile anzulöten.

Als drittes Beispiel nannte Dr. Pfuch die Herstellung von elektromechanischen Baugruppen. Hier kommen biobasierte Kunststoffe aufgrund eines guten Recyclings zum Einsatz. Wiederum eignet sich das Plasmaverfahren bei der Bearbeitung, sowohl für die Aktivierung als auch für die Auftragung von Materialien (Kunststoffe und Metalle). Bewertungen der hergestellten Bauteile beziehungsweise Baugruppen richten sich insbesondere auf die Festigkeit der Verbunde aus den unterschiedlichen Materialien.

Klebeverbindungen – industriell relevante Aspekte

Heiko Haupt, Sika Deutschland Industrie, gab einen Einblick in die Praxis von verklebten Verbindungen für industrielle Einsatzfälle. Der Wunsch aus unterschiedlichen Bereichen der Industrie, Materialien zu verkleben, entstand unter anderem durch die Verstärkung des Leichtbaus, neuartiger Produktdesigns oder auch aus Gründen einer neuen Prozesstechnik für das Fügen von Materialien.

Zu Beginn eines Fügeprozesses steht in der Regel eine geeignete Vorbehandlung, wie etwa die Behandlung mittels Atmosphärendruckplasma, die sich in der Regel gut automatisieren lässt. Bei der Auswahl von Klebeverbindungen wird beispielsweise zwischen strukturellem, steifem Kleben und elastischem Kleben/Dichten unterschieden, für das jeweils unterschiedliche Kleber verfügbar sind. Je nach Kleber stehen unterschiedliche Eigenschaften der Materialien im Vordergrund, wobei die auftretende Temperatur ein wichtiger Parameter ist. Bei niedrigen Temperaturen ist die Versprödung kritisch, bei hohen das Kriechen und Verformen zu beachten. Die Grenzen liegen in der Regel bei -40 °C und +80 °C; innerhalb dieser Werte wird ein konstantes Verhalten (Festigkeit, Elastizität) angestrebt.

Weitere wichtige Parameter beim Einsatz von Klebstoffen sind die Zeit für das Aushärten und die notwendige Dauer für ein Weiterverarbeiten einer Baugruppe. Deutliche Vor-

E-Modul 0.05-0.25%	-20°C	+23°C	+80°C
2K-Acrylat	977 MPa	399 MPa	4 MPa
2K-Polyurethan	4332 MPa	1548 MPa	17 MPa
2K-SikaForce® Powerflex	300 MPa	250 MPa	100 MPa

Beispiel für die unterschiedlichen Belastungsgrenzen bei Klebstoffen in Abhängigkeit von der Einsatztemperatur (Bild: H. Haupt)

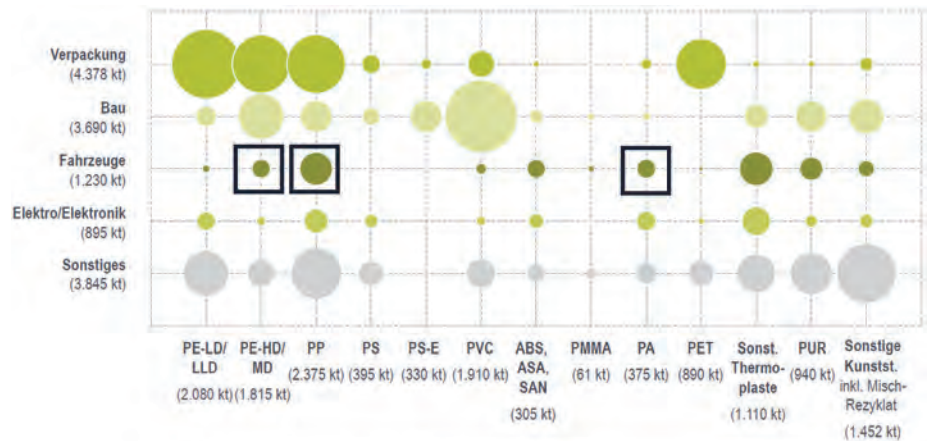
teile beim Verkleben sind die sehr kurze (eigentliche) Arbeitsdauer für den Prozess des Verbindens und das Entfallen von Nacharbeit (z. B. im Vergleich zum Schweißen). Allerdings ist hierbei die Zeit zur Bereitstellung eines funktionierenden Klebers (Mischen) zu beachten, ebenso wie die Nutzungsdauer des Klebers - bezeichnet als Prozessfenster mit dem Kennwert der Viskosität. Abschließend verwies der Vortragende auf die *Sika's Prozesstoolbox*, die umfangreiche Daten zu Klebern und Klebeverbindungen bietet.

Effiziente Bauteilreinigung mit heiß-aktivem Plasma

Dr. Thomas Stehrer, Fronius, lenkte den Blick auf das Reinigen von Bauteilen in der Automobilindustrie unter Einsatz von heißen, aktiven Plasmen, wie sie zum Beispiel bei der Fertigung des A8 bei Audi zum Einsatz kommt. Als Geräte werden dafür Plasmabrenner genutzt. Als Alternative für diese Art der Reinigung wird die nasschemischen Reinigung eingesetzt.

Die Plasmareinigung hat dann große Vorzüge, wenn nur partiell gereinigt werden muss, da der Prozess extrem verkürzt, energiesparend und deutlich platzsparend ist. Darüber hinaus zeichnet sich das Verfahren durch eine sehr kurze Prozesszeit aus. Bei dieser Technologie wird zudem die Oxidschicht von Aluminium nicht entfernt, sodass keine Passivierung erforderlich wird.

Interessant ist aktuell auch die Klimawirkung, die bei Plasmaverfahren grundsätzlich sehr gut ist. Dabei fällt der größte Teil des CO₂-Äquivalents für die Erzeugung des Prozessgases an. Die Technologie der heiß-aktiven Plasmabehandlung richtet sich auf die Entfernung von Rückständen in Schweißzonen. Wie der Vortragende betonte, wird bereits bei geringem Energieeinsatz eine hohe Reinigungseffizienz erzielt. Hierbei zeigen sich



Kunststoff	Anwendungsbeispiele
PP (Polypropylen)	Stoßfänger, Radhausschalen, Luftfiltergehäuse,...
ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymer)	Stoßfänger, Scheinwerfer, Instrumententafel,...
PVC (Polyvinylchlorid)	Innenverkleidung, Elektrische Bauteile, Polsterung,...
PA (Polyamid)	Motorenabdeckungen, Strukturbauteile, Kühlmittelanwendungen, Mittelkonsolen, Kabelkanäle, Kabelbinder, Airbags, Ansaugstutzen,...
HDPE (High Density Polyethylen)	Kraftstoffbehälter,...

Anlass für die Untersuchungen zur Kreislaufwirtschaft ist der Anteil an Kunststoffen im Fahrzeugbau
(Bild: Prof. Dr. Hartwig)

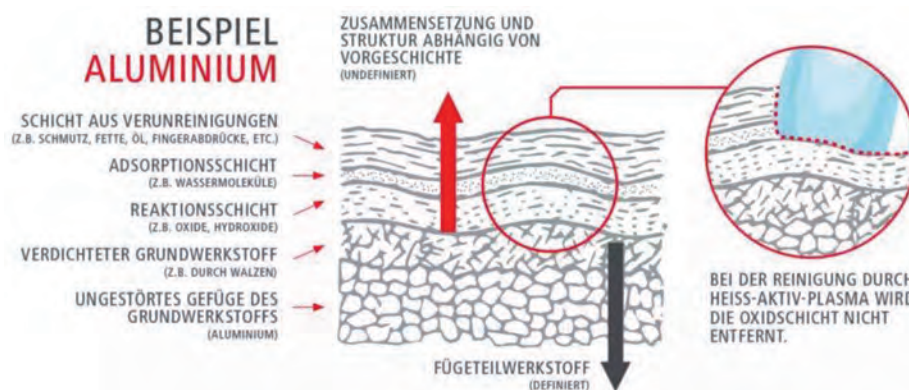
deutliche Unterschiede im Aussehen der Schweißnaht ebenso wie in der Haftung oder Reproduzierbarkeit der Schweißnaht zwischen plasmagereinigten und nicht gereinigten Oberflächen. Durch diese Art der Reinigen ist im Schweißbereich eine höhere Gleichmäßigkeit und ein geringerer Porenanteil festzustellen.

Einsatz für Polymerrezyklate

Prof. Dr. Sven Hartwig, TU Braunschweig, ging in seinem ersten Vortrag auf Oberflächentechniken und Analytik für den Einsatz von Polymerrezyklaten ein, die im Projekt *Circular Production Polymer Technologies* behandelt werden. Zu den Schwerpunkten der Arbeiten zählen Leichtbau und Nachhaltigkeit, wobei Kombinationen von Kunststoff mit Metall im Vordergrund stehen, da derartige Teile mit kurzen Prozesszeiten gefertigt wer-

den können (z. B. Kunststoff mit Metalleinlagen). Bei derartigen Teilen lassen sich damit die Ziele der Kreislaufwirtschaft umsetzen. Im Hinblick auf den Klimawandel liegt ein geringer CO₂-Fußabdruck vor und die Verfügbarkeit der Rohstoffe ist hoch.

Im Falle der Elektromobilität wird das Kunststoffrecycling neben der Kreislaufwirtschaft von Aluminiumteilen und dem Batterierecycling als wichtiger Teil behandelt. Dabei wird nicht nur die Machbarkeit einer Kreislaufführung im Forschungsprojekt betrachtet, sondern auch deren Wirtschaftlichkeit bewertet. Getrieben werden die Arbeiten durch Vorgaben der EU-Gesetzgeber, wonach aktuell pro Fahrzeug 180 Kilogramm thermoplastische Kunststoffe aus Rezyklaten eingesetzt werden müssen. Derzeit werden im Projekt definierte Fahrzeugteile zu Compounds (Granulaten) verarbeitet und auf Wiederverwendbarkeit hin analysiert und charakterisiert.



Effekte und Wirkungsweise der Reinigung mit heiß-aktivem Plasma am Beispiel von Aluminium
(Bild: Dr. Stehrer)

Lesen Sie weiter unter womag-online.de

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Weitere vorgestellte Einsatzmöglichkeiten von ADP-Verfahren sind:

- Additive Fertigung
- Klebeverbindungen
- Plasmabeschichtungen
- Funktionalisierung von Holz
- Künstliche Intelligenz

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 6 Seiten mit 10 Abbildungen.

Kostenvorteile durch optimierte Schichtdickenverteilung bei der Hartvergoldung

Der Goldpreis hat sich in den vergangenen zwei Jahren nahezu verdoppelt, was die Industrie vor neue wirtschaftliche Herausforderungen stellt. In Zeiten derart hoher Edelmetallpreise gewinnen kostensparende Lösungen zur Materialeffizienz und Prozessoptimierung entscheidend an Bedeutung. Umicore Metal Deposition Solutions (MDS) bietet mit den Hartgoldelektrolyten AURUNA® 526 und AURUNA® 527 bewährte Prozesse zur Beschichtung von technischen Komponenten. Diese überzeugen technisch und kommerziell durch exzellente Tiefenstreuung und eine gleichmäßige Schichtdickenverteilung.



Mit AURUNA® 526 und AURUNA® 527 ist eine gleichmäßige Hartgoldbeschichtung möglich. Damit lassen sich technische Anforderungen zuverlässig erfüllen und gleichzeitig die Kosten optimieren – ein wichtiger Aspekt in Zeiten hoher Edelmetallpreise

(Bild: Umicore Galvanotechnik)

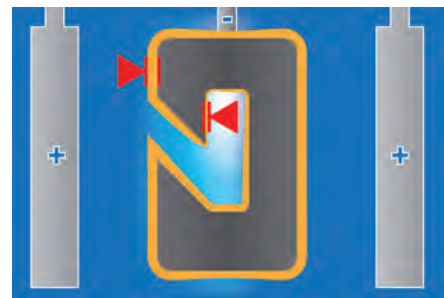
Umicore MDS hat mit dem schwach sauren Gold-Kobalt-Elektrolyt AURUNA® 526 beziehungsweise dem Gold-Nickel-Elektrolyt AURUNA® 527 Hartgoldelektrolyten speziell für die Kleinteilmassenbeschichtung in Trommelgalvanik- und Vibrationsbeschichtungsanlagen entwickelt. Mit diesen Elektrolyten lässt sich trotz der bei diesen Beschichtungsmethoden typischen wechselnden Stromdichtebedingungen für einzelne Bauteile eine gleichmäßig verteilte Goldschicht in der gewünschten Dicke abscheiden. Eine gleichmäßige Goldabscheidung an exponierten Stellen sowie in Vertiefungen oder Hohlräumen insbesondere bei komplexen Geometrien, wie sie bei Steckkontakten oder Kontaktbuchsen



Eine sehr gleichmäßige Schichtverteilung ermöglicht das Erreichen der Mindestschichtdicke an festgelegten Messpunkten ohne unnötigen Goldeinsatz – auch in geometrisch komplexen Komponenten wie Stift-, Feder- und Steckkontakten sowie Kontaktbuchsen und -hülsen (Bild: Umicore Galvanotechnik)

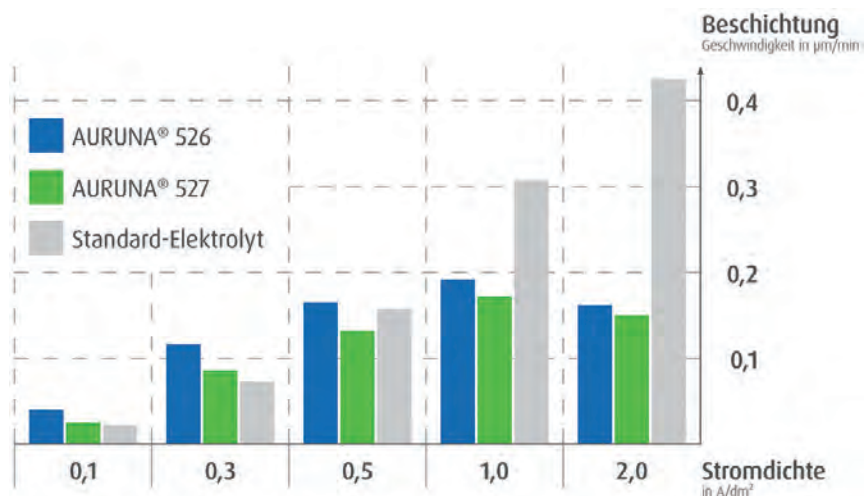
vorkommen, bereiten herkömmlichen Lösungen oftmals Schwierigkeiten. Die beiden Hartgoldelektrolyte gewährleisten ein ausgewogenes Schichtdickenverhältnis und damit eine einheitliche Mindestschichtdicke an allen relevanten Messpunkten. Dies beruht auf der erhöhten Abscheidegeschwindigkeit bei niedrigen Stromdichten sowie der deutlich reduzierten Abscheidegeschwindigkeit bei hohen Stromdichten. Dadurch lassen sich die bei Standardelektrolyten typischen Überbeschichtungen und der damit verbundene unnötige Goldverbrauch signifikant verringern – ein Vorteil, der sich insbesondere bei innenliegenden Messpunkten von Hülsen oder Buchsen bemerkbar macht.

Wie von qualitativ hochwertigen Hartgoldelektrolyten gewohnt, sind die daraus abgeschiedenen Schichten abriebbeständig und erfüllen auch höchste Anforderungen an den Korrosionsschutz sowie geringe Übergangswiderstände für zuverlässige Kontaktanwendungen. So liegt der Kontaktübergangswiderstand in internen Messreihen für den



Herkömmliche Hartgoldelektrolyte neigen verstärkt dazu, an Stellen nahe der Anode mehr Gold abzuscheiden, während in schwer zugänglichen Bereichen – etwa im Inneren von Hohlkörpern wie bei Steckkontakten oder Kontaktbuchsen – weniger abgeschieden wird (Bild: Umicore Galvanotechnik)

Hartgoldelektrolyten AURUNA® 526 bei 3,33 mOhm beziehungsweise bei 3,26 mOhm für AURUNA® 527 (bei 50 cN) und damit im für Hartgoldschichten charakteristischen Bereich. Die beschichteten Komponenten können somit auch in anspruchsvollen Bereichen, wie der Verteidigungstechnik, eingesetzt wer-



Der Vergleich mit einem Standardelektrolyt zeigt eine höhere Abscheidegeschwindigkeit in niedrigen Stromdichten und eine deutlich geringere Reaktion auf hohe Stromdichten. Dadurch entstehen im Anwendungsbereich Schüttgut Trommel-/Vibrationsbeschichtung gleichmäßigere Schichten; Überbeschichtungen und der sogenannte Hundeknocheneffekt werden deutlich reduziert (Bild: Umicore Galvanotechnik)

OBERFLÄCHEN

den, da sie die ASTM-Norm B 488-01, Typ I, Code C, erfüllen. Dies wird durch einen hohen Feingehalt von ~99,8 % und eine Härte von ~150 HV bedingt, die eine zuverlässige Funktionalität und Langlebigkeit gewährleisten.

Mit den beiden AURUNA®-Prozessen finden nach Überzeugung von Benjamin Wieser, Bereichsleiter für technische Edelmetalle bei Umicore MDS, Interessenten in diesen wirtschaftlich schwierigen Zeiten einen einfachen Weg, ihre Kostenstruktur zu optimieren und so wettbewerbsfähig zu bleiben. Festzustellen ist dies durch die deutliche Zunahme der Nachfrage nach diesen Hartgoldelektrolyten. Ein weiterer Grund für die hohe Nachfrage ist, dass beide Elektrolyte keine außergewöhnlichen Anforderungen an die Prozesslandschaft stellen und sich schnell in jede Beschichtungslinie implementieren lassen. Sie besitzen ein breites Arbeitsfenster, ein stabiles Langzeitverhalten und eine einfache Prozessführung.



Die hochwertige Schichtcharakteristik beider Prozesse macht Kompromisse hinsichtlich technischer Eigenschaften wie Kontaktwiderstand oder Abriebbeständigkeit nicht nötig

(Bild: Umicore Galvanotechnik)

Über Umicore Metal Deposition Solutions

Die Umicore Business Unit Metal Deposition Solutions (MDS) ist Teil der Umicore-Gruppe. Der Geschäftsbereich umfasst zwei Geschäftsfelder: Galvanotechnik und Dünnschichtprodukte. MDS ist einer der weltweit

führenden Anbieter von Produkten für die Beschichtung von Oberflächen mit (Edel-) Metallen im Nano- und Mikrometerbereich. Mit dem Know-how aus beiden Bereichen werden die beiden hochwertigsten Verfahren Galvanotechnik und PVD-Beschichtungen kombiniert.

Die Lösungen von MDS kommen in vielen Produkten des täglichen Gebrauchs zum Einsatz, deren Herstellung ohne sie in einigen Fällen nicht möglich wäre. Nahezu alle namhaften Hersteller in der Elektronik-, Automobil-, Optik- und Schmuckindustrie beziehen direkt oder indirekt Komponenten, die mit Umicore-Produkten beschichtet sind. Neben der Entwicklung und Produktion bietet Metal Deposition Solutions einen umfassenden Service für seine Produkte. Dazu gehören nicht nur Beratung und technischer Support vor Ort, sondern auch Recycling und Edelmetallmanagement.

➔ <https://mds.umicore.com/de/>

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](#)

DKG
Deutscher Kreis für
Gitarren- und Orchestertechnik e.V.

WIR SIND AUSSTELLER

31. LEIPZIGER FACHSEMINAR
03. MÄRZ 2026 / CONGRESS CENTER LEOBEN



Wassermoleküle in Bewegung: Überraschende Dynamik auf 2D-Materialien

Wissenschaftler der TU Graz und der University of Surrey haben zusammen aufgedeckt, wie sich einzelne Wassermoleküle über zwei der dünnsten Materialien der Welt – Graphen und hexagonales Bornitrid (h-BN) – bewegen. Die Ergebnisse sind unerwartet unterschiedlich.

In einer neuen Studie, die in Nature Communications veröffentlicht wurde, zeigen die Forschenden, dass einzelne Wassermoleküle über die Oberfläche von hexagonalem Bornitrid eher *laufen* als *springen* und sich dabei geschmeidiger und freier bewegen als auf Graphen. *Wir neigen dazu, Wasser als simpel anzusehen, aber auf molekularer Ebene verhält es sich ziemlich außergewöhnlich*, erläutert Marco Sacchi von der University of Surrey. *Unsere Arbeit zeigt, dass kleinste Details einer Oberfläche die Bewegung von Wasser verändern können – etwas, das uns helfen könnte, bessere Beschichtungen, Sensoren und Geräte zu entwickeln.*

Moleküle mit eigenem Willen

Sowohl Graphen als auch hexagonales Bornitrid sind ultradünne, blattartige Materialien mit ähnlichen Wabenstrukturen. Während Graphen jedoch elektrisch leitfähig ist, handelt es sich bei hexagonalem Bornitrid um einen Isolator. Dieser subtile Unterschied verändert die Art und Weise, wie jede Oberfläche mit Wasser interagiert.

Mithilfe einer hochpräzisen Technik namens Helium-Spin-Echo-Spektroskopie, mit der die Bewegung von Molekülen verfolgt werden kann, ohne sie zu beschädigen, beobachtete das Grazer Team, wie sich einzelne Wassermoleküle über jedes Material bewegten. Sie entdeckten, dass sich Wassermoleküle auf hexagonalem Bornitrid drehen und rollen, während sie sich bewegen – wie ein winziger Kreisel, der über eine Tischplatte gleitet –, anstatt wie auf Graphen zwischen festen Stellen zu springen. Nach Aussage von Anton Tamtögl vom Institut für Experimentalphysik der TU Graz, ist es fast so, als würde das Mo-

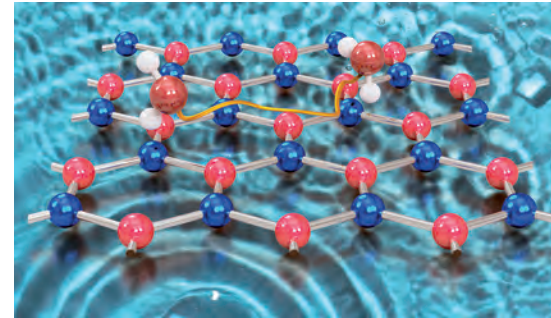
lekül gehen statt hüpfen. Diese kontinuierliche, rotierende Bewegung war ihm zufolge völlig unerwartet.

Weniger Reibung, mehr Freiheit

Um zu verstehen, warum das so ist, modellierten die Forscher die Bewegung auf atomarer Ebene mittels Computersimulationen. Sie fanden heraus, dass Wasser auf hexagonalem Bornitrid leichter gleitet, wenn dieses Material auf einer Nickelschicht liegt. Es gibt dort weniger Reibung, sodass sich ein einzelnes Wassermolekül einfacher bewegen kann. Auf Graphen ist es umgekehrt: Das Metall darunter verbindet die inneren Schwingungen des Wassermoleküls stärker mit der Oberfläche. Dadurch entsteht mehr Reibung, und das Molekül kann sich weniger geschmeidig fortbewegen. Wie Marco Sacchi erklärt, erwies sich die Unterlage unter dem 2D-Material als entscheidend. *Sie kann das Verhalten von Wasser komplett verändern – und sogar das Gegenteil von dem bewirken, was wir erwartet hatten.*

Ein Schritt in Richtung Designer-Oberflächen

Diese Erkenntnisse könnten Technologien beeinflussen, die auf der Steuerung von Wasser im Nanobereich beruhen – von Enteisungsbeschichtungen und mikrofluidischen Geräten bis hin zu Schmierstoffen und Energiematerialien der nächsten Generation. *Wenn wir durch die Wahl des richtigen Materials und Substrats die Bewegung von Wasser steuern können, könnten wir Oberflächen entwickeln, die die Benetzung kontrollieren oder der Vereisung widerstehen*, so Anton Tamtögl. *Das ist für alles, von Beschichtungs-*



Wassermoleküle in Bewegung

(Bild: A. Tamtögl - TU Graz)

anwendungen bis hin zu Entsalzungsmembranen, von großem Wert.

Die Arbeit ist auch ein Beispiel dafür, wie internationale Zusammenarbeit zu neuen Entdeckungen führt. Nachwuchswissenschaftler wie Philipp Seiler, Anthony Payne, Neubi Xavier Jr, Louie Slocombe und Adam Payne spielten eine wichtige Rolle bei den Experimenten und Simulationen. Diese Studie war nach Ansicht von Marco Sacchi eine echte Teamleistung. Sie vereint modernste experimentelle Physik in Graz und computergestützte Chemie in Surrey, um etwas völlig Neues über eines der häufigsten Moleküle der Erde aufzudecken.

Veröffentlichung

Philipp Seiler, Anthony J. R. Payne, Neubi F. Xavier Jr, Louie Slocombe, Marco Sacchi, Anton Tamtögl: Understanding water behaviour on 2D material interfaces through single-molecule motion on h-BN and graphene; Nature Communications volume 16, Article number: 10465 (2025); DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-65452-1>

www.tugraz.at

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!

Methodenmix macht Nanomaterialien sicherer

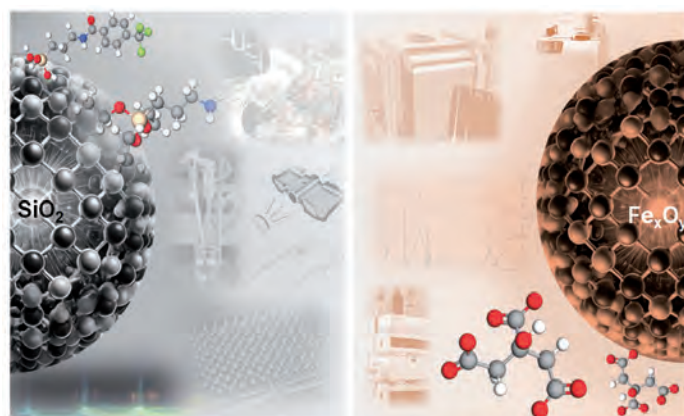
Die sichere Anwendung von Nanomaterialien und ihre optimale Performance hängt maßgeblich von ihren Oberflächen ab. Doch diese lassen sich bislang nur schwer verlässlich charakterisieren. Zwei neue Studien der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) zeigen nun: Nur die gezielte Kombination moderner Analysemethoden liefert belastbare Ergebnisse. Damit schaffen die Forschenden eine wichtige Grundlage für den sicheren und nachhaltigen Einsatz von Nanomaterialien.

Ihre Oberflächen bestimmen maßgeblich, wie Nanomaterialien funktionieren, wie sie mit ihrer Umgebung interagieren und wie sicher sie sind. Diese Strukturen sind oft komplex, reagieren empfindlich auf Umgebungsbedingungen und lassen sich oft nur schwer unter praxisrelevanten Bedingungen erfassen. Einzelne Messmethoden liefern oft unvollständige oder methodenspezifische Ergebnisse – etwa, wenn sie Oberflächenbeschichtungen nicht eindeutig von anderen Stoffen unterscheiden können. Um diese Herausforderung zu adressieren, analysierte die BAM in zwei Studien unterschiedliche Nanopartikeltypen, die in den Lebenswissenschaften und in Verbraucherprodukten eingesetzt werden. Dabei wurden herkömmliche und neu entwickelte Messverfahren sowie Methodenkombinationen miteinander systematisch verglichen.

Genauere Analyse citratbeschichteter Eisenoxid-Nanopartikel

In der ersten Studie standen magnetische Eisenoxid-Nanopartikel mit Citrat als Oberflächenligand im Fokus. Dieses Molekül bindet an die Partikeloberfläche und beeinflusst deren Stabilität sowie ihre Wechselwirkungen. Citrat sorgt dafür, dass die Partikel in Wasser stabil bleiben – eine wichtige Voraussetzung für Anwendungen in den Lebenswissenschaften, der Medizin, Umwelttechnik, Sensorik oder Materialforschung.

Die Forschenden stellten fest, dass herkömmliche Verfahren wie die Thermogravimetrie häufig ungenaue Werte liefern, weil sie Citrat nicht zuverlässig von anderen Stoffen unterscheiden können. Erst die Kombination von modernen Analysemethoden insbesondere der Hochleistungsflüssigkeits-Chromatografie und der quantitativen Kernspinresonanzspektroskopie (qNMR) ermöglichte eine deutlich präzisere Bestimmung der Oberflächenbeschichtung. Für die Anwendung der qNMR auf magnetische Nanomaterialien musste zuvor eine spezielle Probenpräparation entwickelt werden, die störende Eisenverbindungen zuverlässig entfernt.



Eisenoxidnanopartikel und Silika-Partikel: Nur ein gezielter Methodenmix zu ihrer Charakterisierung liefert ein vollständiges und verlässliches Bild ihrer Oberflächen (Bild: BAM)

Die Ergebnisse wurden im Fachjournal *Analytical Chemistry* veröffentlicht und stammen aus den europäischen Metrologie-Projekten *Met-rIno* und *SMURFnano*. Sie bilden eine wichtige Grundlage für zukünftige Messstandards und Applikationen der hochselektiven qNMR auf herausfordernde Proben wie magnetische Nanomaterialien.

Bestimmung funktionaler Gruppen auf Silika-Nanopartikeln

In einer zweiten Studie im Rahmen des SMURFnano-Projekts untersuchten die Forschenden Methoden zur Charakterisierung und Quantifizierung von Funktionsgruppen, Liganden und Beschichtungen auf Nanomaterialien. Im Fokus des durch das europäische Metrologie-Programm geförderte Projekt standen Silika-Nanopartikel, deren Oberflächen mit sogenannten Aminogruppen versehen sind. Diese Gruppen fungieren als kleine *Andockstellen*. Sie ermöglichen es, die Partikel gezielt mit anderen Substanzen zu verbinden oder zu modifizieren – etwa mit Farbstoffen, spezifischen Erkennungsstrukturen oder Biomolekülen. Solche funktionellen Gruppen sind entscheidend für die Stabilität, Verträglichkeit und Funktion der Partikel. Bisher fehlten jedoch verlässliche Methoden, um ihre genaue Anzahl und chemische Beschaffenheit zu bestimmen.

Die Forschenden zeigten, dass nur der gezielte Methodenmix – wie etwa optische Verfahren, elektrochemische Techniken, qNMR und Röntgen-Photoelektronenspektroskopie – ein vollständiges und verlässliches Bild der Partikeloberfläche liefert. Diese Erkenntnis ist zentral für die Qualitätskontrolle, die Entwicklung neuer Materialien und Bewertung ihrer Sicherheit. Die eingesetzten elektrochemischen Techniken wurden im Fachjournal *ACS Measurement Science* vorgestellt.

Grundlage für künftige Standards

Unsere Studien zeigen, wie wichtig es ist, verschiedene Messmethoden zu kombinieren, um die tatsächliche Funktionalität und Sicherheit von Nanomaterialien zu bewerten, erklärt Ute Resch-Genger, Leiterin der Projekte an der BAM und Koordinatorin von SMURFnano. Gemeinsam mit den entwickelten und validierten Messverfahren und Referenzdaten sei dies ein entscheidender Schritt für die Entwicklung nachhaltiger und leistungsfähiger Nanomaterialien und ihren sicheren Einsatz.

Die Arbeiten wurden von der European Partnership on Metrology (EPM) gefördert und liefern wichtige Grundlagen für zukünftige Standards in der Nanomaterialanalytik, wie etwa ISO TC229 Nanotechnologies.

Originalpublikationen

Analytical Chemistry: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.analchem.5c03024>

ACS Measurement Science Au: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsmeasuresci.5c00062>

➔ www.bam.de

≡ Höchste Sauberkeit – nicht nur ein Reinigungsprozess

Um sich eine zukunfts- und konkurrenzfähige Position im Markt zu sichern, strukturieren zahlreiche Unternehmen ihr Produktangebot neu. Der Trend geht dabei zu anspruchsvollen Lösungen für Hightech-Branchen. Verbunden damit sind nicht nur höhere Ansprüche an die Präzision von Komponenten, sondern auch extrem strenge Vorgaben hinsichtlich der partikulären und filmischen Sauberkeit, die prozesssicher, wirtschaftlich und nachhaltig erreicht werden müssen. Dies erfordert bei der Reinigung eine veränderte Herangehensweise ebenso wie einen kritischen Blick auf die gesamte Produktionskette und das Fertigungsumfeld sowie einen erfahrenen Partner.

Im Zuge der industriellen Transformation setzen immer mehr Unternehmen auf die Fertigung hochwertiger Produkte und Komponenten mit guten Margen. Der Fokus liegt auf Hightech-Branchen, die auch in Zukunft eine stabile Nachfrage durch Wachstum versprechen, wie beispielsweise die Halbleiter-Zulieferindustrie, Elektronikfertigung, E-Mobility, optische und optoelektronische Industrie, Sensortechnik, Photonik, Dünnschichttechnologie, Vakuum-, Laser- und Analysetechnik sowie Luft- und Raumfahrt. Die in diesen Industriebereichen herrschenden sehr hohen Anforderungen an die Fertigungspräzision schließen die Sauberkeit der Bauteile ein. Und das unabhängig davon, ob es sich um kaum sichtbare Elektronikteile, millimeterkleine Verbindungselemente, Präzisionsoptiken oder metergroße Strukturkomponenten handelt und aus welchen Materialien sie gefertigt werden.

Sauberkeit bedarfsgerecht definieren

Dieser Trend stellt die Teilereinigung vor herausfordernde Aufgabenstellungen. Denn im Gegensatz zur klassischen Bauteilreinigung, bei der üblicherweise größere Mengen an

Fertigungsrückständen, beispielsweise Späne und Bearbeitungsmedien, abzureinigen sind, geht es in der Feinst- und High Purity-Reinigung darum, minimale Restverunreinigungen zu entfernen. Die Spezifikationen zur partikulären Sauberkeit reichen bis in den Submikrometer-Bereich. Bei filmischen Restkontaminationen sind je nach Branche, Bauteil und dessen Einsatz bis zu Nanolagen von beispielsweise organischen und anorganischen Rückständen, ionischen Residuen und Reste von Mikroorganismen prozesssicher und reproduzierbar zu entfernen. In High Purity-Anwendungen, etwa der Herstellung von Komponenten für die EUV-Lithographie, sind darüber hinaus noch sogenannte Hydrogen Induced Outgassing (HIO)-Stoffe zu berücksichtigen.

Die bei der Reinigung zu erfüllenden Vorgaben zur partikulären Sauberkeit erfolgt durch Angabe der entsprechenden Oberflächenreinheitsklasse (ORK) nach EN ISO 14644-9 (SCP – surface cleanliness by particle concentration) beziehungsweise der korrespondierenden VDI-Richtlinie 2083, Blatt 9.1. Die filmisch-chemische, organische und anorganische Oberflächenreinheit wird meist durch



Die in Hightech-Branchen sehr hohen Anforderungen an die Fertigungspräzision schließen die Bauteilsauberkeit ein und erfordern entsprechend ausgelegte Reinigungsprozesse und -anlagen sowie eine angepasste Fertigungsumgebung (Bild: Ecoclean)

individuelle Spezifikationen beziehungsweise Werksnormen definiert. Hinzu kommen gegebenenfalls Ausgasungsraten, die über Massenspektrometer ausgewertet werden. Diese anspruchsvollen Aufgabenstellungen erfordern anlagenseitig einen Partner, der einerseits über umfassendes Technologie-Know-how sowie Wissen über die Anwendungen und die physikalischen Zusammenhänge verfügt. Andererseits sollten Erfahrungen in diesem Reinigungsbereich und entsprechende Testmöglichkeiten für Reinigungsversuche unter produktionsnahen Bedingungen vorhanden sein. Als versierter Komplettanbieter von zukunftsorientierten und weltweit verfügbaren Lösungen für die Feinst- und High Purity-Reinigung erfüllt Ecoclean diese Anforderungen.

Reinigungsverfahren und Anlagentechnik passend auswählen

Um diese sehr strengen Sauberkeitsspezifikationen prozesssicher, reproduzierbar und nachhaltig zu erfüllen, sind üblicherweise mehrere Reinigungsschritte entlang der Fertigungskette erforderlich. Bei der Auswahl der für den jeweiligen Reinigungsprozess optimalen Lösung spielen folgende Fragestellungen eine Rolle: Aus welchem Werkstoff ist das Teil gefertigt? Wie sind Geometrie, Abmessungen und Gewicht des Bauteils? Wel-



Bei Kammeranlagen, wie diesem Zweikammer-Reinigungssystem für wasserbasierte Prozesse, werden Konstruktion, Anlagentechnik, Medienführung und -aufbereitung speziell an die spezifischen Anforderungen in der Feinst- und High Purity-Reinigung angepasst (Bild: Ecoclean)



Abhängig von den zu reinigenden Werkstücken müssen definierte Verweilzeiten in den verschiedenen Stufen genau eingehalten werden, was sehr hohe Anforderungen an die Prozesssteuerung stellt (Bild: Ecoclean)

che Verunreinigungen sind zu entfernen? Welche Sauberkeitsvorgaben müssen erreicht werden? Welches Reinigungsverfahren und welche -chemie eignen sich dafür? Auf dieser Basis lässt sich festlegen, welche und wie viele Reinigungsschritte mit welchem Medium und welchen Verfahrenstechnologien erforderlich sind. Als weitere Aspekte fließen in die Betrachtung die erforderliche Qualität des Spülmediums und die geeignete Trocknungstechnologie ebenso ein wie das sauberkeitsgerechte Teilehandling und die Umgebungsbedingungen, etwa Anschluss oder Integration in einen Sauber- oder Reinraum.

Reinigen entlang der Fertigungskette

Grundlage für eine Feinst- oder High Purity-Reinigung sind **öl- und fettfreie** Teile. Um dieses Sauberkeitsniveau zu erreichen und aufrechtzuerhalten, erfolgt nach den verschiedenen Bearbeitungsschritten, beispielsweise

Zerspanen, Umformen, Schleifen oder Polieren, ein Reinigungsprozess. Die Wirkung des eingesetzten Reinigungsmediums wird durch verschiedene, nahezu beliebig kombinierbare Verfahrenstechnologien, beispielsweise Dampfentfetten, Spritz-, Hochdruck-, Tauch-, Ultraschall- und Megashall-, sowie Plasmareinigung, Injektionsflutwaschen, Pulsated Pressure Cleaning (PPC) beziehungsweise Ultraschall Plus verstärkt. Diese Verfahrensoptionen stellen sicher, dass auch bei geometrisch komplexen Werkstücken die geforderte Sauberkeit stabil erreicht wird.

Für Zwischenreinigungsprozesse beziehungsweise für Teile, deren Sauberkeitsspezifikation nicht zu streng ist, kommen üblicherweise unter Vollvakuum arbeitende, modular konzipierte Ein- oder Mehrkammeranlagen, beispielsweise EcoCstretch oder EcoCvela zum Einsatz. Diese werden je nach verwendetem Bearbeitungsmedium mit einem umweltgerechten Lösemittel, zum Beispiel Kohlenwasserstoff oder modifizierten Alkohol, beziehungsweise einem abgestimmten wasserbasierten Reiniger betrieben. Die Konstruktion, Anlagentechnik, Medienführung und -aufbereitung dieser Anlagen werden speziell auf Feinstreinigungs- und High Purity-Anwendungen ausgelegt. Durch die in der Arbeitskammer konzentrierte Verfahrensmechanik, zum Beispiel Injektionsflutwaschen, Ultraschall und PPC, bietet dieser Anlagentyp auch bei der Reinigung von großen und komplexen Werkstücken Vorteile.

Bei Teilen mit großer Materialvielfalt, hohen Durchsatzanforderungen und/oder strengen Sauberkeitsspezifikationen sind Ultraschall-Mehrbadtauchanlagen die optimale Lösung.

Neben individuell konzipierten Reinigungssystemen für Highend-Anwendungen bietet der Anlagenbauer mit den aus standardisierten Modulen bestehenden Anlagen der Modellreihen UCMSmartLine und UCM-PerformanceLine eine effiziente Lösung. Die Elektro- und Steuerungstechnik ist in die jeweiligen Module für die Verfahrensschritte Reinigen, Spülen, Trocknen, Be- und Entladen sowie für das Transportsystem integriert. Dadurch und durch die Ausstattung mit anforderungsgerechter Verfahrensmechanik wie PPC lassen sich die Anlagen optimal an die jeweilige Aufgabenstellung anpassen. Für Zukunftssicherheit bei gestiegenen Anforderungen sorgt die Möglichkeit einer späteren Erweiterung des Reinigungssystems.

Testcenter für die Prozessauslegung oder Lohnreinigung

Das für die jeweilige Anwendung passende Anlagenkonzept sowie den optimalen Reinigungsprozess ermittelt Ecoclean im eigenen High Purity-Testcenter. Es verfügt über einen Reinraum der Klasse 7 mit Zonen Klasse 6 sowie verschiedene Mess- und Analyseverfahren (z. B. Mikroskopie, Restgasanalyse, UV-Licht und Fluoreszenzmessung). Ergänzend zur produktspezifischen Entwicklung der Reinigungsprozesse und -parameter nutzt der Anlagenbauer das Testcenter auch für die Durchführung von Lohnreinigungsaufträgen.

Doris Schulz

Kontakt

Rainer Straub, Ecoclean GmbH,

E-Mail: rainer.straub@ecoclean-group.net

➔ www.ecoclean-group.net



Modular aufgebaute Ultraschall-Mehrbadtauchanlagen lassen sich effizient an die Aufgabenstellung (Materialvielfalt, Durchsatzanforderungen, Sauberkeitsspezifikationen) anpassen – auch für die Integration in beziehungsweise den Anschluss an einen Reinraum (Bild: Ecoclean)



Für die Prozessauslegung und Definition der Prozessparameter unter produktionsnahen Bedingungen steht ein High Purity-Test Center mit Reinraum und Mess- und Analyseverfahren zur Verfügung, in dem auch Lohnreinigungsaufträge durchgeführt werden (Bild: Ecoclean)

Lage der Oberflächenveredelungsbranche spiegelt Stimmung der Wirtschaft in Deutschland wider

Der Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) veröffentlicht die aktuellen Ergebnisse seiner regelmäßigen Umfrage zur wirtschaftlichen Lage der VOA-Mitgliedsunternehmen und legt damit eine belastbare Datenbasis vor. Hieraus lassen sich entsprechende Forderungen ableiten, um die Belange der Oberflächenveredelungsbranche gegenüber der Politik zu verdeutlichen. Insgesamt zeigt sich im zweiten Halbjahr 2025, dass die Lage ernst ist.

Die konjunkturelle Wende der deutschen Wirtschaft lässt nach Auffassung aller führenden Wirtschaftsinstitute in Deutschland weiter auf sich warten. Dafür gibt es vielfältige Gründe: seien es die hohen Strom- und Gaspreise im Vergleich zu anderen Ländern, die schwache Auftragslage der deutschen Industrie oder die verhaltene Nachfrage aus dem Ausland im Hinblick auf Exporte. Hinzu kommen rückläufige Investitionen – auch im privaten Bereich –, erhebliche strukturelle Probleme des Wirtschaftsstandorts und geopolitische Unsicherheiten, zu denen auch die Lage an den Rohstoffmärkten gehört. All diese Faktoren wirken sich auch auf die Branche der Oberflächenveredelung als Teil der Wirtschaft in Deutschland im internationalen Umfeld aus.

Die Ergebnisse im Detail

Die Kapazitätsauslastung der VOA-Mitgliedsunternehmen liegt wie im Mai 2025, dem Zeitpunkt der letzten Befragung, unverändert bei 77 Prozent. Dies entspricht dem Niveau des ersten Halbjahres 2023. Den Tiefstwert notierte der VOA im November 2024 mit 68 Prozent. Hinsichtlich der Umsatzentwicklung bleiben 41 Prozent der Unternehmen stabil, 32 Prozent verzeichnen Rückgänge und 26 Prozent Zuwächse. Bei Rückgängen liegen diese im Schnitt bei minus neun Prozent, während Zuwächse im Durchschnitt

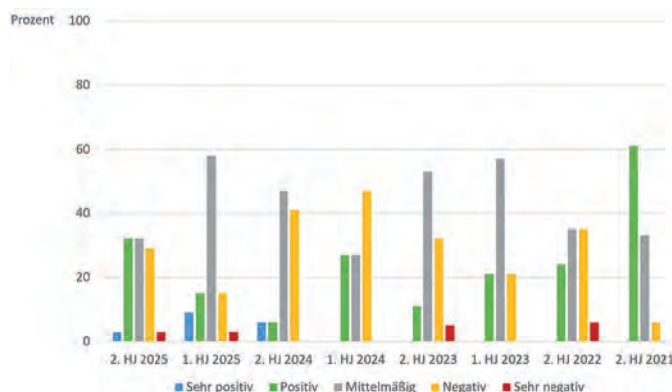
+21 Prozent erreichen. Bei den eingegangenen Aufträgen melden 41 Prozent einen Status quo, 35 Prozent Rückgänge (Durchschnitt ca. -11 %), und 24 Prozent der Unternehmen verzeichnen eine Steigerung der Aufträge, durchschnittlich um +15 Prozent.

Als Ursachen für die eingeschränkte Produktion geben 59 Prozent der teilnehmenden Mitgliedsunternehmen die Energiepreisentwicklung an (im Mai 2025: 58 %). Krankstände steigen auf 44 Prozent (im Mai 2025: 36 %), während der Arbeitskräfte- und Fachkräftemangel mit 32 Prozent leicht zurückgeht (im Mai 2025: 42 %). Die Reihenfolge ändert sich damit zwar geringfügig, die Hauptursachen bleiben aber konstant präsent: hohe Energiepreise und der Fachkräftemangel haben einen zentralen Einfluss auf die Produktion. Besonders die Energiepreisbelastungen sehen die Mitgliedsunternehmen kritisch. Strom- und Gaspreise werden von 97 Prozent beziehungsweise 88 Prozent der Unternehmen (Mehrfachnennungen möglich) als äußerst relevant beschrieben. 56 Prozent der Mitgliedsunternehmen schätzen die derzeitige Belastung als erheblich ein (-17 % seit Mai 2025), sechs Prozent als existenzbedrohend, wohingegen 38 Prozent die Situation als mittelmäßig (-17 % seit Mai 2025) bewerten.

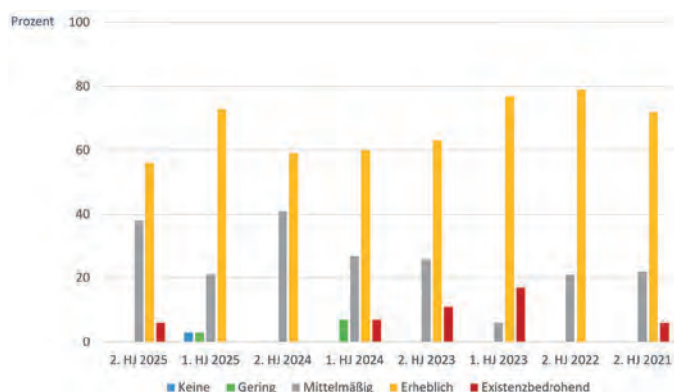
Die Kurzarbeit erlebt im Jahr 2025 ein Comeback. In der Industrie sorgen Lieferengpässe, hohe Energiepreise und schwache Ex-

portmärkte für eine geringere Auslastung. So sieht sich das Bau- und Handwerksgewerbe, das durch die Verbindungen im Architekturbereich eng mit der Oberflächenveredelungsindustrie verknüpft ist, durch höhere Zinsen und gestiegene Materialkosten mit Projektstopps konfrontiert. Auch bei den Mitgliedsunternehmen, die an der aktuellen VOA-Umfrage teilnahmen, bestätigt sich dieser Trend, denn die Kurzarbeit nahm seit Mai 2025 um 15 Prozent zu. Aktuell machen 21 Prozent der teilnehmenden Mitgliedsunternehmen von dem Instrument Gebrauch. Im Mai 2025 waren es lediglich sechs Prozent, im November 2024 zwölf Prozent. Aufgrund der anhaltend schlechten Lage gab es leider auch betriebsbedingte Kündigungen – bereits zum dritten Mal in Folge: 21 Prozent der Unternehmen trennten sich von Mitarbeitern (im Mai 2025: 18 %, im November 2024: 12 %).

Im Ausbildungsbereich zeigen sich gemischte Entwicklungen. 47 Prozent der befragten Unternehmen bilden in diesem Jahr aus, eine Steigerung von acht Prozent gegenüber Mai 2025. Zugleich sinkt die Ausbildungsbereitschaft für das kommende Ausbildungsjahr auf 38 Prozent (im Mai 2025: 48 %), bleibt aber verglichen mit 2021 (29 %) weiter hoch. Kaufmännische und technische Berufe im Bereich der Oberflächenveredelung stehen dabei im Vordergrund. Diese Entwicklung



Einschätzung der VOA-Mitgliedsunternehmen zu ihrer Entwicklung bis zum Jahresende (Bild: VOA)



Auswirkungen der Energiepreisentwicklung auf die VOA-Mitgliedsunternehmen (Bild: VOA)

steht vermutlich im Zusammenhang mit der weiterhin herausfordernden, wirtschaftlichen Situation. Auch andere Faktoren – etwa die demografische Entwicklung und der dadurch entstehende Mangel an Auszubildenden, der Spagat zwischen den Anforderungen der Unternehmen und den Wünschen geeigneter Auszubildender oder das aktuelle Ausbildungssystem – könnten hierbei eine Rolle spielen. Dennoch sehen die Unternehmen der Oberflächenveredelungsindustrie die Notwendigkeit, Nachwuchskräfte auszubilden und kümmern sich darum, Auszubildende für unterschiedliche Berufszweige zu bekommen. Die deutsche Wirtschaft sieht sich auch weiterhin mit schwierigen Aufgaben für das Jahr 2026 konfrontiert. Insgesamt schätzen in der Oberflächenveredelungsbranche im zweiten

Halbjahr 2025 jeweils 32 Prozent der teilnehmenden VOA-Mitglieder die Entwicklung ihres Unternehmens als positiv oder mittelmäßig ein, 29 Prozent als negativ, und jeweils drei Prozent als sehr negativ beziehungsweise sehr positiv. Verglichen mit den Ergebnissen aus dem ersten Halbjahr 2025 (58 % mittelmäßig, 15 % negativ, 3 % sehr negativ, 15 % positiv, 9 % sehr positiv) – entwickelt sich die Stimmung der Oberflächenveredelungsbranche mehrheitlich leicht zum Besseren. Um die Standortbedingungen zu verbessern, benötigt Deutschland strukturelle Veränderungen, die langfristig das Wachstumspotenzial erhöhen, wozu bezahlbare Energiekosten ebenso gehören wie ein immenser Bürokratieabbau und die Beseitigung des Reformstaus in der Sozialpolitik. Der VOA setzt sich

seit über 60 Jahren proaktiv für die Belange der Branche ein und kommuniziert die Sicht der Industrie sowohl in Berlin als auch auf europäischer Ebene. Dabei arbeitet der Verband eng mit Dachverbänden wie der Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (vbw), der Bundesvereinigung der Deutschen Arbeitgeberverbände e. V. (BDA), dem Bundesverband der Deutschen Industrie e. V. (BDI) und der European Association for Surface Treatment on Aluminium (ESTAL) zusammen, um die Interessen der Oberflächenveredelungsbranche auf allen Ebenen im Sinne der Mitglieder zu vertreten. Dies selbstverständlich auch im kommenden Jahr 2026.

➔ www.voa.de

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

DGO-BG Thüringen

Die DGO-Bezirksgruppe Thüringen konnte für ihre Veranstaltung am 18. November Michael Stopp, Außendienst/Vertriebsmitarbeiter der GS Gestelltechnik GmbH Heilbronn, begrüßen. Er referierte zum Thema *Galvanogestell, nötiges Übel oder mehr Möglichkeiten als man denkt!?*

Die GS Gestelltechnik GmbH entwickelt und fertigt vorwiegend für die Galvano- und Leiterplattentechnik kundenspezifische Gestelle und Vorrichtungen. Das Produktionsprogramm beinhaltet Gestelle für eine optimale Oberflächenbehandlung von verschiedenen

Metall- und Kunststoffteilen, die mit der Produktivität der Kundenanlagen abgestimmt sind. Der Gestellgrundaufbau beginnt bereits mit der Kontaktausführung, die eine sichere und verlustarme Stromübertragung der erforderlichen Elektroenergie gewährleisten muss. Dazu stellte Stopp die Gestellkopfvarianten Haken, Schwalbenschwanzkopf und Spannplattenkopf mit Vor- und Nachteilen vor. Es folgten die Gestellrahmenausführungen mit Haupt- und Querstreben mit Verweis auf eine entsprechende Stabilität. Außerdem sollte der Querschnitt so ausgeführt werden, dass eine optimale Stromversorgung der zu beschichtenden Teile gewährleistet wird. Hierbei spielen das gewählte Gestellmaterial und dessen Querschnitt eine entscheidende Rolle, weisen Kupfer, Messing, Stahl/Edelstahl oder Titan durch ihre unterschiedliche Leitfähigkeit große Strombelastungsunterschiede auf. Spürbare Unterschiede in der Kontaktierung, in Aufbau, Handhabung und Kosten bestehen bei starren und beweglichen Gestellen. Bewegungsgestelle können durch variable Lageänderungen Luft einschließen, Verarmungsprozesse und den Elektrolytaustrag herabsetzen, sowie die Tiefenstreuung von speziell geformten Teilen verbessern. Schwenkgestelle für einfache Teile mit einem Schwenkwinkel von +40° bis – 40° können für Beschichtungen ohne sichtbare Kontaktstellen verwendet werden. Wesentlich komplizierter im Aufbau sind Rotationsgestelle mit und ohne Programmierung. Sie eignen sich für Teile mit Sacklochbohrungen und kri-

tischen Außengeometrien. Programmierbare Gestelle können sowohl schwenken als auch rotieren. Dadurch lassen sich optimierte Beschichtungen in Sacklöchern und Gewindebohrungen durch besseren Elektrolyt austausch erreichen.

Michael Stopp stellte ein speziell in der Firma entwickeltes Schwenkgestell mit Hakenaufhängung und integrierter Stromversorgung für den Antrieb in einem Video vor. Diese GS-Gestelle sind:

- autarke Systeme
- einfach im Aufbau und Handhabung
- nach Kundenanforderungen aufgebaut
- pflegeleicht und wartungsfreundlich
- robust durch Edelstahlgehäuse
- anpassbar bei geänderten Bedingungen

Mit diesen Ausführungen beendete Stopp seinen konstruktiven Vortrag. In der anschließenden Diskussion wurden Fragen zur Edelmetallisierung der Kontakte, Anordnung der Haken und zur Warenträgerbreite gestellt. Am Ende der Veranstaltung bedankte sich der stellvertretende DGO-Bezirksgruppenleiter Dr. Peter Kutzschbach bei Michael Stopp für seinen interessanten Vortrag und verwies auf die Jahresabschlussveranstaltung im Dezember 2025.

Dr. Peter Kutzschbach

➔ www.dgo-online.de

Jahresrückblick 2025 und Veranstaltungsplanung 2026

Der Jahresabschluss der DGO Bezirksgruppe Thüringen fand am 4. Dezember im Hotel Tanne in Ilmenau statt. Die Veranstaltung



Michael Stopp (l.) und Dr. Peter Kutzschbach
(Bild: Dr. Adriana Ispas)

stand ganz im Zeichen der Jahresauswertung 2025 und Zielstellung für die Veranstaltungen 2026. Ein kurzes Resümee gab DGO Bezirksgruppenleiter Mathias Fritz. In seinen Ausführungen verwies er auf sieben erfolgreich durchgeführte Veranstaltungen mit durchschnittlich 17 Teilnehmern. Besonders das Sommerfest, das von der AST – Anlagenbau und Systemtechnik GmbH, Gehren, gesponsert wurde, sowie die Exkursionen zur mittelständigen Kompass GmbH in Ilmenau sowie zum Batterieunternehmen CATL Arnstadt fanden große Zustimmung. Inhaltliche Schwerpunkte der Fachvorträge waren unter anderem

- Verfahren zur Charakterisierung von Oberflächen, Interfaces und Materialien
- Chemisch Nickel für Optiksysteme in der Astronomie
- Innovative Gestelltechnik
- Nachhaltigkeit in KMU's
- Künstliche Intelligenz in der Abscheidung aus Chrom(III)systemen
- NiCo-Galvanoformung

Die erfolgreiche Tätigkeit der DGO Bezirksgruppe Thüringen soll sich auch 2026 fortsetzen. Dazu brachten die anwesenden Fachkollegen zahlreiche Themenvorschläge ein, die in die kommende Planung einfließen werden. Dazu vorgesehen sind:

- NiW-Legierungsschichten
- Abwassermanagement
- Galvanische Beschichtung von Glasmetall-durchführungen
- Innovation in der Luftfahrt
- Wasserstoffversprödung
- Cyanidfreie Goldabscheidung
- Dickenmessung der Schichten aus Chrom(III)elektrolyten

Als Exkursion ist ein Besuch der Müllverbrennungsanlage in Zella-Mehlis, das Stahlwalzwerk in Unterwellenborn oder das Bio-Heizkraftwerk in Ilmenau im Gespräch. Aus den weiteren Vorschlägen gilt es eine

Auswahl zu treffen und in die bereits vorliegenden Termine 2026 einzupassen. Dem erfolgreichen Ausblick folgte ein gemeinsames Abendessen in lockerer und gemütlicher Atmosphäre. Mit anregenden Gesprächen endete die Veranstaltung. Mathias Fritz bedankte sich für die erfolgreiche Mitarbeit und wünschte allen Teilnehmern Gesundheit und ein erfolgreiches Jahr 2026.

Dr. Peter Kutzschbach

➔ www.dgo-online.de

DGO-FA Forschung

Auf Einladung von Bertram Haag trafen sich die Mitglieder des FA Forschung am 27. November zu ihrer ersten Präsenzsitzung in 2025 bei der Schaeffler AG in Herzogenaurach. Auf der Agenda stand unter anderem ein Workshop, der darauf abzielte, aktuelle und zukünftige Trendthemen bei technologischen Entwicklungen, die die Galvano- und Oberflächentechnik tangieren, zu identifizieren und zu dokumentieren. Die Workshop-Ergebnisse wurden separat veröffentlicht.

Auf der Tagesordnung standen außerdem die finalen Vorbereitungen für das 47. Ulmer Gespräch, das am 20./21. Mai 2026 mit dem Leitthema *Oberflächentechnik und High-End-Anwendungen* stattfinden wird. Auch wurde Dr. Lisa Bükler, Kiesow Oberflächenchemie, Detmold, als Neumitglied in den Fachausschuss Forschung aufgenommen.

Zu den weiteren Hauptaufgaben des FA Forschung zählt die Beurteilung der Förderwürdigkeit von neuen FuE-Projektideen, womit der FA eine Sonderstellung innerhalb der DGO einnimmt. Entsprechende Themenvorschläge können vorab über die DGO-Geschäftsstelle von allen Unternehmen und Forschungseinrichtungen der Branche eingebracht werden. Wird ein Forschungsansatz befürwortet, unterstützt die DGO die Forschungseinrichtungen dabei, das Projekt in ein öffentlich gefördertes Vorhaben im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) zu überführen.

➔ www.dgo-online.de

DGO-FA Digitale Transformation und Innovation

Das dritte Treffen des DGO-Fachausschusses Digitale Transformation und Innovation (FA DigiTrans) fand am 16. Oktober bei der Sager + Mack GmbH & Co. KG in Ilshofen statt. Im Fokus des FA steht der fachliche Austausch zu aktuellen Entwicklungen, Herausforderungen und Lösungsansätzen im Bereich Digitalisierung und die Frage, wie sich diese auf die Galvanotechnik übertragen lassen.

Klaus Schmid, Fraunhofer IPA, betonte zu Beginn die Notwendigkeit, die Wettbewerbsfähigkeit des verarbeitenden Gewerbes durch Technologieeinsatz wieder zu steigern, da in den letzten zehn Jahren ein 3,7-mal stärkerer Anstieg der Lohnstückkosten gegenüber der Arbeitsproduktivität zu beobachten gewesen sei.

Im Anschluss stellte Peter Mack das gastgebende Unternehmen Sager + Mack vor, dessen Schwerpunkt auf der Entwicklung und Produktion von Pumpen- und Filtersystemen für industrielle Anwendungen liegt. Nina Mack gab einen detaillierten Einblick in die digitale Systemlandschaft des Unternehmens, insbesondere in die zentrale Rolle des ERP-Systems sowie in das automatisierte Lager-system, das Effizienz und Kommissioniergenauigkeit steigert. Ein Firmenrundgang entlang des Materialflusses ergänzte die Präsentationen praxisnah.

Ein Fachvortrag von Daniel Schel, Fraunhofer IPA, zur bedarfsgerechten Entwicklung von digitalen Infrastrukturen unterstrich die Notwendigkeit einer systematischen Vorgehensweise, beginnend mit einer Gap-Analyse. In der anschließenden Diskussion wurden insbesondere der unternehmensübergreifende Datenaustausch, digitale Zwillinge (Asset Administration Shell) sowie Initiativen wie IDTA und Catena-X thematisiert. Abschließend wurden nächste Schritte und To-dos für die kommende Sitzung vereinbart, die am 23. April 2026 bei WMV Anlagenbau in Windeck stattfinden wird.

➔ www.dgo-online.de

DGO-FA Edelmetalle

Am 28./29. Oktober folgten die Mitglieder des Fachausschusses Edelmetalle der Einladung von Dr. Frank Krüger und trafen sich zur zweiten Arbeitssitzung des laufenden Jahres in Hanau bei der Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG. Auf der Tagesordnung stand zunächst die Aufnahme zweier neuer FA-Mitglieder: Uwe Manz, Umicore, sowie Dominik Veile, TE Connectivity, – beides ausgewiesene Experten auf dem Gebiet der galvanischen Edelmetallabscheidung.

Außerdem widmete sich das Gremium den Vorbereitungen für die DGO-Veranstaltung *Expertenforum Edelmetalle – Oberflächen, Werkstoffe und Technologien*, die am 26. März 2026 zum mittlerweile zehnten Mal unter dem Leitthema *Digitalisierung, Robotik und Künstliche Intelligenz* in Berlin stattfinden wird. So konnte unter anderem das Veranstaltungsprogramm mit renommierten Experten



**Teilnehmer der DGO-Veranstaltung in Ilmenau
(Bild: Dr. Peter Kutzschbach)**

als Referenten finalisiert werden. Außerdem soll es einen Vortragsblock *Edelmetalle* auf den ZVO-Oberflächentagen 2026 in Karlsruhe geben.

Zur Sitzung konnte außerdem die inhaltliche Überarbeitung der Informationsblätter zur galvanischen Silber- beziehungsweise Goldabscheidung weitestgehend abgeschlossen werden, die neben verfahrenstechnischen Grundlagen auch Aspekte der Prozess- und Qualitätskontrolle sowie diverse Anwendungsbeispiele dokumentiert. Diese werden in Kürze publiziert. In einem nächsten Schritt sollen nun die Arbeitsblätter zur Abscheidung von Platinmetallen sowie Palladium beziehungsweise Palladiumlegierungen überarbeitet werden. Abgerundet wurde das Treffen von einer aufschlussreichen Führung durch die Labore von Heraeus. Das Unternehmen fertigt unter anderem Materialien für elektronische Komponenten. Bemerkenswert hierbei ist, dass Fertigungsprozesse der Kunden im hausinternen Entwicklungsprozess direkt abgebildet werden, um möglichst maßgeschneiderte beziehungsweise passgenaue Lösungen zu generieren.

Das nächste FA-Treffen ist für den 25. März 2026 in Berlin geplant.

➔ www.dgo-online.de

DGO-BG Sachsen

Die Mitglieder der BG Sachsen begrüßten am 13. November an der TU Chemnitz Dr. Jens Krümborg, Geschäftsführer der Eilenburger Elektrolyse- und Umwelttechnik GmbH. Er referierte zum Thema *Support durch elektrochemische Prozesse: Wie die Elektrochemie die Galvanik- und Leiterplattenindustrie unterstützen kann*.

Zu Beginn seiner Ausführungen informierte Dr. Krümborg kurz über das Unternehmen. Eilenburg ist ein traditionsreicher Chemiestandort in der Nähe von Leipzig. 1887 wurde das Eilenburger Chemiewerk (ECW) gegründet und hat im Laufe der Jahre einige Namensänderungen durchlaufen. Es wurden aber immer chemische Produkte hergestellt. Heute firmiert das Werk unter dem Namen Polyplast Compound-Werk, nachdem das ECW 1994 geschlossen wurde.

1992 wurde die Eilenburger Elektrolyse- und Umwelttechnik GmbH (EUT) von Industrie- und Hochschulforschern gegründet. Aufbauend auf den langen Traditionen der Elektrolyseforschung des ehemaligen ECW verfügen Firmengründer und Mitarbeiter über Fachkompetenz, langjährige Erfahrungen und Know-how auf dem Gebiet der Elektrolyse-

technik und der elektrochemischen Verfahrenstechnik.

Die EUT produziert Elektrolysetechnik in einem breiten Sortiment, das von kleinen Elektrolysezellen für den Laborbedarf oder für Wasserdesinfektion mit der Leistung von wenigen Ampere, über kleintechnische und technische Elektrolysezellen bis hin zu Anlagen im industriellen Maßstab mit großer Stromkapazität reicht. Für die Entwicklung von neuen Verfahren und Technologien stehen entsprechende Laboreinrichtungen und ein gut ausgestattetes Technikzentrum zur Verfügung.

In seinem Vortrag stellte Dr. Krümborg die nachfolgenden Technologien vor, für die EUT Elektrolysezellen zur Rückgewinnung von Metallen und Beizlösungen und zur Aufarbeitung von Prozesslösungen anbietet. In den Technologien kommen diamantbeschichtete Elektroden (BDD) zur Anwendung. Diese bodotierten Diamantelektroden sind mit synthetischem Diamant beschichtet und werden mittels CVD-Verfahren hergestellt. Sie verfügen über ein weites elektrochemisches Fenster und ermöglichen dadurch Reaktionen bei sehr hohen und sehr niedrigen Spannungen. Sie zeichnen sich durch eine hohe chemische Stabilität und Festigkeit aus und sind extrem korrosionsbeständig.

- Elektrochemische Vernickelung: Zur Verhinderung der *Kalbung* des Bades werden Inertanoden eingesetzt, die dafür sorgen, dass das Bad zusätzlich mit Strom versorgt wird. Dadurch werden eine Erhöhung der Badstabilität und der Lebensdauer erreicht und die Abfallmenge wird vermindert. Die Trennung der Inertanode vom Prozessbad erfolgt durch eine Membran.

- Chemische Vernickelung (Phosphinataufbereitung): In der Abwasserbehandlung können Phosphinate und Phosphonate in der Regel nicht gefällt werden. Die Oxidation der Phosphonate zu Phosphaten erfolgt mittels Diamantelektroden.

- Metallrückgewinnung und Persulfat-Reoxidation mittels RECYPER-Verfahren in einer kompakten Elektrolysezelle: Beim Beizen von Kupferwerkstoffen (Leiterplatten) mit Peroxodisulfat enthält die verbrauchte Lösung Kupfer und Beizlösung. In der RECYPER-Anlage wird durch die Nutzung der diamantbeschichteten Elektroden die kathodische Kupferrückgewinnung mit der nachfolgenden Persulfat-Regeneration in nur einer Elektrolysezelle mit Plattenkathoden zur Metallabscheidung kombiniert. Der Betrieb ist im Bypass zur bestehenden

Beizlinie möglich. Der RECYPER-Prozess bietet gute Stromausbeuten auch bei niedrigen Sulfatkonzentrationen im Beizbad, zudem ist das Recycling von verschiedenen Beizmitteln möglich. Weitere Vorteile sind eine effiziente Peroxodisulfat-Reoxidation direkt aus der verwendeten Beizlösung ohne potentialerhöhende Zusätze und eine Reduktion der Abwassermenge.

An einem Anlagenbeispiel demonstrierte Krümborg die möglichen Einsparpotenziale: Bei einer Anlage mit einer Anlagenleistung von 3000 A können 2 kg/h Kupfer und 9 kg/h Na-Persulfat zurückgewonnen werden. Das würde eine Abwasserreduktion von circa 750 m³/a bedeuten. Bei einem Kupferpreis von 8,- €/kg entspricht das circa 100 000 Euro Einsparung und für Na-Persulfat eine Einsparung von 75 000 Euro (1,25 €/kg).

Marion Regal

➔ www.dgo-online.de

DGO-AK Wasserstoffversprödung

Am 12. November tagte der Arbeitskreis Wasserstoffversprödung bei der SurTec Deutschland GmbH in Zwingenberg. Nachdem Dr. Christine Rohr, SurTec Group, und Dr. Jens-Uwe Riedel, iChemAnalytics GmbH, bereits Anfang 2025 die AK-Leitung per Online-Meeting offiziell von Patricia Preikschat, presch matters GmbH, und Prof. Wolfgang Paatsch, DGO e. V., übernommen hatten, konnte das ehemalige Leitungsteam nun auch persönlich entsprechend gewürdigt und verabschiedet werden. Dr. Daniel Meyer dankte Patricia Preikschat und Prof. Paatsch für deren langjähriges und unermüdliches Engagement und wünschte dem neuen Leitungsteam gutes Gelingen für die bevorstehenden Aufgaben.

Im Fokus des fachlichen Teils der Sitzung stand der fertigungs- und betriebsbedingte atomare Wasserstoff, der in kritischen Werkstoff- und Spannungszuständen zum wasserstoffinduzierten Sprödbruch und damit oft zum spontanen und totalen Bauteilversagen führen kann. Zentrale Themen wie Prüfmethoden, Wärmebehandlungsstrategien und Schadensfälle wurden durch Impulsvorträge vorgestellt und mit Fragestellungen und Anregungen aus dem Teilnehmerkreis erörtert. Für die nächste Sitzung im November 2026 wurde vereinbart, dass zum einen der betriebsbedingte Wasserstoff stärker betrachtet und zum anderen mehr konkrete Themen und Problemstellungen aus dem industriellen Umfeld erörtert werden sollen.

➔ www.dgo-online.de

Nachruf: **Werner Ruhl und Willi Perschbacher**

Mit großer Dankbarkeit und tiefem Respekt nehmen Gesellschafter, Geschäftsführung und Belegschaft der B+T Unternehmensgruppe Abschied von den Firmengründern Werner Ruhl und Willi Perschbacher, die beide im Alter von jeweils 90 Jahren nach einem erfüllten Leben verstorben sind. Ihr unternehmerisches Wirken, ihre fachliche Kompetenz und ihre Menschlichkeit haben nicht nur zur gemeinsamen Gründung der Ruhl & Co. GmbH geführt, sondern prägen die gesamte B+T Unternehmensgruppe bis heute.

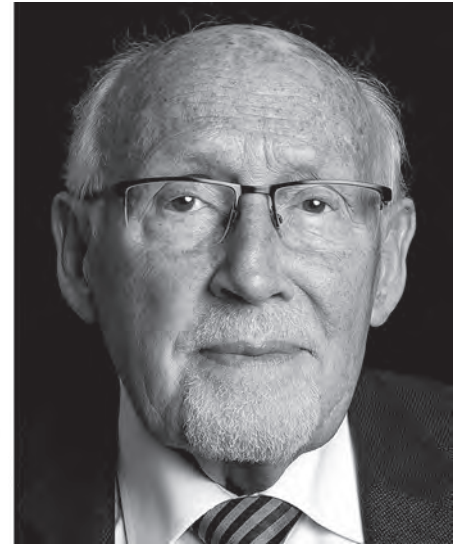
Was ihre außergewöhnliche Partnerschaft auszeichnete, war nicht nur der Mut zum gemeinsamen Arbeiten und Wirtschaften, sondern eine lebenslange Verbundenheit. Kennengelernt hatten sich Werner Ruhl und Willi Perschbacher bereits im Alter von 14 Jahren während ihrer beruflichen Ausbildung. Aus dieser frühen Begegnung entwickelte sich ein tiefes gegenseitiges Vertrauen, das ihr späteres unternehmerisches Handeln maßgeblich bestimmte.

Werner Ruhl wurde im Januar 1935 in Gießen geboren. Seine Kindheit und Jugend waren von den Entbehrungen der Kriegs- und Nachkriegszeit geprägt, woraus für ihn früh die Fragestellung erwuchs: *Was bleibt, was gebe ich weiter?* Dieses Denken prägte auch sein unternehmerisches Handeln. Ihm ging es nicht um kurzfristigen Erfolg, sondern um den Aufbau eines stabilen und zukunftsfähigen Fundaments. Auch im privaten Leben war Werner Ruhl als Ehemann, Vater von zwei Kindern und stolzer Großvater von vier Enkelkindern ein Mensch, der Werte prägte und weitergab.

Nur drei Monate nach Werner Ruhl, im April 1935, wurde Willi Perschbacher im nahegelegenen Hungen geboren. Als achtes von neun Kindern war auch seine frühe Lebensphase von Entbehrungen geprägt. Diese bremsen jedoch nicht sein ausgeprägtes technisches Interesse und seinen Forschergeist. Mit der Ausbildung zum Galvaniseur legte er den Grundstein für eine außergewöhnliche berufliche Laufbahn. Im Laufe der Jahre entwickelte er sich zu einem ausgewiesenen Experten der Galvano- und Chemietechnik, wobei seine Neugier, sein Mut zum Experiment und sein tiefes Prozessverständnis ihn ein Leben lang begleiteten. Nachdem Willi Perschbacher 1961 seine Meisterprüfung ablegte, machte er sich neben seiner Tätigkeit als Galvanikleiter auch als Chemikalienhersteller einen Namen. Als strategischer Kopf des Gründerduos



Werner Ruhl (l.) und Willi Perschbacher (r.)



(Bilder: B+T Unternehmensgruppe)

prägte er das Unternehmen mit Weitblick, strukturellem Denken und einem klaren Verständnis für nachhaltige Unternehmensentwicklung. Dabei führte sein handwerklich-technischer Pioniergeist nicht selten dazu, dass Innovation ganz pragmatisch am heimischen Küchentisch oder in der Garage des Familienheims entstand. Diese Begeisterung für Technik und Chemie teilte er über viele Jahre hinweg mit seiner Ehefrau, seinen drei Kindern und fünf Enkelkindern.

Nach Jahrzehnten der Freundschaft erwarben Werner Ruhl und Willi Perschbacher im Jahr 1976 eine kleine Galvanik mit sechs Mitarbeitern im Landkreis Marburg-Biedenkopf in Cölbe. Damit legten sie den Grundstein für die Ruhl & Co. GmbH und zugleich für eine außergewöhnliche Erfolgsgeschichte in der Oberflächentechnik. Unter ihrer gemeinsamen Führung wuchs das Unternehmen kontinuierlich. Nach 20 Jahren wurde der Standort strategisch günstig nach Wetzlar verlegt. Dort investierte man gezielt in moderne Anlagen zur Prozesssicherheit, in Analytik und Qualitätssicherung sowie in die Erweiterung der Produktionsflächen.

Die beiden Unternehmer verbanden unternehmerische Weitsicht stets mit einem ausgeprägten Interesse an technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen. So suchten sie auch im hohen Alter noch den Austausch mit der jüngeren Unternehmensgeneration und verfolgten Themen wie alternative Energien und moderne Automatisierung mit Neugier und Begeisterung. Bis zuletzt blieb ihnen die Verbindung zum Unternehmen und seinen Mitarbeitern ein wichtiges Anliegen. Ihr gemeinsamer Besuch im Unternehmen im Jahr 2023 ist ein eindrucksvolles Beispiel für

ihre lebenslange Leidenschaft für innovative Technologie, ihre Heimatregion und ihre Mitmenschen, die sie beide bis ins hohe Alter begleitete.

Werner Ruhl und Willi Perschbacher hinterlassen ein starkes Fundament, das von Innovationsgeist, Bodenständigkeit und Verantwortung geprägt ist. Ihr Lebenswerk lebt in der heutigen Unternehmensgruppe, in ihren Produkten, Prozessen und vor allem in den Menschen weiter, die sie inspiriert haben. Ihnen gebührt unser bleibender Dank und ein ehrendes Andenken.

➔ www.bt-unternehmensgruppe.de

Nachruf: Walter Maximilian Baur

Nach kurzer und schwerer Krankheit verstarb am 6. Januar 2026 Walter Maximilian Baur in einem Hospiz in Ellwangen. Damit verliert die Branche einen außerordentlich umgänglichen und kompetenten Menschen und Fachmann auf dem Gebiet der Wasser- und Abwasserbehandlung, der ein Leben voller Leidenschaft, Hingabe und Inspiration geführt hat.

Bereits in jungen Jahren hatte Walter Baur ausgiebig Kontakt zum interessanten Tätigkeitsbereich der Galvano- und Oberflächentechnik: Die Großmutter war in der Schmuckbranche tätig, die Mutter hatte den – damals noch gängigen – Beruf der Versilberin ergriffen und der Vater war Galvaniseur. Derart vorgeprägt absolvierte Walter Baur beim bekannten Unternehmen Erhard & Söhne in Schwäbisch Gmünd vom September 1971 bis September 1974 seine Berufsausbildung zum Galvaniseur. Weitere praktische Erfahrungen sammelte er bei Brack in Esslingen, in der Galvanikabteilung der Brillenfabrik Menrad

in Schwäbisch Gmünd, in der Position eines Meisters bei Geze, Leonberg, und beim Spezialisten für Wasser- und Abwassertechnik im Bereich Vertrieb bei Gütlings in Fellbach, ehe er mit der Gründung der aqua plus GmbH den Schritt in die Selbständigkeit wagte.

Die Ursprünge der aqua plus liegen – wie bei vielen innovativen und motivierten Neugründungen – in den eigenen vier Wänden. 1994 gründete Walter Baur gemeinsam mit einem Freund die aqua plus GmbH in seinem Privathaus: ein mutiger Schritt, der den Grundstein für eine Erfolgsgeschichte legte. In Durlangen wurde mit drei Mitarbeitern die Herstellung von Anlagen unter dem eigenen Dach aufgenommen. Nach einer kurzen Epoche in Spraitbach und dem Umzug nach Lorch-Waldhausen, wo die Räumlichkeiten erneut vergrößert wurden, ließ sich das Unternehmen im Gewerbegebiet in Böbingen an der Rems nieder. In den dortigen Betriebsräumen wurden alle Vorversuche zur Behandlung von Rohwasser und Abwasser in den unterschiedlichsten Zustandsformen durchgeführt. Daraus entstanden die Planungen und Anlagenkonzepte zur Diskussion mit den Kunden. Anschließend wurden die Anlagen, soweit es sich um kleinere Ausführungen handelte, hergestellt, getestet und an die Kunden in aller Welt ausgeliefert. Großdimensionierte Anlagen wurden in Einzelteilen in Böbingen vorgefertigt und bei Kunden



Walter Maximilian Baur (Bild: aqua plus)

aufgebaut. Stets war die Einrichtung beim Kunden mit einer ausführlichen Einweisung für den korrekten Betrieb verbunden. Die Anlagen und Verfahren des Unternehmens spielen eine wichtige Rolle bei der Aufarbeitung von gebrauchtem Wasser nach dessen Nutzung bei der Herstellung von verschiedenen Produkten. Vor allem in der Me-

tallbearbeitung – beispielsweise durch Beizen von Eisen und Stahl, durch das galvanische Beschichten mit Zink für den Korrosionsschutz, mit Edelmetall für dekorative Zwecke oder Kupfer im Bereich der Elektrotechnik – entstehen mehr oder weniger große Mengen an metallhaltigem Abwasser. Für die Aufarbeitung dieses Abwassers waren und sind die Anlagen der aqua plus unerlässlich. Mitte des Jahres 2023 übergab Walter Baur sein Unternehmen der MacDermid Envio Solutions (MES), um seinen Ruhestand zu genießen, was ihm leider nur kurze Zeit vergönnt war.

Walter Baur war nicht nur ein Unternehmer, sondern auch ein Vorbild, ein Mentor und ein Mensch, der mit seiner Herzlichkeit und seinem unerschütterlichen Optimismus alle um sich herum inspirierte. Unter seiner Führung wurde die aqua plus GmbH zu einem Synonym für Qualität, Zuverlässigkeit und Vertrauen – Werte, die er selbst jeden Tag vorlebte. Durch seinen Tod verliert die Branche einen Stein im Gebäude aus Innovation, Verlässlichkeit und Motivation, der vorbildlichen Unternehmensführung und Menschlichkeit. Die Wegbegleiter von Walter Baur sprechen der Familie des Verstorbenen ihr tiefes Mitgefühl aus.

➔ www.aqua-plus.de

Vier Zukunftsprojekte für die Materialforschung gesichert

Die Hochschule Aalen hat kürzlich gleich vier Zusagen im Förderprogramm *Innovative Projekte* des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg im Gesamtumfang von rund einer Million Euro erhalten. Die geförderten Projekte adressieren wichtige Zukunftsthemen – von maßgeschneiderten Magnetmaterialien über neue Fertigungs- und Recyclingverfahren bis hin zu Batterien mit längerer Lebenszeit. Neben Partnern aus der Wissenschaft sind an den Vorhaben neun Unternehmen aus Baden-Württemberg von kleinen mittelständischen Unternehmen bis hin zu Weltmarktführern beteiligt.

Die Energiewende, nachhaltige Produktion und der effiziente Umgang mit Ressourcen gehören zu den großen Herausforderungen unserer Zeit. Die Hochschule Aalen, die bundesweit in der Forschung unter den Hochschulen für angewandte Wissenschaft im Vordergrund positioniert ist, leistet hierzu kontinuierlich wichtige Beiträge. Forschende des Instituts für Materialforschung an der Hochschule Aalen (IMFAA) und des LaserApplikationsZentrum der Hochschule Aalen (LAZ)

freuen sich über die vier neuen, landesgeförderten Projekte, durch die neue Forschungsaktivitäten zu diesen Themen durchgeführt werden können.

Die Förderung ist ein großer Erfolg für unsere Hochschule und zeigt, dass wir mit unseren Aktivitäten relevante Beiträge für die Transformation von Industrie und Gesellschaft leisten, sagt Prof. Dr. Volker Knoblauch, Prorektor für Forschung und Transfer sowie gleichzeitig Leitungsmitglied des IMFAA. Be-

sonders wichtig sei dabei die enge Zusammenarbeit mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft. So gelingt es uns, Forschung direkt in technologische Lösungen zu überführen, so Knoblauch weiter.

Vier Projekte, ein Ziel: Neue Technologien und Materialien für die Zukunft

Die vier Projekte decken ein breites Spektrum im Bereich der Materialforschung ab: Im Projekt *MAGIC* unter der Leitung von Prof. Dr.

Dagmar Goll, sollen am IMFAA neue Magnete mit optimierten Eigenschaften für elektrische Antriebe entwickelt werden – zentrale Bausteine für effizientere Elektromotoren. Im Projekt *AddiDisc* arbeitet ein Team um Prof. Dr. Gerhard Schneider und Dr. Timo Bernthaler vom IMFAA gemeinsam mit der Hochschule Furtwangen an neuen Hochleistungsschleifwerkzeugen. Durch Kombination mehrerer Fertigungstechnologien sollen künftig in konstant hoher Qualität und mit neuen Funktionsmerkmalen hergestellt werden können.

Im Projekt *DynaMik* unter Leitung von Dr. Pinar Kaya und Prof. Dr. Volker Knoblauch vom IMFAA stehen sogenannte Feststoffbatterien im Mittelpunkt. Mithilfe moderner Röntgen- und Elektronenmikroskope sollen dynamische Prozesse, die für die Langlebigkeit dieser zukunftsweisenden Batterien verantwortlich sind, erstmals in Echtzeit sichtbar gemacht werden. Dadurch können wichtige Grundlagen geschaffen werden, um zukünftig deren Langlebigkeit und Qualität zu verbessern.

Im Projekt *DireLab* unter der Leitung von Prof. Dr. Harald Riegel am LAZ geht es ebenso um Energiespeicher. Ziel ist es hier, ein neues Verfahren unter Einsatz von Lasern zu entwickeln, mit dem Abfälle, die bei der Herstellung von Elektroden für Lithiumionenbatterien anfallen, aufbereitet und in den Produktionsprozess zurückgeführt werden können. Dadurch können nicht nur kritische Materialien geschont, sondern auch Kostenvorteile in der Produktion realisiert werden. www.hs-aalen.de

Johannes Florek zum besten Schulabsolventen im Bereich Oberflächenbeschichter geehrt

Am Beruflichen Schulzentrum für Bau- und Oberflächentechnik Zwickau hat im vergangenen Jahr Johannes Florek seine Ausbildung zum Oberflächenbeschichter mit den besten Noten abgeschlossen, berichtet die Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO). Dafür wurde er am 27. November 2025 in seinem Ausbildungsbetrieb, der TZO Leipzig GmbH, von Marion Regal als Vertreterin der DGO geehrt. Mit dabei waren auch der Geschäftsführer der TZO Leipzig, Dr. Thomas Krümmeling, sowie die Vertreter der Schule Benjamin Trinks und Lutz Baumbach. Seitens der DGO wurde Florek mit einer Urkunde, einem Fachbuch, gesponsert vom Eugen G. Leuze Verlag, einem Gutschein für einen einjährigen kostenfreien Bezug des *ZVOreports* und der Zeitschrift *Galvanotechnik* sowie einer kostenfreien Nachwuchsmitgliedschaft bis zum 28. Geburtstag ausgezeichnet. Die TZO bedankte sich für seine Leistungen mit einem Geldgutschein. Johannes Florek ist auf ganz besonderem Weg auf den Ausbildungsberuf Oberflächenbeschichter gestoßen: Während seiner Abiturvorbereitungen war er in der Straßenbahn auf die Werbung der TZO Leipzig GmbH aufmerksam geworden, die ihn gleich angesprochen hat. Er hat sich informiert, welche Anforderungen gestellt werden, und sich entschlossen, sich dort zu bewerben. Während der Ausbildungszeit zeigte sich schon bald, dass Johannes Florek eine Begabung für das analytische Labor hat. Und so wurde er in der TZO Leipzig GmbH bereits in der Ausbildung neben dem Ausbildungsdurchlauf (Handgalvanik, Automatengalvanik, Schleifen/Polieren) verstärkt für diese Prozesse eingesetzt. Sein Lehrer, Benjamin Trinks, attestiert Florek eine sehr analytische exakte Denkweise, die ihn befähigt, Fragen sehr genau erklären zu können. Trinks bezeichnet ihn als seinen *Unterrichtsjoker*: Wenn kein anderer Azubi die gestellten Fragen beantworten konnte, Florek



Johannes Florek wird für seine exzellenten Leistungen ausgezeichnet (v. l.): Dr. Thomas Krümmeling, Johannes Florek, Benjamin Trinks und Marion Regal (Bild: DGO)

konnte es. Er war immer perfekt vorbereitet, hatte immer exakte Arbeitsmittel, drängte sich mit seinem Wissen aber nie in den Vordergrund. Dank seiner in der Ausbildungszeit erworbenen Kenntnisse und Erfahrungen und seines ruhigen, zuverlässigen Arbeitens im Produktions- und analytischen Labor hat ihm die TZO nach der Abschlussprüfung eine Tätigkeit in diesem Labor angeboten. Bereits nach knapp einem halben Jahr hat er so viele Kenntnisse erworben, dass er nicht nur Hullzellen-Tests, sondern auch analytische Untersuchungen, die zur Produktionsüberwachung erforderlich sind, ausführen kann. Florek wird seinen eingeschlagenen Weg ruhig und besonnen weitergehen und denkt über eine weitere Qualifizierung nach. M. Regal

www.dgo-online.de

INSERENTENVERZEICHNIS					
Airtec MUEKU	7	GusChem	U2	Renner GmbH	1
Brenscheidt Galvanikservice	U3	Harter GmbH	Titel	Serfilco	21
BRW Elektrochemie	23	Munk GmbH	29	Steinbeis-Transferzentrum	U4

Kein eigenes Labor? Kein Problem!



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

Mehr Leistung. Weniger Aufwand. Maximale Präzision.

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



Weitere Infos
auf der Website!

IB! GALVANIK
SERVICE

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



STZ Tribologie

Steinbeis Transfer Zentrum

SEMINAR – RAUHEIT UND RAUHEITSMESSUNG

Wir machen Sie zum Experten –
alles über die
neue ISO 21920 und die ISO 25178.



Jetzt anmelden:
www.steinbeis-analysezentrum.com