

# WOMAG

**Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche**

**MUNK**  
WE HAVE THE POWER!

**MUNK  
SiC TECHNOLOGY  
- BE SMART**



MUNK GmbH  
[www.munk.de](http://www.munk.de) |   

### WERKSTOFFE

Traganteil richtig messen –  
Funktionssicherheit durch Rmr

### MEDIZINTECHNIK

Hochleistungskeramik dank  
verbesserter Korngrenzflächen

### WERKSTOFFE

Plasma Enhanced Fused Filament  
Fabrication

### OBERFLÄCHEN

Ein Blick auf wichtige und interes-  
sante Themen der Galvanotechnik

### WERKSTOFFE

Bremsscheiben aus Edelstahl  
senken Feinstaubemissionen

## SPECIAL

Neue Wege in der Laserpulsab-  
scheidung mittels GHz-Burstpulsen

**JUNI 2026**

Branchen-News täglich: [womag-online.de](http://womag-online.de)

**JETZT ANMELDEN!**

<https://oberflaechentage.zvo.org>

Early-bird  
bis  
31. Mai  
2026



ZVO-OBERFLÄCHENTAGE  
**KARLSRUHE**  
16.-18.9.2026

Kongress für Galvano- und Oberflächentechnik



# 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](http://www.guschem.de)



**GusChem®** - Qualität, die überzeugt!

## Plasmatechnologien mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten



Seit längerem werden physikalische Verfahren im Umfeld der Vakuum- und Plasmatechnologie für die unterschiedlichsten Anwendungen genutzt. Mit am bekanntesten sind die Verfahren zur Herstellung von besonders harten Verschleißschichten auf Werkzeugen oder zur Aktivierung von Oberflächen vor dem Beschichten oder dem Verkleben. Je nach Anwendung können diese Verfahren bei Atmosphärendruck oder im Vakuum ihre Wirkung erzielen.

Neue Einsatzmöglichkeiten stellt ein Autorenteam der Hochschule Furtwangen vor, die mittels Plasmatechnik

Kunststoffpulver zur Herstellung von Bauteilen so behandeln, dass die Festigkeit der daraus hergestellten Teile erhöht wird (Beitrag Seite 8ff). Neben der Plasmatechnologie als Behandlungsverfahren spielt für eine derartige Fertigung auch die Geometrie der eingesetzten Pulver eine Rolle, wie in einem weiteren Beitrag auf Seite 16 dargestellt wird.

Ebenso wie die Plasmaverfahren spielen heute auch Technologien unter Einsatz von Lasern eine immer wichtiger werdende Rolle. So zeigen Dr. Metzner und sein Team (Beitrag Seite 19ff), wie komplexe Bauteile durch Laserpulsabscheidung mit leistungsfähigen Beschichtungen versehen werden können. Auch neuartige Materialzusammensetzungen in den Beschichtungen lassen sich damit realisieren. Und selbst bei der inzwischen etablierten Technologie des Laserauftragschweißens auf rotationssymmetrischen Bauteilen bleibt die Entwicklung nicht stehen und kann mit neuen Informationen aufwarten (Beitrag Seite 22). So arbeiten Forschende des Fraunhofer IWS mit Bandmaterial, das spiralförmig auf ein Substrat aufgebracht und verschweißt wird.

Es bleibt zu wünschen, dass die produzierende Industrie solche innovativen Neuheiten rege aufnimmt und in ihre Fertigungen einführt – nicht zuletzt, um einen technologischen Vorsprung zu halten oder zu generieren und die Vorteile der neuen Technologien zum eigenen Nutzen auszuschöpfen.

## WOMAG – VOLLSTÄNDIG ONLINE LESEN

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



 **UNSERE  
KOMPETENZ**  
UND ERFAHRUNG FÜR  
**IHRE PROZESSE**

PROCESS ENGINEERING

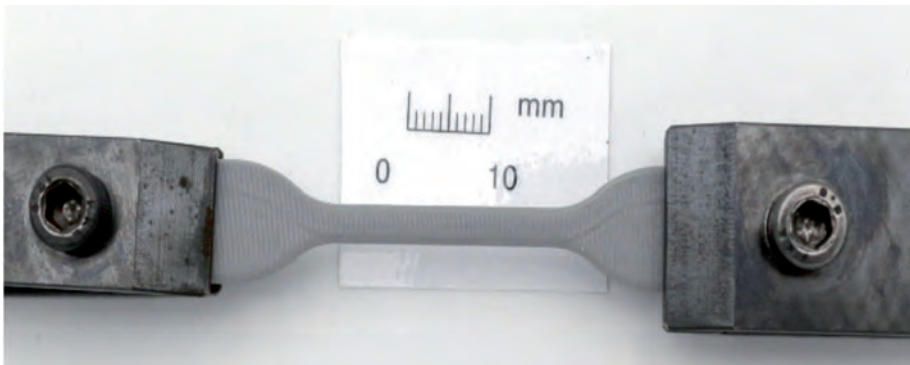
**QWE**  
by **RENNER**

**NEU!**



**RENNER**  
PUMPEN UND FILTER

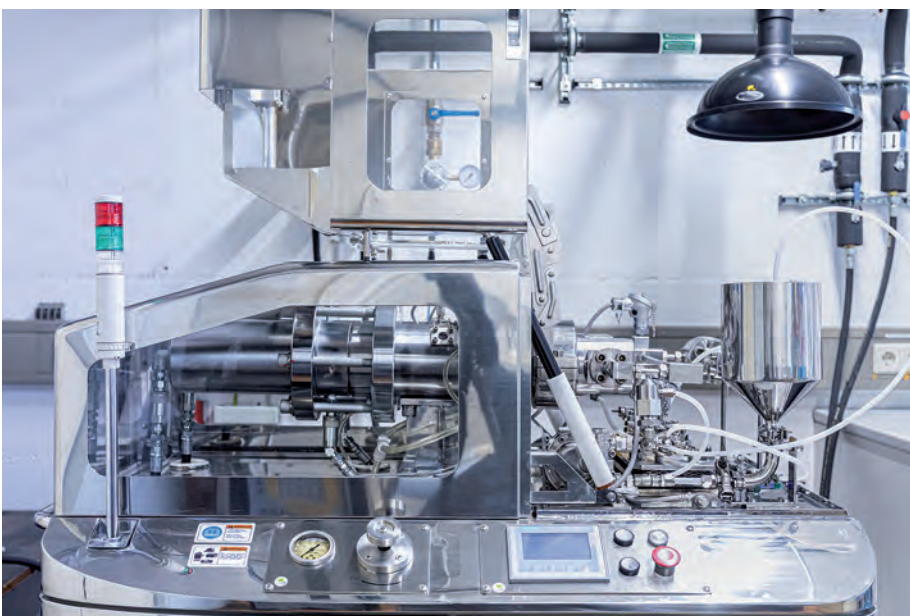
# INHALT



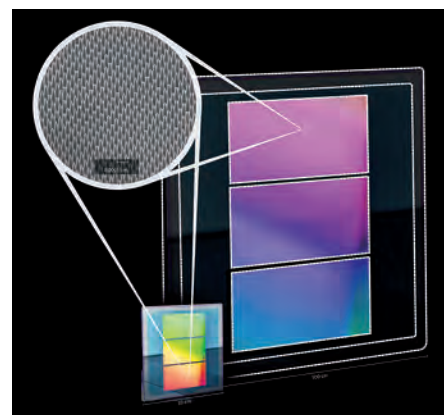
**8** Plasmavorbehandlung im 3D-Druck führt zu höherer Bauteilfestigkeit



**24** Leipziger Galvanopreis verliehen



**10** Dispergiervfahren zur Herstellung umweltfreundlicher Batteriekathoden



**12** Nanostrukturen

## WERKSTOFFE

- 4** Mehr als Rauheit: Traganteil richtig messen – Funktionssicherheit durch Rmr und messfähige Spezifikation
- 7** CastForge 2026: Rekordbeteiligung und europäische Impulse
- 8** Plasma Enhanced Fused Filament Fabrication: Effect of In-Process Plasma Treatment on Inter Layer Bonding
- 10** Umweltfreundliche Alternative zu etablierter Batterietechnologie
- 12** Großflächige Nanostrukturen mit atomarer Präzision
- 13** Bremscheiben aus Edelstahl senken Feinstaubemissionen erheblich und sind besonders lange haltbar
- 14** PaintExpo: Weltweiter, unverzichtbarer Treffpunkt für industrielle Lackiertechnik
- 15** Nachhaltige Lösung für gängige Elektronikanwendungen

**2** 5|2026 WOMAG

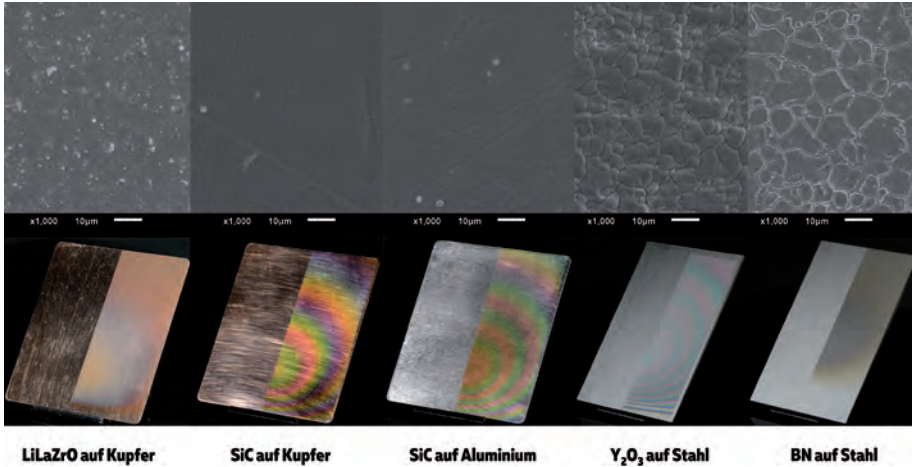
- 16** Vom Zahnimplantat bis zur Turbinenschaufel: warum die Pulverqualität entscheidend ist

## MEDIZINTECHNIK

- 17** Hochleistungskeramik dank verbesserter Korngrenzflächen

## OBERFLÄCHEN

- 18** Preisverleihung Die Oberfläche 2026 in Stuttgart
- 19** Neue Wege in der Laserpulsabscheidung mit GHz-Burstpulsen – Perspektiven für materialübergreifende Beschichtungen komplexer Bauteile
- 22** Laserunterstütztes Beschichtungsverfahren für rotationssymmetrische Bauteile



## 19 Beschichtung von komplexen Bauteilen mittels Laserpulsabscheidung



## 4 Rauheitsmessung



## 26 Galvanoformung von Schmuck

- 24 Ein Blick auf interessante und wichtige Themen der Galvanotechnik
- 26 Rollout für Galvanoformung bei Umicore MDS

## VERBÄNDE

- 28 Bauteilsauberkeit prozesssicher und effizient sicherstellen
- 29 Deutsche Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO) – Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) – Industrieverband Blechumformung e. V. (IBU)

## UNTERNEHMENSINFORMATIONEN

- 32 Stellenangebot - Steinbeis Transfer Zentrum

**Zum Titelbild:** Das Unternehmen Munk entwickelt, fertigt und vertreibt hochwertige Stromversorgungen für die Oberflächentechnik und insbesondere für den vielfältigen Einsatz in der Galvanotechnik; [www.munk.de](http://www.munk.de)

**WOMag** – Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche – Internationales Fachmagazin in deutscher und (auszugsweise) englischer Sprache  
[www.womag-online.de](http://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](http://www.wotech-technical-media.de)

**Verlagsleitung**  
 Charlotte Schade  
 Mobil 0151/29109886  
[schade@wotech-technical-media.de](mailto:schade@wotech-technical-media.de)  
 Herbert Käszmann  
 Mobil 0151/29109892  
[kaeszmann@wotech-technical-media.de](mailto: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: Traganteil richtig messen – Funktionssicherheit durch Rmr und messfähige Spezifikation

Von Prof. Dr. Dietmar Schorr, Karlsruhe

Im Hinblick auf die Kennzeichnung der Rauheit zur Beschreibung von funktionsrelevanten Oberflächen für technische Anwendungen ist der tragende Flächenanteil entscheidend. Dafür gewinnt der relative Materialanteil Rmr nach ISO 21920-2:2021 als funktionsorientierte Rauheitskenngröße zunehmend an Bedeutung als praxisnahe Charakterisierung tragender Oberflächenanteile. Für eine belastbare praxisgerechte Anwendung von Rmr ist neben der Wahl einer geeigneten relativen Schnitthöhe  $d_c$  und eines Bezugsmaterialanteils  $p$  eine funktionsgerechte Toleranzfestlegung unter Berücksichtigung der Messunsicherheit des eingesetzten Rauheitsmessgeräts entscheidend.

In den vergangenen Jahren hat sich die Herstellung von funktionalen Oberflächen stark verändert. Heute können unterschiedliche Fertigungsverfahren ähnliche Oberflächenstrukturen erzeugen. Dadurch verlagert sich der Fokus zunehmend von der fertigungsbezogenen Beschreibung der Oberflächenrauheit hin zur funktionsbezogenen Charakterisierung von relevanten Mikrostrukturen. Klassische Rauheitskennwerte wie  $R_a$  oder  $R_z$  stoßen dabei oft an ihre Grenzen, da sie den funktionsrelevanten Traganteil einer Oberfläche nicht erfassen. Gerade bei Funktionsflächen für Dichtungen, Lager, Führungen, Presssitze oder elektrische Kontakte ist nicht die Höhe einzelner Rauheitsspitzen entscheidend, sondern der tragende Flächenanteil, da er Dichtheit, Schmierfähigkeit sowie Reibungs-, Verschleißverhalten und Steckkräfte maßgeblich beeinflusst.

Vor diesem Hintergrund gewinnt der relative Materialanteil Rmr nach ISO 21920-2:2021 an Bedeutung. Er beschreibt die tragenden Anteile der Oberfläche bei definierter Schnitthöhe. Dies hilft, die Funktionssicherheit und Lebensdauer von Bauteilen zu gewährleisten. Die Definition der Schnitthöhe und der Toleranzen für diese Rauheitskenngröße muss unter Berücksichtigung der Messunsicherheit des Rauheitsmessgeräts (Abb. 1 und 2)

erfolgen, um eine Messmittelfähigkeit zu erreichen. Denn nur messtechnisch abgesicherte Werte ermöglichen eine zuverlässige und vergleichbare Beurteilung funktionaler Oberflächen.

Diese wichtigen Kennwert zur Erfüllung der Funktion von technischen Oberflächen wurden in einem vorangegangenen Beitrag detailliert beschrieben [1].

### 1 Funktionen von Oberflächen

Wie in [1] dargelegt, vermittelt die Rauheit sowohl zwischen Bauteil und Umgebung als auch zwischen miteinander in Kontakt stehenden Komponenten und ist damit wesentlich für Funktion, Qualität und Lebensdauer verantwortlich. Klassische Rauheitskennwerte wie  $R_a$  oder  $R_z$  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 funktionale Wechselwirkung der

Oberfläche mit ihrer Umgebung ausreichend erfassen.

### 2 Messwerte und deren Festlegung

Der relative Materialanteil Rmr quantifiziert, welcher Anteil der Oberfläche bei einer definierten Schnitthöhe tatsächlich Last trägt. Er stellt eine zentrale Kenngröße für die funktionale und praxisnahe Charakterisierung von modernen Oberflächenstrukturen dar und wird aus der sogenannten Materialanteilkurve (MRK) bestimmt (Abb. 3 und 4). Sie beschreibt für eine definierte Schnitthöhe  $d_c$  den kumulierten Materialanteil in Prozent und findet sich in der Norm ISO 4287:1997 unter der Bezeichnung Materialanteil international standardisiert.

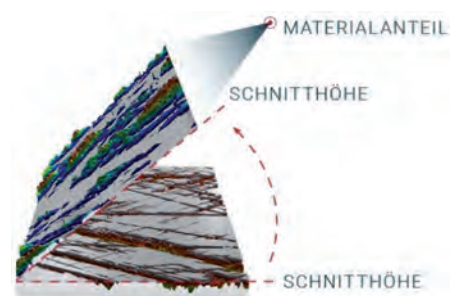


Abb. 3: Materialanteil einer Oberfläche

Die Schnitthöhe  $d_c$  ist so zu wählen, dass die resultierenden Rmr-Werte eine aussagekräftige Differenzierung der Oberflächenqualität ermöglichen. Zur Festlegung der geeigneten Schnitthöhe sollten idealerweise Oberflächen von Bauteilen in i. O.-Qualität vermessen werden und daraus wird der relative Materialanteil bei verschiedenen relativen Schnitthöhen berechnet [1]. Auf Basis dieser Auswertung wird anschließend eine Schnitthöhe  $d_c$  festgelegt, bei der der angestrebte Toleranzbereich  $T$  der Rmr-Werte für die i. O.-Bauteile zuverlässig erreicht wird.

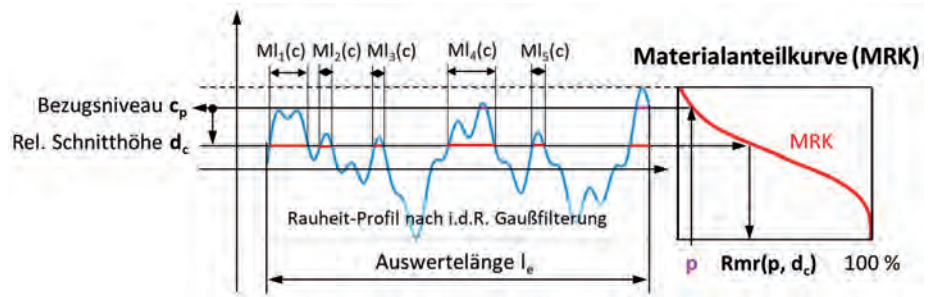


Abb. 1: Messgerät für die taktile Rauheitsmessung von Oberflächen



Abb. 2: Weißlichtinterferometer zur optischen Rauheitsmessung

Da sich die Berechnung auf die höchste Spitze des Rauheitsprofils bezieht, wird in der Praxis ein sogenanntes Bezugsniveau  $c_p$  definiert (Abb. 4). Dadurch wird verhindert, dass einzelne Rauheitsspitzen aus der Messung den Rmr-Wert verfälschen. Zur Festlegung des Bezugsniveaus wird üblicherweise ein Bezugsmaterialanteil  $p$  von zwei bis fünf Prozent verwendet, der im Oberflächensymbol auf den technischen Zeichnungen anzugeben ist [1].



**Abb. 4: Ermittlung relativer Materialanteil Rmr aus Materialanteilkurve (MRK)**

### 3 Messung und Kontrolle

Der relative Materialanteil Rmr und die Materialanteilkurve (MRK) werden mithilfe von Rauheitsmessgeräten ermittelt und liefern wertvolle Informationen über die funktionalen Eigenschaften einer Oberfläche. Während klassische Rauheitskennwerte häufig nur die Höhenverteilung von Profilsitzen und Profiltälern beschreiben, ermöglicht die MRK eine deutlich praxisnähere Bewertung, da sie zeigt, wie sich der Materialanteil mit zunehmender relativer Schnitthöhe  $d_c$  verändert. Auf diese Weise lässt sich beurteilen, ob eine Oberfläche eher spitzkammig und wenig tragfähig oder eher rundkammig und damit belastbar ausgeprägt ist.

Ein niedriger relativer Materialanteil weist auf einen hohen Anteil an Hohlräumen und wenigen tragenden Kontaktflächen hin. Solche Oberflächen können Vorteile für die Schmierstoffspeicherung bieten, besitzen jedoch meist eine geringere Tragfähigkeit. Ein hoher Materialanteil hingegen steht für viele tragende Flächen und eine hohe Belastbarkeit, bietet jedoch weniger Raum für Schmierstoffe oder Rückhaltevolumen für Verschleißpartikel. Für tribologische Anwendungen ist dieses Zusammenspiel von besonderer Bedeutung:

- Niedriger Materialanteil = mehr Hohlräume, günstig für Schmierung, jedoch geringere Tragfähigkeit
- Hoher Materialanteil = große tragende Fläche und hohe Belastbarkeit, jedoch geringeres Schmierstoffreservoir

Für die Messpraxis bedeutet dies, dass nur mit einer konsistenten Definition der relativen Schnitthöhe  $d_c$  und des Bezugsniveaus  $c_p$  funktionsrelevante und vergleichbare Ergebnisse erzielt werden können. Bereits geringe Abweichungen in diesen Definitionen können zu Fehlinterpretationen führen, beispielsweise dann, wenn Oberflächen mit deutlich unterschiedlicher Topografie denselben relativen Materialanteil aufweisen, obwohl ihr jeweiliges funktionales Verhalten stark voneinander abweicht.

Moderne mobile Rauheitsmessgeräte sowie stationäre Tastschnittgeräte verfügen heute über spezifische Auswertprogramme zur normgerechten Bestimmung des Rmr und der MRK. Dadurch lassen sich funktionale Anforderungen, etwa hinsichtlich Tragfähigkeit, Schmierstoffrückhalt oder Verschleißverhalten, gezielt bewerten und absichern.

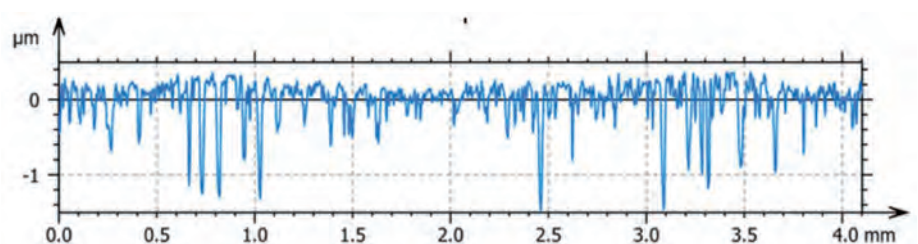
#### 3.1 Festlegung der Toleranz und Messmittelfähigkeit

Für eine zuverlässige Bewertung des relativen Materialanteils Rmr ist nicht nur die geeignete Wahl der Schnitthöhe entscheidend, sondern auch eine sinnvoll definierte Toleranzbreite  $T$ . Idealerweise wird diese so festgelegt, dass eine ausreichende Messmittelfähigkeit gewährleistet ist und Messfehler nicht zu Fehlbewertungen führen. Als bewährter Richtwert gilt hierbei ein Fähigkeitsindex von  $c_g \geq 1,33$ , der sicherstellt, dass das eingesetzte Messsystem im Verhältnis zur vorgegebenen Toleranz ausreichend präzise arbeitet. Nur wenn diese Bedingung erfüllt ist, können Messwerte reproduzierbar erfasst und sicher zur Qualitätsbewertung herangezogen werden.

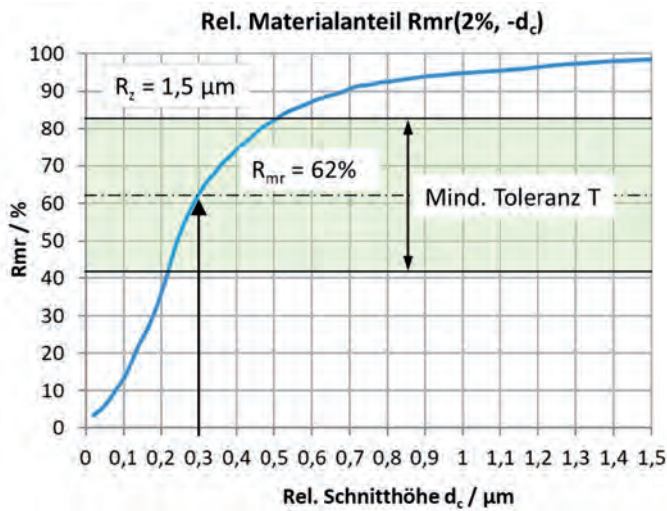
Dieser Zusammenhang soll anhand einer beispielhaften plateauartigen Oberfläche mit einer maximalen Rauheit von  $R_z = 1,5 \mu\text{m}$  verdeutlicht werden. Das zugehörige Rauheitsprofil ist in Abbildung 5 dargestellt. Gerade rundkammige Oberflächen eignen sich besonders gut zur Veranschaulichung, da sie neben tragenden Flächen auch charakteristische Täler aufweisen und damit typische

funktionale Oberflächen repräsentieren, wie sie zum Beispiel in tribologisch beanspruchten Anwendungen vorkommen.

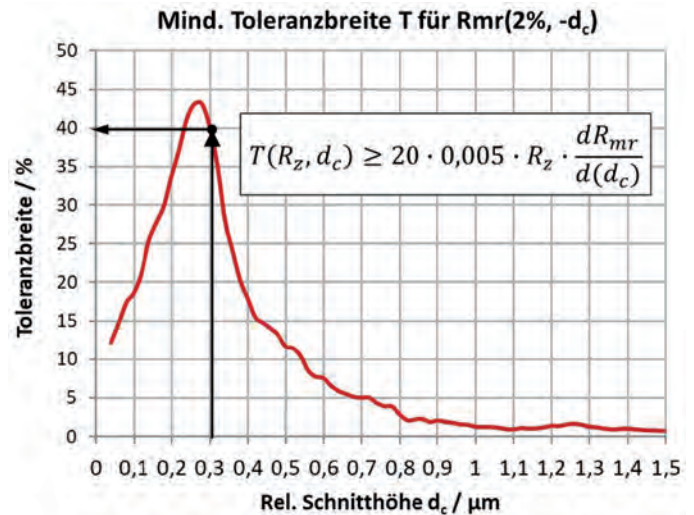
Zur Bestimmung eines funktionsgerechten Prüfmerkmals wird zunächst der relative Materialanteil  $Rmr(p, d_c)$  für verschiedene relative Schnitthöhen  $d_c$  bei konstantem relativem Bezugsniveau  $c_p$  berechnet. Dadurch lässt sich analysieren, wie empfindlich der Materialanteil auf Veränderungen der Schnitthöhe reagiert und in welchem Bereich eine gute Differenzierung der Oberflächenqualität möglich ist. Abbildung 6 zeigt hierzu exemplarisch den Zusammenhang zwischen Rmr und der relativen Schnitthöhe  $d_c$  für die betrachtete Oberfläche. Für eine gewählte Schnitthöhe von beispielsweise  $d_c = -0,3 \mu\text{m}$  ergibt sich ein relativer Materialanteil von  $Rmr = 62 \%$ . Dieser Wert stellt nun den funktionalen Sollwert dar, für den ein geeigneter Toleranzbereich definiert werden muss. Die Toleranzbreite  $T$  ist dabei so festzulegen, dass einerseits funktional zulässige Streuungen der Oberfläche berücksichtigt werden und andererseits die Messunsicherheit des eingesetzten Rauheitsmesssystems ausreichend klein gegenüber dieser Toleranz bleibt. Gerade dieser Zusammenhang zwischen der Toleranzbreite und der Messsystemfähigkeit ist entscheidend: Wird die Toleranz zu eng gewählt, kann selbst ein präzises Messsystem den geforderten Fähigkeitsindex möglicherweise nicht erreichen. Wird sie hingegen zu weit gefasst, sinkt die Aussagekraft des Prüfmerkmals hinsichtlich der funktionalen Oberflächenqualität. Ziel ist daher eine



**Abb. 5: Rauheitsprofil mit maximaler Rauheit  $R_z = 1,5 \mu\text{m}$**



**Abb. 6: Relativer Materialanteil Rmr in Abhängigkeit der relativen Schnitthöhe  $d_c$**



**Abb. 7: Mindertoleranzbreite T für den Rmr-Wert bei Messunsicherheit  $U = 0,5 \cdot R_z$**

ausgewogene Toleranzdefinition, die sowohl funktionsgerecht als auch messtechnisch beherrschbar ist.

Auf Basis des gewählten Rmr-Wertes von 62 % wird anschließend die notwendige Toleranzbreite T so bestimmt, dass die geforderte Messmittelfähigkeit mit  $c_g \geq 1,33$  erreicht wird. Erst durch dieses Zusammenspiel aus geeigneter Schnitthöhe, funktionsorientierter Toleranz und nachgewiesener Messmittelfähigkeit wird der relative Materialanteil Rmr zu einem belastbaren und industriell nutzbaren Qualitätsmerkmal.

### 3.2 Mindesttoleranzbreite T

Zur Ermittlung der erforderlichen Mindesttoleranzbreite T für einen Fähigkeitsindex von  $c_g \geq 1,33$  in Abhängigkeit von der Messunsicherheit U sowie der gewählten relativen Schnitthöhe  $d_c$  kann die Formel Gl. <1> herangezogen werden.

$$T(U, d_c) \geq 20 \cdot U \cdot \frac{dR_{mr}}{d(d_c)} \quad <1>$$

Sie beschreibt den Zusammenhang zwischen messtechnischer Unsicherheit und der notwendigen Toleranzbreite, um eine ausreichende Messmittelfähigkeit für die Bewertung des relativen Materialanteils sicherzustellen. Damit wird deutlich, welchen Einfluss das eingesetzte Messsystem und die Definition der Schnitthöhe auf eine belastbare Spezifikation des Traganteils haben.

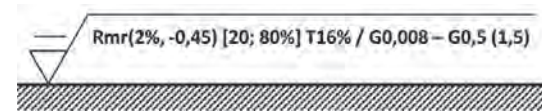
Wird für die Berechnung der Mindesttoleranzbreite T eine für taktile Rauheitsmessgeräte typische Messunsicherheit von  $U = 0,5 \%$   $R_z$  zugrunde gelegt, ergibt sich der in Abbildung 7 dargestellte funktionale Zusammen-

hang in Abhängigkeit von der relativen Schnitthöhe  $d_c$ . Für die in Abbildung 7 gewählte relative Schnitthöhe von  $d_c = -0,3 \mu\text{m}$  ergibt sich daraus eine erforderliche Mindesttoleranzbreite von 40 %. Daraus folgt, dass die Anforderung an die Oberflächenbeschaffenheit über den relativen Materialanteil Rmr in einem Toleranzbereich von 42 % bis 82 % festgelegt werden muss, um sowohl funktionale Anforderungen als auch die messtechnische Absicherung der Spezifikation zu gewährleisten.

### 4 Oberflächenangabe technische Zeichnung

Die gewählte Schnitthöhe, der Bezugsmaterialanteil und der dazugehörige Materialanteil sind eindeutig im Oberflächensymbol der technischen Zeichnung einzutragen. Nur durch eine vollständige und normgerechte Angabe dieser Parameter kann sichergestellt werden, dass die Ermittlung des relativen Materialanteils Rmr am Bauteil stets mit identischen Berechnungsparametern erfolgt und somit reproduzierbare und vergleichbare Messergebnisse erzielt werden. Gerade bei funktionskritischen Oberflächen ist dies Voraussetzung dafür, dass die spezifizierten Anforderungen eindeutig interpretiert und in Fertigung wie Prüfung konsistent umgesetzt werden können.

Die Definition von Traganteil, Schnitthöhe und Bezugsmaterialanteil in der Zeichnung schafft damit eine direkte Verknüpfung zwischen funktionaler Anforderung und messtechnischer Verifikation. Gleichzeitig werden Fehlinterpretationen bei der Auswertung vermieden, da insbesondere der Kennwert



**Abb. 8: Normkonforme Oberflächenangabe für relativen Materialanteil Rmr**

Rmr stark von der gewählten Schnitthöhe und den zugrunde gelegten Bezugsbedingungen abhängt.

Die Oberflächenangabe in Abbildung 8 fordert beispielhaft einen relativen Materialanteil Rmr innerhalb eines zulässigen Toleranzbereichs von 20 % bis 80 %, eine relative Schnitthöhe von  $d_c = -0,45 \mu\text{m}$  sowie einen Bezugsmaterialanteil von  $p = 2 \%$ . Mit dieser Spezifikation sind sowohl die funktionalen Anforderungen an die Oberfläche als auch die Bedingungen für eine eindeutige und messtechnisch abgesicherte Prüfung vollständig beschrieben.

### 5 Zusammenfassung

Klassische Rauheitskennwerte wie  $R_a$  oder  $R_z$  reichen zur Beschreibung von funktionsrelevanten Oberflächen oft nicht aus, da sie den tatsächlichen Traganteil nicht erfassen. Für viele technische Anwendungen ist jedoch genau dieser tragende Flächenanteil entscheidend. Vor diesem Hintergrund gewinnt der relative Materialanteil Rmr nach ISO 21920-2:2021 als funktionsorientierte Rauheitskenngröße zunehmend an Bedeutung. Er ermöglicht eine praxisnahe Charakterisierung tragender Oberflächenanteile und ergänzt die klassischen Rauheitsparameter um eine funktionale Bewertung.

Es wird gezeigt, dass für eine belastbare praxisgerechte Anwendung von Rmr nicht nur die Wahl einer geeigneten relativen Schnitthöhe  $d_c$  und eines Bezugsmaterialanteils  $p$  entscheidend ist, sondern auch eine funktionsgerechte Toleranzfestlegung unter Berücksichtigung der Messunsicherheit des eingesetzten Rauheitsmessgeräts. Erst durch den Nachweis ausreichender Messmittelfähigkeit können Spezifikationen für den Traganteil so definiert werden, dass sie funktional sinnvoll und messtechnisch sicher überprüfbar sind.

Die normgerechte Eintragung dieser Parameter in technischen Zeichnungen schafft zudem die Voraussetzung für reproduzierbare Messungen und eine eindeutige Kommunikation zwischen Konstruktion, Fertigung und Qualitätssicherung.

Somit wird deutlich, dass die zuverlässige Bewertung funktionaler Oberflächen nicht allein auf Rauheitskennwerten basiert, sondern auf dem Zusammenspiel aus funktionsgerechter Spezifikation, richtiger Definition des Traganteils und messtechnisch abgesicherter Messung.

## Literatur

- [1] D. Schorr: Mehr als Rauheit: Der Traganteil Rmr als entscheidender Maßstab für Funktionsicherheit und Performance von Oberflächen; WOMag 1-2/2026; [https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2026/01-02/04\\_schorr\\_rmr\\_01-02j2026/04\\_schorr\\_rmr\\_01-02j2026.php](https://www.wotech-technical-media.de/womag/ausgabe/2026/01-02/04_schorr_rmr_01-02j2026/04_schorr_rmr_01-02j2026.php)

## Kontakt

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

➔ [www.steinbeis-analysezentrum.com](http://www.steinbeis-analysezentrum.com)

## CastForge 2026: Rekordbeteiligung und europäische Impulse

**530 Aussteller aus 30 Ländern präsentieren Innovationen – CastForge bietet Networking, Branchenkompetenz und neue Projektchancen.**

Zwei Monate vor Veranstaltungsbeginn ist die CastForge 2026 nach Mitteilung der Messe Stuttgart vollständig ausgebucht. Vom 9. bis 11. Juni 2026 vereinen rund 530 internationale Aussteller auf der Messe Stuttgart das komplette Leistungsspektrum: von Guss- und Schmiedeteilen bis zur Bearbeitung und montagefertigen Komponente. Damit setzt die Fachmesse ein starkes Signal und bestätigt ihre Position als fest etablierter Branchentreffpunkt, gerade in einer herausfordernden Wirtschaftslage.

Die CastForge bietet einen einzigartigen Marktüberblick und bringt Angebot und Nachfrage gezielt zusammen. Aussteller präsentieren ihre Produkte und Dienstleistungen einem hochqualifizierten Fachpublikum, das sich aus Konstrukteuren, Entwicklern und Entscheidern aus Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Industrie und Energietechnik zusammensetzt. Hier treffen innovative Lösungen auf konkrete Projektanfragen, und es entstehen hochwertige Kontakte mit echtem Geschäftspotenzial. Die Messe ermöglicht es demn Fachpublikum, sich über die neuesten Entwicklungen der Branche zu informieren, technologische Trends kennenzulernen und direkt mit den führenden Akteuren der europäischen Guss- und Schmiedeindustrie in den Dialog zu treten.

### Hohe Internationalität und europäischer Fokus

Zwei Drittel der ausstellenden Unternehmen kommen aus Deutschland und Europa, darunter der französische Verband Village For-

ge & Fonderie mit rund 20 Gießereien und Schmieden. Wilfrid Boyault, Managing Director der Fédération Forge Fonderie, betont: *Die gemeinsame Präsenz im französischen Village Forge & Fonderie sendet eine klare und starke Botschaft an den europäischen und globalen Markt. Sie ist das Schaufenster der entscheidenden Stärken unserer Unternehmen – Industriekapazität, technische Exzellenz, Qualität, Innovation und Wettbewerbsfähigkeit.*

Die italienische Gießerei- und Schmiedeindustrie ist ebenfalls prominent vertreten: Der Fachverband UNISA wird mit rund 25 Unternehmen teilnehmen, davon elf am Gemeinschaftsstand. *Die CastForge 2026 ist für unsere Mitglieder eine konkrete Gelegenheit, neues Geschäft zu entwickeln, die eigene Sichtbarkeit zu stärken und qualifiziertes Networking zu betreiben*, hebt Andrea Redaelli, Präsident von UNISA, hervor. Insgesamt würden rund 70 italienische Unternehmen vertreten sein – ein bedeutender Beitrag Italiens innerhalb des Sektors auf europäischer Ebene.

Portugal ist zum zweiten Mal mit einer Gruppe von METAL PORTUGAL-Unternehmen dabei, die unterschiedliche Spezialisierungen in den Bereichen Gießerei, Schmieden und Metallverarbeitung abdecken. Die CastForge hat sich nach Aussage von Mafalda Gramaxo, General Director, als eine der relevantesten europäischen Fachmessen für die Gießerei- und Schmiedebranche etabliert. *Für die portugiesischen Unternehmen bietet sie eine wertvolle Gelegenheit zum direkten Kontakt*



**CastForge 2026: Rekordbeteiligung und europäische Impulse (Bild: F. Eppler / Messe Stg.)**

*mit hochqualifizierten Einkäufern und zur Stärkung unserer internationalen Präsenz.*

### Wachstum, Internationalität und Innovationskraft

Die CastForge 2026 steht für Wachstum, Internationalität und Innovationskraft. Fachbesucher erhalten direkten Zugang zu nationalen und internationalen Ausstellern aus 30 Ländern und profitieren von deren umfassender Expertise. Die Messe bietet dabei nicht nur einen vollständigen Marktüberblick, sondern ermöglicht es den Besuchern, sich gezielt über aktuelle Markttrends und technologische Entwicklungen im Bereich Gießen und Schmieden zu informieren. Fachvorträge, Netzwerktreffen und Expertengespräche schaffen ideale Voraussetzungen für intensiven Austausch, Wissenstransfer und die Anbahnung konkreter Projekte. So entstehen hochwertige Kontakte und neue Geschäftsmöglichkeiten, die weit über den eigentlichen Messebesuch hinausreichen.

➔ [www.messe-stuttgart.de/castforge](http://www.messe-stuttgart.de/castforge)

## Plasma Enhanced Fused Filament Fabrication: Effect of In-Process Plasma Treatment on Inter Layer Bonding

By M. Schlatter, M. Schmid\*, N. Simon and V. Bucher, Hochschule Furtwangen, Institute for Microsystems Technology (iMST), Furtwangen / Germany

Parts produced by Fused Filament Fabrication (FFF) exhibit anisotropic mechanical properties due to limited interlayer bonding. Plasma treatment is known to improve adhesion in polymers by introducing reactive surface groups. While previous studies have demonstrated improved interlayer adhesion using plasma treatments with noble gases such as helium or argon, this study investigates the application of atmospheric pressure plasma (APP) with pressurized air in an in-process configuration during FFF. PLA specimens based on ISO 527 Type 5A geometry were fabricated and subjected to tensile testing immediately after printing. Under optimized treatment conditions, plasma activation increased the tensile strength across layers by up to 10 %. Reduced exposure resulted in a smaller strengthening effect, whereas excessive exposure decreased tensile strength, likely due to the degradation of surface polymer chains. These results indicate that in-process plasma activation using pressurized air can enhance interlayer bonding in FFF while avoiding the cost and complexity associated with noble gas plasma systems.

### 1 Introduction

Anisotropic characteristics of 3D prints are a well-documented issue in Fused Filament Fabrication (FFF) resulting from insufficient cohesion between lines and more so layers of material [1]. When a new layer of polymer is dispensed, the hot thermoplastic is transferring heat to the material deposited in previous layers, allowing the polymer chains to bond by diffusion. Due to imperfections in the bonding process, some inherent to FFF, tensile strength is reduced. In a study by Hanon et al. a reduction of tensile strength of about 40 % from along the layer lines as compared to across the layers was reported [2]. This study reports the use of pressurized air for in-process atmospheric pressure plasma (APP) treatment to increase the tensile strength across the layers of 3D printed parts and mitigate anisotropy.

Plasma treatment is a common way in polymer engineering to increase bonding strength for adhesives by introducing free radicals and functional groups into a surface [3]. While several other authors were successful in improving the mechanical properties of produced parts by plasma treatment, the use of atmospheric pressure plasma in-process with pressurized air has not been studied to the authors' knowledge. Similar methods studied include Narahara et al. who studied the use of helium plasma on inter-layer bonding [4], a study of Shih et al. where shear bond strength was tested and the parts removed during printing for an ex-situ plasma treatment, also with helium [5]. Zarei et al. further demonstrated that in-situ cold ar-

gon plasma treatment can enhance surface roughness, interlayer bonding, and tensile properties of PLA scaffolds [6].

In comparison with the other works mentioned the use of pressurized air promises reduced cost compared to helium, argon or other bottled gases while the application in-situ would allow for uninterrupted production without additional, manual steps.

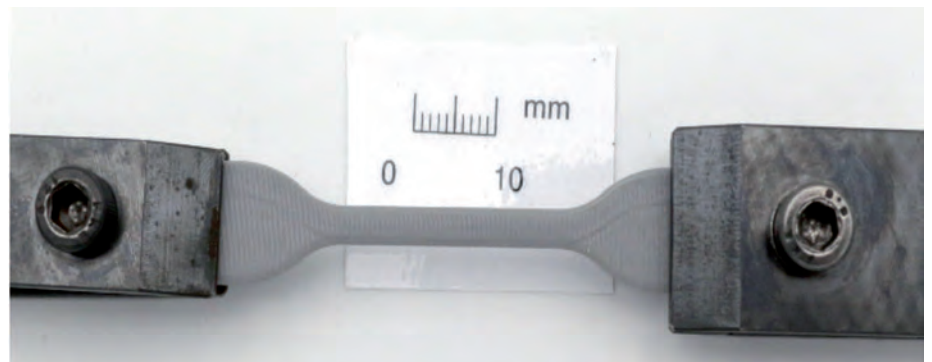
### 2 Materials and Methods

For all experiments, a Prusa i3 MK2.5S 3D printer (Prusa Research, Prague, Czech Republic) was used with 1.75 mm polylactic acid (PLA) filament (Creality, Shenzhen, China). Atmospheric pressure plasma was generated using a kINPen 11 (Neoplas, Greifswald, Germany), equipped with the molecular gas electrode head. Pressurized air served as the working gas at a flow rate of 5 slm to 5.5 slm. The kINPen was mounted on the backside of the printhead by a custom 3D-printed holder, as seen in *Figure 1*, moving with the nozzle on an offset along the Y-axis.

The specimen geometry (*Fig. 2*) was based on ISO 527 Type 5A tensile bars and was modified for printing stability. The gripping sections and gauge length were shortened to reduce print errors, while preserving the geometry relevant for mechanical testing. Finite element simulations confirmed that the adapted design did not introduce stress concentrations.



**Fig. 1: Custom mount on the printhead with kINPen**



**Fig. 2: ISO 527 based tensile bar with clamping**

A dual-print strategy was implemented to directly compare treated and untreated samples. Each layer was first printed for both specimens, followed by plasma treatment on one sample, while the other remained untreated as reference. The toolpath was adapted such that after each layer, the print-head automatically moved to the plasma treatment position. The g-code was generated in PrusaSlicer (Prusa Research, Prague, Czech Republic) with the standard printing profile for a 0.4 mm nozzle and a layer height of 0.2 mm. To ensure a fully solid structure, the number of perimeters (wall lines) was increased to three. The g-code was modified in a text editor, avoiding interference with the slicing algorithm for subsequent specimens, when adjusting the tool speed and the distance of the plasma nozzle for the atmospheric pressure plasma treatment. Before each experiment, the kINPen was preheated for 15 minutes according to the manufacturer's instructions to ensure stable output. While not printing, the filament was stored in a vacuum chamber to protect it from moisture.

Tensile strength tests were carried out on a Alluris FMT-313 Universalprüfstand (Alluris, Freiburg, Germany), in accordance with EN ISO 527-1/-2. The tests were performed immediately after the printing process to minimize potential effects of environmental aging and moisture absorption. Each experiment was repeated six times, resulting in a total of twelve specimens.

Three preliminary test series were conducted with 6 specimens each to evaluate the setup and the tensile strength of the material itself. In a first test series, specimens were printed in horizontal orientation to determine the tensile strength of PLA+ along the layers. In a second series the specimens were printed in vertical orientation to assess the inter-layer adhesion with a pause implemented in the program after each layer change, during which the preceding layer was cooled using the part-cooling fan to evaluate if the results are applicable for larger cross-sections

that cool before a subsequent layer is deposited and for the additional cooling time in the main tests resulting from the dual print strategy. In a third preliminary series, a nozzle was used to simulate the gas flow of the plasma jet with compressed air, isolating potential effects caused by the airflow.

### 3 Results

The preliminary tests showed that specimens printed vertically reached only about 40 % of the tensile strength of horizontally printed ones. Both, cooled with only the print fan and cooled with additional compressed air, exhibiting close tensile strength values, within the standard deviation of the other respectively (Tab. 1).

With the preliminary tests concluded, tensile strength tests of plasma treated specimens showed a maximum increase of 10 % with a tool speed during atmospheric pressure plasma treatment of 2000 mm/min at a distance of 26 mm between treatment surface and plasma nozzle. Tensile strength decreased when treatment was done with low speeds and close distance (Tab. 2).

### 4 Discussion

The preliminary tests resulted in almost identical tensile strength values for both vertically printed series, suggesting no significant effects from cooling or displacement effects of the high-pressure gas flow which would be needed to be accounted for with the untreated reference samples. The vertically printed series show tensile strengths of only about 40 % of the horizontally printed series this value is at 60 % in the study conducted by Hanon et al. [2], showing less anisotropy but lower absolute values in either orientation. Reasons for these differences include but are not limited to:

- different cross-sections and infill pattern of the specimen
- varying printing parameters
- the composition condition of the PLA filament

– the hard- and firmware used.

The tensile strength in plasma treated samples increased up to 10 %, increasing speeds or distance from these settings, resulting in shorter and less intense exposition, reduced the increase of tensile strength, but did not reduce the absolute values below the reference. Stronger exposition, due to closer distances and slower speeds on the other hand resulted in a reduction of the tensile strength even below the reference values. This reduction is possibly attributed to the deterioration of surface molecules as plasma species react with the polymer chains.

### 5 Conclusion

Plasma activation with atmospheric pressure plasma can increase the tensile strength across the layers of 3D-prints produced with FFF more than 10 % with moderate plasma exposition. Less exposition can decrease the positive effects but not the absolute tensile strength below values obtained without plasma exposition. An increased exposition from the optimal values can deteriorate the surface molecules, breaking polymer chains and reducing tensile strength even below the original values.

DOI: 10.7395/2026/Schmid2

### References

- [1] T. Q. Tran, F. L. Ng, J. T. Y. Kai, S. Feih, M. L. S. Nai: Tensile Strength Enhancement of Fused Filament Fabrication Printed Parts: A Review of Process Improvement Approaches and Respective Impact; Additive Manufacturing, vol. 54, p. 102724, 2022, doi: 10.1016/j.addma.2022.102724
- [2] M. M. Hanon, J. Dobos, L. Zsidai: The influence of 3D printing process parameters on the mechanical performance of PLA polymer and its correlation with hardness; Procedia Manufacturing, vol. 54, pp. 244–249, 2021, doi: 10.1016/j.promfg.2021.07.038
- [3] D. Hegemann, H. Brunner, C. Oehr: Plasma treatment of polymers for surface and adhesion improvement; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, vol. 208, pp. 281–286, 2003, doi: 10.1016/S0168-583X(03)00644-X

Tab. 1: Results of preliminary tests

Preliminary series	1	2	3
Cooling	standard	print fan with pause	compressed air
Orientation	horizontal	vertical	vertical
Tensile strength	55.28 N/mm <sup>2</sup>	23.28 N/mm <sup>2</sup>	23.20 N/mm <sup>2</sup>
Coefficient of Variation	1.2 %	3.1 %	9.6 %
Tensile strength relative to horizontal orientation	100.0 %	42.1 %	42.0 %

Tab. 2: Tensile strength of plasma treated probes in % relative to untreated reference, mean values ± standard deviation, dependent on tool speed and distance of the plasma nozzle during APP treatment

Speed	Distance			
	14 mm	20 mm	26 mm	32 mm
12000 mm/min	103% ±3.1 %	102% ±0.6 %	101% ±0.6 %	104% ±1.9 %
6000 mm/min	104% ±4.9 %	107% ±3.9 %	107% ±5.1 %	105% ±1.6 %
2000 mm/min	96% ±2.9 %	104% ±2.5 %	110% ±0.4 %	107% ±4.8 %
1000 mm/min	91% ±1.5 %	89% ±4.3 %	105% ±0.9 %	107% ±2.3 %

- [4] H. Narahara, Y. Shirahama, H. Koresawa: Improvement and Evaluation of the Interlaminar Bonding Strength of FDM Parts by Atmospheric-Pressure Plasma; *Procedia CIRP*, vol. 42, pp. 754–759, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.02.314
- [5] C.-C. Shih, M. Burnette, D. Staack, J. Wang, B. L. Tai: Effects of cold plasma treatment on interlayer bonding strength in FFF process; *Additive Manufacturing*, vol. 25, pp. 104–111, 2019, doi: 10.1016/j.addma.2018.11.005
- [6] M. Zarei, S. S. Sayedain, A. Askarinya, M. Sabbaghi, R. Alizadeh; Improving physio-mechanical and biological properties of 3D-printed PLA scaffolds via in-situ argon cold plasma treatment; *Scientific reports*, vol. 13, no. 1, p. 14120, 2023, doi: 10.1038/s41598-023-41226-x

**\*Corresponding author**

Marvin Schmid, email: marvin.schmid@hs-furtwangen.de

## Umweltfreundliche Alternative zu etablierter Batterietechnologie

### Wasserbasierte LFP-Kathoden: Effizienzsprung in der Verarbeitung

**Forschende des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA zeigen, wie unterschiedliche Dispergiervverfahren die Herstellung von umweltfreundlichen Lithium-Eisenphosphat-Kathoden optimieren. Wet Jet Milling spart Prozessenergie um bis zu 42 Prozent – bei nahezu gleichbleibender Batterieperformance.**

Lithiumionenbatterien sind das Rückgrat der Elektromobilität und moderner Energiespeicher. Doch ihre Herstellung belastet die Umwelt: Standardbinder wie Polyvinyliden-fluorid (PVDF) – ein Kunststoff, der Elektroden zusammenhält – erfordern das giftige Lösungsmittel N-Methyl-2-Pyrrolidon (NMP). Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA haben die Herstellung von wasserbasierten Lithium-Eisenphosphat-Kathoden gezielt weiterentwickelt, indem sie den Einfluss unterschiedlicher Dispergiervverfahren systematisch untersucht haben. Dabei kommt der biobasierte Binder Carboxymethylcellulose (CMC) zum Einsatz. CMC ist wasserlöslich, stammt aus Zellulose und ermöglicht eine vollständig

wasserbasierte Prozessführung ohne organische Lösemittel.

Lithium-Eisenphosphat (LFP) gilt für die Kathoden, die positiven Elektroden, als sichere und kostengünstigere Alternative zu den häufig aus Nickel-Mangan-Kobalt-Oxiden (NMC) hergestellten. Denn LFP kommt ohne kritische Metalle wie Kobalt und Nickel aus, ist thermisch stabil und erreicht lange Zyklenlebensdauern. In der industriellen Praxis brems jedoch die vergleichsweise geringe Leitfähigkeit von LFP die Leistungsfähigkeit bei hohen Lade- und Entladeraten.

#### Zwei Dispergiervverfahren für LFP-Slurries im direkten Vergleich

Das Team untersuchte systematisch zwei industriell relevante Verfahren, die aus Aktivmaterial, Leitruß, Binder und Wasser eine Paste mischen: einen klassischen Dissolver sowie das Hochdruckverfahren Wet Jet Milling. Beim Dissolver-Mischen rotiert eine gezahnte Scheibe mit hoher Geschwindigkeit in der Paste, auch Slurry genannt, wodurch Scherkräfte entstehen, die die Partikelagglomerate aufbrechen. Das Wet Jet Milling ist ein Hochdruckverfahren, bei dem die Paste mit bis zu 2200 bar durch Mikrodüsen gepresst wird. Es erzeugt intensive Partikelkollisionen und eine besonders effiziente Zerkleinerung.

Die Forschenden charakterisierten die resultierenden Pasten hinsichtlich Partikelgrößenverteilung, Viskosität (Fließverhalten) und Sedimentationsverhalten. Die beschichteten und

kalandrierten Elektroden – also verdichteten Elektrodenschichten – wurden mit Dickenmessungen und Rasterelektronenmikroskopie analysiert. Die elektrochemische Leistungsfähigkeit wurde durch C-Raten-Tests ermittelt. Bei diesen werden Batteriezellen mit unterschiedlichen Lade- und Entladegeschwindigkeiten getestet: 0,1 C = sehr langsames Laden/Entladen, circa 10 h für volle Ladung/Entladung; 1 C = *nominal*, 1 h; 3 C = sehr schnell, 20 min.

#### Signifikante Unterschiede bei Verarbeitungseigenschaften

Die Ergebnisse zeigen deutliche Unterschiede in den Slurry-Eigenschaften: Das Wet Jet Milling reduzierte die mittlere Partikelgröße um 39 Prozent (von 7,91 auf 4,78 Mikrometer) und senkte die Viskosität drastisch – um 96 Prozent bei niedrigen, 80 Prozent bei mittleren und 64 Prozent bei hohen Scherraten. Die feineren Partikel und die niedrigere Viskosität beim Wet Jet Milling ermöglichen es, einen höheren Feststoffgehalt im Vergleich zur Dissolver-Paste zu verarbeiten, was den Energiebedarf für die Trocknung senken kann.

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen zeigten, dass die durch Wet Jet Milling hergestellten Elektroden homogener und dichter gepackt waren. Die Grenzfläche zum Aluminium-Stromkollektor war glatter und geschlossener, was einen besseren Stromfluss und mechanische Stabilität erwarten lässt.

#### Hintergrund: Funktion der LFP-Kathoden in der Batterie

In Lithiumionenbatterien sind die Kathoden die Energiereservoirs für Lithiumionen und bestimmen maßgeblich Spannung, Energiedichte und Lebensdauer der Zelle. Lithium-Eisenphosphat-Kathoden (LFP) speichern die Lithiumionen in einem kristallinen Wirtsgitter und geben sie beim Entladen kontrolliert an die Anode ab, wodurch der Stromfluss für Antriebe, stationäre Speicher oder industrielle Anwendungen bereitgestellt wird.

## Elektrochemische Performance bleibt weitgehend stabil

Trotz der erheblichen Unterschiede in den Verarbeitungseigenschaften unterschied sich die elektrochemische Leistung der Elektroden nur geringfügig. Bei den meisten getesteten C-Raten lagen die Entladekapazitäten – also die Menge an elektrischer Energie, die die Batterie abgeben kann – innerhalb der Messtoleranz. Lediglich bei 1,0 C zeigte die Wet-Jet-Milling-Variante eine um 12,8 Prozent höhere Kapazität (83,8 vs. 73,1 Milliamperestunden pro Gramm). Die Forschenden führen dies auf die größere aktive Oberfläche der kleineren Partikel zurück, die schnellere elektrochemische Reaktionen ermöglicht.

## Energieeinsparung und industrielle Relevanz

Eine Gesamtenergiebilanz für Mischen und Trocknen zeigt den entscheidenden Vorteil: Die Kombination aus Wet Jet Milling und Dissolver-Mischen für die Komplettformulierung benötigte 0,98 Kilowattstunden pro Kilogramm Paste (kWh/kg), gegenüber 1,70 kWh/kg beim reinen Dissolver-Verfahren. Zusammen mit der Trocknungsenergie entspricht dies einer Energieeinsparung von 42 Prozent. Der höhere Feststoffgehalt der Wet-Jet-Milling-Paste reduziert somit die Trocknungszeiten und steigert die Produktionseffizienz.

*Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Optimierung von Produktionsverfahren genauso wichtig ist wie die Materialauswahl, erklärt Studienautorin Leah Jalowy; ihr Autorenkollege Dominik Nemeč ergänzt: Die wasserbasierte Verarbeitung mit CMC-Binder beseitigt toxische Lösungsmittel aus der Produktions-*



**Ansicht der Wet-Jet-Milling-Anlage am Fraunhofer IPA (Bild: Fraunhofer IPA / Foto: Rainer Bez)**

*kette, während optimierte Dispergierv Verfahren Energie sparen und die Produktqualität verbessern – ohne die Batterieperformance wesentlich zu beeinträchtigen.* Die Studie wurde in der Open-Access-Zeitschrift *Applied-Chem* am veröffentlicht und liefert wichtige Erkenntnisse für Batteriehersteller, die nachhaltige Produktionsprozesse etablieren möchten. Während die Untersuchungen im Labormaßstab durchgeführt wurden, legen die Ergebnisse nahe, dass die Vorteile bei industrieller Skalierung noch deutlicher ausfallen. Die Arbeiten für die Studie entstanden innerhalb der Technologieplattform des Dispergierzentrums am Fraunhofer IPA in enger Kooperation mit dem japanischen Maschinenhersteller Sugino. Das Dispergierzentrum bearbeitet und adressiert zusammen mit den

Mitgliedsfirmen, wie der Firma Sugino, aktuelle Themen der Dispersionsforschung branchenübergreifend und zielorientiert.

### Originalpublikation

L. Jalowy, H. Lehmann, P. Rassek, O. Fromm, M. Entenmann, D. Nemeč: Processing Water-Based Lithium Iron Phosphate (LiFePO<sub>4</sub>) Cathodes with CMC Binder: The Impact of Dispersing Methods; *AppliedChem* 2025, 5(4), 33, <https://doi.org/10.3390/appliedchem5040033>

### Kontakt

Dr. rer. nat. Marc Entenmann, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA,  
E-Mail: [marc.entenmann@ipa.fraunhofer.de](mailto:marc.entenmann@ipa.fraunhofer.de)  
Ivica Kolarić, Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA,  
E-Mail: [ivica.kolaric@ipa.fraunhofer.de](mailto:ivica.kolaric@ipa.fraunhofer.de)  
🔗 [www.ipa.fraunhofer.de](http://www.ipa.fraunhofer.de)

**BRW**  
CHEMIE

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

**WIR LEBEN OBERFLÄCHENTECHNIK**

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

## **Großflächige Nanostrukturen mit atomarer Präzision**

Mit herkömmlichen Verfahren können hochpräzise Nanostrukturen auf photonischen Bauteilen derzeit nur bis zu einer Größe von 30 Zentimetern hergestellt werden. Thüringer Forschende arbeiten nun an der Entwicklung einer neuen Maschine, die Nanostrukturen künftig auf bis zu einem Quadratmeter Ausdehnung realisieren kann – und das mit einer Positionierungsgenauigkeit, die kleiner als ein Atom ist. Das Entwicklungsvorhaben zur 3D-Nanolithographie- und Nanomesmaschine wird im Rahmen des DFG-Programms *Neue Geräte für die Forschung* umgesetzt. Die DFG fördert das Projekt mit rund vier Millionen Euro, berichtet das Fraunhofer IOF.

Thüringer Forschende wollen eine neue 3D-Nanolithographie- und Nanomesmaschine (kurz: 3D-NLM-Maschine) entwickeln, die künftig Bearbeitungen und Messungen von photonischen Bauteilen mit Abmessungen von bis zu  $1 \times 1 \times 0,2$  Metern ermöglichen soll. Das ist etwa dreimal so groß, wie es mit bisherigen Verfahren möglich ist. Die dafür erforderliche Entwicklungsarbeit haben Forschende des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF aus Jena sowie des Instituts für Angewandte Physik (IAP) der Friedrich-Schiller-Universität Jena und der Technischen Universität Ilmenau nun im Rahmen eines von der DFG geförderten Projekts aufgenommen.

### **Hochpräzise Nanostrukturierung in neuer Größenordnung**

Dass es Maschinen zur Strukturierung für großflächige Bauteile gibt, ist zunächst nichts ungewöhnliches, sagt Prof. Uwe Zeitner, zuständiger Projektleiter am Fraunhofer IOF. Viele moderne TV-Geräte hätten Displays, in denen Nanotechnologie steckt. Aber die sind lange nicht so genau, wie wir sie an verschiedenen Stellen in der Wissenschaft benötigen. Für wissenschaftliche Anwendungen seien hochpräzise Nanostrukturierungen nötig. Mit herkömmlichen Technologien könnten solche Strukturen mit der erforderlichen Präzision derzeit nur auf photonischen Bauteilen und Komponenten mit einer Größe von bis circa 30 Zentimetern Ausdehnung hergestellt werden. Für viele Felder der Zukunftsforschung – darunter die Fusions- oder auch die Gravitationswellenforschung – brauchen wir deutlich großflächigere optische Bauteile, zum Beispiel nanostrukturierte Hochleistungsspiegel mit einem Meter Durchmesser bei gleichzeitig allerhöchster Präzision in der Lichtreflexion. Diese Präzision ist, neben der Größenskalierung, der Clou der geplanten Maschine: Die Forschenden wollen Zeitner zufolge Nanostrukturen realisieren, die eine Genauigkeit

der Positionierung über diese Fläche von bis zu zwanzig Pikometern ermöglichen. Zum Vergleich: Ein Pikometer entspricht einem Billionstel eines Meters. Ein Pikometer ist damit etwa hundertmal kleiner als der Durchmesser eines Atoms.

Forschungsziele sind nach Aussage von Zeitner Entwicklung und Aufbau einer hochmodernen und weltweit einzigartigen Maschine, mit deren Hilfe in Zukunft neue optische Hochleistungskomponenten an der Grenze des technisch Machbaren hergestellt werden können. *Dafür stellen wir an die neue Maschine diese besonderen Genauigkeitsanforderungen. Wir streben neben der bereits erwähnten Positionsgenauigkeit maximale Strukturierungsabweichung von weniger als zehn Nanometern auf einer dreidimensionalen Fläche im Umfang von einem Quadratmeter an.*

### **Nanolithographie aus Jena, Positionierung und Messtechnik aus Ilmenau**

Um diese enormen geometrischen Abmessungen realisieren zu können, müssen eine ganze Reihe originärer Ansätze zum Einsatz kommen. Diese sind laut Zeitner in dieser komplexen Art weitestgehend einzigartig und bilden die langjährige und umfassende Expertise aller beteiligten Partner ab. Das Fraunhofer IOF sowie das IAP aus Jena bringen in die Entwicklungsarbeit hochentwickelte Verfahren für die 3D-Nanolithographie ein, während die TU Ilmenau ihre Expertise in der extrem genauen Nanopositionier- und Nanomesstechnik beisteuert.

### **Einsatz in der Fusions- und Gravitationswellenforschung**

Besondere Einsatzpotentiale für die neue Maschine liegen in der Herstellung von großflächigen photonischen Komponenten für die Energie- und Fusionsforschung sowie in der Gravitationswellenforschung. In beiden Bereichen setzt das Fraunhofer IOF schon heute vielfältige Arbeiten um: So wurden zum Bei-



**Visualisierung eines photonischen Bauteils mit einer beispielhaften Nanostruktur, hier vergrößert dargestellt durch eine Elektronenmikroskop-Aufnahme** (© Fraunhofer IOF)

spiel für das geplante Einstein-Teleskop, den bisher präzisesten Gravitationswellendetektor, hochempfindliche Sensoren am Institut entwickelt und gefertigt. Für die Laserfusion werden indes hochreflektierende und robuste Beschichtungen erforscht. Dies macht die geplante Maschine und die perspektivische Bereitstellung weiterer photonischer Hochleistungskomponenten für die Thüringer Forschenden besonders anschlussfähig.

### **Maschine soll ab 2032 am Fraunhofer IOF einsatzbereit sein**

In der ersten Projektphase, die auf drei Jahre angelegt ist, soll zunächst ein Gesamtkonzept erarbeitet werden. Auf dessen Grundlage werden wesentliche Teilsysteme entwickelt, aufgebaut sowie der Nachweis über die Erreichung der spezifizierten Parameter erbracht. Die vollständig einsatzbereite Maschine soll in voraussichtlich sechs Jahren am Fraunhofer IOF zur Verfügung stehen.

#### **Kontakt**

Prof. Dr. Uwe Zeitner, Fraunhofer IOF,  
E-Mail: [Uwe.Zeitner@iof.fraunhofer.de](mailto:Uwe.Zeitner@iof.fraunhofer.de)  
➔ [www.iof.fraunhofer.de](http://www.iof.fraunhofer.de)

## ≡ Brems Scheiben aus Edelstahl senken Feinstaubemissionen erheblich und sind besonders lange haltbar

Bislang blieb der Feinstaub aus dem Abrieb von Reifen und Bremsen in der europäischen Abgasgesetzgebung unberücksichtigt. Erst die Euro-7-Norm, die ab Ende 2026 für neu entwickelte (typzugelassene) und ab Ende 2027 für alle neu zugelassenen PKW und Kleintransporter in Kraft tritt, führt verbindliche Grenzwerte ein. Das Ziel: den Ausstoß von Feinstaubpartikeln mit einem Durchmesser von weniger als zehn Mikrometern, die tief in die Atemwege eindringen können, zu begrenzen. Solche Partikel gelten als besonders gesundheitsschädlich. Ein Projektkonsortium mit Beteiligung des Fraunhofer IWU stellt nun eine Brems Scheibe aus Edelstahl vor, die die strengen EU-Vorgaben problemlos erfüllt.

Die umformend hergestellte Brems Scheibe aus Edelstahl hat einen äußerst geringen Verschleiß und eine prognostizierte Lebenserwartung von bis zu 300.000 Kilometer. In einer Radbremse mit einem anorganischen Bremsbelagmaterial reduziert sich der Verschleiß um über 85 Prozent gegenüber der heutigen Standardlösung aus Grauguss-Brems Scheibe und organischem Reibbelag, berichtet das Fraunhofer IWU.

Das Projektteam entschied sich früh für nitrierten Edelstahl, der aufgrund seiner tribologischen und thermischen Eigenschaften besonders geeignet ist. Auch die positiven Erfahrungen mit Edelstahl-Brems Scheiben bei Motorrädern sprechen dafür. Teure Speziallösungen wie Karbon/Keramik kommen nur für besonders hochpreisige Fahrzeuge in Betracht; das Beschichten von Grauguss ist äußerst anspruchsvoll – Methoden des Laserauftragsschweißens sind noch nicht serienreif. Baustahlscheiben wiederum genügen den Anforderungen an die Formstabilität im Temperaturbereich über 650 °C nicht; in diesem Temperaturbereich auftretende Gefügewandlungen können außerdem die Eigenschaften des Stahls verändern.

### Herstellung und Gewichtsvorteile

Das Projektteam fertigte Brems Scheiben mit etwas größerem Durchmesser als bei konventionellen Grauguss Scheiben an, damit ausreichend Fläche für die geforderte Verzögerungsleistung (Bremsleistung) gewährleistet ist. Im Gegenzug darf die Dicke einer Edelstahl-Brems Scheibe geringer ausfallen. Da das Ausgangsmaterial für das Werkstück zunächst in quadratischem Format vorliegt, fallen Zuschnittreste an, die jedoch wieder eingeschmolzen werden können. Je nach Fahrzeug sind vier Brems Scheiben aus Edelstahl gegenüber Graugusslösungen um bis zu fünf Kilogramm leichter. Das geringere Gewicht senkt nicht nur den Energieverbrauch des Fahrzeugs, sondern reduziert auch die

ungefederten Massen. Dadurch können Federn und Dämpfer effizienter arbeiten, was die Vertikaldynamik und damit das Fahrverhalten insgesamt verbessert.

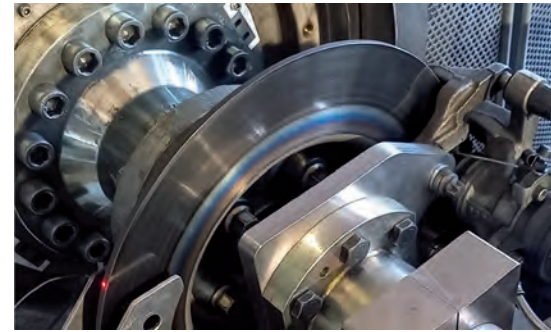
### Option einer Lebensdauerbremse, positive Kostenbilanz

Die Herstellkosten für Grauguss-Brems Scheiben erscheinen nur so lange niedrig, wie keine gesetzlichen Vorgaben für die durch Bremsabrieb entstehenden Feinstaubemissionen bestehen. Mit dem Einsatz der Euro-7-Norm sind bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen bis 3,5 Tonnen Gesamtmasse jedoch nur noch 3 mg/km für batterieelektrische Fahrzeuge und 7 mg/km für alle anderen Antriebsarten zulässig. Hier muss eine konventionelle Radbremse meist *passen*, auch in Kombination mit hochwertigen Bremsbelägen – solche Werte kann sie nicht erreichen. Aber auch ohne regulatorische Vorgaben der Euro-7-Norm fällt ihre Gesamtkostenbilanz, bezogen auf ein Fahrzeugleben von bis zu 300.000 Kilometer, ungünstig aus. Ist die Verschleißgrenze erreicht, muss sie (oft zusammen mit den Bremsbelägen) getauscht werden, wobei die Arbeitskosten häufig den größten Kostenanteil ausmachen.

Ein Austausch kann schon nach weniger als 40.000 Kilometer Laufleistung fällig werden, wenn ihr lange Fahrzeugstandzeiten und Streusalz (Korrosion), Kurzstreckenverkehr oder eine sportliche Fahrweise (vermehrter Abrieb, Riefenbildung) zugesetzt haben.

### Erste Tests erfolgreich bestanden

Die vom Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU gemeinsam mit der Professur Fahrzeugsystemdesign der TU Chemnitz, der ElingKlinger AG und der ANDRITZ AWEBA GmbH entwickelte Edelstahl-Brems Scheibe wurde bereits erfolgreich am Schwungmassenprüfstand der TU Chemnitz getestet. Die Brems Scheibe bestand den Test nach SAE J2522 (AK-Mas-



**Brems Scheibe aus Edelstahl im Fading-Test: auch nach 15 Bremsungen keine nachlassende Verzögerung** (© TU Chemnitz)

ter) erfolgreich. Über den Test zeigte sich ein sehr gutes tribologisches Verhalten. Das System, bestehend aus Edelstahl-Brems Scheibe und anorganischem Reibmaterial, wies einen um circa 85 Prozent geringeren Verschleiß im Vergleich zu derzeit am Markt verfügbaren Lösungen auf.

### Die Projektpartner

Der Automobilzulieferer ElingKlinger AG brachte im Projekt *Ufo-Brems* sein Prozess-Know-how beim Beschichten und sein Materialwissen in der Metallverarbeitung ein. Die ANDRITZ AWEBA GmbH gehört zu den Komplettanbietern im Werkzeugbereich der Palette von Umform-, Schneid- und Druckgießwerkzeugen von der Entwicklung bis zur Serienreife. Die Professur Fahrzeugsystemdesign an der TU Chemnitz stellte ihre Testinfrastruktur zur Verfügung und übernahm die Auslegung der Brems Scheibe. Das Fraunhofer IWU hat seine Wurzeln nicht zuletzt in der Umformtechnik und führte begleitend die FE-Simulation und die experimentelle Umsetzung der Umformstufen für die Brems Scheibe durch. Das Projekt *Ufo-Brems* wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert und vom Projektträger Jülich koordiniert.

➔ [www.iwu.fraunhofer.de](http://www.iwu.fraunhofer.de)

## PaintExpo: Weltweiter, unverzichtbarer Treffpunkt für industrielle Lackiertechnik

Die Weltleitmesse setzt ein starkes Zeichen mit globaler Reichweite und Innovationskraft in einem anspruchsvollen Marktumfeld

Konkrete Projekte, lebhafte Gespräche, spürbare Energie – die PaintExpo präsentierte sich 2026 von ihrer dynamischsten Seite. In den Hallen wurde intensiv diskutiert, neue Kontakte wurden geknüpft und Geschäfte angebahnt, getragen von einer hohen Besucherfrequenz sowie einem internationalen Fachpublikum. Und das vielleicht Überraschendste: Mitten in einer herausfordernden Wirtschaftslage dominierte ein klarer Optimismus, gepaart mit dem festen Willen, die nächsten Schritte aktiv anzugehen. *Trotz Streik im Flugverkehr und schwieriger wirtschaftlicher Rahmenbedingungen war die PaintExpo 2026 ein voller Erfolg*, erklärt Markus Geisenberger, Geschäftsführer der Leipziger Messe. Es habe sich erneut gezeigt, dass die Weltleitmesse der industriellen Lackiertechnik der wichtigste Impulsgeber und eine unverzichtbare Plattform für die Branche ist.

Mit 10.200 Besuchern aus 68 Ländern und 425 Ausstellern aus 30 Ländern zeigt sich, dass die Messe auch in der zehnten Ausgabe sehr hohe Akzeptanz genießt und die Besucher aus aller Welt anzieht. Fast 45 Prozent der Gäste nehmen an keiner anderen Messe teil. *Ich bin sehr zufrieden mit dem großen Publikumsinteresse auf der PaintExpo 2026. Unser Stand ist - wie schon in den vergangenen Jahren - durchgehend hervorragend besucht, und wir führen viele zielgerichtete Gespräche auf hohem Niveau*, erklärt Michael Müller, CEO der WAGNER-Unternehmensgruppe. Ihn begeistert besonders der hohe internationale Anteil der Besucher.

Die PaintExpo hat ihren internationalen Stellenwert einmal mehr ausgebaut: Der Anteil ausländischer Aussteller stieg von 48 auf 52 Prozent, was sich auch auf die Besucherstruktur auswirkte. Fast 40 Prozent der Besucher reiste aus dem Ausland an und machte die Messe zu einem globalen Treffpunkt der Branche. Fachbesucher aus 68 Ländern nutzen die Plattform, um sich bei Unternehmen aus 30 verschiedenen Ländern zu informieren, internationale Geschäftskontakte zu knüpfen und neue Märkte zu erschließen. Diese starke internationale Präsenz fördert den grenzüberschreitenden Austausch von

Know-how und Innovationen. Das bestätigt auch Thomas Querfurth, Vertriebskoordinator für Deutschland bei HangOn: *Es gibt einfach keinen anderen Spot, auf dem man in drei Messehallen zusammenkommt und innerhalb weniger Tage alle erforderlichen Gewerke trifft und sich über die neueste Technik austauschen kann*. Und das betreffe Firmen aus Ländern von Japan bis USA.

### Innovationen prägen die Branche

Im Fokus der diesjährigen Veranstaltung standen insbesondere nachhaltige, energieeffiziente und digitalisierte Lackierprozesse in den Bereichen Pulverbeschichtung, Nasslack, Tauchlackierung und Galvanotechnik. Auch Automatisierung und der Einsatz von Künstlicher Intelligenz bestimmten das Messegeschehen und spiegelten die aktuellen Anforderungen der Industrie wider, die Prozesse für Anwender zu vereinfachen, Standards neu zu definieren oder die Flexibilität zu erhöhen. Zahlreiche Welt- und Messepremierer demonstrierten, wie Unternehmen ihre Prozesse wirtschaftlicher und zugleich umweltfreundlicher gestalten können. *Insbesondere der persönliche Austausch ist uns wichtig und nicht durch digitale Formate ersetzbar, weil nur im individuellen Gespräch unsere Technologien, Lösungen und Leistungen sichtbar und anfassbar gemacht werden können*, sagt Matthias Haarer, Geschäftsführer bei Eisenmann. Aber auch als Trendbarometer sei die PaintExpo für Eisenmann relevant. *Hier sehen wir, welche zukünftigen Anwendungsfelder erschlossen werden können*.

### Plattform für Austausch und Geschäftsanhahnung

Die PaintExpo 2026 überzeugte nicht nur durch ihr umfassendes Produkt- und Lösungsangebot, sondern auch als Kommunikations- und Businessplattform für Entscheider und Geschäftsführer – schließlich zählen zwei von drei Besuchern zu den Top-Entscheidern in ihrem Unternehmen. Intensive Fachgespräche, konkrete Projektanbahnungen und ein reger Austausch zwischen Anbietern und Anwendern prägten das Messegeschehen –



(Bild: Leipziger Messe GmbH / Tom Schulze)

ein zentraler Erfolgsfaktor, der bereits in den vergangenen Veranstaltungen zu einer hohen Zufriedenheit bei Ausstellern und Besuchern geführt hat. 89 Prozent der Aussteller geben an, die gesetzten Ziele für ihre Teilnahme an der PaintExpo erreicht zu haben. *Die PaintExpo schafft es einfach, die komplette Branche nach Karlsruhe zu holen und eine allumfassende Schau der Oberflächentechnik darzubieten*, sagt Thomas Weidmann, Geschäftsführer der Krautzberger GmbH. Die PaintExpo sei für Krautzberger die wichtigste Messe, die es gebe.

### Nachwuchsförderung im Fokus

Am letzten Messetag setzte die PaintExpo mit dem Career Day auch einen Schwerpunkt auf die Förderung junger Talente. Studierende und Absolventen erhielten gezielte Einblicke in die industrielle Lackiertechnik und konnten direkt mit Unternehmen in Kontakt treten. Ein kompaktes Programm aus Vorträgen, Messerundgängen und Networking bot praxisnahe Orientierung zu Einstiegsmöglichkeiten und Karrierewegen. Damit stärkt die PaintExpo ihre Rolle als Plattform zur Vernetzung von Fachkräften und Industrie. Der Blick richtet sich bereits auf die nächste Veranstaltung: Die kommende PaintExpo findet vom 25. bis 28. April 2028 statt und stößt schon jetzt auf Interesse. Zahlreiche Aussteller nutzten bereits während der laufenden Messe die Möglichkeit des Rebookings, um sich frühzeitig ihre Wunschplatzierung zu sichern.

➔ [www.paintexpo.de](http://www.paintexpo.de)

## Nachhaltige Lösung für gängige Elektronikanwendungen

Lösungsmittelfrei, UL 94 V-0-zertifiziert und kosteneffizient: Henkel erweitert mit Loctite Stycast UV 7998 sein Portfolio an Conformal Coatings

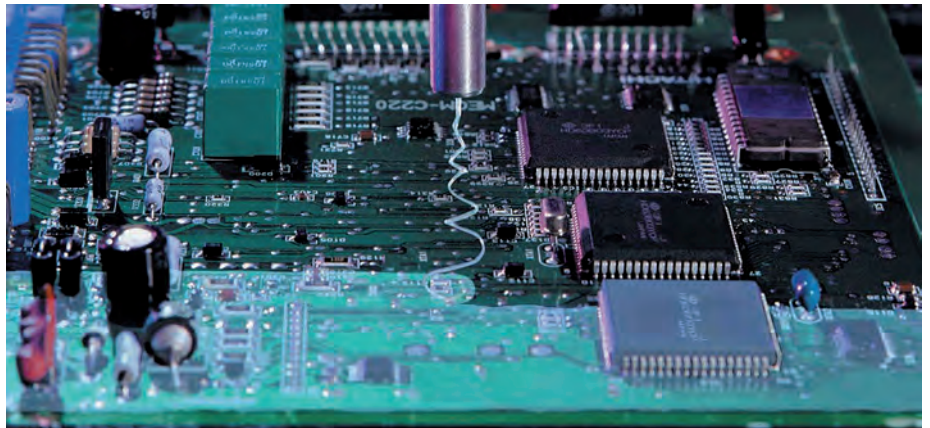
Mit der Markteinführung von Loctite Stycast UV 7998 ergänzt Henkel sein mehrfach ausgezeichnetes Portfolio an Beschichtungen für Leiterplatten, den sogenannten Conformal Coatings, mit einer neuen Formulierung. Dank der UL 94 V-0-Zertifizierung und der Ausrichtung auf Nachhaltigkeit und Kosteneffizienz erfüllt das neue Material den Marktbedarf nach einem leistungsstarken Elektronikschutz mit attraktivem Preis-Leistungs-Verhältnis. Das Material eignet sich nach Mitteilung von Henkel für zahlreiche Anwendungen, darunter Haushaltsgeräte, Beleuchtung, Unterhaltungselektronik und Automotive.

Conformal Coatings sind dünne polymere Beschichtungen, die auf Leiterplatten und Komponenten aufgebracht werden. Sie bieten Elektronikanwendungen Schutz vor Feuchtigkeit, Staub, Chemikalien oder anderen Umgebungsbedingungen, die Leistung und Lebensdauer beeinflussen können. Loctite Stycast UV 7998 bietet diesen essenziellen Schutz und senkt gleichzeitig Kosten sowie Gesundheits-, Sicherheits- und Umweltbelastungen dank seiner lösungsmittelfreien Zusammensetzung.

Die Anforderungen an Energieeffizienz, Serienproduktion, Arbeitssicherheit, Kosten und Leistung zu erfüllen und gleichzeitig anspruchsvolle Zertifizierungsstandards einzuhalten, ist nach Aussage von Oliver Steinbach, Global Innovation Project Manager bei Henkel, eine enorme Herausforderung. *Unser Ziel war es, eine neue Generation an Conformal Coatings zu entwickeln, die erstklassige Performance liefert, höchste Nachhaltigkeitskriterien erfüllt und die Prozesseffizienz optimiert.* Loctite Stycast UV 7998 erreicht ihm zufolge genau diese Ziele und bietet dem Elektronikmarkt eine Schutzbeschichtung, die Vertrauen schafft und Henkels zweckorientierten Innovationsansatz unterstreicht.

Loctite Stycast UV 7998 lässt sich leicht auftragen, bietet eine selbstnivellierende Verteilung über die gesamte Leiterplattenbaugruppe, ausgezeichnete Benetzung und eine gleichmäßige Beschichtung ohne Luft einschließen. Die Aushärtung erfolgt innerhalb von Sekunden mit energieeffizientem UV-Licht, gefolgt von einer sekundären Feuchtigkeitsaushärtung. Danach ist die Leiterplatte zuverlässig gegen Umwelteinflüsse und Verunreinigungen geschützt.

Durch seinen starken Nachhaltigkeitsfokus kann Loctite Stycast UV 7998 Elektronikher-



Conformal Coatings werden auf Leiterplatten und Bauteilen aufgebracht, um sie vor Feuchtigkeit, Staub, Chemikalien und anderen Umwelteinflüssen zu schützen (Bild: Henkel)

stellern ermöglichen, ihre CO<sub>2</sub>-Emissionen um bis zu 40 Prozent zu reduzieren (verglichen mit lösungsmittelhaltigen Formulierungen), die Arbeitssicherheit zu verbessern und erhebliche Kostenvorteile zu realisieren. Im Vergleich zu lösungsmittelbasierten Conformal Coatings wird bis zu viermal weniger Sprühvolumen benötigt, um eine vergleichbare Schichtdicke zu erzielen. Zusätzlich zur Eliminierung flüchtiger organischer Verbindungen ist das Material zinnfrei, halogenfrei, BPA-frei sowie RoHS- und REACH-konform.

Steinbach betont zudem, dass die Leistungsfähigkeit des Materials bereits erfolgreich im Markt bestätigt wurde: *Im Bereich Haushaltsgeräte, in dem Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Garantiesicherheit entscheidend sind, erzielen wir bereits hervorragende Anwendungsergebnisse.* Dieses Produkt sei als massentaugliche Lösung für die gängigen Elektronikanwendungen entwickelt worden – als Ergänzung unseres bestehenden Portfolios und zur Schließung einer bisher unbesetzten Lücke. Die frühe Marktakzeptanz zei-

ge: Loctite Stycast UV 7998 treffe genau den Bedarf.

### Über Henkel

Mit seinen Marken, Innovationen und Technologien hält Henkel weltweit führende Marktpositionen im Industrie- und Konsumentengeschäft. Mit dem Unternehmensbereich Adhesive Technologies ist Henkel nach eigenen Angaben globaler Marktführer bei Klebstoffen, Dichtstoffen und Beschichtungen. Mit Consumer Brands ist das Unternehmen insbesondere mit Wasch- und Reinigungsmitteln sowie im Bereich Haare weltweit in vielen Märkten und Kategorien führend.

Die drei größten Marken des Unternehmens sind Loctite, Persil und Schwarzkopf. Im Geschäftsjahr 2024 erzielte Henkel eigenen Angaben zufolge einen Umsatz von rund 21,6 Milliarden Euro und ein bereinigtes betriebliches Ergebnis von rund 3,1 Milliarden Euro. Henkel beschäftigt heute weltweit rund 47 000 Mitarbeitende.

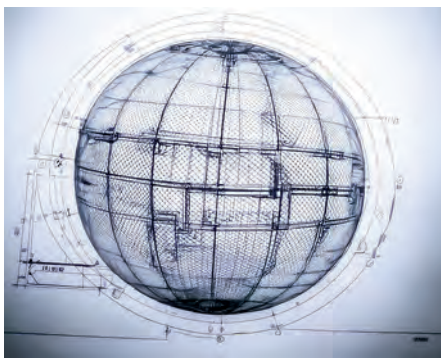
➔ [www.henkel.de](http://www.henkel.de)

## **Vom Zahnimplantat bis zur Turbinenschaufel: warum die Pulverqualität entscheidend ist**

Was macht ein gutes Pulver aus? Neues Deloro-Whitepaper gibt die Antwort

**Vom 3D-gedruckten Zahnimplantat bis zur verschleißgeschützten Turbinenschaufel – metallische Pulver sind der Grundstein zu moderner Fertigung. Das neue Whitepaper von Deloro gibt praxisnahe Einblicke und zeigt, warum Partikelmorphologie, chemische Reinheit und Beratungskompetenz über Erfolg oder Misserfolg entscheiden.**

Metallische Pulver in verschiedenen Spezifikationen und Güten sind Bestandteil der strategischen Ausgestaltung des Werkstoffportfolios für zukunftsfähige Technologien. Denn unabhängig davon, ob es im 3D-Druck Schicht für Schicht zum Bauteil wird oder metallische Oberflächen im Beschichtungsverfahren schützt – ihre Qualität bestimmt, wie zuverlässig, belastbar und langlebig das Endprodukt schließlich ist. Deloro Wear Solutions liefert seit Jahrzehnten nicht nur passende Pulver wie Nickel- und Kobaltbasislegierungen, medizinisch bewährte CoCr-Werkstoffe oder – neu im Portfolio – hochfeste Eisenbasislegierungen mit Vanadiumzusatz. Entscheidend ist hier vor allem das umfassende Know-how, das Deloro mit seinen Kunden teilt: vom Legierungsdesign über die Prozessberatung bis zur Qualitätssicherung. Das neue Whitepaper des Experten für metallische Verschleißschutzlösungen stellt zentrale Qualitätskriterien wie Partikelverteilung, Morphologie, Schüttdichte und Sauerstoffgehalt in den Fokus und macht deutlich: Nur durch präzise Kontrolle dieser Parameter entstehen Pulver, die in sensiblen Anwendungsfeldern wie Medizin oder Luftfahrt zuverlässig funktionieren. *Pulver ist nicht gleich*



**Von der Partikelmorphologie bis zur Prozessberatung: Deloro verbindet Legierungsdesign und Qualitätsprüfung zu einem ganzheitlichen Ansatz für industrielle Pulverlösungen**  
(Bild: Deloro)

*Pulver. Die Qualität beeinflusst direkt die Performance des Endprodukts, betont Jasmin Lang, Director Welding Solutions bei Deloro. Welche Prüfverfahren notwendig sind und wie man Pulverlösungen individuell auf Prozesse und Anwendungen zuschneidet, zeigt das neue Whitepaper Vom Labor zum Bauteil: Metallpulver im industriellen Einsatz von Deloro.*

### **Additive Fertigung: hohe Anforderungen an die Pulverqualität**

Vor allem in der additiven Fertigung zeigt sich, wie entscheidend die Qualität des eingesetzten Pulvers ist. Verfahren wie die Laser Powder Bed Fusion (LPBF) oder das Elektronenstrahlschmelzen (EBM) stellen hohe Anforderungen an Partikelgröße, Morphologie und chemische Zusammensetzung. Bereits geringe Abweichungen können sich negativ auf die Bauteilqualität auswirken. Deloro setzt daher auf gezielte Partikelherstellung mittels Gasverdüsung, die gleichmäßige Korngrößenverteilungen, gute Fließfähigkeit und niedrige Sauerstoffgehalte sicherstellt. Ergänzt wird dies durch umfassende Analytik und Qualitätsprüfungen – von der optischen Partikelvermessung über chemische Analysen bis hin zur Schüttdichtebestimmung. *So entstehen Pulverlösungen, die sich exakt, zuverlässig und reproduzierbar über viele Chargen hinweg auf die Anforderungen der additiven Prozesse unserer Kunden abstimmen lassen*, erklärt Dr.-Ing. Horst Hill, Head of R&D Materials bei Deloro.

Das Whitepaper steht auf der Website von Deloro Wear Solutions unter <https://deloro.com/metallpulver-die-wirklichen-treiber-industrieller-innovation/> zum Download bereit.

### **Über Deloro Wear Solutions GmbH**

*At the core of every critical process* – dafür steht die Deloro Wear Solutions GmbH. Das Unternehmen ist nach eigenen Angaben einer der weltweit führenden Anbieter für me-



**Metallische Pulver in verschiedenen Spezifikationen und Güten bilden den Grundstein moderner Fertigung**  
(Bild: Deloro)

metallische Verschleißschutzlösungen. Deloro Wear Solutions mit mehr als 300 Mitarbeitenden ist seit 1972 in Koblenz ansässig und gemeinsam mit zwei weiteren Standorten in Italien, Bellusco und Mailand, Teil der Deloro-Gruppe. Die eigens von Deloro gefertigten Legierungen, wie zum Beispiel Stellite®, setzen in zahlreichen Industrien den Standard für verschleißfeste Bauteile und Beschichtungen. Dabei kann sich das Unternehmen auf eine über 100 Jahre geformte Expertise in Metallurgie und Prozesstechnologie berufen. Der One-Stop-Shop-Lieferant bietet durch Guss- und Schweißtechnologien kundenspezifische Lösungen für kritische Oberflächen an, die mechanischem, korrosivem oder hitzebedingtem Verschleiß ausgesetzt sind. Von der Legierungsentwicklung bis zur mechanischen Endbearbeitung deckt das Unternehmen den gesamten Prozess der Komponentenfertigung ab. Mit zusätzlicher Expertise im Maschinenbau, entwickelt Deloro Wear Solutions von der Planung bis zur Inbetriebnahme maßgeschneiderte Anlagensysteme zum Auftragsschweißen. Ergänzt wird das Portfolio durch verschleißbeständige Metallpulver und Schweißzusatzwerkstoffe. Die Werkstoffexpertise und das breitgefächerte Prozess-Knowhow machen Deloro zu einem Hidden Champion in Sachen Fertigungstechnik.

➔ [www.deloro.com](http://www.deloro.com)

## Hochleistungskeramik dank verbesserter Korngrenzflächen

**Keramische Materialien sind wahre Alleskönner und kommen in zahlreichen Bereichen zum Einsatz, sei es in der Medizin, im Maschinenbau oder in der Elektronik. Um sie weiter zu verbessern und ihre Eigenschaften gezielt zu steuern, schauen sich Empa-Forschende nicht nur die Ausgangsmaterialien und die Herstellungsprozesse genau an, sondern auch ihre mikroskopische Struktur. In einem SNF-Forschungsprojekt untersuchen sie die sogenannten Korngrenzen.**

Wer schon einmal getöpft hat, kennt den Prozess. Man nehme Ton oder Lehm – eine Mischung aus feinsten mineralischen Partikeln mit Wasser – und forme es zu einem noch rohen Grünkörper. Der Grünkörper wird getrocknet und dann bei hohen Temperaturen gebrannt. Was noch formbar und brüchig in den Ofen ging, kommt hart und widerstandsfähig heraus. Man erhält eine Keramik. Ähnliche Prozessschritte, wie Künstler und Handwerkerinnen für Töpfe und Geschirr anwenden, kommen auch bei der Herstellung von technischer Keramik zum Einsatz. Auch hier wird ein Grünkörper aus feinen Partikeln – den Körnern – geformt. Wird der Grünkörper gebrannt, in der Fachsprache gesintert, fügen sich die Körner zu einem durchgehenden Material zusammen.

Steht bei der Alltagskeramik die Ästhetik im Vordergrund, dreht sich bei der technischen Keramik alles um die Materialeigenschaften. Jeder Prozessschritt wird präzise kontrolliert. Unterschiedliche Ausgangsmaterialien, Korngrößen und Sinterprozesse ermöglichen es Materialforschenden, maßgeschneiderte Hochleistungskeramiken für alle möglichen Anwendungen vom Maschinenbau bis hin zur Medizin zu entwickeln. *Es ist bereits gut verstanden, wie sich die Größe und Dichte der Körner und die Art des Sinterverfahrens auf die Materialeigenschaften auswirken*, sagt Empa-Forscher Michael Stuer, Gruppenleiter im Labor für Hochleistungskeramik. In einem vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) unterstützten Projekt richten Stuer und sein Team ihren Blick deshalb nicht auf die Körner, sondern dazwischen, auf die sogenannten Korngrenzen.

Obschon die einzelnen Körner in der gesinterten Keramik sich nicht mehr voneinander trennen lassen, bleiben sie im Material bestehen: mikroskopische kristalline *Stückchen*, die dicht aneinander liegen. Überall, wo zwei Körner aufeinandertreffen, entsteht eine Grenzfläche. Da sich die Korngrenzen physikalisch und chemisch von den Körnern selbst unterscheiden, sind sie für die Materialwissen-

schaft besonders interessant. Sie können etwa Defekte begünstigen oder aber wünschenswerte Eigenschaften hervorbringen.

### Unbegrenzte Möglichkeiten

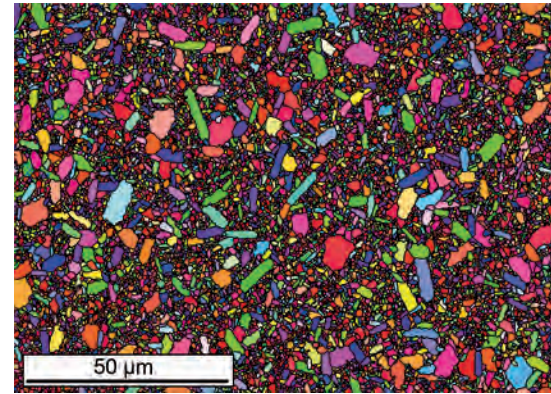
Die Erforschung der Korngrenzen in polykristalliner Keramik ist eine noch junge Disziplin. Mit Größen im Nanometerbereich und umschlossen von den eigentlichen Körnern, lassen sie sich nur schwer vermessen und charakterisieren. Früher habe man Bikristalle hergestellt und untersucht, also nur zwei Körner aneinander, erklärt Stuer. *Wir wollen nun schauen, inwiefern sich die Erkenntnisse aus diesen Grundlagenstudien auf polykristalline Materialien anwenden lassen, wie sie in der echten Welt zum Einsatz kommen.*



**Die Empa-Forschenden Annalena Erlacher und Michael Stuer wollen die Mikrostruktur von Keramiken gezielt beeinflussen (Bild: Empa)**

Das Forschungsprojekt ist ambitioniert. Allein schon die Geometrie der Korngrenzen ist komplex: Je nachdem, wie die Körner räumlich zueinanderstehen, entstehen unterschiedliche Arten von Grenzflächen. Zudem können Korngrenzen diverse chemische und strukturelle Beschaffenheiten haben. *Es gibt nahezu unbegrenzte Möglichkeiten*, sagt Empa-Forscherin Annalena Erlacher.

Um in diese Vielfalt eine systematische Ordnung reinzubringen, arbeitet sie mit Aluminiumoxid. Keramiken auf der Basis dieses Minerals sind sehr verbreitet und äußerst gut



**Jede Farbe in dieser mittels Elektronenrückstreuung erstellten Abbildung entspricht einer anderen Ausrichtung des Korns (Bild: Empa)**

untersucht. Das erlaubt den Forschenden, sich auf die noch wenig bekannten Einflüsse der Korngrenzflächen zu fokussieren. In Zukunft können ihre Erkenntnisse auch auf andere Keramiken übertragen werden. *Wir wollen eine Korngrenzentechnik entwickeln: Ein Werkzeug, mit dem man die Materialeigenschaften der Keramik steuern kann*, sagt Stuer. Zu diesem Zweck untersucht Annalena Erlacher zunächst, wie sich eine gezielte Dotierung mit Seltenen Erden auf die Korngrenzen auswirkt. Danach will sie unterschiedliche Partikelgrößen unter die Lupe nehmen sowie den Einfluss von Druck beim Sintern besser verstehen. Außerdem wollen die Empa-Forschenden Kollaborationen auf dem jungen Gebiet aufbauen, um der technischen Keramik mit der Korngrenzentechnik zu neuen Höhen zu verhelfen. *Durch eine gezielte Manipulation der Korngrenzen könnte man etwa die mechanischen und die optischen Eigenschaften von Keramik kontrollieren*, so Stuer. Allein mit dem Aluminiumoxid wären damit neue oder verbesserte Anwendungen in der Optik, der Mikroelektronik und der Medizin möglich. Anna Ettl

www.empa.ch

## Preisverleihung *Die Oberfläche* 2026 in Stuttgart

### Laser statt Chemie, Rezyklate statt Neumaterial, Silber statt Gold



Am 5. Mai 2026 hat das Fraunhofer IPA auf der SurfaceTechnology Germany in Stuttgart den Stuttgarter Oberflächentechnik-Preis *Die Oberfläche* 2026 zum zehnten Mal verliehen. Die Jury würdigte Lösungen, die chemische Reinigungsprozesse ersetzen, Rezyklate in die Galvanik bringen und Gold in der Leistungselektronik überflüssig machen.

#### **LAMA: Laser ersetzt chemische Vorbehandlung**

Den ersten Preis erhielt die SLCR Lasertechnik GmbH gemeinsam mit der Dörken Coatings GmbH & Co. KG für die Entwicklung von LAMA – einem laserbasierten System zur Reinigung von metallischem Massenschüttgut wie Schrauben, Muttern oder Clips in einem einzigen Prozessschritt. Das System bereitet die Zinklamellenbeschichtung im Dip-Spin-Verfahren oder für galvanische Prozesse vor. Öle, Fette und Oxidschichten werden dabei energieeffizient im Schüttgutverfahren entfernt.

LAMA ersetzt den bislang üblichen kombinierten Einsatz aus chemischer Reinigung und mechanischem Strahlen vielfach vollständig. Die Reduktion auf einen einzigen Prozessschritt senkt Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich und vereinfacht die Prozesskette erheblich. Die Jury überzeugte insbesondere die Kombination aus Umweltfreundlichkeit, Prozessvereinfachung und wirtschaftlicher Skalierbarkeit.

#### **Remap: Rezyklate auf Neuwaren-Niveau**

Der zweite Preis ging an die BIA Kunststoff- und Galvanotechnik GmbH & Co. KG für das

Remap-Konzept. Das Verfahren ermöglicht erstmals die Herstellung hochwertiger Class-A-Hochglanzoberflächen aus Kunststoffrezyklaten in der dekorativen Galvanotechnik. Ein mehrstufiges, rein mechanisches Recyclingverfahren stellt hohe Sortenreinheit und reproduzierbare Materialeigenschaften sicher. Galvanisierte Ausschussteile werden in Kunststoff- und Metallfraktionen getrennt, der Kunststoff als galvanisierbares ABS-Rezyklat wieder in den Produktionsprozess integriert. Das Material erreicht Neuwaren-Niveau und kann je nach Anwendung zu 30 bis 100 Prozent eingesetzt werden. Post Industrial Rezyklate lassen sich vollständig im Kreislauf führen, bei rund 30 Prozent geringerem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Das serienfähige System ist ohne grundlegende Prozessänderungen integrierbar.

#### **AgTherm: Silber statt Gold**

Den dritten Preis erhielt die Enayati Oberflächentechnik GmbH für das AgTherm-Hochtemperatur-Silberschichtsystem. Die Technologie ermöglicht stabile, niederohmige elektrische Kontakte bei Dauertemperaturen von mehr als 200 °C und ersetzt damit erstmals Gold als Kontaktmaterial in der Leistungselektronik.

In externen Langzeituntersuchungen eines führenden Automobil OEMs erfüllte ausschließlich AgTherm alle Anforderungen. Neben neuen Einsatzmöglichkeiten in Leistungselektronik, E-Mobility und Energietechnik erlaubt das System erhebliche Kostenvorteile sowie eine deutliche Reduktion des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks. Die Fachjury würdigte mit AgTherm eine Innovation, die gleich mehrere Aspekte vereint: einen klaren Innovationsprung gegenüber dem Stand der Technik, wirtschaftliche Skalierbarkeit und einen messbaren Beitrag zur Ressourceneffizienz in der Oberflächentechnik.

#### **Oberflächentechnikpreis als offene Plattform**

Der Stuttgarter Oberflächentechnik-Preis *Die Oberfläche* wird alle zwei Jahre auf der SurfaceTechnology Germany in Stuttgart vergeben. Das Fraunhofer IPA zeichnet damit

Innovationen aus, die Maßstäbe in der Oberflächentechnik setzen und industrielle Machbarkeit mit Nachhaltigkeit verbinden. Der Preis versteht sich als offene Plattform für alle, die den Stand der Technik weiterentwickeln – unabhängig von Unternehmensgröße, Branche oder Technologiefeld. Die nächste Bewerbungsrunde für *Die Oberfläche* 2028 startet voraussichtlich im Herbst 2027.



#### **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 Geschäftssegment Ressourcen-  
effiziente Materialien und Prozesse,  
Dr. Oliver Tiedje, Geschäftsbereichsleiter,  
Fraunhofer IPA, Stuttgart

➔ [www.ipa.fraunhofer.de/loesungen/  
beschichtungen-und-  
multifunktionale-materialien.html](http://www.ipa.fraunhofer.de/loesungen/beschichtungen-und-multifunktionale-materialien.html)

# Neue Wege in der Laserpulsabscheidung mit GHz-Burstpulsen – Perspektiven für materialübergreifende Beschichtungen komplexer Bauteile

Von Daniel Metzner, Philipp Rebentrost, Eric Syrbe, Steffen Weißmantel; Hochschule Mittweida, Laserinstitut Hochschule Mittweida, Fachgebiet für Laserpulsabscheidung dünner Schichten und Lasermikrostrukturierung

Die Laserpulsabscheidung (Pulsed Laser Deposition, PLD) ist ein etabliertes Verfahren zur Herstellung funktionaler Dünnschichten mit hoher Stöchiometrie und Materialvielfalt. Klassische PLD-Prozesse sind jedoch durch die gerichtete Ausbreitung der abgetragenen Teilchen eingeschränkt, was insbesondere die Beschichtung komplexer Geometrien und Innenflächen erschwert. Verbesserung bietet ein neuartiger Ansatz zur Laserpulsabscheidung unter Verwendung von GHz-Pulsen. Durch die Nutzung von Pulspaketen mit sehr hohen Pulswiederholraten innerhalb eines Bursts ergeben sich veränderte Plasma- und Wechselwirkungsprozesse, die zu einer signifikant modifizierten Abscheidcharakteristik führen. Die experimentellen Untersuchungen zeigen, dass sich die Materialverteilung deutlich von klassischen  $\cos^n$ -Verteilungen unterscheidet und neue Abscheidenszenarien ermöglicht. Neben dem grundlegenden Machbarkeitsnachweis für Kohlenstoffsysteme wird die Übertragbarkeit des Verfahrens auf verschiedene Materialkombinationen demonstriert. Damit eröffnet die Nutzung von GHz-Burstpulsen in der Laserpulsabscheidung neue Perspektiven für die Beschichtung von komplexen Bauteilen und erweitert das Anwendungsspektrum des Verfahrens deutlich.

## 1 Einleitung

Die Herstellung funktionaler Dünnschichten ist ein zentraler Bestandteil moderner Technologien und findet Anwendung in Bereichen wie Optik, Mikroelektronik, Energietechnik und Verschleißschutz [1-5]. Ein etabliertes Verfahren zur Abscheidung solcher Schichten ist die Laserpulsabscheidung (Pulsed Laser Deposition, PLD), die sich insbesondere durch die nahezu stöchiometrische Übertragung komplexer Materialzusammensetzungen vom Target auf das Substrat auszeichnet [1, 2, 5]. Beim klassischen PLD wird ein Festkörper-Target in einer Vakuumkammer durch kurze Laserpulse, typischerweise im Nanosekundenbereich und häufig im ultravioletten Spektralbereich, bestrahlt. Die Laserstrahlung wird dabei meist unter einem Einfallswinkel von etwa 45° auf die Targetoberfläche fokussiert. Durch die hohe Energiedichte kommt es zu einem lokalen Materialabtrag, bei dem ein Plasma entsteht, das aus ionisierten, atomaren und molekularen Spezies besteht. Diese schichtbildenden Teilchen expandieren in Richtung eines gegenüber dem Target angeordneten Substrats, auf dem die Schicht abgeschieden wird (Abb. 1, links). Die Ausbreitung der abgetragenen Teilchen erfolgt dabei bevorzugt entlang der Targetnormalen und führt zu einer gerichteten Materialverteilung, die typischerweise durch eine  $\cos^n$ -Charakteristik beschrieben wird [4]. Neben dieser geometrischen Einschränkung ist auch die Bildung von Partikulaten, also

mikroskopischen Materialfragmenten, die als Verunreinigungen in die Schicht eingebaut werden können, eine bekannte Herausforderung der Laserpulsabscheidung. Verschiedene Ansätze zur Reduzierung dieser Partikulate wurden entwickelt, führen jedoch in der Regel nicht zu einer grundlegenden Änderung der Abscheidcharakteristik [6]. Ein alternativer Ansatz ergibt sich durch die Verwendung ultrakurzer Laserpulse, mit Pulsdauern im Pico- oder Femtosekundenbereich. Diese ermöglichen eine präzisere Energieeinkopplung und eine reduzierte thermische Beeinflussung des Materials [5]. In Kombination mit sogenannten Burst-Modi, bei denen mehrere Pulse mit sehr hohen Pulswiederholraten innerhalb eines Pulspaketes

(Burst) im MHz- bis GHz-Bereich aufeinander folgen, lassen sich zusätzlich die Plasmadynamik und die Wechselwirkung zwischen Laserstrahlung und Material gezielt beeinflussen [7]. Im Gegensatz zum klassischen Laserpulsabscheidung wird beim hier vorgestellten Ansatz die Laserstrahlung senkrecht durch ein Einkoppelfenster in die Vakuumkammer eingestrahlt und trifft orthogonal auf das Target (Abb. 1, rechts). Durch die Verwendung von GHz-Burstpulsen entstehen innerhalb eines Bursts ausgeprägte Puls-Plasma-Wechselwirkungen, die zu einer signifikanten Änderung der Materialausbreitung führen. Anstelle einer überwiegend normalgerichteten Expansion kommt es zu einer Verlagerung des Teil-

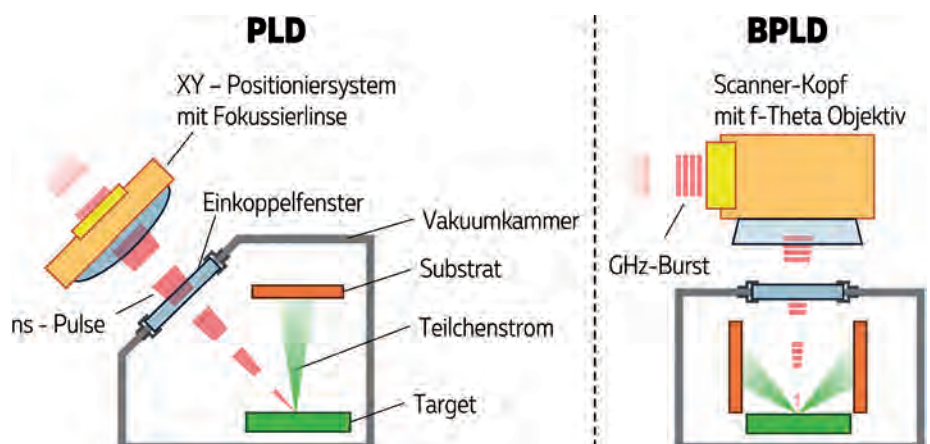


Abb. 1: Vergleich der Laserpulsabscheidung (Pulsed Laser Deposition – PLD, links) und der Laserpulsabscheidung mit GHz-Burstpulsen (Burst Pulsed Laser Deposition – BPLD, rechts)

# OBERFLÄCHEN

chenstroms, sodass das abgetragene Material bevorzugt unter einem Winkel relativ zur Targetoberfläche expandiert und auf radial um das Target angeordnete Substrate abgeschieden wird.

Vor diesem Hintergrund wird im vorliegenden Beitrag ein neuartiger Ansatz zur Laserpulsabscheidung unter Verwendung von GHz-Burstpulsen vorgestellt. Ziel ist es, die Abscheidecharakteristik gezielt zu verändern und damit neue Möglichkeiten für die Beschichtung von komplexen Bauteilen zu erschließen. Neben dem grundlegenden Machbarkeitsnachweis wird insbesondere die Übertragbarkeit des Verfahrens auf unterschiedliche Materialsysteme betrachtet.

## 2 Experimenteller Teil

### 2.1 Technische Details

Die Abscheideexperimente wurden mit einem industriellen Festkörperlasersystem (Carbide, Light Conversion) durchgeführt. Die Laserquelle emittiert ultrakurze Laserpulse im nahen Infrarotbereich und wird im sogenannten Burst-Betrieb eingesetzt. Dabei werden mehrere Einzelpulse zu einem Burst zusammengefasst, wobei die Pulswiederholfrequenz innerhalb eines Bursts im GHz-Bereich liegt und Pulszahlen von bis zu 1080 Pulsen pro Burst (ppb) realisiert werden können.

Ein zentraler Prozessparameter ist dabei die sogenannte Burst-Fluenz. Diese beschreibt die auf die Targetoberfläche eingebrachte Energiedichte eines gesamten Bursts. Im Unterschied zu Einzelpulsprozessen wird die Energie hier nicht durch einen einzelnen Puls, sondern durch eine definierte Anzahl von Pulsen innerhalb eines Bursts übertragen. Die Gesamtenergie des Bursts bleibt dabei konstant, wird jedoch auf eine unterschiedliche Anzahl von Burstpulsen verteilt. Mit steigender Pulsanzahl pro Burst reduziert sich somit die Energie pro Puls, während die gesamte eingebrachte Energiedichte unverändert bleibt. Auf diese Weise kann gezielt untersucht werden, wie sich die Verteilung der Energie innerhalb eines Bursts auf den Abscheideprozess auswirkt.

Die Abscheideexperimente wurden in einer speziell entwickelten Vakuumkammer mit einem Basisdruck von etwa  $1 \cdot 10^{-2}$  mbar (Feinvakuum) durchgeführt. Als Targetmaterial wurde hochreiner Graphit mit einem Durchmesser von 50 mm und einer Dicke von 5 mm eingesetzt.

Der Substrathalter ist symmetrisch zum Target ausgerichtet und ermöglicht die gleich-

zeitige Aufnahme von bis zu sechs Proben, die radial um die Ausbreitungsrichtung der abgetragenen Teilchen angeordnet sind. Die Untersuchung der Schichtdicken erfolgt entlang der Substratoberflächen in einem Bereich von der Targetebene bis zu einer Höhe beziehungsweise Substratposition von 50 mm.

### 2.2 Abscheideparameter und Schichtanalyse

Die Abscheideexperimente wurden bei Burst-Fluenzen von 10, 15 und 20 J/cm<sup>2</sup> sowie Pulszahlen zwischen zwei und 1080 Pulsen pro Burst (ppb) durchgeführt. Die Bestrahlung des Targets erfolgte mittels eines Spiralscan-Musters mit einem Durchmesser von 15 mm. Die Gesamtabscheidezeit betrug für alle Experimente 20 Minuten.

Die Schichtdicken wurden in Abhängigkeit von der Substratposition mittels taktiler Profilometrie bestimmt, um die räumliche Materialverteilung quantitativ zu erfassen. Zur qualitativen Bewertung der Oberflächenmorphologie wurden Aufnahmen mittels Rasterelektronenmikroskopie angefertigt, wobei insbesondere jene Bereiche analysiert wurden, in denen die maximale Schichtdicke auftritt, um charakteristische Unterschiede der jeweiligen Prozessparameter hinsichtlich der Partikulatbildung und der Oberflächenstruktur zu vergleichen.

## 3 Ergebnisse und Diskussion

### 3.1 Schichtdickenverteilung

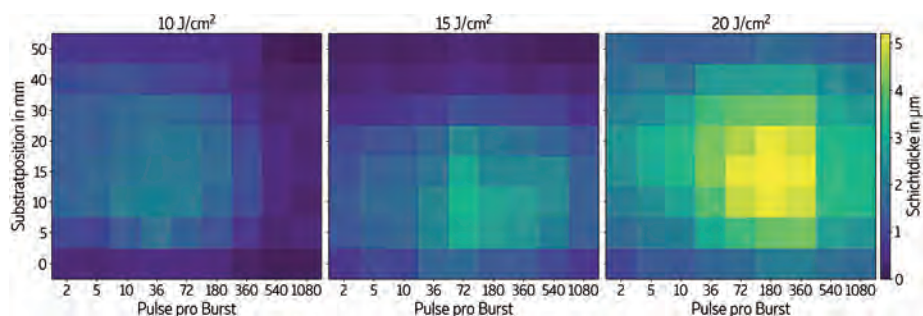
Die Schichtdickenverteilung zeigt eine ausgeprägte Abhängigkeit von der Substratposition, von der Anzahl der Pulse pro Burst (ppb) sowie von der eingesetzten Burst-Fluenz (Abb. 2). Unabhängig von den gewählten Prozessparametern ist erkennbar, dass die maximale Schichtdicke in einem Bereich zwischen 10 mm und 20 mm Substrathöhe liegt. Dieses Verhalten stellt eine deutliche Abweichung von der klassischen Laserpuls-

abscheidung dar, bei der das Maximum der Materialdeposition entlang der Targetnormalen erwartet wird.

Mit zunehmender Burst-Fluenz verschiebt sich das Maximum der Schichtdicke in Richtung größerer Substratpositionen und geht gleichzeitig mit einer deutlichen Zunahme der absoluten Schichtdicken einher. Während bei 10 J/cm<sup>2</sup> maximale Schichtdicken im Bereich von etwa 2,2 µm erreicht werden, steigen diese bei 15 J/cm<sup>2</sup> auf rund 3,2 µm und bei 20 J/cm<sup>2</sup> auf etwa 5,2 µm an. Gleichzeitig wird die Verteilung breiter, was auf eine veränderte Ausbreitungscharakteristik der abgetragenen Teilchen hindeutet.

Der Einfluss der Pulsanzahl pro Burst zeigt sich insbesondere in der Ausbildung und Höhe des Schichtdickenmaximums. Für jede untersuchte Burst-Fluenz ergibt sich eine charakteristische Pulsanzahl, bei der die maximale Schichtdicke erreicht wird. Die maximale Schichtdicke tritt bei 36 ppb, 72 ppb beziehungsweise 180 ppb für 10 J/cm<sup>2</sup>, 15 J/cm<sup>2</sup> und 20 J/cm<sup>2</sup> auf. Mit steigender Pulsanzahl pro Burst nimmt die Schichtdicke zunächst deutlich zu, bevor bei weiter steigenden Pulszahlen eine Abnahme einsetzt. Der grundsätzliche Trend der Verteilung bleibt dabei erhalten, sodass die Lage des Maximums weitgehend unabhängig ist von der Pulsanzahl.

Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Burst-Fluenz als auch die Pulsanzahl pro Burst einen entscheidenden Einfluss auf die Schichtdickenverteilung besitzen. Insbesondere die Verschiebung des Schichtdickenmaximums sowie die Ausbildung einer breit verteilten Abscheidung deuten auf eine veränderte Dynamik der Plasmabildung und der Teilchenexpansion hin. Im Vergleich zur klassischen  $\cos^n$ -Verteilung ergibt sich somit eine deutlich modifizierte Abscheidecharakteristik. Aus der Kombination von gemessener Schichtdicke und konstanter Gesamtabscheidezeit von 20 Minuten lässt sich zudem ableiten,



**Abb. 2: Schichtdickenverteilung in Abhängigkeit von der Substratposition und von der Anzahl an Pulsen pro Burst für Burst-Fluenzen von 10 J/cm<sup>2</sup>, 15 J/cm<sup>2</sup> und 20 J/cm<sup>2</sup>**

dass im Bereich der optimalen Pulsanzahl pro Burst höhere effektive Abscheideraten erreicht werden können.

### 3.2 Schichtmorphologie

Die Oberflächenmorphologie der abgeschiedenen Schichten zeigt eine deutliche Abhängigkeit von der Anzahl an Pulsen pro Burst, was exemplarisch für eine Burst-Fluenz von  $10 \text{ J/cm}^2$  in *Abbildung 3* dargestellt ist. Bereits bei einer geringen Anzahl an Pulsen pro Burst ist die Oberfläche durch eine hohe Dichte an Partikulaten sowie eine breite Größenverteilung dieser gekennzeichnet. Mit steigender Pulsanzahl pro Burst verringern sich sowohl die Größe als auch die Dichte der entstehenden Partikulate deutlich. Dieser Trend ist bei mittleren Burstpulswerten klar erkennbar und setzt sich bei hohen Burstpulswerten fort, sodass schließlich eine nahe-

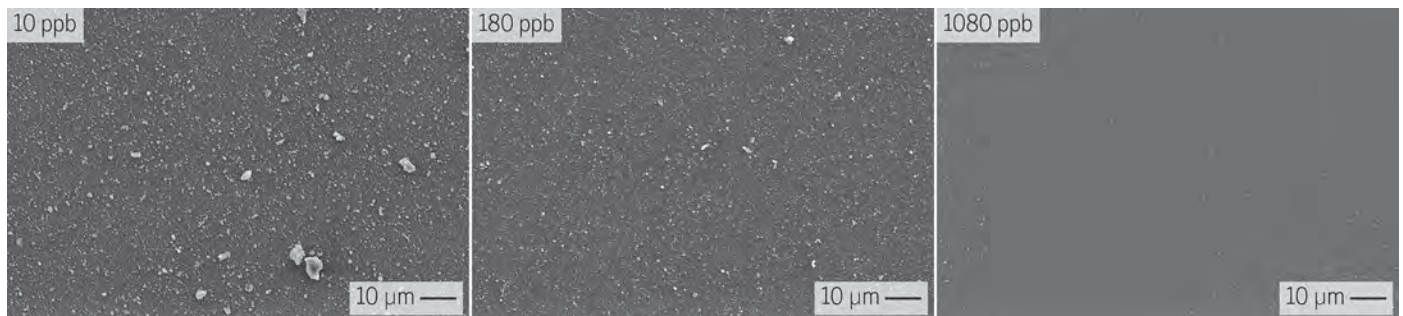
zu partikulatfreie und deutlich homogenere Schicht entsteht.

Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Aufteilung der eingestrahlten Energie auf eine größere Anzahl von Pulsen innerhalb eines Bursts die Bildung von Partikulaten gezielt beeinflusst werden kann. Es ergibt sich somit ein Zielkonflikt zwischen hoher Abscheiderate (*Kapitel 3.1*) und verbesserter Schichtqualität, der sich analog auch bei höheren Burst-Fluenzen zeigt.

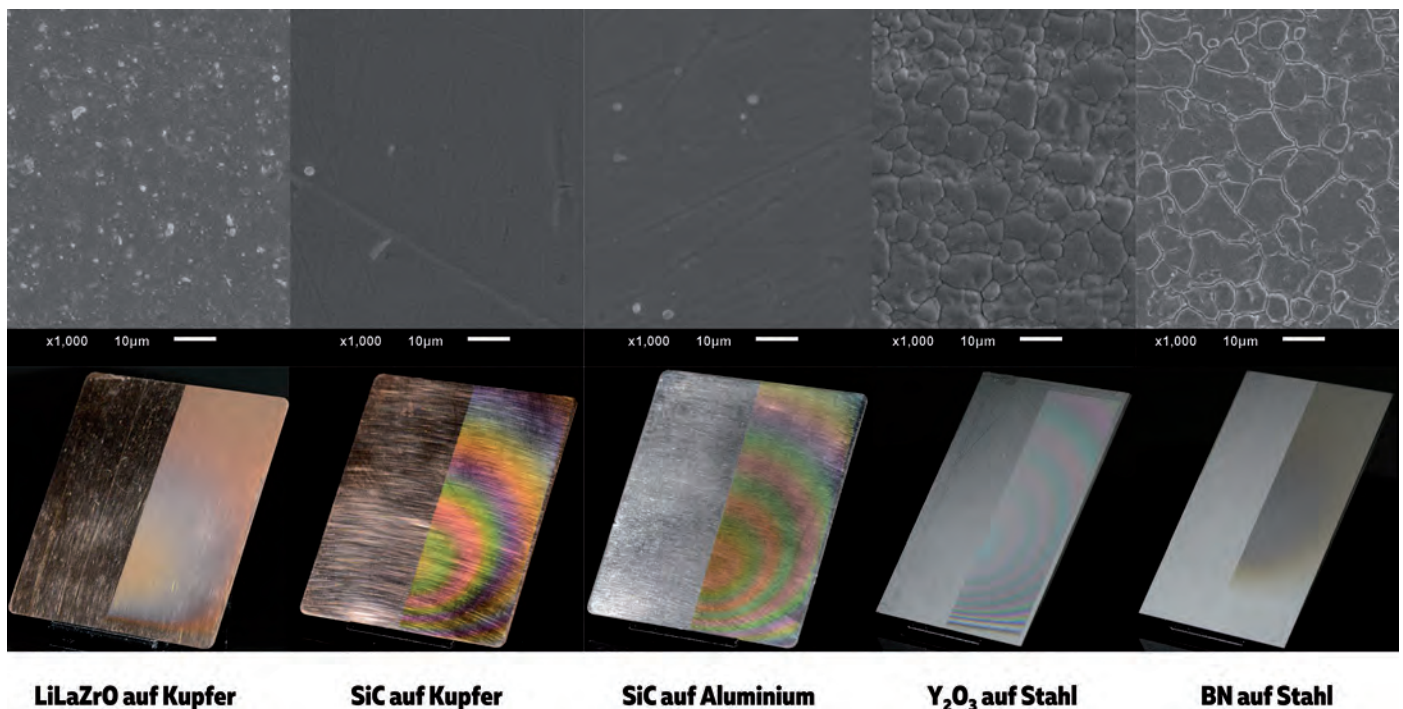
### 3.3 Materialübergreifende Abscheidung

Die Anwendbarkeit des vorgestellten Verfahrens lässt sich auf eine Vielzahl unterschiedlicher Target- und Substratkombinationen übertragen, wie exemplarisch *Abbildung 4* erkennen lässt. Gezeigt sind Beschichtungen aus  $\text{Li}_7\text{La}_3\text{Zr}_2\text{O}_{12}$  auf Kupfer, SiC auf Kupfer

und Aluminium sowie  $\text{Y}_2\text{O}_3$  und BN auf Stahl, wodurch die materialübergreifende Übertragbarkeit der GHz-Burst-PLD deutlich wird. Schichten auf Basis von Lithiumoxid stellen ein relevantes Material für Festkörperbatterien dar, insbesondere im Kontext keramischer Elektrolyte. Schichten auf Basis von Silizumcarbid (SiC) sind aufgrund ihrer hohen mechanischen und thermischen Stabilität für Anwendungen im Verschleißschutz sowie in der Hochtemperaturtechnik von Interesse. Yttriumoxidschichten werden unter anderem als thermisch stabile Schutzschichten eingesetzt und bieten, insbesondere in amorpher Form, Potenzial als Wasserstoffbarriere. Bornitrid wiederum ist sowohl als Verschleißschutzschicht als auch in modernen elektronischen Anwendungen relevant, beispielsweise in Form von h-BN als isolierende Schicht oder c-BN als hartstoffbasierte Funk-



**Abb. 3: REM-Aufnahmen der Schichtoberfläche für unterschiedliche Pulszahlen pro Burst (ppb) bei einer Burst-Fluenz von  $10 \text{ J/cm}^2$  (links: 10 ppb, Mitte: 180 ppb, rechts: 1080 ppb)**



**LiLaZrO auf Kupfer**

**SiC auf Kupfer**

**SiC auf Aluminium**

**$\text{Y}_2\text{O}_3$  auf Stahl**

**BN auf Stahl**

**Abb. 4: Exemplarische materialübergreifende Beschichtungen mittels GHz-Burst-PLD für verschiedene Target- und Substratkombinationen (oben: REM-Aufnahmen, unten: makroskopische Schichtbilder)**

# OBERFLÄCHEN

tionsschicht. Darüber hinaus gewinnen Materialien auf Basis von Bornitrid zunehmend an Bedeutung für neuartige elektronische Bauelemente im Kontext künstlicher Intelligenz, etwa in memristiven Speichersystemen und neuromorphen Architekturen.

Über die reine Materialvielfalt hinaus eröffnet das Verfahren zusätzliche Freiheitsgrade in der Prozessführung. Durch die radiale Anordnung der Substrate relativ zur Targetoberfläche und die rotationsymmetrische Abscheidcharakteristik ergibt sich die Möglichkeit, mehrere Bauteile gleichzeitig zu beschichten. In Kombination mit geeigneten Relativbewegungen der Substrate kann so eine homogene Beschichtung auch auf komplexen Geometrien realisiert werden. Dies betrifft insbesondere Innenflächen oder schwer zugängliche Bauteilbereiche, die mit klassischen PLD-Verfahren nur eingeschränkt oder mit erheblichem Aufwand beschichtet werden können.

Ein weiterer wesentlicher Vorteil liegt in der gezielten Einstellung der Schichteigenschaften über die Prozessparameter. Neben der materialbedingten Variation der Eigenschaften ermöglicht die hohe Abkühlrate der Laserpulsabscheidung die Ausbildung von amorphen Schichten. Durch zusätzliche Prozessführung, beispielsweise mittels Substratheizung, können darüber hinaus auch nanokristalline Schichtstrukturen realisiert werden. Damit lassen sich mechanische, thermische und funktionale Eigenschaften gezielt über die Kristallinität einstellen.

Insgesamt ergibt sich ein großes Potenzial für Anwendungen mit hohen Anforderungen an Funktionalität und Prozessflexibilität. Die Kombination aus materialübergreifender Abscheidung, gezielter Einstellung der Schichtmorphologie und der Fähigkeit zur Beschichtung von komplexen Geometrien eröffnet somit neue Perspektiven für die industrielle Nutzung der Laserpulsabscheidung.

## Literatur

- [1] P. Willmott: Pulsed laser vaporization and deposition; Rev. Modern Phys. 72 (1) (2000)
- [2] R. Eason: Pulsed Laser Deposition of Thin Films: Applications-Led Growth of Functional Materials; John Wiley & Sons, 2006
- [3] M. N. Ashfold: Pulsed laser ablation and deposition of thin films; Chem. Soc. Rev. 33 (1) (2004)
- [4] J. M. C. Garrido: A review of typical PLD arrangements: Challenges, awareness, and solutions; Opt. Lasers Eng. 168 (2023)
- [5] N. A. Shepelin: A practical guide to pulsed laser deposition; Chem. Soc. Rev. 52 (7) (2023)
- [6] R. Jordan: Pulsed laser deposition of particulate-free thin films using a curved magnetic filter; Appl. Surf. Sci. 109 (1997)
- [7] D. J. Förster: Review on experimental and theoretical investigations of ultra-short pulsed laser ablation of metals with burst pulses; Materials 14 (12) (2021)

DOI: 10.7395/2026/Metzner1

## Laserunterstütztes Beschichtungsverfahren für rotationssymmetrische Bauteile

Forschende des Fraunhofer-Instituts für Werkstoff- und Strahltechnik IWS haben mit dem neuen Verfahren **Laserdirektplattieren** eine laserbasierte Technologie entwickelt, die metallische Schichten schneller, energieeffizienter und kostengünstiger erzeugt als bisherige Verfahren. Dabei wickelt das Team ein bandförmiges Metall spiralförmig auf rotationssymmetrische Bauteile und fügt es lokal mit Laserenergie stoffschlüssig mit dem Grundkörper. Das Grundmaterial bleibt fest, die Oberfläche glatt und nahezu nacharbeitsfrei. Anwender reduzieren Taktzeiten, Energiebedarf und Prozesskosten deutlich.

Laserdirektplattieren koppelt minimalen Wärmeeintrag mit definierter Umformkraft. An der Füge Stelle reißen Oxidschichten auf, frische Metalloberflächen reagieren unmittelbar, und es entsteht eine dauerhafte metallische Bindung. Im Unterschied zum Laserauftragschweißen schmilzt die Beschichtung nicht großflächig auf, sondern bleibt weitgehend in der festen Phase. Dieser Mechanismus reduziert den Energieeinsatz, erhöht die Auftragsrate und stabilisiert die Schichtqualität entlang der gesamten Bauteillänge.

*Die schmelzflüssige Phase versuchen wir zu minimieren oder sogar zu vermeiden, sagt Marko Seifert, Abteilungsleiter Wärmebehandlung und Thermisches Beschichten am Fraunhofer IWS. Wir aktivieren die Kontaktzone mit*

*sehr wenig Energie und erreichen dadurch dichte, gleichmäßige Beschichtungen bei deutlich geringerer Prozesszeit.*

### Funktionsprinzip und Abgrenzung

Direktplattieren richtet sich auf rotationssymmetrische Bauteile aus. Das Band läuft mit konstanter Geschwindigkeit, legt sich spiralförmig um den Grundkörper und verbindet sich während des Aufwickelns mit dem Substrat. Laserstrahlung erwärmt die Kontaktfläche nur für kurze Zeit auf Fügetemperatur. Die kombinierte Wirkung aus Wärme und Druck erzeugt eine stoffschlüssige Verbindung. Damit grenzt sich das Verfahren vom Laserauftragschweißen mit durchgehendem Aufschmelzen des Beschichtungswerkstoffs

ab. Laserdirektplattieren erzeugt die funktionale Schicht direkt auf dem Bauteil.

Bandgeschwindigkeiten im Meter-pro-Minute-Regime erlauben hohe Auftragsraten bis in den dreistelligen Kilogramm-pro-Stunde-Korridor. Die geringe thermische Beeinflussung beschränkt die Wärmeeinflusszone auf die unmittelbare Füge Linie und erhält das Gefüge des Grundkörpers. Die Oberfläche zeigt eine homogene, walzähnliche Struktur; Abdrehen, Schleifen und Polieren als Nachbearbeitungsschritte fallen deutlich kürzer aus.

In einer industriellen Referenz sank die Beschichtungszeit eines Hydraulikzylinders von rund zwanzig Stunden auf etwa sechs Stunden. Je nach Setup reduziert sich der Energiebedarf um bis zu neunzig Prozent.



Das Fraunhofer IWS hat das Laserdirektplattieren zum Patent angemeldet und eine Pilotanlage für Bauteile bis zwei Meter Länge aufgebaut, die den Prozess vollständig kapselt (Bild: Ch. Wilsnack/Fraunhofer IWS)



Das Laserdirektplattieren erzeugt eine funktionale Schicht direkt auf dem Grundkörper, indem ein bandförmiges Metall spiralförmig auf rotationssymmetrische Bauteile aufgebracht und lokal per Laser stoffschlüssig verbunden wird (Bild: Ch. Wilsnack/Fraunhofer IWS)

## Dichtheit, Mehrlagenaufbau und Werkstoffwahl

Das Aufbringen in Spiralen erzeugt definierte Stoßfugen, die ein mitlaufender Fügeprozess verschleißt. Für korrosionskritische Anwendungen empfiehlt sich ein mehrlagiger Aufbau, weil ab der zweiten Lage nur noch gleichartige Schichten miteinander fügen und damit Aufmischungen minimieren. Typische Lagendicken liegen bei etwa einem bis drei Millimeter. Mehrlagige Pakete erreichen mehrere Zentimeter Gesamtstärke. Weiterhin ermöglicht der selektive Volumenaufbau entlang der Bauteillänge angepasste Profilierungen. Unterschiedliche Werkstoffe in den Lagen schaffen multifunktionale Schichten

## Einsatzfelder

Laserdirektplattieren verbessert den Auftrag von Beschichtungen für Verschleiß- und Korrosionsschutz an Hydraulikzylindern, Prozess- und Umformwalzen sowie Gleitlagern. Für die Regeneration von abgenutzten Walzen baut der Prozess das fehlende Volumen gezielt wieder auf. Das spart Material und verkürzt Stillstände.

*Wir wollen Energie- und Kosteneffizienz in einem robusten Prozessfenster verdichten, betont Seifert. Das erleichtere den Transfer in bestehende Linien und liefere reproduzierbare Qualität auch bei großen Bauteilen.*

## Arbeitsschutz und Systemintegration

Direktplattieren verzichtet auf Pulverhandling, Absaugung und Einhausung orientieren sich an etablierten Schweiß- und Laserschutzkonzepten. Die Anlage kapselt den Prozess vollständig, das Bedienteam arbeitet von außen. Dadurch sinkt der Aufwand für Peripherie und die Integration in Fertigungsumgebungen gelingt mit standardisierten Sicherheitsmodulen. Das senkt Investitionskosten und beschleunigt die Implementierung.

## Pilotanlage, Schutzrechte und Technologietransfer

Das Fraunhofer IWS hat das Laserdirektplattieren zum Patent angemeldet und eine Pilotanlage für Bauteile bis zu zwei Meter Länge aufgebaut. Das Team qualifiziert Anwendungsfälle, legt Prozessfenster fest und

belegt die Wirtschaftlichkeit an Demonstratoren. Die Skalierung erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller und industriellen Partnern; Optionen für Lizenz- und Transfermodelle liegen vor. Ziel bildet eine belastbare Auslegung für Serienprozesse mit klar definierten Takt- und Qualitätskennwerten.

## Wirtschaftlichkeit und Nutzen

Laserdirektplattieren reduziert den Energieeinsatz, die Bearbeitungszeiten und die Nacharbeit. Die hohe Auftragsrate verkürzt Takte, der spezielle Fügemechanismus stabilisiert Qualität und der mehrlagige Aufbau erweitert den Gestaltungsraum für Funktionsschichten. In Summe sinken die Stückkosten. Das verbessert die Wirtschaftlichkeit der Produktion und senkt den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

## Kontakt

Dipl.-Phys. Marko Seifert,  
E-Mail: marko.seifert@iws.fraunhofer.de

➤ [www.iws.fraunhofer.de](http://www.iws.fraunhofer.de)

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

Fachbeiträge in digitaler Form mit allen Möglichkeiten der modernen Medien!

1 Monat kostenfrei zum Kennenlernen!

Kommen Sie auf unsere Webseite: [www.womag-online.de](http://www.womag-online.de)

Umfassend und immer auf dem neuesten Stand!

## Ein Blick auf interessante und wichtige Themen der Galvanotechnik

Bericht über das 31. Leipziger Fachseminar am 3. März 2026 – mehr als 200 Teilnehmer und zahlreiche Fachunternehmen bestätigen das bewährte Format der DGO-Fachveranstaltung



Seit mehr als 30 Jahren organisieren die Bezirksgruppen Sachsen und Thüringen der Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e. V. (DGO) das Leipziger Fachseminar – eine Fachtagung, die zu den erfolgreichsten Veranstaltungen der DGO zählt. Die jeweils im Frühjahr stattfindende Fachtagung spricht regelmäßig zwischen 150 und 250 Teilnehmer an und wird von einer Fachausstellung mit 20 bis 30 wichtigen Unternehmen der Branche begleitet wird. Diese bemerkenswerte Leistung der DGO-Bezirksgruppen wurde auch in diesem Jahr in den Grußworten zur Tagungseröffnung von Vertretern der Stadt Leipzig sowie des DGO-Vorstands gewürdigt. Durch die Tagung führte in bewährter Weise Dr. Olaf Boehnke. Die Auswahl der angebotenen Themen reichte von der Abscheidung metallischer Schichten über wichtige anlagentechnische Belange bis hin zu Umweltschutz und Kreislaufwirtschaft.



**Dr. Olaf Boehnke führte durch die Tagung**  
(Bild: Dr. Meyer / DGO)



**Dr. Martin Metzner überbrachte die Grußworte der DGO**  
(Bild: Dr. Meyer / DGO)

### Leipziger Galvanopreis

Ein besonderes Highlight der Veranstaltung ist die Vergabe des Leipziger Galvanopreises. Gewürdigt wurde in diesem Jahr die Sager + Mack GmbH & Co. KG. Das Unternehmen aus Ilshofen-Eckartshausen befasst sich seit mehr als 35 Jahren mit der Entwicklung und Fertigung von hochwertigen Systemen zur Filtration und Umwälzung von Flüssigkeiten, bevorzugt für den Einsatz in der nasschemischen Oberflächentechnik. In dieser Zeit hat es sich zu einem der führenden Unternehmen auf diesem Gebiet entwickelt. Sager + Mack setzt immer wieder Meilensteine mit seinen beeindruckenden Innovationen.

Zu den neuen Entwicklungen zählt das Filtersystem JETMack auf Basis der Zyklonabscheidung, das im Rahmen der Preisverleihung hervorgehoben und von Nina Mack vorgestellt wurde. Das neue Filtersystem bietet mehrere Vorteile gegenüber klassischen Verfahren. So erzielt der JETMack eine gleichmäßige und hohe Filtrationswirkung bei konstanter Umwälzung. Es benötigt vergleichsweise weniger Energie für den Betrieb bei sehr wirtschaftlichem Umgang mit Filtermaterial (Filterbeutel) und Elektrolyten. Zudem erfordert das System nur einen sehr geringen Betreuungsaufwand und geringsten Kontakt der Bedienpersonen mit Elektrolyten. Dabei ergeben sich drastische Einsparungen bei den Stillstandszeiten des Filtersystems. Alles in allem trifft Sager + Mack mit dem JETMack die Bedürfnisse der Branche nach Energie- und Ressourceneinsparung bei geringstem Bedienungsaufwand.



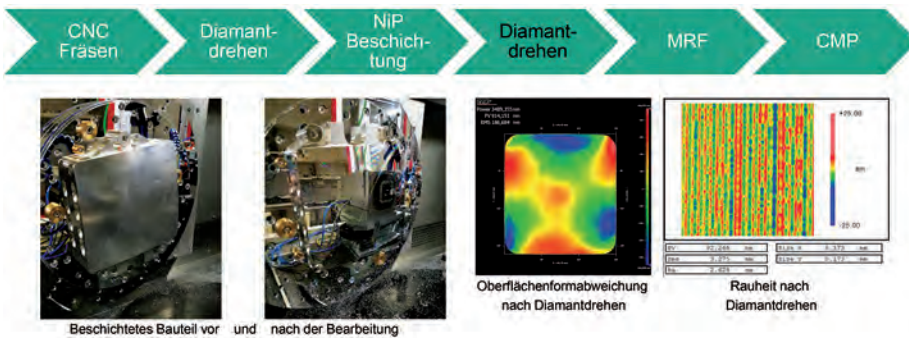
**Nina Mack und Peter Mack (l.) erhalten den Leipziger Galvanopreis aus den Händen von Dr. Daniel Meyer (r.) und Stefan Kaßner (2. v. r.)**  
(Bild: Dr. Meyer / DGO)

### Chemisch Nickel für Optiksysteme

Die chemische Nickelabscheidung eignet sich sehr gut für die Herstellung von optischen Systemen für die Astronomie und Raumfahrt in Form von Metalloptiken. Dies erfordert nach Aussage von Dr. Jan Kinast vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Jena, die Herstellung von Oberflächen mit außerordentlich geringer Rauheit und geringer Oberflächenformabweichung. Solche System werden beispielsweise auf der internationalen Raumstation ISS installiert und fertigen hochscharfe Aufnahmen der Erdoberfläche in verschiedenen Wellenlängen. Daraus lassen sich unter anderem die Zustände der Natur oder von Gewässern analysieren.

Im Institut von Dr. Kinast wurden die Prozessketten zur Herstellung von hochqualitativen Optiken durch Einsatz von Galvanotechnik entwickelt. Genutzt werden die Verfahren CNC-Fräsen, Diamantdrehen vor und nach einer Nickelabscheidung sowie für die Endphasen Magneto-Rheological-Finishing (MRF) und chemisch-mechanisches Polieren (CMP).





Teil der Fertigungskette für die Herstellung optischer Komponenten

(Bild: Dr. Kinast)

Die Nickelabscheidung kann sowohl für die Spiegelfläche als auch den Korrosionsschutz des gesamten Teils genutzt werden. Die Dicken der Schichten reichen bis zu 150  $\mu\text{m}$ . Um die geforderten Werte für Formabweichung und Oberflächenrauheit ermitteln zu können, sind spezielle Verfahren notwendig. Die Rauheiten nach dem Drehen liegen im Bereich von etwa 100 Nanometern. Weitere Glätte wird durch MRF erzielt mit Rauheiten von wenigen Nanometern. Durch chemisch mechanisches Polieren (CMP) werden Abweichungen von unter 1 Nanometer erreicht. Ergänzt wird die Fertigungstechnik durch 3D-Druckverfahren. Dadurch lassen sich relativ gut komplexe Grundformen, allerdings mit unzureichender Rauheit herstellen. Auf derartig gedruckte Körper wird Nickel abgeschieden und in der selben Arbeitsfolge zum erforderlichen hochreflektierenden Spiegeltteil bearbeitet. Vorteil der Technologie ist die Einsparung von Material (z. B. durch Erzeugen einer Wabenstruktur) und damit Gewicht. Um Formabweichungen des Teils im Einsatz zu vermeiden, werden Aluminiumlegierungen mit Siliziumpartikeln verwendet, die vergleichbare thermische Ausdehnungen wie Nickel-Phosphor aufweisen. Anforderungen richten sich auf die Steuerung des Phosphorgehalts in der Nickelschicht, beispielsweise durch Variation des pH-Werts. Dafür mussten bestehende Analyseverfahren optimiert werden. Durch die Anpassung des Phosphorgehalts lässt sich die thermische Ausdehnung in eine erforderliche Richtung optimieren und damit die Formabweichung minimieren.

## Chemisch Nickelverfahren aus der Praxis

Der Ansatz der Arbeiten von Sebastian Schöberl, MacDermid Enthone, Langenfeld, richtet sich auf die Verringerung der Metallkonzentration im Elektrolyten, zum Beispiel aus Arbeits- und Umweltschutzgründen. Um dies realisieren zu können, ist eine vollständige

Überarbeitung der eingesetzten Chemie erforderlich. Im ersten Ansatz wurde geprüft, welche Nickelkonzentration für eine Abscheidung erforderlich ist. Dafür wurde eine untere Grenze im Bereich von etwa 1 g/l ermittelt. Mit einer solchen Absenkung der Nickelkonzentration lässt sich im ersten Schritt die Menge an ausgeschlepptem Metall verringern. Eine weitere Aufgabe richtet sich auf die Verringerung der Abbauprodukte aus dem Reduktionsmittel Hypophosphit. Aus der Zusammensetzung des Elektrolyten sollten auch Auswirkungen auf die Eigenspannungen der Schicht folgen, die im Rahmen der Arbeiten des Vortragenden für unterschiedliche Zusammensetzungen der Schicht bestimmt wurden.

Insgesamt kann mit dem entwickelten neuen Ansatz die Ausschleppung deutlich reduziert werden, ebenso wie die Emissionen über die Luft. Ergänzend zeigt sich aufgrund der geringeren Viskosität des Elektrolyten eine bessere Streuung der Abscheidung, insbesondere in Sacklöchern. Im Bereich der Anlagentechnik konnte die Zeit zwischen zwei Passivierungsphasen der Elektrolytwanne vergrößert werden, ebenso die MTO-Zahl für

den Elektrolyten. Das neue System ist aktuell als Hoch- und als Mittelphosphorsystem verfügbar. Insgesamt werden Nachhaltigkeit und Rentabilität verbessert.

## Vorbeugender Brandschutz

Um die immer wieder durch Heizgeräte verursachten Brände, zu vermeiden, verbessert das Unternehmen von Dr. Almudea Amuedo, die Mazurczak GmbH aus Schwabach, kontinuierlich die entsprechenden Heizgeräte. Als Brandursachen kommen Fehlfunktionen der Elektronik, unsachgemäß installierte Geräte, Defekte an Kabeln und Isolierungen, aber auch fehlende Flüssigkeiten in den Behältern in Betracht. Da Anlageneinrichtungen häufig aus Kunststoff hergestellt sind, erreichen einmal entzündete Bereiche schnell eine erhebliche Brandentwicklung.

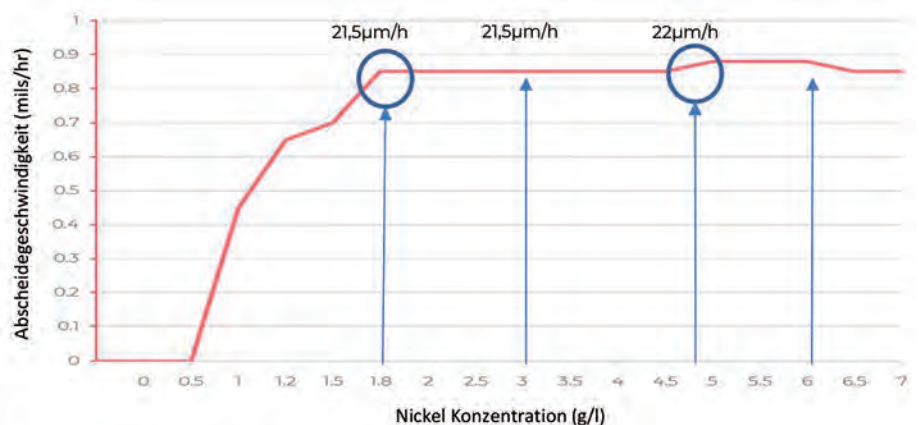
Als eine der Grundlagen bei der Entwicklung und Herstellung von Heizgeräten werden die verschiedenen Normen und Leitlinien für Elektrowärmeanlagen herangezogen; für den Anwender kommt vor allem der Leitfaden zur Schadensverhütung in Betracht.

## Lesen Sie weiter unter [womag-online.de](http://womag-online.de)

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Weitere Themen sind:

- Borsäurefreier Nickelelektrolyt
- Elektrolytmanagement
- Nachwuchs in der Galvanotechnik
- Umgang mit Gefahrstoffen
- Abfallwirtschaft

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 4 Seiten mit 9 Abbildungen.



Über einen weiteren Konzentrationsbereich ist die Abscheidengeschwindigkeit des betrachteten Ansatzes zur chemischen Nickelabscheidung unabhängig von der Nickelkonzentration

(Bild: S. Schöberl)

## Rollout für Galvanoformung bei Umicore MDS

Umicore MDS startet Rollout für Galvanoformung als Lohnfertigungsservice für dekorative Anwendungen

**Mit dem erweiterten Angebot will Umicore MDS den Zugang zur Galvanoformung in industriellen Stückzahlen erleichtern. Schmuck- und Accessoire-Hersteller erhalten damit eine spannende Option zur Umsetzung galvanogeformter Designs – von der Spezifikationsdefinition und Musterfertigung bis hin zur skalierbaren Serien- und Massenproduktion.**

Die Business Unit Metal Deposition Solutions (MDS) von Umicore erweitert ihr Angebot um Galvanoformung (Elektroformung) als Dienstleistung und plant einen Ausbau der Infrastruktur für die spätere Massenproduktion. Der Rollout richtet sich an Hersteller von dekorativen Edelmetallapplikationen, darunter großformatiger Schmuck wie Armreifen oder Broschen sowie detailreiche Accessoires, etwa Ohrringe oder Anhänger für Ketten. Ziel ist es, den Zugang zu einer serienfähigen Fertigung von elektrogeformten, hohlen und damit leichten Edelmetallbauteilen zu ermöglichen – ohne dass eigene Anlagen- und Prozessressourcen aufgebaut werden müssen.

### Vollständige Prozessübernahme vom Kern-Setup bis zur Kernentfernung

Umicore MDS ist Hersteller von Elektrolyten und Elektroden für (Edelmetall-)Beschichtungen und verfügt über eine jahrzehntelange Erfahrung in der Galvanoformung. Diese Prozess- und Chemiekompetenz bildet die Grundlage für das jetzt offerierte Lohnfertigungsangebot.

Bei Bedarf berät das Unternehmen seine Kunden bereits vor der Angebotsphase bei der Definition von anwendungsspezifischen Spezifikationen, um Qualitätsanforderungen und Kosten im jeweiligen Marktsegment auszubalancieren. Typische Parameter sind Kernmaterial und Entfernungsweg (thermisch/chemisch), die Zielwandstärke (in der Regel 150–300 µm, bei 24 Karat auch höher), die Edelmetallzusammensetzung beziehungsweise Karätigkeit und das gewünschte Oberflächenfinish.

Die Dienstleistung selbst umfasst die Aktivierung und Vorbereitung des Kerns (auch Modell, Rohling oder Mandrel genannt), die elektrochemische Abscheidung sowie die Kernentfernung zur Herstellung von freitragenden Metallkörpern. Umicore MDS bietet die Galvanoformung mit Goldlegierungen von acht Karat (333) über neun Karat (375), 14 Karat (585) und 18 Karat (750) bis hin zu

24 Karat (999) sowie mit reinem Platin an. Dabei ist optional auch eine Fertigung mit wiederaufbereitetem CoC-Edelmetall (Umicore Nexyclus™-Zertifikat) möglich.

Für die Umsetzung nutzt Umicore MDS seine bestehende Edelmetall-Infrastruktur und seine speziell für die Galvanoformung entwickelten AURUNA®- und PLATUNA®-Elektrolyte. Dadurch sind spezielle Preisstrukturen möglich, die den Service wirtschaftlich attraktiv machen. Die Abrechnung nur nach gelieferten Gut-Teilen bietet zudem eine hohe Kostensicherheit für die Kunden – Produktionsausschuss, der im Verantwortungsbereich von Umicore entsteht, wird nicht berechnet.

### Nutzen und Einordnung des Verfahrens

Bei der Galvanoformung werden Metallkörper additiv auf einem formgebenden Kern aufgebaut. Nach Abschluss der Abscheidung wird der Kern entfernt, sodass hohle Strukturen mit hoher Detailtreue und geringem Gewicht entstehen. Im Gegensatz zur galvanischen Beschichtung wird hier kein Substrat veredelt, sondern ein selbsttragender Metallkörper erzeugt.

Bei der Galvanoformung werden somit Aspekte der Gussfertigung mit der galvanischen Beschichtung verbunden, was die Herstellung von komplexen, filigranen und zugleich leichten Strukturen ermöglicht. Dünnwandige Geometrien können, je nach Auslegung, den Einsatz von Edelmetallen gegenüber massiv gefertigten Teilen teilweise erheblich reduzieren. Gleichzeitig lassen sich hohe Anforderungen an den Detailgrad, die Oberflächenqualität sowie die Beständigkeit gegenüber Abrieb und Korrosion realisieren.

Für die Serienfertigung von galvanogeformten Teilen sind eine stabile Anlagenführung, ein sicheres Handling und eine engmaschige Prozesskontrolle erforderlich. Um definierte Wandstärken und Materialeigenschaften reproduzierbar zu erreichen, müssen Prozessfenster wie Chemiekonzentration, pH-Wert, Temperatur und Stromdichte kontinuierlich überwacht und eingehalten werden.



**Beispiel eines durch Galvanoformung hergestellten Schmuckbauteils (bangle)**

(©Umicore / KI-eneriert mit Adobe Firefly)

Bei Goldlegierungen wird die angestrebte Karätigkeit maßgeblich durch Badzustand und Prozessführung bestimmt; die Verifikation erfolgt hierfür in der Regel am fertigen Bauteil. Bei Platin erschweren unter anderem engere Toleranzen, eine höhere Empfindlichkeit gegenüber Verunreinigungen sowie begrenzte Elektrolytstandzeiten eine wirtschaftliche Großserienfertigung.

### Eigene Serienfertigung bleibt für Hersteller uninteressant

Eine eigene Galvanoformung-Serienfertigung ist für viele Hersteller wirtschaftlich und organisatorisch nur schwer darstellbar. Hohe Investitionen in Anlagen, die Bevorratung von Edelmetallen und Chemikalien, der Bedarf an spezialisiertem Personal sowie die Einhaltung umfassender EHS-Vorgaben und eine dauerhaft hohe Auslastung gelten als wesentliche Hürden. *Wir übernehmen die präzise und gleichmäßige Schichtbildung in großserientauglichen Prozesslandschaften inklusive Material- und Chemiehandling unter Einhaltung aller Sicherheits- und Umweltauflagen – ohne Zusatzkosten*, sagt Martin Stegmaier, Bereichsleiter für PGM und dekorative Edelmetallanwendungen in der Busi-



**Testmuster für Galvanoformung (als Service der Umicore MDS) können im Rahmen der Angebotsphase zur Projektqualifizierung gefertigt werden** (©Umicore)



**Umicore MDS arbeitet mit einem weltweit einheitlichen Prozess- und Qualitätsverständnis, orientiert am eigenen Made in Germany-Anspruch** (©Umicore)

ness Unit MDS. Zudem werde ein eventueller Produktionsausschuss nicht berechnet. So ließen sich gemeinsam vereinbarte Kosten und Fertigungsergebnisse verlässlich erreichen. *Durch die Bündelung von Ressourcen bieten wir zudem ein im Marktumfeld wohl einzigartiges Preis-Leistungs-Verhältnis*, fasst Martin Stegmaier die Vorteile zusammen.

### Ramp-up bis 2027: von Bemusterung bis zur Massenproduktion

Umicore MDS plant Investitionen in Anlagen und Infrastruktur, um Kapazitäten für großvolumige Aufträge auszubauen. Der Rollout ist stufenweise vorgesehen: Bis Ende des zweiten Quartals 2026 sollen Bemusterung und Qualifikation abgeschlossen sein. Das Ramp-up zur Serienfertigung ist bis Ende 2026 geplant. Ab Anfang 2027 soll die Massenproduktion über mehrere Linien möglich

sein. Bestehende Edelmetall-, Analytik- und Qualitätssicherungsprozesse sollen genutzt werden, um reproduzierbare Ergebnisse in allen Chargen zu erzielen.

Mit dem erweiterten Angebot will Umicore MDS den Zugang zur Galvanoformung in industriellen Stückzahlen erleichtern. Schmuck- und Accessoire-Hersteller erhalten damit eine spannende Option zur Umsetzung galvanogeformter Designs – von der Spezifikationsdefinition und Musterfertigung bis hin zur skalierbaren Serien- und Massenproduktion.

### Über Umicore Metal Deposition Solutions

Die Umicore-Business Unit Metal Deposition Solutions (MDS) ist Teil der Umicore-Gruppe. Der Geschäftsbereich umfasst die beiden 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 diesen Bereichen kombiniert das Unternehmen die beiden hochwertigsten Verfahren: Galvanotechnik und PVD-Beschichtungen. 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/>

## WOMag-App

**Online und offline auf mobilen Geräten**

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

Laden im  
**App Store**

Laden bei  
**Google play**

ALLE AUSGABEN

## ≡ Bauteilsauberkeit prozesssicher und effizient sicherstellen

34. Fachtagung *Industrielle Bauteilreinigung* am 25. und 26. Juni 2026

**Veränderte Anforderungen an die Qualität, Kosteneffizienz und Nachhaltigkeit von Bauteilen erfordern angepasste Fertigungstechnologien und -prozesse – auch in der Bauteilreinigung. Als führende Wissensplattform im deutschsprachigen Raum bietet die Fachtagung Industrielle Bauteilreinigung des FiT entsprechendes Knowhow, informiert über Trends und neue Entwicklungen in der Reinigungstechnik. Das Programm der Veranstaltung mit integrierter Ausstellung am 25. und 26. Juni 2026 im Neckar Forum Esslingen beinhaltet auch die Verleihung des 5. FIT2clean Award.**

Zunehmend schnellere Transformationsprozesse in der Industrie stellen produzierende Unternehmen vor Herausforderungen. So erfordert die Herstellung von hochwertigen Bauteilen und Systemkomponenten, unter anderem für die Bereiche Sensor- und Analysensysteme, Luft- und Raumfahrt, Halbleiter, Optik, Mobilität, Medizin- und Pharmatechnik, Sicherheitstechnik und Verteidigung, Beschichtungs- und Veredelungstechnik sowie Energietechnik, auch in der Bauteilreinigung optimierte und neue Lösungen. Die Prozesse müssen sicherstellen, dass definierte, teilweise extrem strenge Sauberkeitsspezifikationen nicht nur stabil und kosteneffizient erfüllt werden, sondern auch energie- und ressourcensparend durchgeführt werden. Die 34. Fachtagung *Industrielle Bauteilreinigung* des Fachverbands industrielle Teilereinigung e. V. (FiT) präsentiert dafür Knowhow, neue verfahrenstechnische Lösungen und Produkte, innovative Methoden zur Prozessführung sowie Best-Practice-Anwendungen. Eine integrierte Ausstellung und die Verleihung des Innovationspreises *FiT2clean Award* ergänzen das Programm der als führende Wissensplattform zur Bauteilreinigung etablierten Veranstaltung. Sie wird von fair-

Xperts am 25. und 26. Juni 2026 im Neckar Forum Esslingen durchgeführt.

### Zukunftsorientierte Reinigungsprozesse – worauf es ankommt

Schwerpunkte des vielseitigen Programms der zweitägigen Veranstaltung bilden die Themenbereiche Prozesskette Teilereinigung, Medienqualität, Prozesswasserbehandlung, Innovationen, Messen, Prüfen und Steuern sowie Praxisbeispiele. Es bietet damit zahlreiche Impulse und zeigt Strategien für die Anpassung und Optimierung von Reinigungsprozessen auf.

Unter dem Titel *Von Sand im Getriebe bis kontaminationsfrei* wird die Bedeutung der Reinheit in der gesamten Prozesskette beleuchtet sowie über allgemeine Normen, Richtlinien und Anforderungen in der Praxis informiert. Ein Vortrag zeigt anhand eines Praxisbeispiels aus der Medizintechnik die konzeptionellen und technologischen Herausforderungen bei der Auslegung von High-Purity-Reinigungsanwendungen auf, wobei die Reinigungsanlage als Quality-Gate vor dem Reinraum zu verstehen ist. Welche Faktoren bei der Abstimmung von Umformprozessen, Bauteilreinigung und Korrosions-

schutz in der Batteriezellfertigung zu berücksichtigen sind, wird ebenfalls thematisiert.

Die Vorstellung einer Weltneuheit für die energieeffiziente und umweltgerechte Laserreinigung von Massenschüttgütern wie etwa Schrauben, Muttern oder Klipsen findet sich ebenfalls auf der Agenda. Unter dem Motto *Innovation Butanreinigung* erhalten die Teilnehmenden ein Update zu den aktuellen Entwicklungen eines neuen Reinigungsverfahrens. Neue Hochleistungsfilter für die Bauteilreinigung und die Effizienzvorteile der Aufbereitung verbrauchter Spülwässer durch Vakuumdestillation sind weitere Themen.

Darüber hinaus informiert die Fachtagung über die Möglichkeit, Reinigungseffizienz und Recyclingfähigkeit von Prozesswasser beim Gleitschleifen durch synergetische Reinigungs- und Flockungsmittelsysteme zu erhöhen sowie Kosten- und Ressourceneinsparungen in der Bauteilreinigung durch messwertgesteuerte Badwechsel zu realisieren. Neue Entwicklungen für die Badüberwachung wie eine Lösung zur mobilen Messung der Ultraschalleistung sowie der Sauberkeitskontrolle hinsichtlich partikulärer und filmischer Sauberkeit werden ebenfalls präsentiert. Der Nutzen, der sich durch das Zu-



**Neben Wissen, Innovationen und Lösungsansätzen für die industrielle Bauteilreinigung durch vielseitige Vorträge bietet die Fachtagung die Möglichkeit, sich direkt auf der begleitenden Ausstellung über neue Produkte und Entwicklungen zu informieren (Bild: fairXperts GmbH & Co. KG)**

sammenspiel von Reinigungstechnik und neuen messtechnischen Lösungen entlang der Prozesskette ergibt, wird durch Praxisbeispiele verdeutlicht. Ebenso wie sich durch die konsequente Erfassung, Auswertung und Interpretation von Prozess- und Sauberkeitsdaten die Reinigungsperformance steigern lässt. Herausgearbeitet wird darüber hinaus der entscheidende Einfluss eines intelligenten Teilehandlings auf die Kosteneffizienz. Die Frage, welche Vorteile die Inline-Laserreinigung von Elektronikgehäusen aus Aluminiumdruckguss als Alternative zum Dekapieren bietet, beantwortet ein Praxisbeitrag.

## Verleihung des Innovationspreises FIT-2clean Award und begleitende Ausstellung

Im Rahmen der Fachtagung erfolgt auch die Verleihung des mit 10.000 Euro dotierten

Fit2clean-Awards. Der Innovationspreis wird zum fünften Mal vergeben. Davor präsentieren die drei Finalisten ihre eingereichten Lösungen den Teilnehmenden der Tagung. Eine begleitende Ausstellung rundet das anspruchsvolle Vortragsprogramm ab. Teilnehmer der Veranstaltung haben dadurch die Möglichkeit, sich direkt über neue Produkte und Entwicklungen im Bereich der industriellen Reinigungstechnik zu informieren und mit Experten Erfahrungen auszutauschen. Die Fachtagung richtet sich an Fach- und Führungskräfte, Ingenieure und Techniker aus Entwicklung und Konstruktion, Technologie, Verfahrenstechnik, Arbeitsvorbereitung, Fertigung, Fertigungsplanung und Qualitätswesen aus verschiedenen Branchen. Das vollständige Programm, weitere Informationen und Anmeldeunterlagen sind unter [www.industrielle-reinigung.de](http://www.industrielle-reinigung.de) abrufbar.

## Über den FiT

Der Fachverband industrielle Teilereinigung e. V. (FiT) ist ein Kompetenznetzwerk für die industrielle Bauteilreinigung. Zu den Mitgliedern zählen namhafte Unternehmen aus den Bereichen des Anlagenbaus, der Chemie, der Messtechnik und der Analytik sowie Anlagenbetreiber und Forschungseinrichtungen. Der Verband bietet der Branche Orientierung sowie Wissensvermittlung und Qualifizierung durch seine Fachausschüsse, Arbeitskreise, Leitlinien, Richtlinien, Checklisten, Fachtagungen und Seminaren. Er initiiert Fortschritt und Innovation unter anderem durch Kooperation mit renommierten Forschungsinstituten, Hochschulen und Universitäten.

Doris Schulz

➔ [www.fit-online.org](http://www.fit-online.org)

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

### DGO-Bezirksgruppe Thüringen

Die Mitglieder der DGO -Bezirksgruppe Thüringen trafen sich am 24. Februar 2026 in der Thüringer Industrieforschungseinrichtung Innovent e. V. an zwei Standorten in Jena.

Am Hauptstandort in der Prüssingstraße stellte Dr. Andreas Pfuch, Bereichsleiter Oberflächentechnik, die 1994 gegründete Industrieforschungseinrichtung mit ihren rund 130 Beschäftigten vor. Die Forschungseinrichtung fokussiert derzeit auf Entwicklungsarbeiten in den Kompetenzfeldern:

- Oberflächentechnik
- Analytik – Werkstoffe – Verbunde
- Biomaterialien
- Magnetische und optische Systeme

Speziell mit Blick auf den Forschungsbereich Oberflächentechnik wurden einige zukunftsorientierte Innovationsfelder mit maßgeschneiderten Lösungen in verschiedenen Technologiebereichen aufgezeigt. So werden Oberflächenfunktionalisierungen wie Dünn- und Dickschichtabscheidungen, elektrochemische Untersuchungen und Oberflächenanalytik durchgeführt. Die plasmabasierten und flammenpyrolytischen Anwendungen eignen sich unter anderem für die Herstellung dünner Funktionsschichten, antimikrobiellen sowie biokompatiblen Beschichtungen, die auf Sol-Gel-Basis zusätzlich hydrophil oder hydrophob eingestellt sein können.

Die PCO®-Technik gestattet die Herstellung von dicken Funktionsschichten, die lichtabsorbierend, verschleiß- und korrosionsbeständig, biokompatibel und katalytisch

sein können. Die Beschichtung erfolgt derzeit ausschließlich auf Leichtmetalllegierungen (Al, Mg, Ti). Das Kaltplasmaspritzen in Kombination mit der Plasmachemischen Oxidation (PCO®) erweitert allerdings den Anwendungsbereich auch auf andere Substratwerkstoffe; dies ist aktueller Forschungsgegenstand.

Durch die chemische Abscheidung von Nickel lassen sich verschleiß- und korrosionsbeständige Schichten herstellen; auch die Abscheidung schwarzer chemisch-Nickelschichten ist Inhalt laufender Entwicklungsarbeiten. Durch die Einbettung von Partikeln in die aufwachsenden chemisch-Nickelschichten sind zudem Dispersionsschichten herstellbar. Mit der Plasmatechnologie sind Klebeverbindungen von PTFE/Stahl und PTFE/ABS sowie das Verkleben carbonfaserverstärkter



PCO®-Beschichtungsanlage bei Innovent e.V.

(Bild: Innovent)



Besucher der DGO-Bezirksgruppe bei Innovent

(Bild: Innovent)

# VERBÄNDE

Kunststoffe (CFK) Stand der Technik. Anhand einiger Beispiele wurden diese Schicht- beziehungsweise Materialkombinationen eindrucksvoll diskutiert. Nach dem Ende des Vortrags wurden den Teilnehmern in einem kurzen Rundgang das Atmosphärendruckplasma-Applikationslabor von Innovent e. V. sowie das chemische und oberflächenanalytische Labor einschließlich der Möglichkeiten zur Schichtcharakterisierung vorgestellt. In der anschließenden Diskussion wurden unter anderem Fragen zur Abscheidung auf Glas und zur Beherrschung der Beschichtung von unterschiedlichen Kunststoffen gestellt.

Am zweiten Standort von Innovent, ebenfalls in Jena in der Ilmstraße, wurden die Exkursionsteilnehmer von den Kollegen Toni Munteanu, Björn Noske und Felix Düppengießer begrüßt. Anschließend besichtigten sie neben der PCO<sup>®</sup>-Laboranlage auch die erst kürzlich mit größeren Elektrolytbehältern ausgestattete PCO<sup>®</sup>-Produktionsanlage.

In diesen Anlagen kann unter Verwendung von speziell angepassten Elektrolyten und durch die Erzeugung von Funkenmikroentladungen an den Bauteiloberflächen das *Einbrennen* von Elektrolytbestandteilen in die aufwachsende oxidkeramische Schicht erfolgen. Da der PCO<sup>®</sup>-Prozess bei etwa 25 °C Badtemperatur ablaufen sollte, ist eine aktive Kühlung des Elektrolytbades unbedingt erforderlich. Beschichten lassen sich auf diese Weise Al-, Ti- und Mg-Legierungen. Die Beschichtung kann so gesteuert werden, dass zum Beispiel 0,5 µm bis 3,5 µm dicke, stark absorbierende, schwarze nichtreflektierende Oberflächen entstehen. Für die Medizin- und Implantattechnik ist unter Verwendung anderer Elektrolyte die Herstellung von bioinerten oder bioaktiven Schichten möglich. Zudem können in den Anlagen bei Innovent chemisch-Nickel-Beschichtungen, optional auch nach einer entsprechenden Plasmavorbehandlung, erfolgen. So lässt sich beispielsweise auch Glas mit Nickel beschichten.

Alle diese elektrochemischen Beschichtungsverfahren erfordern eine ständige Elektrolytkontrolle. Deshalb existiert für diese Zwecke ein gut ausgestattetes chemisches Labor unter anderem mit einer Röntgenfluoreszenzanalyse. Nach einem kurzen Blick in das chemische Labor wurden die Besucher zu einem Imbiss eingeladen. Dabei entwickelte sich eine rege Diskussion zu den vorgestellten Anlagen, Geräten und Verfahren. Nach Beantwortung der umfangreichen Fragen dankte DGO-Bezirksgruppenleiter Mathias Fritz Dr. Andreas Pfuch für seinen interessan-

ten Vortrag und den Kollegen Toni Munteanu, Björn Noske und Felix Düppengießer für ihre interessante Führung durch die Werkhallen.

Dr. Peter Kutzschbach

➔ [www.dgo-online.de](http://www.dgo-online.de)

## DGO-Bezirksgruppe Thüringen

Die unmittelbar an der Autobahn A71 gelegene Müllverbrennungsanlage des Zweckverbands für Abfallwirtschaft Südwestthüringens (ZAST) war am 14. April 2026 das Ziel der Mitglieder der DGO-Bezirksgruppe Thüringen. Die Anlage wurde 2007 in Betrieb genommen.

Der Betriebsleiter Ulf Haferkorn begrüßte die Teilnehmer und stellte in einer interessanten Präsentation die Einrichtung, ihren Aufbau, ihre Aufgaben und Ergebnisse eindrucksvoll vor. Der nicht mehr verwertbare Müll (Restmüll) aus Haushalt und Gewerbe sowie Klärschlämme werden professionell verbrannt, wobei die dabei entstehende Energie in Strom und Wärme genutzt wird. Des Weiteren fällt durch die Verbrennung mit Eisen- und Nichteisenmetallen angereicherte Schlacke an. Sie kann nach entsprechender Nachbehandlung auf Deponien als Deckschicht und im Straßenbau als Unterbauschicht eingesetzt werden. Die im Verbrennungsprozess entstehenden Rauchgase werden in modernen Reinigungsprozessen gereinigt und über einen 90 Meter hohen Schornstein gasstofffrei in die Atmosphäre entlassen.

Im Vortrag wurden einige Zahlen, bezogen auf ein Jahr, genannt:

- 160.000 t Müll, inklusive Klärschlamm werden verbrannt,
- 40.000 t Schlacke mit Eisen- und Nichteisenmetallen,
- 8.000 t Reststoffe aus der Abgasreinigung,
- max. 13,7 MW Strom und max. 30 MW Wärme entstehen.

Nach der theoretischen Vorstellung der einzelnen Bereiche der Müllverbrennungsanlage und ihrer Aufgaben erfolgte die Besichtigung ausgewählter Bereiche unter Führung von Ulf Haferkorn. Ein Blick in die Entladehalle für die Müllfahrzeuge, auf die Beschickung des Kessels und in dessen Verbrennungsraum sowie in den Schlackebunker war sehr eindrucksvoll. Den Abschluss der Besichtigung bildeten der Besuch der Krankanzel im Abfallbunker und der Leitwarte der Verbrennungsanlage. Dort erfuhren die Besucher, dass die Anlage im Vierschichtbetrieb teilautomatisch gefahren wird und dafür im Normalfall nur fünf Personen erforderlich sind, um die Prozesse zu überwachen und eventuell einzugreifen.



**Die DGO Bezirksgruppe Thüringen besucht die Müllverbrennungsanlage des ZAST**

(Bild: Ulf Haferkorn ZAST)

Damit endete der Rundgang durch die Müllverbrennungsanlage.

Sowohl für den interessanten Vortrag als auch für die kompetente Führung durch den Betrieb bedankte sich DGO-Bezirksgruppenleiter Mathias Fritz bei Ulf Haferkorn und wünschte den Teilnehmern einen angenehmen Heimweg.

Dr. Peter Kutzschbach

➔ [www.dgo-online.de](http://www.dgo-online.de)

## Seminar Wasserstoffversprödung für Praktiker in Hagen komplett ausgebucht

Am 17. und 18. März führte die DGO gemeinsam mit dem Deutschen Schraubenverband das mit 38 Teilnehmern ausgebuchte Seminar in den Räumen des Deutschen Schraubenverbandes in Hagen durch – ein starkes Zeichen für die hohe Relevanz des Themas entlang der Wertschöpfungskette hochfester Verbindungselemente.

In acht Fachvorträgen wurden zentrale Mechanismen, Einflussgrößen und Präventionsstrategien beleuchtet. Die Schwerpunkte lagen insbesondere auf wasserstoffinduzierten Schädigungsmechanismen in hochfesten Stählen und auf prozessbedingten Eintragsquellen in galvanotechnischen Beschichtungsverfahren sowie beim Feuerverzinken. Ergänzend wurden praxisorientierte Maßnahmen zur Risikominimierung vorgestellt, von der Prozessüberwachung über optimierte Vor- und Nachbehandlungsstrategien; letzteres insbesondere hinsichtlich der Wärmebehandlung. Die Abendveranstaltung im Restaurant Artischoke bot ausreichend Möglichkeiten, um die fachlichen Inhalte zu vertiefen und Erfah-

rungen aus unterschiedlichen Anwendungsfeldern auszutauschen.

Eine moderierte Fachdiskussion, bei der vorab eingereichte Fragestellungen aus der Praxis aufgegriffen und gemeinsam analysiert wurden, rundete die Veranstaltung ab. Zielgruppe des Seminars waren Technologen, Verfahreningenieure, Meister, Qualitätsmanagementbeauftragte und Schichtleiter von Oberflächenbeschichtern und deren Kundenkreis.

➔ [www.dgo-online.de](http://www.dgo-online.de)

## Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA)

### VOA-Mitgliederversammlung in Augsburg

Der Verband für die Oberflächenveredelung von Aluminium e. V. (VOA) lädt seine Mitglieder und interessierte Gäste zu seiner 62. Mitgliederversammlung vom 17. bis 19. Juni 2026 nach Augsburg ein. Neben der Möglichkeit zum intensiven fachlichen Austausch legt der Verband den Schwerpunkt auf technische Themen und präsentiert vor dem Hintergrund der aktuellen, politischen Diskussion sowie der Kostenentwicklung für die Arbeitgeber auch drei interessante Vorträge zu den Themen Sozialversicherungssysteme und generationenübergreifendes Arbeiten in der Zukunft. Außerdem stehen in diesem Jahr turnusmäßige Vorstandswahlen an sowie die Wahl des Rechnungsprüfers.

Die Veranstaltung startet mit der Sitzung des Technischen Kreises am 17. Juni für alle technisch Interessierten aus den Mitgliedsunternehmen. Auf der Tagesordnung finden sich relevante Themen der Branche, wie beispielsweise das Prüfwesen und die Weiterentwicklung der internationalen Qualitätszeichen Qualanod, Qualicoat und Qualistrip oder die aktuelle Überarbeitung des BREF STM (Best Available Techniques Reference Document Surface Treatment of Metals and Plastics).

Im öffentlichen Teil der Mitgliederversammlung am 18. Juni bietet der VOA drei Vorträge hochkarätiger Referenten an: Dr. Irmgard Stippler, Vorstandsvorsitzende der AOK Bayern, spricht über *Krankenversicherungen aus Arbeitgebersicht*, Brigitte Iding, Vorsitzende

der Geschäftsführung Deutsche Rentenversicherung Bayern Süd, referiert zum Thema *Rentenversicherung aus dem Blick der Arbeitgeber: Arbeitsleistung erhalten*; ihr folgt Dr. Rüdiger Maas vom Institut für Generationenforschung Augsburg, mit seinem Vortrag *Herausforderung im Unternehmen: Vielfalt der Generationen als Stärke nutzen*. Der Verband legt nach Aussage von VOA-Geschäftsführerin Dr. Alexa A. Becker großen Wert darauf, die Veranstaltung als Branchentreff zu nutzen, bei dem selbstverständlich auch Gäste und Nichtmitglieder willkommen seien. *So ermöglichen wir den fachlichen Austausch mit wichtigen Vertretern der Oberflächenveredelungsindustrie, die Teilnahme an aktuellen und interessanten Fachvorträgen und gleichzeitig lernen Interessierte den Verband besser kennen.*

Die satzungsgemäße Mitgliederversammlung, die nur VOA-Mitgliedern vorbehalten ist, findet direkt im Anschluss an den öffentlichen Teil statt. Auf der Tagesordnung steht unter anderem die Wahl des Vorstands für die Jahre 2026 bis 2030 sowie die Wahl des Rechnungsprüfers. Der VOA freut sich in diesem Zusammenhang besonders über das Interesse auch jüngerer Vertreter aus den Mitgliedsunternehmen an diesem wichtigen Ehrenamt. Ob weltberühmte Fuggerei, das Augsburger Rathaus mit dem Goldenen Saal im prachtvollen Renaissance-Stil, gemütliche Cafés oder das UNESCO-Welterbe, das einzigartige Wassermanagement-System: Augsburg begeistert mit seiner unverwechselbaren Mischung aus Geschichte, Technik, Kultur und Lebensfreude. Die Stadt verbindet Tradition und Gegenwart auf einzigartige Weise und bietet als starker Industriestandort bedeutenden Unternehmen eine Heimat. Neben einer Werksführung bei Everllence SE, ehemals MAN Energy Solutions, die wertvolle Einblicke in die Industrie bietet, gilt das Augenmerk natürlich auch immer dem fachlichen Austausch in professioneller Atmosphäre, etwa beim gemeinsamen Abendessen mit Sitzplatzwechsel im Hotel Maximilian's.

Weitere Informationen finden Interessierte auf der Homepage des VOA.

➔ [www.voa.de](http://www.voa.de)

## Industrieverband Blechumformung e.V.

(IBU)

### Vorstandswechsel beim IBU

Neuer Vorstandsvorsitzender beim Industrieverband Blechumformung e. V. (IBU): Ulrich Flatken übergibt den Staffelstab an Angelo Castrignano. Nach acht Jahren an der Verbandsspitze will sich Flatken künftig ganz auf seine Arbeit als Präsident des Wirtschaftsverbands für Stahl- und Metallverarbeitung (WSM) konzentrieren. Sein Nachfolger Castrignano war zuvor bereits Mitglied im Vorstand; in dieser Runde wird auch Flatken weiterhin für den IBU aktiv sein.

Beide Verbandsvertreter sind Unternehmer, die die Herausforderungen der Blechumformer aus eigener Praxis bestens kennen: Ulrich Flatken ist Geschäftsführer der Mecanindus-Vogelsang Group, unter anderem in Hagen. Angelo Castrignano leitet die Schürholz GmbH & Co. KG Stanztechnik, unter anderem im westfälischen Plettenberg. Zwei von insgesamt rund 240 meist mittelständisch geprägten Unternehmen, die der IBU vertritt. Die Kombination aus unternehmerischem und industriepolitischem Know-how ist nach den Worten von IBU-Geschäftsführer Bernhard Jacobs enorm wichtig, um den Verband durch die aktuell herausfordernden Zeiten zu führen. Künftig wird nun Angelo Castrignano seine Erfahrung in die Verbandsarbeit einbringen. Der studierte Maschinenbauingenieur ist seit 15 Jahren Geschäftsführer bei Schürholz; zuvor leitete er dort unter anderem den Bereich Qualitätssicherung und -management. Das Unternehmen ist Anbieter von Präzisionsteilen, Baugruppen und Komponenten und arbeitet überwiegend mit der innovativen Bihler-Stanzbiegetechnologie. Angelo Castrignano will in seiner neuen Position dazu beitragen, die Stellung der Blechumformer zu stärken und die Transformation in den blechumformenden Unternehmen weiter voranzutreiben.

➔ [www.industrieverband-blechumformung.de](http://www.industrieverband-blechumformung.de)

## INSERENTENVERZEICHNIS

Brenscheidt Galvanikservice	U3	GusChem	U2	Steinbeis-Transferzentrum	32
BRW Elektrochemie	11	Munk GmbH	Titel	WOTech	27
ELB Zerrer	U4	Renner GmbH	1	ZVO e.V.	Titel

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

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

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

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

### **Ihre Aufgaben**

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

### **Ihr Profil**

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

### **Wir bieten Ihnen**

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

### **Kontakt**

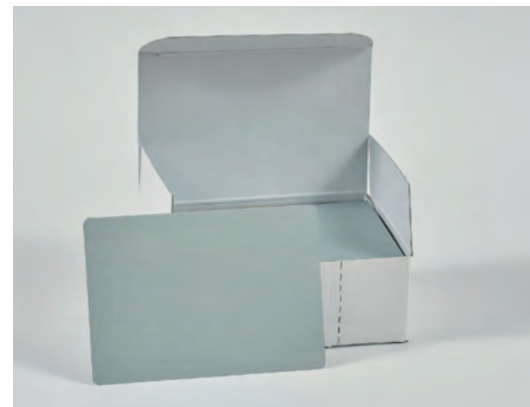
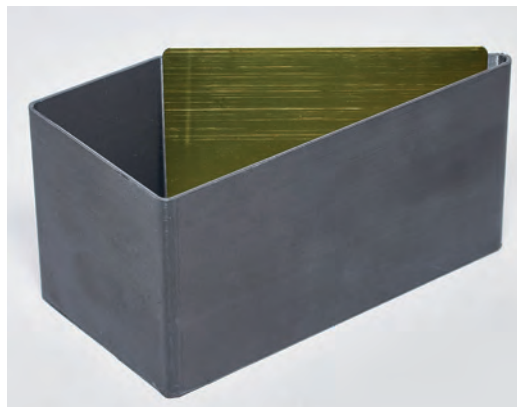
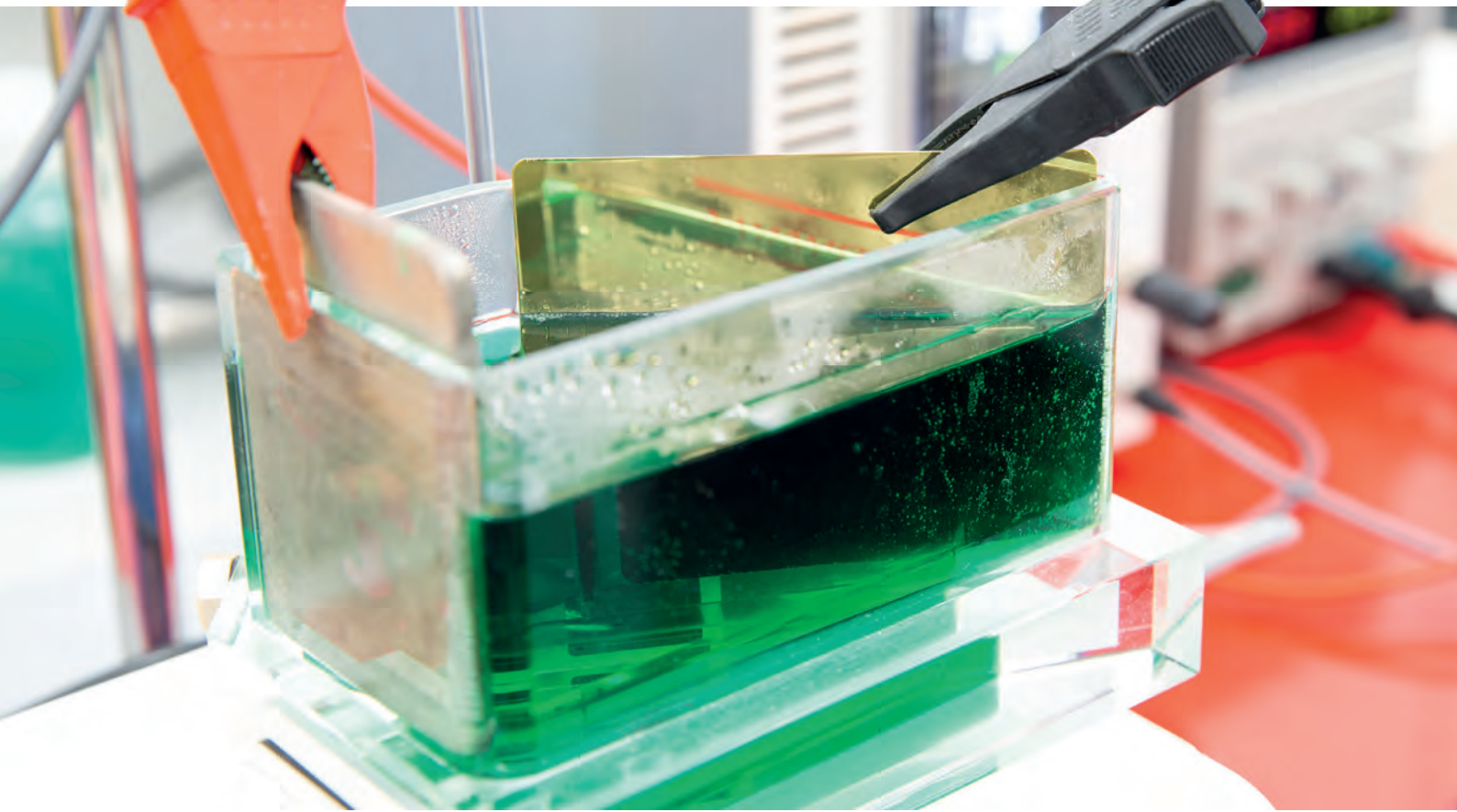
Steinbeis-Transferzentrum Tribologie in Anwendung und Praxis  
Prof. Dr.-Ing. Dietmar Schorr  
Erzbergerstraße 121  
76133 Karlsruhe

Website: [www.steinbeis-analysezentrum.com](http://www.steinbeis-analysezentrum.com)  
E-Mail: [info@steinbeis-analysezentrum.com](mailto:info@steinbeis-analysezentrum.com)  
Telefon: 0721 9735 831



**STZ Tribologie**  
Steinbeis Transfer Zentrum

# Hull-Bleche in Top-Qualität mit Premium-Service

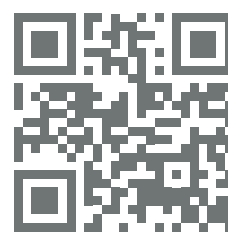


Hull-Bleche aus **Stahl, Aluminium, Messing, Bronze, Kupfer**  
Hull-Zellen aus **Acryl, PVC, 3D-Druck** • Winkelkathoden



**MET AT LAB**

Hull-Bleche & Zubehör



QR-Code  
scannen  
und direkt  
zum Shop!  
[met-at-lab.com](http://met-at-lab.com)



# CERANOD®

## Armor for Lightweight Metal Precision from CERANOD®

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



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

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

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

CERANOD® gives lightweight metals unmatched strength for:

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

Lightweight. Resilient. Ready for impact.

