

# WOMag

BAND 4  
ISSN 2195-5905

Kompetenz in Werkstoff und funktioneller Oberfläche | 9 / 2015

Unser geballtes Fachwissen zu Werkstoffen und Oberflächen im neuen Online-Portal - optimiert für alle Ihre Ausgabegeräte!



**WOMag-Online** –  
in neuem Layout und mit  
erweiterten Funktionen

Laser- und Diffusionsschweißen  
in der Mikrotechnik

Zink im Automobilbau für Optik,  
Wertigkeit, Sicherheit, Nachhaltigkeit

Impedanzspektroskopie –  
Theorie und Anwendungsmöglichkeiten

Optische Partikelzähler zur  
Zustandsüberwachung von Flüssigkeiten



## Jetzt ist weniger mehr.

DELTA-PROTEKT® KL 120 – der innovative Zinklamellen-Basecoat, bei dem es uns gelungen ist, die Schichtdicke um bis zu 30% zu reduzieren. Bei seinen vielen Vorteilen trägt er allerdings etwas dicker auf: DELTA-PROTEKT® KL 120 bietet Ihnen höchste Korrosionsbeständigkeit, 1.000 Stunden Prozesssicherheit, höhere Temperaturstabilität, verbesserte Abriebbeständigkeit, optimierte Weißrostbeständigkeit und ist zudem für Gestell- und Massenschüttgut geeignet. Noch mehr über DELTA-PROTEKT® KL 120 erfahren Sie unter [www.doerken-mks.de](http://www.doerken-mks.de)

**IAA Frankfurt**  
Fachbesuchertage 17.–18.9.  
Halle 4.1, Stand C33

## Feinheiten schaffen den Effekt



Ein beeindruckendes Beispiel für die Wirkung der Oberflächenbearbeitung bieten Produkte der Reichle GmbH aus Bissingen/Teck. Das Unternehmen stellt unter anderem Werkzeuge für die Fertigung von Kunststoffteilen her. Dafür wird das Lasertexturieren eingesetzt, das aus einem Stück Metall die Lederhaut eines Reptils, ein Korbgeflecht oder die Maserung von Holz werden lässt – wie der Beitrag auf Seite 11 in der vorliegenden Ausgabe zeigt. Dabei entsteht der Eindruck eines natürlichen Produkts nicht nur visuell, sondern auch beim Berühren des daraus hergestellten Kunststoffteils (wie der Berichterstatter verlauten lässt).

Diese Leistung ist eine weitere Bestätigung der Tatsache, dass Werkstoffe und Oberflächen zusammen gehören. Innovative und hochqualitative Produkte entstehen, wenn beide Technologiebereiche gemeinschaftlich betrachtet werden. Dies beginnt bei der Forschung und Entwicklung und endet in der rauen Praxis der Fertigung. Nachdruck wurde dem beispielsweise in der Forschung verliehen: An der TU Chemnitz wurde vor kurzem das Arbeitsgebiet von Prof. Dr. Thomas Lampke, einem der treibenden Fachleute der Oberflächentechnik in Deutschland, in Professur *Werkstoff- und Oberflächentechnik* umbenannt – und selbstverständlich auch praktiziert.

Eine Neuerung im Bereich der Messen ist die DeburringExpo, auf der vom 13. bis 15. Oktober in Karlsruhe Verfahren, Anlagen und Geräte rund um das Entgraten und Polieren von Werkstücken gezeigt werden. Auch hier geht es primär um die Erzeugung von Oberflächeneffekten. Aufgegriffen wird der Themenkreis um Werkstoffe und Oberflächen in Fachtagungen wie den ZVO-Oberflächentagen in Berlin, der Werkstoffwoche in Dresden oder auf dem Pforzheimer Werkstofftag, der dieses Jahr unter dem Thema *Werkstoffaspekte in der Oberflächentechnik* steht. Damit wird betont, dass geeignete Oberflächen einen optimalen Untergrund benötigen. Aspekte hierzu stellen zwei Autoren – Dr. Gietzelt auf Seite 5 und Dr. Ganz auf Seite 28 – vor, die beide auch auf der genannten Veranstaltung vortragen werden.

Die WOTech GbR unterstützt diese fachübergreifenden und unentbehrlichen Bemühungen des Informationstransfers mit der Neugestaltung der Homepage. Insbesondere die Verknüpfung und Querverweise zwischen den Themen helfen den Nutzern, interessante Aspekte zu finden und zu verfolgen. Dafür werden umfangreiche Charakterisierungen erstellt und kontinuierlich erweitert – nutzen Sie die neue Plattform für Ihre Recherchen und gewinnen Sie zusätzliches Know-how für die tägliche Arbeit!

*Charlotte Schade*

Charlotte Schade  
Dipl.-Ing. (FH)  
WOTech GbR

25+ JAHRE



[www.platten-filter.de](http://www.platten-filter.de)

Wir sind dabei!



[www.sager-mack.com](http://www.sager-mack.com)



Innovative Lasertexturen bei Werkzeugen der höchsten Qualitätsklasse



Platin-Titan-Anoden zur Chromabscheidung 26



Coventya TOP 100

36



Zink im Automobilbau

8



PVD-Beschichtungen

28

## WERKSTOFFE

Optische Partikelzähler als ideales Instrument zur Zustandsüberwachung von Flüssigkeiten	4
Einsatz des Laser- und Diffusions-schweißens zur Herstellung mikro-verfahrenstechnischer Apparate	5
Zink im Automobilbau für Optik, Wertigkeit, Sicherheit und Nachhaltigkeit	8
Umfrageergebnisse belegen: Kleben liegt im Trend	10
LED-Aushärtensysteme und abgestimmte Klebstoffe	10
Innovativ und geheimnisvoll	11
Entgratprozesse durch innovative Lösungen optimieren	14

## WERKSTOFFE

Dreidimensionale Schwingungsanalyse auf neuen Wegen	17
Neuartige Mikroliterpumpe	19
Ein großer Schritt: Millionenförderung für realistische Werkstoffsimulation	20

## MEDIZINTECHNIK

Intelligente Implantate im Zeitalter der miniaturisierten Medizintechnik	22
--	----

## OBERFLÄCHEN

Multifunktionale Nano-Beschichtung	24
Hartverchromung mit Platin-Titan-Anoden – Prozesse optimieren und Abfallmengen reduzieren	26
PVD-Beschichtung mit Edelmetallen für die Medizintechnik, Kontakttechnik und Sensorik	28
Impedanzspektroskopie – Ein Überblick von der Theorie bis zur Anwendung	31
Funktionelle Oberflächenparameter im Fokus	34
Ausgezeichnet innovativ: Coventya	36
Reinigen und Vorbehandeln in der Oberflächentechnik	36
Oberflächeninspektion und Qualitätskontrolle mit Weißlichtinterferometrie	38



Oberflächenanalyse von Werkzeugen und Werkstücken

34



Weißlichtinterferometrie in der QS

38



Entgraten von Metallteilen

14

## OBERFLÄCHEN

Hauptsache günstig oder lieber optimal? Die Vorzüge elektronischer Gleichrichter kritisch hinterfragt	40
Vakuumdestillation nimmt Angst vor Komplexen und Schwermetallen	42
Viele Facetten des technischen Alltags beleuchtet	44
Korrosionsschutz im Automobil	48
Hervorragende Forschungs- und Transferarbeit der Projekte	50
Gelungener 22. Galvano Golf Cup	51
Ausgezeichnet innovativ: Bader	52
ZVO-Seminar Galvanotechnik	53

## VERBÄNDE

REACH und TTIP – Quo vadis?	54
-----------------------------	----

## RUBRIKEN

Marc Holz ö.b.u.v. Sachverständiger	56
EnviroChemie erhält Patent zur Entfernung von Aluminium aus Waschlagen	56
Die Zukunft edel gestalten	56
Schulte Söhne erweitert Angebot	56
Inserentenverzeichnis	56

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

**Erscheinungsweise**  
10 x jährlich, wie in den Mediadaten 2015 angegeben

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

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

**Redaktion/Anzeigen/Vertrieb/Abo**  
siehe Verlagsleitung

**Bezugspreise**  
Jahresabonnement Online-Ausgabe:  
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. 4 vom 1. Oktober 2014

**Inhalt**  
WOMag berichtet über:  
– Werkstoffe, Oberflächen  
– Verbände / Institutionen  
– Unternehmen, Ausbildungseinrichtungen  
– Veranstaltungen, Normen, Patente

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

**WOMag-Beirat**  
WOMag wird von einem Kreis aus etwa 20 Fachleuten der Werkstoffbe- und -verarbeitung sowie der Oberflächen-technik beraten und unterstützt.

**Bankverbindung**  
BW-Bank, IBAN: DE71600501010002344238  
BIC: SOLADEST; (Konto 2344238, BLZ 60050101)

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

**Gerichtsstand und Erfüllungsort**  
Gerichtsstand und Erfüllungsort ist Waldshut-Tiengen

**Herstellung**  
WOTech GbR

**Druck**  
SCHMID Druck + Medien GmbH & Co. KG  
Gewerbepark 5, 86687 Kaisheim  
© WOTech GbR, 2015

**Zum Titelbild:** In eigener Sache: die Homepage der WOTech GbR bzw. WOMag-online zeigt sich in neuem Layout und mit erweiterten Funktionalitäten; die Seite ist unter [www.wotech-technical-media.de](http://www.wotech-technical-media.de) oder [www.womag-online.de](http://www.womag-online.de) erreichbar

# Optische Partikelzähler als ideales Instrument zur Zustandsüberwachung von Flüssigkeiten

Von Prof. Dr. Juliane König-Birk, Hochschule Heilbronn

Optische Partikelzähler können zur Qualitätssicherung und -überwachung in unterschiedlichen Prozessen eingesetzt werden. Der Einsatzbereich reicht von der pharmazeutischen Industrie, über die Bauteilreinigung bis zur Analyse der Sauberkeit von Schmier- und Hydraulikölen. Damit helfen optische Partikelzähler, teure Maschinenausfälle zu vermeiden und Prozesse sicher ablaufen zu lassen. Um beurteilen zu können, wann ein Zustand nicht mehr sicher, sondern kritisch wird, muss die Messmethode, die zur Überwachung verwendet wird, verstanden werden. Insbesondere müssen die Grenzen der Methode bekannt sein.

## The Optical Particle Counter as the Ideal Instrument for Condition Monitoring of Liquids

Optical particle counters can be installed for quality assurance and monitoring of a wide range of processes. These range from those used in the pharmaceutical industry to those used in component cleaning and the analysis of cleanliness of lubricating and hydraulic fluids. Used in such ways, optical particle counters can be valuable in preventing failure of expensive machinery and ensuring trouble-free process operation. In order to determine the point at which a condition is no longer safe, but threatens to become critical, it is essential to have an understanding of the measurement technique being used to monitor the process. In particular, it is vital to recognise the limits of the particular method in use.

### 1 Einleitung

Wird mit einem optischen Partikelzähler eine Flüssigkeit analysiert, so erhält man Messwerte, die eine genaue Zuordnung zwischen der Anzahl und der Größe der Partikel vornehmen, die sich in der Probe befinden. Es können vollkommen unterschiedliche Flüssigkeiten analysiert werden. Die Unterschiede können zum Beispiel in der Viskosität, dem Verschmutzungsgrad, dem Anwendungsbereich oder der Art der Verschmutzung liegen.

- Viskosität: Bei größerer Viskosität müssen die zu messenden Proben mit Druck beaufschlagt werden, um sie durch den Partikelzähler fließen zu lassen. Ist die Viskosität für eine Analyse zu groß, muss vor der Messung geeignet verdünnt werden.
- Verschmutzungsgrad: Jeder Partikelzähler kann nur bis zu einer bestimmten Konzentration sinnvoll messen. Diese ist zum Beispiel auch von der Durchflussrate abhängig.
- Anwendungsbereich: In manchen Anwendungsbereichen sollen aggressive Flüssigkeiten gemessen werden. Hier müssen die Komponenten des Partikelzählers in der Lage sein, solche speziellen Proben überhaupt aufnehmen zu können.
- Verschmutzungsart: Die hier vorgestellten Partikelzähler messen entweder eine partikelgrößenabhängige Streulichtverteilung oder Lichtextinktion. Es kann nicht auf die genaue Geometrie der Partikel rückgeschlossen werden.

Im Folgenden werden die oben genannten Punkte näher erläutert.

### 2 Messmethode

Optische Partikelzähler (Abb. 1), die mit dem Streulichtverfahren arbeiten, können kleinere Partikel messen als Extinktionspartikelzähler. Die kleinsten, typischerweise erfassbaren Teilchendurchmesser liegen im dreistelligen Nanometerbereich. Es können dann Partikel bis zu einem größten Durchmesser von mehreren zehn Mikrometern gemessen werden.

Befindet sich bei einem Streulichtpartikelzähler ein Teilchen in der Messzelle, so wird es von der Lichtquelle beleuchtet. Bei der Lichtquelle handelt es sich beispielsweise um einen Laser. Dieses Licht genau definierter Wellenlänge wird am Partikel gestreut. Ein Detektor nimmt das Streulicht auf. Da die Streuung je nach Partikelgröße variiert, kann hiermit eine Zuordnung zwischen der Teilchengröße und der Teilchenanzahl vorgenommen werden.

Auch der Brechungsindex der Partikel spielt eine Rolle. Er muss zum Beispiel einen anderen Wert als den der umgebenden Flüssigkeit aufweisen. Dies gilt ebenso für die Extinktionspartikelzähler. Bei diesen findet beim Durchgang der Partikel durch das beleuchtete Volumen der Messzelle eine zweidimensionale Projektion der Partikel auf den Detektor statt. Diese teilchengrößenabhängige Abschattung bewirkt eine Änderung des Messsignals. *Abbildung 1* zeigt eine Auswahl an Streulicht- und Extinktionspartikelzählern.



Abb. 1: Optische Partikelzähler Foto: PAMAS

### 3 Partikelgröße

Die beiden Messverfahren Streulicht oder Extinktion liefern zunächst unterschiedliche Messwerte. Beim Streulichtverfahren wird ein physikalischer Äquivalentdurchmesser angegeben: Es handelt sich um den Durchmesser der Kugel, welche die gleiche Streulichtintensität auf dem Detektor hervorruft wie das gemessene Partikel.

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

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im weiteren werden neben der Partikelgröße die maximal messbaren Konzentrationen betrachtet und ein Vergleich mit anderen Messmethoden gezogen.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 2,5 Seiten mit 4 Abbildungen.

# Einsatz des Laser- und Diffusionsschweißens zur Herstellung mikroverfahrenstechnischer Apparate

Von Th. Gietzelt, L. Eichhorn, T. Wunsch, V. Toth und A. Hüll, Karlsruher Institut für Technologie, Campus Nord, Institut für Mikroverfahrenstechnik, Karlsruhe

Für den Aufbau von mikrotechnischen Apparaten werden unter anderem strukturierte Bleche verwendet. Diese können durch den Einsatz des Laser- und Diffusionsschweißens verbunden werden. Beim Diffusionsschweißen werden derartige Strukturen in der Regel gestapelt und im Hochvakuum bis auf Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes aufgeheizt. Ein weiteres Verfahren ist das Laserschweißen, bei dem mittels Lichtleiter hohe Energien auf kleine Flächen fokussiert werden und somit hohe Schweißgeschwindigkeiten erreichbar sind. Kriterien für die Schweißqualität sind beispielsweise Gasdichtheit oder die Erhaltung der Geometrien der Teile.

## Use of Lasers and Diffusion Welding to form Microtechnical Equipment

In the construction of microtechnical devices, patterned sheets of metal are often used. These can be bonded together using laser technology and diffusion welding. In the latter case, the structured metal sheets are usually stacked and, under high vacuum, heated to a temperature just below the melting point. An alternative process is laser welding. In this case, using a light pipe, high energy densities are focused on a small area, thus ensuring very rapid welding. Criteria used to assess weld quality include tests for gas tightness or ensuring that welded assemblies maintain their geometry.

Mikroverfahrenstechnische Apparate werden oft aus einer großen Anzahl mikrostrukturierter Bleche aufgebaut. Die Strukturierung erfolgt mittels Mikrozerspanung wie Fräsen oder Sägen oder in Abhängigkeit der verwendeten Werkstoffe durch einen Lithografieprozess und nachfolgendes chemisches Ätzen.

Die Lagen werden gestapelt und können entweder durch Laser- oder Diffusionsschweißen verbunden werden. Während das Laserschweißen inzwischen weite Verbreitung in der Industrie gefunden hat, führt das Diffusionsschweißen ein Nischendasein: Aufgrund des hohen apparativen Aufwandes, des geringen Durchsatzes und der damit verbundenen hohen Kosten wird es nur für Spezialanwendungen eingesetzt. Die Verbindungsbildung findet meist ohne schmelzflüssige Phase bei etwa 80 % der Schmelztemperatur des Werkstoffes unter Hochvakuum statt. Dabei müssen für jeden Werkstoff die Parameter Temperatur, Flächenpressung und Schweißdauer optimiert werden, um einerseits eine stoffschlüssige

Verbindung und andererseits aber auch akzeptable Verformungswerte sicherzustellen [1]. Im Idealfall entsteht ein monolithisches Bauteil bei dem die ehemalige Lagenstruktur nicht mehr erkennbar ist (Abb. 1) und dessen mechanische Werkstoffkennwerte dem Grundwerkstoff mit gleicher Wärmebehandlung entsprechen.

Ein unschätzbare Vorteil ist die Erzeugung vollflächiger Verbindungen auch innenliegender Strukturen. Damit wird die Passagentrennung, zum Beispiel für Kühlzwecke, in mikroverfahrenstechnischen Apparaten mit Abfuhr sehr großer Wärmemengen bei kleinen Bauteilvolumina möglich. Auch sehr stark exotherme Reaktionen können so beherrscht und von Batchprozessen in kontinuierliche Betriebsweise überführt werden.

Beim cw-Laserschweißen entsteht ab einer Energiedichte von etwa 1 MW/cm<sup>2</sup> ein Metaldampfplasma, welches zum sogenannten Tiefschweißeffekt führt [2, 3]. Die Nahtgeometrie kann durch die Wahl der Parameter Leistung, Geschwindigkeit und

Fokuslage in weiten Grenzen variiert und so jedem Anwendungsfall angepasst werden. Bei Festkörperlasern ist das Ergebnis zudem abhängig vom Durchmesser des Lichtleitkabels: Für kleine Durchmesser des Lichtleitkabels und kurze Brennweiten ist der Einfluss des technologischen Parameters *Fokuslage* sehr stark.

Für das gepulste Laserschweißen sind die Auswahlmöglichkeiten an verschiedenen Parametern noch deutlich umfangreicher: Durch Anpassung des streckenabhängigen aber auch des zeitabhängigen Energieeintrags kann die Nahtgeometrie sowie die thermische Belastung von Bauteilen gesteuert werden [4]. Besonders filigrane Gehäusestrukturen werden vorzugsweise gepulst geschweißt.

Auch beim Laserschweißen haben werkstoffabhängige Besonderheiten, wie stark unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten und Schmelzpunkte, einen großen Einfluss auf die Ausprägung des Nahtquerschnitts. Legierungen mit großem Temperatur-Erstarungsintervall sind anfällig für Heißrisse.

Mittlerweile sind flexible und leistungsstarke Festkörperlaser verfügbar, die Aspektverhältnisse der Naht erzielen, die bisher dem Elektronenstrahlschweißen vorbehalten war, ohne den Nachteil des dafür erforderlichen Vakuums zu besitzen (Abb. 2).

Bei Anwendung einer Anlagenkonfiguration aus einer TruLaser Cell 3010 und einem TruDisk 3001 können bei 3 kW Leistung mit einem 100 µm-Lichtleitkabel in Edelstahl Einschweißstiefen von mehr als 5 mm bei einer Geschwindigkeit von 1 m/min erzielt

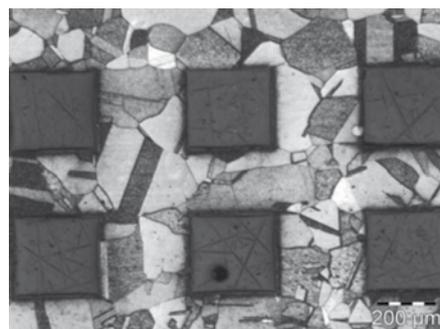
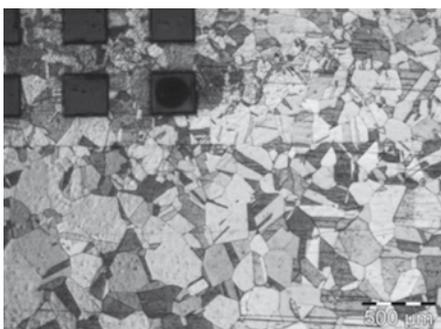


Abb. 1: Diffusionsgeschweißter mikroverfahrenstechnischer Apparat aus Kupfer

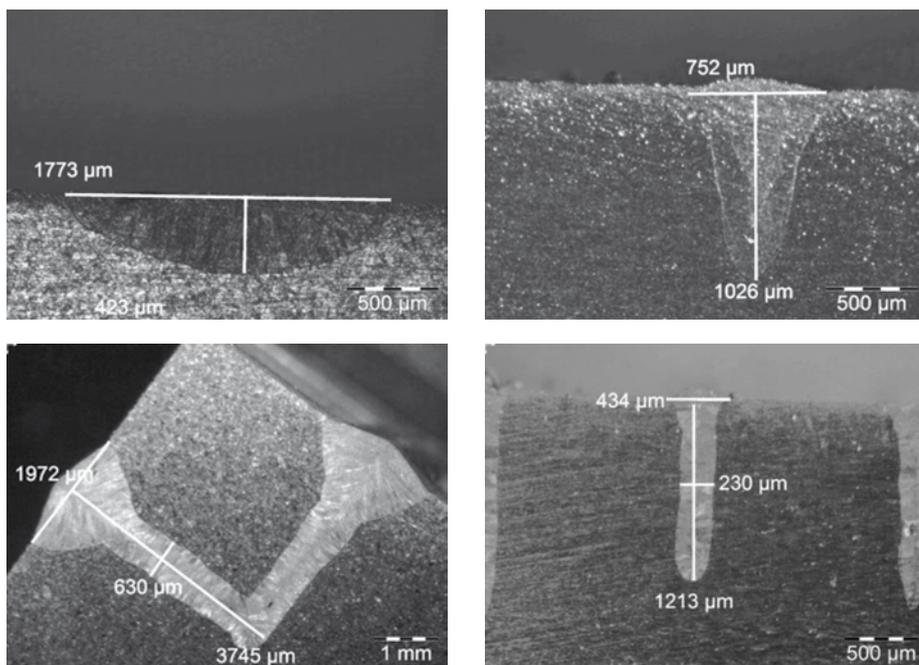


Abb. 2: Verbunde aus einer Laserschweißung: sehr flache und breite Naht (oben links); dreieckiger Nahtquerschnitt (oben rechts); tiefe und schmale Naht mit Aufweitung an der Oberfläche durch beginnende Wärmeleitung aufgrund geringer Schweißgeschwindigkeit (unten links); sehr schmale Naht mit rechteckigem Querschnitt (unten rechts)

werden. Für sehr hohe Schweißgeschwindigkeiten bis zu einigen zehn Metern pro Minute geht der Einfluss der Wärmeleitung auf die Nahtgeometrie verloren und es entstehen auch an der Oberfläche sehr schmale Nähte.

Mit dem Laser können sehr feine Nähte mit eng begrenzter Wärmeeinflusszone erzeugt werden. So wurde in *Abbildung 3* ein Multilagenstapel mit zwei Passagen aus mehreren hundert dünnen Blechen in drei Teilstapeln am Umfang hochvakuumdicht verschweißt. Die Gesamtlänge der Schweißnähte betrug etwa 100 m. Für den Erfolg war auch die Abfolge der Schweißungen bedeutsam, da durch einen gewissen Nahtaufwurf durch die Schwindung an anderer Stelle Spalten zwischen den Einzelblechen entstehen.

Generell ist die Spaltüberbrückbarkeit beim Laserschweißen schlecht, weshalb eine gute Passgenauigkeit der Teile essentiell

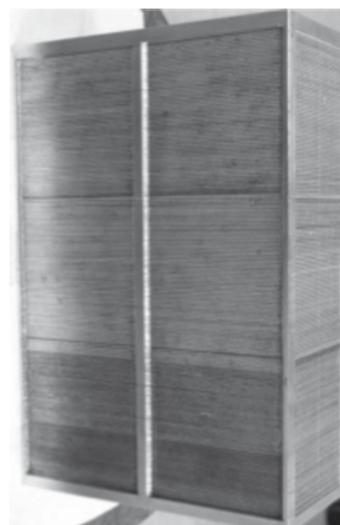
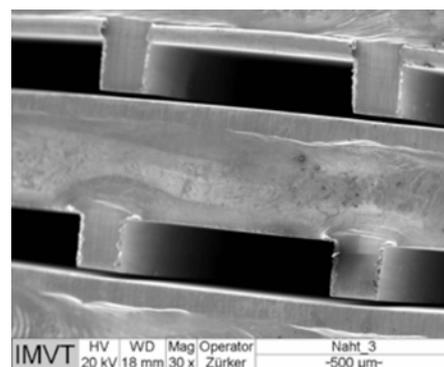
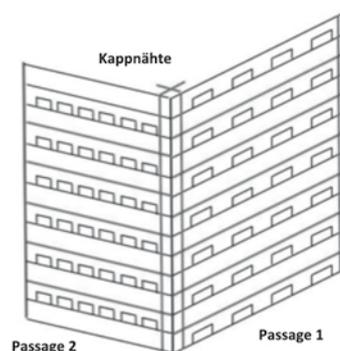


Abb. 3: Prinzipieller Aufbau der Schweißungen eines Multilagenstapels (oben) sowie im Detail (Mitte); Rechts die Ansicht des lasergeschweißten Multilagenstapels aus etwa Blechen mit Dicken von 0,63 mm bzw. 1 mm (Reaktions- bzw. Kühlpassage, Restbodendicke je 0,5 mm)

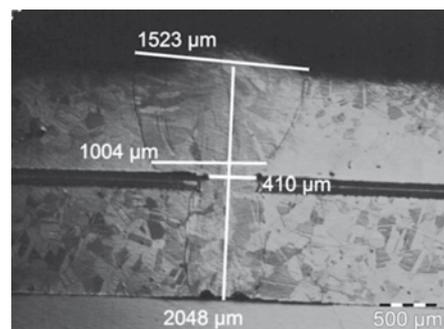


Abb. 4: Thermische Isolation bei der Durchschweißung mehrerer Lagen aufgrund von Spalt zwischen den einzelnen Lagen

ist [5]. Beim Durchschweißen mehrerer Lagen muss großer Wert auf entsprechende Spannmittel gelegt werden, da Luftspalte den Wärmeübergang erheblich beeinträchtigen können (*Abb. 4*).

Auch Sintermetalle, die beispielsweise als Membranträger zur Gastrennung dienen, können mittels Durchschweißung gut integriert werden (*Abb. 5*). Zur Integration dünner Sintermetallritzen in Rahmenstrukturen mittels I-Stoß werden hingegen sehr breite aber flache Nahtquerschnitte benötigt, um Spalte füllen und überbrücken zu können. Eine besondere Herausforderung besteht in der Begrenzung des thermischen Verzugs, damit die Sintermetallritzen ohne Fehlorientierung eingeschweißt und anschließend gleichmäßig mit einer keramischen Diffusionsspererschicht beschichtet werden können. Diese Keramiksicht muss einen vergleichbaren thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie das Substrat besitzen. Bewährt hat sich Zirkonoxid.

Bei gutem thermischen Kontakt durch optimale Schichtenanlage können aber auch sehr dünne metallische Membranen integriert werden. Bei Mischung von ferritischen und austenitischen Edelstählen (*Abb. 6 links*) tritt Rissbildung auf, wodurch die Anbindung der Palladiummembran komplett verhindert wird. Dies wird durch einen vollständig austenitischen Aufbau vermieden (*Abb. 6 rechts*), wobei die eingesetzte

## Die WOMag-Redaktion informiert

Dieses Thema und weitere im Bereich der Werkstoffe und Oberflächentechnik werden auf dem **Pforzheimer Werkstofftag 2015 – Werkstoffaspekte in der Oberflächentechnik** am 1. Oktober angeboten.

➔ [www.pforzheimer-werkstofftag.de](http://www.pforzheimer-werkstofftag.de)

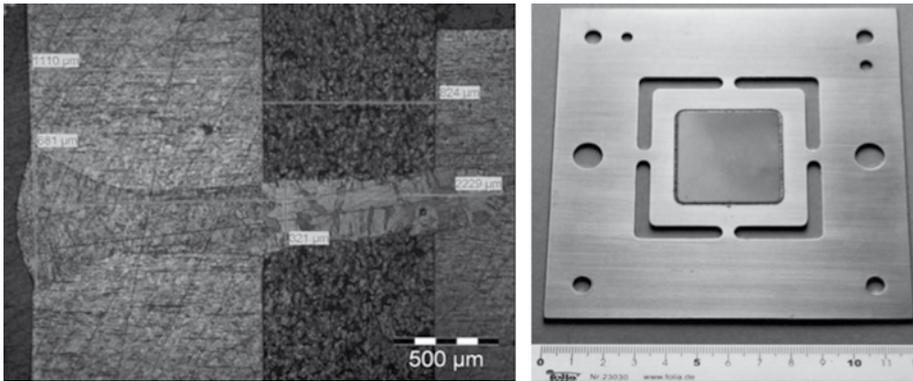


Abb. 5: Integration poröser Sintermetallfritten mittels Durchschweißung (links) und Integration einer porösen Sintermetallfritte mit I-Stoß (Crofer 22 APU, 1.4760) (rechts)

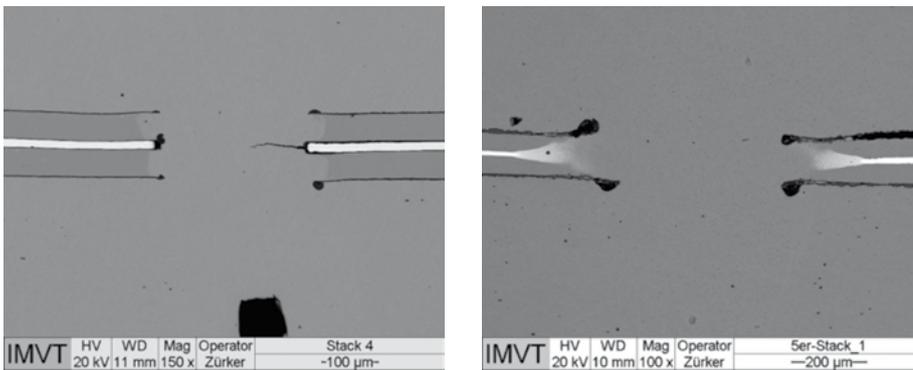


Abb. 6: Integration einer dünnen Palladiummembran mit Stützsieben

Palladiummembran gut angebunden wird und die Schweißnaht rissfrei ist [6].

#### Kontakt

✉ [thomas.gietzelt@kit.edu](mailto:thomas.gietzelt@kit.edu)

#### Literatur

- [1] T. Gietzelt, V. Toth, A. Hüll, F. Messerschmidt, R. Dittmeyer: Systematic Investigation of the Diffusion Welding Behavior of the Austenitic Stainless Steel 304 (1.4301); *Advanced Engineering Materials*, online seit 12.05.2014
- [2] H. Hügel, T. Graf: *Laser in der Fertigung: Strahlquellen, Systeme, Fertigungsverfahren*; Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2009
- [3] F. Rick: *Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess am Beispiel Laserstrahlschweißen*; Dissertation TU München, H. Utz-Verlag, 2001, ISBN3-8316-0008-2
- [4] T. Gietzelt, T. Wunsch, L. Eichhorn, R. Dittmeyer: *Impact of Different Parameters for Pulsed Laser Welding of the Austenitic Stainless Steel 304*; CET, in Druck, 2015
- [5] R. Hack: *Praxisbericht Stahl- und Aluminiumlaser-schweißen ohne Zusatzmaterial*; Suttgarter Lasertagung 2005, Wiley-VCH, ISBN 3-527-40553-4, S. 83ff, 2005
- [6] T. Gietzelt, L. Eichhorn, T. Wunsch: *Laserschweißen in der Mikroverfahrenstechnik*; Vortrag 9. Jenaer Lasertagung 20./21.11.2014, DVS-Berichte Bd. 307, ISBN 987-3-945023-04-4, S. 50-56, 2014

## Professionelle Qualitätssicherung in der Automobilindustrie

Schichtdickenmessung und Materialprüfung für die unterschiedlichsten Anwendungen rund um die Automobilproduktion.

### Komfortables Handgerät DUALSCOPE® FMP100

- Schichtdickenmessung auf Stahl und Aluminium sowie Duplex-Messungen (Lack/Zn/Fe)
- Benutzerfreundliche Windows™-basierte Bedienoberfläche mit Touchscreen und hochauflösendem Farbdisplay

### Große Auswahl an hochpräzisen Sonden

- Ausgefeilte Sondentechnologie für höchste Wiederholpräzision und Richtigkeit auch auf weichen, rauen oder dünnen Schichten
- Zerstörungsfreies Messen in Hohlräumen oder an schwer zugänglichen Geometrien

### Innovative Prüfplansoftware FISCHER DataCenter IP

- Am PC erstellte individuelle Prüfpläne können dank visuell unterstützter Bedienung am Messgerät Schritt für Schritt abgearbeitet und am PC ausgewertet werden
- Viele Statistikfunktionen und grafische Darstellungsmöglichkeiten
- Individuelle Berichterstellung per Drag-and-Drop

[www.helmut-fischer.com](http://www.helmut-fischer.com)



**Fischer**®

□ Schichtdicke
▒ Materialanalyse
▽ Mikrohärte
🔍 Werkstoffprüfung

# Zink im Automobilbau für Optik, Wertigkeit, Sicherheit und Nachhaltigkeit

Von Dr.-Ing. Sabina Grund, Initiative Zink, Düsseldorf

Zink ist ein Metall mit weitreichenden vorteilhaften Eigenschaften, die insbesondere im Automobilbau geschätzt sind. So besitzt Zink ein günstiges Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht und unterstützt damit die Bestrebungen zur Erniedrigung des Fahrzeuggewichts. Darüber hinaus ist es für alle Stähle der optimale Korrosionsschutz. Dabei lassen sich Zinkschichten auf Stahlband und Stahlbauteile sowohl galvanisch als auch durch das Tauchen in schmelzflüssiges Zink (Feuerverzinken) aufbringen.

## Use of Zinc in Automobile Construction for Appearance, Good Value and Sustainability

Zinc is a metal with a wide range of useful properties, many of which are specially advantageous in the automobile industry. Thus the metal offers a good strength:weight ratio which can contribute to the continuing pressure to reduce total vehicle weight. It is also the preferred corrosion-protective coating for all grades of steel. Zinc coatings can be applied by hot-dip galvanising and also by electro-galvanising.

Im September öffnet in Frankfurt mit der IAA die weltweit wichtigste Automobilmesse unter dem Motto *Mobilität verbindet* ihre Türen. Gemeint ist damit die schon heute als Megatrend bezeichnete Entwicklung zum vernetzten und automatisierten Fahren. Geblieben ist seit der IAA 2013 der Fokus auf elektrischen Antrieben und – allen Forderungen nach geringeren Fahrzeuggewichten zum Trotz – die Entwicklung der Verkaufszahlen für geländegängige Limousinen, der SUVs, die noch immer steil nach oben weist. Was darüber hinaus immer aktuell ist, sind die Fahrzeugsicherheit, das Design und die Umwelteigenschaften. Der Werkstoff Zink trägt in vielen Funktionen im Automobilbau dazu bei, dass Wünsche Wirklichkeit werden – seien es die der Kunden oder auch die der Automobilbauer.

### Abschirmende Eigenschaften sind gefragt

Connected Car, Automated Driving, E-Mobility: Die Megatrends der IAA 2015 bedingen den Einsatz elektrischer Antriebe und elektronischer Steuerungseinheiten. Gleichzeitig wird es immer wichtiger, an entscheidenden Stellen auch eine Abschirmung gegen elektrische und elektromagnetische Kräfte vorzusehen – auf die sogenannte elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) kommt es an: Der Einfluss von Wechselfeldern auf Geräte und Umwelt soll möglichst vermieden werden, verbaute Einheiten sollen sich keinesfalls gegenseitig beeinflussen und vor unerwünschten Einflüssen von außen geschützt sein.

Zink ist sehr gut als Werkstoff für die Abschirmung gegen elektromagnetische

Strahlung geeignet. Dabei gibt es grundsätzlich zwei Wege, diese Wirkung des Zinks zu nutzen: So kann das Bauteil, zum Beispiel Steckverbindungen oder Gehäuse, aus Zink – meist aus Zinkdruckguss – gefertigt werden (Abb. 1). Sollte Zink als Werkstoff für ein komplettes Bauteil nicht infrage kommen, entfaltet eine durch Thermisches Spritzen aufgebrachte Zinkschicht die gleiche Wirkung, sodass sich die positiven Eigenschaften mehrerer Werkstoffe gut kombinieren lassen. Als EMV-Schutz kann Zink auch auf Kunststoff aufgespritzt werden.

### Authentizität und Wertigkeit des Designs durch Zinkdruckguss

Haptik ist ein Schlüsselreiz für den Verbraucher. Ob Metall echt ist, spürt man sofort: Fühlt es sich nicht kühl an, führt das zu Irritationen und die Enttäuschung ist groß, wenn sich der optische Eindruck später als Mogelpackung erweist. Beispielsweise wenn Kunststoff wie Metall aussieht – man aber beim Befühlen und Klopfen den Unterschied bemerkt. Mogelpackungen sind allerdings auch Metalle, die eine strukturierte Oberfläche suggerieren, die sich jedoch nicht erfüllen lässt, da hier eine glatte Schicht aufgebracht ist, die nur eine strukturierte Optik erzeugt. Das Gesamtbild passt dann nicht zum Gefühl von Wertigkeit, das sich aus Struktur, Temperatur und Ton zusammensetzt.

Aus dieser unterschweligen Wirkung entsteht die Herausforderung, Produkte zu entwickeln, die die Stimmigkeit von Optik und Haptik erzeugen. Vorreiter ist hier

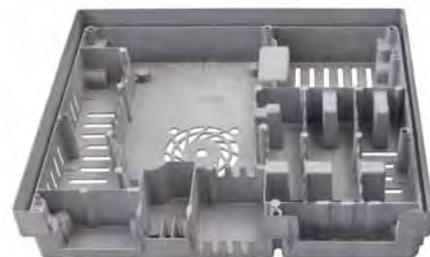


Abb. 1: Beim Einbaugehäuse für die Video-Einheit in einer Autokopfstütze ist es unter anderem der EMV-Schutz, der zur Auswahl von Zink für diese Anwendung geführt hat (Quelle 1, oben: Initiative Zink; Quelle 1, unten: Stefan Körber-Fotolia.com)

die Automobilindustrie: Die Metalloptik ist im Automobildesign ein beliebtes Gestaltungsmittel, um markante Akzente zu setzen. Die Lösung sind Bedienelemente aus Zinkdruckguss, die durch ihre metallische Oberflächenstruktur überzeugen und sich auch spürbar kühler anfühlen. Dieser Effekt wird deshalb Cool Touch genannt – er unterstreicht die Authentizität und Wertigkeit des Designs.

## Fühlen, was zu sehen ist: Metall

Zinklegierungen können in nahezu jeder gewünschten Geometrie gegossen und bereits endkonturnah gefertigt werden (Abb. 2). Das ermöglicht die Herstellung extrem präziser Designs – auch Scharfkantigkeit oder plane Flächen. Danach werden galvanische Schichten auf das Gussteil aufgebracht. Die Haftung galvanischer Schichten auf Zink beruht zum einen auf der direkten Metall-Metall-Bindung, die in der Grenzschicht durch die Diffusion der Metalle untereinander unterstützt wird. Zum anderen wirkt die Adhäsion der Schicht auf dem Grundmetall Zink.

Zum Einsatz kommt diese Methode beispielsweise bei Easy-to-Clean-Oberflächen. Diese sind aufgrund ihrer Beschichtung stark schmutzabweisend. Dank moderner Verfahren bleibt die metallische Haptik bei gleichzeitiger Easy-to-Clean-Wirkung erhalten. Durch eine geeignete Prozessführung kann zudem die Strukturierung der



Abb. 2: Schalterkappe (Schalterwippe) mit integrierten hinterleuchteten Symbolen aus Zinkdruckguss mit fließend variierenden Wandstärken (Quelle: Initiative Zink)



Abb. 3: Der klassische Gurtaufwickler ist eine Anwendung, bei der Zink seine mechanische Belastbarkeit dank intelligenter Konstruktion gewichtsoptimiert ausspielt (Quelle: Initiative Zink)

Oberfläche fühlbar bleiben – und der Kunde erlebt, was er sieht: eine metallische, glatte oder strukturierte Oberfläche.

## Sicherheit geht vor

Unabhängig davon, wie ein Auto angetrieben wird, ob es einen Fahrer benötigt oder selbst fährt oder ob es umfänglich vernetzt ist: Der sichere Transport der Insassen von A nach B bleibt als zentrale Aufgabe erhalten (Abb. 3). Hier gilt es, höchste Anforderungen zu erfüllen. Die Festigkeitseigenschaften von Zinkdruckguss prädestinieren den Werkstoff für den Einsatz in sicherheitsrelevanten Bauteilen [1-3].

## Neue Stahlsorten optimal geschützt

Kaum jemand weiß heute noch, was eine Rostlaube ist! Seit der Einführung verzinkter Karosserien im Automobilbau fällt dieser Begriff in die Kategorie *historisch*. Was für den Kunden heute selbstverständlich ist, setzt aber permanente

Weiterentwicklungen und Innovationen voraus, um mit wechselnden, komplexen Anforderungen Schritt zu halten beziehungsweise diesen immer einen kleinen Schritt voraus zu sein. In den vergangenen Jahren haben die neuen hoch- und höchstfesten Stahlsorten Einzug in den Automobilbau gehalten. Jede neue Stahlsorte macht gleichzeitig eine Optimierung der Verzinkung als Korrosionsschutz erforderlich. Stahl und Zink arbeiten hier Hand in Hand im *Galvanized Autobody Partnership*-Programm [4].

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

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im weiteren werden Festigkeit und die Recyclingfähigkeit von Zink beim Einsatz in Fahrzeugen erläutert. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 2,5 Seiten mit 5 Abbildungen sowie 7 Literaturhinweisen.



Besuchen Sie uns auf der **EMO Milano Halle 9, Stand C06**

## Der einfachste Weg zu innovativen Lösungen

Für den Werkzeug- und Formenbau und die Herstellung von Präzisionsteilen

Wir von GF Machining Solutions sind mehr als nur ein Anbieter von Werkzeugmaschinen. Als kompetenter Lösungsanbieter bedienen wir das komplette Leistungsspektrum von der Technologie- und Anwendungsberatung über Automation bis hin zu den kompletten Services wie Schulung, Wartung und Verbrauchsmaterialien. Denn unsere Kunden stehen für uns an erster Stelle. Ganz einfach. Mehr Informationen unter [www.gfms.com/de](http://www.gfms.com/de)

## Umfrageergebnisse belegen: Kleben liegt im Trend

NMI Naturwissenschaftliches und Medizinisches Institut veröffentlicht Studie „Sicheres Kleben“

Das NMI Naturwissenschaftliches und Medizinisches Institut an der Universität Tübingen hat eine Studie erstellt, die den aktuellen Status zum Kleben analysiert. Grundlage der Studie ist eine im dritten Quartal 2014 durchgeführte Umfrage zum Thema *Ist Kleben Trend?*. Befragt wurden sowohl Hersteller von Klebstoffen und Vorbehandlungsanlagen als auch Anwender unterschiedlicher Fügeverfahren aus den Bereichen Fahrzeug-, Maschinen- und Anlagenbau, Medizintechnik sowie Elektronik, Feinwerktechnik und Bauwesen.

Kleben ist heute ein etabliertes Fügeverfahren, das zeigt die Studie deutlich. Kleben ermöglicht neue Produkte und hat Potenzial – vor allem dort, wo unterschiedliche Materialien miteinander verbunden werden müssen, ohne die Werkstoffe zu verändern. Ein Anwendungsschwerpunkt ist der Leichtbau. Ergänzend untersucht die Studie, inwieweit die klebgerechte Konstruktion, die Auswahl von Klebstoffen, die Oberflächenvorbehandlung und die Prüfung

sowie Sicherheit von Klebeverbindungen in der Praxis eine Herausforderung sind. Aus den Umfrageergebnissen ließen sich acht Kernaussagen zum prozesssicheren Kleben ableiten. Wichtiges Thema ist die Produktsicherheit, für die eine reproduzierbare und qualitativ hochwertige Klebeverbindung und damit die Beherrschung des gesamten Klebprozesses unabdingbar sind. Hier gibt es – vor allem in kleineren Unternehmen – noch Qualifizierungsbedarf. Ein Mangel an Fachleuten verhindert in der Praxis oft den zuverlässigen Einsatz der Klebtechnik.

Unterstützt wurde die Ausarbeitung der Studie durch Dr.-Ing. Mechthild Wolber IHR Innovationscoach und das IHK Netzwerk Kleben. Die Studie steht unter

<http://www.nmi.de/oberflaechen>

zum Download bereit. Für Fragen zur Studie steht Frau Dr.-Ing. Astrid Wagner, Leiterin Kleb- und Prüftechnik am NMI (Tel.: 07121 51530-477, [Astrid.wagner@nmi.de](mailto:Astrid.wagner@nmi.de)) zur Verfügung.

Das NMI betreibt anwendungsorientierte Forschung an der Schnittstelle von Bio- und Materialwissenschaften. Es verfügt über ein interdisziplinäres Kompetenzspektrum für F&E- und Dienstleistungsangebote für Unternehmen aus der Gesundheitswirtschaft und Industriebranchen mit werkstofftechnischen und fertigungsorientierten Fragestellungen wie Fahrzeug-, Maschinen- und Werkzeugbau. Im Geschäftsfeld Pharma und Biotechnologie unterstützt das NMI die Entwicklung neuer Medikamente mit biochemischen, molekular- und zellbiologischen Methoden. In der Biomedizintechnik geht es um Zukunftstechnologien wie die Regenerative Medizin und Mikromedizin für neue diagnostische und therapeutische Ansätze. Die Analyse, Strukturierung und Funktionalisierung von Werkstoffen und deren Oberflächen steht im Fokus des Dienstleistungsangebotes für Kunden im Geschäftsfeld Oberflächen- und Werkstofftechnologie.

➔ [www.innbw.de](http://www.innbw.de)

## LED-Aushärtensysteme und abgestimmte Klebstoffe

Dymax – Spezialist für lichthärtende Materialien – mit neuen LED-Systemen auf der Bondexpo

Die Dymax Europe GmbH wird auf der internationalen Fachmesse für Klebetechnologie, Bondexpo, aufeinander abgestimmte Systemlösungen für LED-aushärtende Klebstoffe präsentieren. Kernstück der Systemlösungen ist dabei das neue Aushärtensystem BlueWave QX4. Dieses kann mit bis zu vier separat ansteuerbaren LED-Köpfen ausgestattet werden, die UV-Licht der Wellenlängen 365 nm, 385 nm oder 405 nm zur Verfügung stellen. Durch die freie Kombinierbarkeit der Wellenlängen, kann der Anwender das System optimal auf seine Anforderungen anpassen. Dabei sind auch unterschiedliche Intensitäten oder Taktzeiten in den einzelnen LED-Köpfen möglich. Auf diese Weise bietet das Aushärtensystem eine sehr flexible Lösung für die Aushärtung von Klebestellen. Das Gerät kann im Standalone-Betrieb eingesetzt werden und lässt sich dann einfach per Fußschalter bedienen. Alternativ ist auch eine Einbindung in eine automatisierte Produktionsumgebung mit Ansteuerung über eine SPS möglich.

LED-Aushärtensysteme bieten im Vergleich zu herkömmlichen UV-Quecksilberdampflampen viele Vorteile: Zum einen ist die Leistungsaufnahme geringer und zum anderen gestattet die konstant hohe Intensität neben sicheren Fertigungsprozessen auch kurze Aushärtezeiten. Auch die spektrale Verteilung des abgegebenen Lichts unterscheidet sich deutlich. Um LED-Aushärtensysteme zu verwenden, ist es daher wichtig, dass die Klebstoffe auf diese Methode abgestimmt sind. Dymax hat speziell zur Auswahl der passenden Klebstoffe, die für LED-Aushärtung geeignet sind, einen sogenannten Product Selector Guide entwickelt. Darin sind für verschiedenen Anwendungen und Materialkombinationen die passenden Klebstoffe aufgeführt. Ergänzt wird der Product Selector Guide durch umfangreiche Informationen rund um die LED-Aushärtung.

Die Bondexpo (5. bis 8. Oktober in Stuttgart; **Halle 9, Stand 9413**) nimmt die Dymax Europe GmbH zum Anlass, ihr 20jähriges

Bestehen zu feiern. Seit 1995 ist das Unternehmen auf dem europäischen Markt aktiv und unterstützt seine Kunden auf Basis der umfangreichen Erfahrungen und Prozesskenntnissen bei allen Anwendungen rund um die Lichthärtungstechnologie.

DYMAX ist internationaler Hersteller lichthärtender Materialien, Aushärtungs- und Dosiersystemen. Seit über 30 Jahren entwickelt das Unternehmen innovative Lösungen für industrielle Anwendungen in den Bereichen Medizintechnik, Elektronik- und Automobilindustrie, Luft- und Raumfahrt, Solarenergie, Telekommunikation, Haushaltsgeräte und Glasindustrie. Die Dymax Corporation wurde im Januar 1980 als *American Chemical and Engineering Company* gegründet. Der Klebstoffhersteller mit mehr als 250 Mitarbeitern hat seinen Hauptsitz in Torrington, Connecticut, USA. Niederlassungen befinden sich in Europa, Hongkong, China sowie Korea.

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

# Innovativ und geheimnisvoll

Moderne und innovative Lasertexturen, hergestellt bei Reichle mit einer Maschine von GF Machining Solutions

Was als Revolution in der Erzeugung von Oberflächenstrukturen und -narbungen gilt, ist bei der Reichle GmbH bereits Alltag – Lasertexturieren. Die junge Technologie bietet im Vergleich zu bewährten Verfahren erhebliche Vorteile in Bezug auf Qualität, Prozesssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Ökologie. Für die Gestaltung und das Produktdesign ergeben sich für Oberflächen ungeahnte und bis jetzt noch nicht annähernd ausgeschöpfte Möglichkeiten. Das führt unter anderem die crème de la crème der Luxusautomobilbauer nach Bissingen. Nur ausgesuchte Besucher sehen dort, wie aus dem Know-how von Reichle zusammen mit einer Maschine von GF Machining Solutions schier Unglaubliches entsteht. Für die meisten Interessenten bleibt die Fertigung dagegen tabu.

Wir können Sie heute leider nicht in unsere Fertigung blicken lassen, denn wir haben Bauteile eines hochgeheimen Automobilprojekts auf der Maschine, erklärt Marco Reichle gleich zu Beginn des Treffens. Nach der Weltpremiere des Prototyps am Jahresende können Sie gerne alles sehen, so der Gründersohn des innovativen Familienunternehmens weiter. Seit Ende 2012 entstehen mit einer AgieCharmilles Laser 1000 5Ax Maschine von GF Machining Solutions bei der Reichle GmbH Gravier- und Laserschweißzentrum in Bissingen/Teck in einem vollständig digitalisierten Prozess Texturierungen in Einzelteilen, beispielsweise in exklusiven Interieurteilen für besondere Fahrzeuge oder für Tuner, genauso wie in Werkzeugen und Formen für Produkte verschiedenster Branchen. Die Kosmetikbranche gehört dazu, die Luft- und Raumfahrt, Druckereien oder die Haushaltswaren- und die Verpackungsindustrie – und die Automobilindustrie eben. Hierbei handelt es sich unter anderem um optisch besonders ansprechend gestaltete Oberflächen für Interieurteile in Fahrzeugen der obersten Luxusklasse. Aston Martin, Bugatti, McLaren sowie Bentley und Rolls Royce könnten hier vermutlich genannt werden.

## Revolutionäres Verfahren schafft Produktdiversifizierung

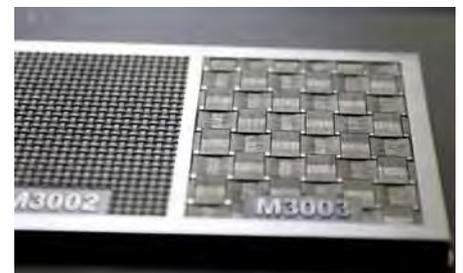
Seit nahezu 35 Jahren ist das Gravier- und Laserschweißzentrum Reichle bekannt als der der größten Laserschweißstandort Deutschlands sowie als europaweit tätiger, zuverlässiger und kompetenter Service-dienstleister im Bereich von Narbungen und deren Reparaturen. Hinzu kommen Werkzeugoptimierungen und -änderungen, Oberflächentechniken, Gravuren jeglicher Art sowie Beschilderungen und Individualanfertigungen. Neben den OEMs im Automobilbau gehören Tier 1 und 2 Zulieferer sowie über 1000 Werkzeug- und



Lasertexturieren ist höchst konturgenau, z.B. bei einem Werkzeug für die Medizinbranche (Bild: Reichle)



Schichtdicken mit weniger als 2 µm sind möglich, genauso wie das Abbilden organischer Strukturen, wie eine Holzmaserung (Bild: Reichle)



Mit dem Lasertexturieren lassen sich Muster realisieren, die mit der Ätztechnik nicht möglich sind (Bild: Reichle)

Formenbauer aus ganz Europa zu den Kunden von Reichle.

Mit der Lasertexturierung ist 2012 eine zukunftsweisende Technologie im Bereich der Oberflächennarbung und -strukturierung hinzugekommen. Manche Experten sprechen bereits von einer Revolution, denn das Verfahren schafft ungeahnte Möglichkeiten für Design und Funktionalität. Und damit liegt die Lasertexturierung voll im Trend. Denn wenn Produkte oftmals nur noch geringe technische und qualitative Unterscheidungsmerkmale aufweisen, kommt dem Design und der Funktionalität eine größere Bedeutung zu. Hinzu kommt, dass Endkunden die Qualität eines

Produktes oft anhand optischer und haptischer Kriterien beurteilen.

Genau hier setzt GF Machining Solutions mit seinen Systemen zur Lasertexturierung an. Wo Oberflächenstrukturen und -narbungen seither erodiert, gestrahlt, oder mit dem manuellen Ätzverfahren in Formwerkzeuge eingebracht wurden, kann nun der Laser seine Vorteile ausspielen. Der größte ist die vollumfänglich digitalisierte Prozesskette. Beim Einbringen der Struktur oder der Narbung in das Formwerkzeug ist beim manuellen Ätzverfahren viel zeitaufwändige Handarbeit vonnöten. Mit der Lasertechnologie läuft das alles maschinell ab und das Ergebnis ist erkennbar besser.

## Reichle GmbH Gravier- und Laserschweißzentrum

Die vor fast 35 Jahren als Gravier- und Laserschweißzentrum gegründete Reichle GmbH gilt heute als zuverlässiger Partner seiner Kunden. Neben allen bedeutenden OEMs aus der Automobilindustrie und über 1000 Werkzeug- und Formenbauer in Europa gehören dazu Betriebe aus den Bereichen Gummi- und Kunststoffbearbeitung, Luft- und Raumfahrt, Spielzeugindustrie, Druckereien, metallverarbeitendes Gewerbe sowie Elektro- und Medizintechnik. Mit modernsten Techniken hat sich das Familienunternehmen zu einem europaweit führenden Servicedienstleister im Bereich von Narbungen und deren Reparaturen entwickelt. Hinzu kommen Werkzeugoptimierungen und -änderungen, Oberflächentechniken, Gravuren jeglicher Art (CNC-, Laser-, Ätz-, Manualgravuren) sowie Beschilderungen und Individualanfertigungen. Können Kunden nicht nach Bissingen/Teck kommen, erbringt Reichle alle notwendigen Leistungen, wenn möglich, auch vor Ort.

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

## GF Machining Solutions

GF Machining Solutions ist einer der weltweit führenden Anbieter von Maschinen, Automationslösungen und Serviceleistungen für den Werkzeug- und Formenbau sowie für die Fertigung von Präzisionsteilen. Die Angebotspalette reicht von Elektroerosions-, Hochgeschwindigkeits- und Hochleistungsfräsmaschinen, über Spann- und Palettiersysteme, 3D Lasermaschinen für die Oberflächenstrukturierung, Serviceleistungen, Ersatz- und Verschleißteile, Verbrauchsmaterial bis hin zu Automationslösungen. Als global tätiges Unternehmen ist GF Machining Solutions, eine Division des Georg Fischer Konzerns (Schweiz), mit eigener weltweiter Organisation an 50 Standorten präsent. 3008 Mitarbeitende erwirtschafteten 2014 einen Umsatz von CHF 905 Mio.

➔ [www.gfms.com/de](http://www.gfms.com/de)

Darüber hinaus ist der Prozess wesentlich präziser, prozesssicher und wiederholgenau. Die Ende 2012 an Reichle gelieferte Laser 1000 5Ax verwendet für das Texturieren und Gravieren mit fünf Achsen einen vollständig digitalen Prozess. Die intelligente Mapping-Software der Maschine erzeugt zusammen mit dem Know-how der Mitarbeiter die Texturbereiche so, dass ein homogenes Design des Endprodukts gewährleistet ist. So können Oberflächen schnell, genau und einfach berechnet werden.

### Ergebnis vorab erkenn- und veränderbar

Durch die vollständige Digitalisierung des Prozesses ist es nach Aussage von Bernd Martiné, Verkaufingenieur von GF Machining Solutions, möglich, das gesamte Werkstück mit der gewünschten Oberflächenstruktur am Computer zu berechnen und zu visualisieren. Das gewünschte Ergebnis kann bereits vor der eigentlichen Fertigung betrachtet werden. Hinzu kommt, dass die Kosten für die Herstellung von Prototypen oder Designmustern sinken, weil sie direkt lasertexturiert werden können, ohne dass in diesem frühen Stadium schon Kosten für Werkzeuge entstehen. Marco Reichle bestätigt, dass dies von den Kunden, die

bereits in diesem frühen Stadium das mögliche Ergebnis sehen und mit beeinflussen können, geschätzt wird.

Dabei gelingt es mit der 5-Achsen Maschine, die Texturen direkt in nahezu jedes Formwerkzeug oder jedes Prototypenteil einzubringen. Durch den großen Schwenkbereich der Rotationsachsen ist der Laserkopf sehr beweglich und schafft das auch bei komplexen geometrischen oder organisch anmutenden Texturen. In unterschiedlichste Materialien wie Aluminium, Kupfer, Stahl sowie Graphit, Hartmetall, Messing oder Keramik können dabei sowohl zwei- als auch dreidimensionale Strukturen eingebracht werden.

### Narbungstiefen exakt und wiederholgenau fertigen

Die Präzision und Wiederholgenauigkeit des Verfahrens ist mit dem AgieCharmilles Laser 1000 5Ax von GF Machining Solutions unübertroffen. Sie ermöglicht die hochgenaue Herstellung von Schichtdicken mit weniger als 2 µm. Vom Endkunden vorgegebene Narbungstiefen können exakt eingehalten werden. Texturen lassen sich darüber hinaus form- und bildgenau bis in äußerste Randbereiche der



Wenn Produkte nur noch geringe technische und qualitative Unterscheidungsmerkmale aufweisen, kommt dem Design und der Funktionalität eine größere Bedeutung zu, wie der lasertexturierter Lenkpralltopf mit exklusiver Krokilledernarbung erkennen lässt (Bild: Reichle)

Formen einbringen. Müssen Oberflächen narbungen absolut identisch in mehrere Werkzeuge eingebracht werden, spielt der Laser seine Überlegenheit erneut aus. Völlig ohne Handarbeit lässt sich die Oberflächenstruktur jederzeit hundertprozentig reproduzieren. Dabei können vorhergehende Simulationen, hochauflösende Kameras, 3D-Messtaster oder geschützte Sichtfenster den Prozess begleiten und die Qualität der Reproduktion sicherstellen.

Kommen Kunden nicht mit eigenen Vorlagen oder Vorstellungen, geben die Experten von Reichle Texturvorschläge oder entwickeln kundenspezifische Texturen. Der Kreativität sind dabei kaum Grenzen gesetzt. Als wichtiger Aspekt nennt Martiné die Möglichkeit, den Produktdesignern ungeahnte Welten bieten zu können. Der Lasertexturierungsprozess beginnt mit einer digitalen Bitmap-Graustufendatei, die entweder frei erstellt wird oder durch Reverse Engineering mit einem 3D-Scanner von einer natürlichen Oberfläche abgenommen werden kann. Die GF-Lasersoftware berechnet daraus die gewünschte Oberflächenstruktur und zeigt das Endresultat bereits vor dem eigentlichen Bearbeitungsprozess am Bildschirm. Für die Umsetzung stehen Linsen mit verschiedenen Brennweiten zur Verfügung.

### What You See Is What You Get

Die Lasersoftware von GF Machining Solutions bietet darüber hinaus eine Vielzahl an Basis-Texturen und integrierten Funktionen an, darunter CAD-/CAM-System und Grafikdesign, UV-Mapping und 3D-Simulation. Wie Martiné betont, kann damit die

Kreativität der Anwender maximal unterstützt werden, denn sie müssen sich nicht um die technische Umsetzung kümmern, sondern ausschließlich um neue, überraschende Texturen, mit denen Produkte interessanter werden. Dabei bietet der als *Morphing* bezeichnete Prozess der Texturüberlappung Designeffekte, die bisher nicht realisierbar waren. Damit können beispielsweise geometrische Strukturen wie Kreise oder Rechtecke fließend in organisch anmutende Lederstrukturen übergehen und so einen *magischen Effekt* erzielen, der beim Endkunden für Aufsehen sorgt. Auf diese Weise können OEMs ihr Produkte durch auffällige Texturen interessanter und verkaufsfördernder gestalten – und Luxusautohersteller den Innenraum ihrer Fahrzeuge.



➤ GF Machining Solutions GmbH, Steinbeisstraße 22-24, D-73614 Schorndorf

➤ Reichle GmbH, Gravier- und Laserschweißzentrum, Alte Weberei 6-8, D-73266 Bissingen/Teck

Mit dem AgieCharmilles Laser 1000 5Ax von GF Machining Solutions können Texturen auch direkt in ein Prototypenteil (z.B. Designmuster einer Getränkeflasche) eingebracht werden; das spart Werkzeugkosten für die Prototypen (Bild: Reichle)

AgieCharmilles Laser 1000 5Ax von GF Machining Solutions. Die vollumfänglich digitalisierter Prozesskette erleichtert das Einbringen der Struktur oder der Narbung in das Formwerkzeug mit besseren Ergebnissen.

## Der Beschichtungsexperte

... für Ihr Werkzeug.



PlanoTek®

PlanoTek®

**Schicht. Funktion. Qualität.**

- konturgetreu, kein Kantenaufbau
- planparallel, auch in Bohrungen und Vertiefungen
- verzugsfrei max. 90 °C
- gezielte Funktionsbildung durch Einlagerung von Feststoffen
- Stahl (gehärtet, plasmanitriert), Kupfer, Aluminium, Sintermetall usw.
- Oberflächenstrukturen bleiben erhalten
- Schleifen, Erodieren und Polieren
- Entschichten/Neubeschichten möglich

Wir sind ein mittelständisches, innovatives und erfolgreiches Unternehmen der Oberflächentechnik. Als Dienstleister für die Kunststoffverarbeitung, den Werkzeug- und Formenbau und den Maschinenbau erbringen wir mit unseren PlanoTek Funktionsschichten einen wichtigen Beitrag für eine wirtschaftliche Fertigung.

Besuchen Sie uns auf der Fakumal  
Gemeinschaftsstand VDWf B2 - 2112

gegen ...  
Verschleiss  
Rost  
Belag  
Kleben

**NovoPlan**

NovoPlan GmbH  
Robert-Bosch-Str. 41  
D-73431 Aalen

Fon [07361] 9284-20  
Fax [07361] 9284-25  
vertrieb@novoplan.com

www.novoplan.com



# Entgratprozesse durch innovative Lösungen optimieren

Höhere Anforderungen bei der Gratentfernung effizient erfüllen –  
 Fachleute informieren zum Thema Entgraten auf der Deburring Expo

Grate und Späne lassen sich bei praktisch keinem in der Serienproduktion eingesetzten Fertigungsverfahren vermeiden. Bei Qualitäts- und Präzisionsteilen ist die Entfernung dieser Fertigungsrückstände heute ein Muss. Es sind dabei einerseits immer höhere Anforderungen an die Entgratqualität und Prozesssicherheit zu erfüllen, andererseits muss der Entgratprozess zunehmend wirtschaftlicher durchgeführt werden.

Ob spanend, umformend oder urformend hergestellt – die Entgratung von Bauteilen zählt üblicherweise nicht zu den Kernkompetenzen der Teilehersteller. Daher wird die Entfernung der Fertigungsüberbleibsel häufig noch als notwendiges Übel gesehen, das die Stückkosten erhöht. Durch weiter steigende Anforderungen an die Qualität und Funktionalität von Produkten gewinnen zwischen- und nachgelagerte Prozesse wie die Entgratung jedoch immer mehr an Bedeutung – und das branchenübergreifend. Hinzu kommt, dass Bauteile immer komplexere Geometrien aufweisen, aus neuen Werkstoffen oder Materialkombinationen hergestellt werden. Dies macht auch beim Entgraten den Einsatz optimal an die vielfältigen Gratanforderungen angepasster sowie prozesssicherer Technologien erforderlich. Ansonsten leidet nicht nur die Produktqualität, sondern auch die Wirtschaftlichkeit.

## Prozesssicherheit und Kosten – eine Frage des Verfahrens

Die stetig steigenden Anforderungen an die Prozesssicherheit in der Fertigung und die Produktqualität sowie der Kostendruck im globalen Wettbewerb erfordern eine

wirtschaftlichere Durchführung der Fertigungsschritte Entgraten, Verrunden und Polieren. Gleichzeitig ist eine gleichbleibend hohe Qualität reproduzierbar zu gewährleisten. Dafür haben sich verschiedene Verfahren wie etwa das automatisierte Bürstentgraten, Entgraten mit speziellen, in die Bearbeitungszentren integrierten Werkzeugen, Gleitschleifen und Hochdruckwasserstrahlen etabliert. Zahlreiche dieser Verfahren wurden in den letzten Jahren weiterentwickelt und neue Technologien auf den Markt gebracht.

## Gleitschleifen in neuer Dimension

Verschiedene Entwicklungen wie beispielsweise das Schleppschleifen und das sogenannte Surf- oder Stream-Finishen ermöglichen beim Gleitschleifen die prozesssichere und wirtschaftliche Chargen-Bearbeitung beschädigungsempfindlicher Bauteile, die bisher nur kostspielig und nicht reproduzierbar manuell beziehungsweise mit sehr hohem Aufwand maschinell entgratet, geschliffen, poliert oder geglättet werden konnten.

Beim Schlepp-Finishen werden die Teile auf Werkstückhalterungen gespannt und diese



Beim Surf-Finishen, bei dem das Werkstück durch einen Roboter in mit Schleifmedium gefüllten, rotierenden Arbeitsbehälter geführt wird, können bestimmte Bereiche selektiv oder durch unterschiedliche Positionen des Roboterarms verschiedene Radien bearbeitet werden (Bild: Rösler)



Beim Strömungsschleifen erfolgt die Bearbeitung mit Schleifkörnern, die in eine polymere Kunststoffmasse mit definierter Viskosität eingebettet sind (Bildquelle: Perfect Finish)

durch einen Behälter mit Schleif- oder Polierkörpern geschleppt. Die gleichmäßige und allseitige Umströmung der Werkstücke durch die Schleif- beziehungsweise Polierkörper führt zu einer effektiven und doch schonenden Bearbeitung. Dabei wird auch bei Werkstücken mit komplexer Geometrie innerhalb relativ kurzer Zeit ein optimales, reproduzierbares Bearbeitungsergebnis in *Handmade-Qualität* erzielt.

Noch einen Schritt weiter geht das Surf- oder Stream-Finishing. Dabei taucht ein Roboter das Werkstück positionsgenau in den rotierenden und mit Schleifmedium gefüllten Arbeitsbehälter und führt es präzise. Dadurch können bestimmte Bereiche selektiv oder durch unterschiedliche Positionen des Roboterarms verschiedene Radien

## DeburringEXPO – Fachtagung und Fachmesse für Entgrattechnologie

Welche Verfahren ermöglichen eine prozesssichere und wirtschaftliche Entgratung? Welche neuen Technologien stehen für die Entgratung und das Polieren zur Verfügung? Welche Maßnahmen tragen dazu bei, Grate zu minimieren? Antworten auf diese und vielen weiteren Fragen bietet die DeburringEXPO. Mit der Fachmesse für Entgrat- und Poliertechnologie hat die fairXperts GmbH & Co. KG eine Plattform geschaffen, auf der sich Anwender aus allen Branchen umfassend über entsprechende Technologien informieren können. Die 1. DeburringEXPO findet vom 13. bis 15. Oktober 2015 in der Messe Karlsruhe statt. Das Ausstellungsportfolio umfasst Anlagen, Systeme und Werkzeuge für das Bandschleifen, Bürsten, Strömungsschleifen (Druckfließlappen), Gleitschleifen, Strahlen mit festen und flüssigen Medien wie beispielsweise Hochdruckwasserstrahlen und CO<sub>2</sub>-Strahlen, Strahlspanen, magnetabrasives Feinentgraten, Ultraschallentgraten, chemisches Badentgraten, elektrochemisches Entgraten (ECM), Elektronenstrahlentgraten, thermisch-chemisches Entgraten (TEM), mechanisches Entgraten, Polierlappen, Polierhonen, elektrolytisches Polieren, Plasmapolieren, Laserpolieren, Tauch- und Bürstpolieren sowie Mess-, Prüf- und Analysesysteme.

➔ [www.deburring-expo.com](http://www.deburring-expo.com)



Das thermische Entgraten entfernt innerhalb weniger Millisekunden alle Grate (links) vollständig, wobei die Gratwurzel versiegelt wird (rechts) (Bild: ATL)

bearbeitet werden. Während das Bauteil gezielt im Schleifmedium surft, entsteht durch die Rotation des Arbeitsbehälters ein hoher Schleifdruck. Daraus resultiert eine intensive, prozesssichere Bearbeitung und ein bedarfsgerechtes Oberflächenfinish in sehr kurzen Taktzeiten.

### Tausende Grate minutenschnell prozesssicher entfernen

Eine effiziente und reproduzierbare Chargenbearbeitung ermöglicht auch das thermische Entgraten (TEM). Es eignet sich für Bauteile aus nahezu allen metallischen Werkstoffen und aus Thermoplasten, bei denen innen- und außenliegende Grate selbst an sehr schwer zugänglichen Stellen zu entfernen sind. Für das Entgraten werden die Teile in der Anlage platziert, die verschlossen wird. Über ein Gasdosiersystem wird ein genau definiertes Gasgemisch in die Entgratkammer geleitet und durchströmt das gesamte Bauteil beziehungsweise die komplette Charge. Nach der Zündung kommt es zu einer vollständigen Verbrennung aller Innen- und Außengrater, wobei die Gratwurzeln versiegelt werden. Ein Werkstoffabtrag an der Oberfläche findet nicht statt. Da der Prozess lediglich wenige Millisekunden dauert, erwärmen sich die Werkstücke nur unwesentlich. Mit dem TEM lässt sich die Entgratqualität *scharfkantig/gratfrei* prozesssicher erzielen. Eine leichte Kantenverrundung ist abhängig vom Werkstoff möglich. Limitiert ist der Einsatz des Verfahrens durch die Bauteilgröße und wenn eine gezielte Kantenverrundung beim Entgraten gefordert wird.

### Entgraten mit Zusatzfunktion

Die berührungslos arbeitende elektrochemische Bearbeitung (ECM) basiert auf dem Prinzip der Elektrolyse. Eine Elektrode wird als Werkzeug kathodisch gepolt an eine Gleichstromquelle angeschlossen. Die andere Elektrode ist das anodisch gepolte Werkstück. In einer wässrigen

Elektrolytlösung erfolgt zwischen Kathode und Werkstück ein Ladungsaustausch, der das Werkstück gezielt bearbeitet. Auf diese Weise lassen sich einerseits schwer zugängliche Bereiche wie Kanten, Hinterschnitte, innenliegende Bohrungsverschneidungen und Taschen an genau definierten Werkstückbereichen präzise und prozesssicher entgraten. Gieß-, Press- und Schmiedegräte können ebenfalls entfernt werden. Andererseits ermöglicht ECM, beispielsweise Konturen, Kanäle, Nuten und Auskesselungen reproduzierbar in höchster Präzision ohne thermische oder mechanische Belastung herzustellen. Das ECM-Verfahren erfüllt dadurch die immer häufiger gestellte Forderung nach einer gratfreien Bearbeitung – und das mit einer hohen Oberflächengüte.

Sie ist auch ein Merkmal des Druckfließlappens, alias Stömungsschleifen, mit dem sich Ra-Werte kleiner  $0,01 \mu\text{m}$  erzielen lassen. Das Verfahren kommt für das wirtschaftliche Entgraten, Kantenverrunden und Polieren von Innen- und Außenflächen anspruchsvoller Bauteile aus der Automobil- und Luftfahrtindustrie, dem Turbinenbau, der Medizin- und Fluidtechnik, Lebensmittelverarbeitung, dem Formen- und Werkzeugbau, allgemeinen Maschinenbau und weiteren Branchen zum Einsatz. Die Bearbeitung erfolgt mit Schleifkörnern, die in Art, Größe und Konzentration auf die jeweilige Aufgabe angepasst und in eine polymere Kunststoffmasse mit definierter Viskosität eingebettet sind. Dieses Schleifmedium wird durch hydraulisch angetriebene Kolben unter definiertem Druck in wechselnder Richtung durch beziehungsweise über den zu entgratenden Bauteilbereich geströmt.

Entgraten, Reinigen, Verrunden und Verfestigen der Oberfläche in einem Arbeitsschritt ermöglicht das so genannte

Pinflow-Verfahren. Die zu bearbeitenden Werkstücke werden dafür in eine teilespezifische, als Behälter ausgeführte und mit Bearbeitungsmedium (kleine Stahlkugeln) gefüllte Vorrichtung im Bearbeitungsraum der Maschine gespannt. Vibratoren versetzen die Vorrichtung dann in horizontale Schwingungen, die eine Relativbewegung zwischen Werkstück und Entgratmedium erzeugen. Die dabei entstehende kinetische Energie der Stahlkugeln wird zur Bearbeitung der Außen- und Innenflächen auf das Werkstück übertragen, wobei auch an schwer zugänglichen Stellen ein Entgrateffekt hervorgerufen wird.

### Kosten sparen durch Gratvorhersage und Gratminimierung

Insbesondere spanend hergestellte Werkstücke weisen häufig schwer zugängliche Entgratbereiche wie Hinterschnidungen, Schlitze, Nuten, innenliegende und sich kreuzende Bohrungen auf. Dabei wird der Grat mit zunehmender Komplexität des Werkstücks immer schwieriger erreichbar. Und doch kommt es auch hier darauf an, Grate zuverlässig, bedarfsgerecht und ohne negative Beeinflussung des Materials zu entfernen. Eine weitere Herausforderung stellen so genannte Sekundärgrate dar, die bei der Entfernung der Grate durch das Entgratwerkzeug entstehen.

Einen wesentlichen Beitrag zu einer prozesssicheren und effizienten Entgratung leistet ein Modell zur Gratvorhersage und -minimierung bei Werkstücken aus Stahl und aus Nichteisenmetallen. Es wurde von der Dr. Beier-Entgrattechnik auf Basis eines umformtechnischen Ansatzes der Gratenstehung für die praktische Anwendung entwickelt. Ziel ist es, der Produktionsplanung und Konstruktion durch eine praxisgerechte und schnelle Vorhersage der Gratenstehung ein Tool an die Hand zu geben, um

## BENSELER

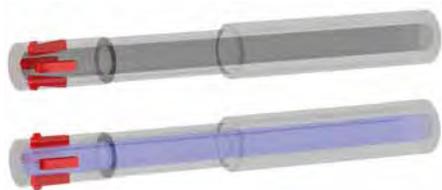
Oberflächentechnik Entgratung Beschichtung

Besuchen Sie uns auf der Deburring Expo in Karlsruhe  
13.-15. Oktober 2015, Halle 1, Stand 202

BENSELER-Firmengruppe

Zeppelinstraße 28  
71706 Markgröningen  
www.benseler.de





Bei den HSD-Werkzeugen wird die Kraft der Schneiden (rot) durch ein Druckmedium aufgebaut. Schneiden (oben) eingeklappt, ohne Druck, und (unten) durch Druck aktiviert (Bild: Dr. Beier Entgrattechnik)

Prozesse zu optimieren und effizienter zu gestalten. In das Modell fließen Beziehungen aus der Materialwissenschaft und der ingenieurmäßigen Betrachtung von Zerspan- und Umformprozessen ein. Die Gratentstehung wird hauptsächlich vom Spannungs-Dehnungsverhalten des Materials und den auftretenden Schneidkräften bestimmt. Das elastische und plastische Materialverhalten wird aus den Ergebnissen von Zugversuchen abgeleitet. Die Bestimmung beziehungsweise Festlegung der Schneidkräfte wird aus Beziehungen der Spantechnik bestimmt.

## Hochgeschwindigkeitsentgraten – eine Frage des Werkzeuges

Insbesondere bei spanend gefertigten Werkstücken, die in großen Stückzahlen hergestellt werden, erfolgt die Entgratung am Ende der automatisierten Fertigung beziehungsweise nach einem Teilprozess. Unter Wirtschaftlichkeitsaspekten ideal ist, wenn das Entgraten im Bearbeitungszentrum beziehungsweise der CNC-Maschine vollautomatisiert in hoher Geschwindigkeit erfolgen kann. Um bei kurzen Taktzeiten den Fertigungsablauf nicht zu verlängern und eine gleichbleibend hohe Qualität sicherzustellen, sind einerseits zuverlässige, automatisierte und effektive Entgratmethoden erforderlich. Andererseits auf die Anwendung abgestimmte Spezialwerkzeuge, die auch bei komplexen Werkstücken mit schwer zugänglichem Grat ein anforderungsgerechtes Ergebnis ermöglichen. Darüber hinaus dürfen durch den Entgratprozess keine Sekundärgrate erzeugt werden. Für solche Anwendungen wurden spezielle HSD (High Speed Deburring)-Werkzeuge entwickelt. Bei diesen Werkzeugen wird die für das Schneiden erforderliche Kraft nicht durch Federelemente, sondern durch ein Druckmedium, beispielsweise die vorhandenen Kühlmittel-, Öl-, Druckluft oder MMS-Zuführungen, aufgebaut. Dieses System bietet den Vorteil, dass die Kraft an

der Schneide über einen weiten Bereich der Schneidenauslenkung konstant bleibt. Die Schneiden werden innerhalb der Bohrung durch die Bohrungswand am weitesten eingedrückt. Da hier kein Grat vorhanden ist, würde eine hohe Kraft auf der Schneide zu einer Oberflächenänderung oder gar -beschädigung sowie unnötigem Verschleiß führen. Die HSD-Werkzeuge entfalten die höchste Kraft bei weit ausgefahrenen Schneiden, beispielsweise bei Bohrungskanten am Ein- oder Austritt, der zu entgratenden Kante der Querbohrung oder der eines Schlitzes. Also genau dort, wo die Kraft gebraucht wird, um zu entgraten und falls erforderlich eine Fase zu erzeugen. Die Werkzeuge ermöglichen ohne konstruktive Anpassung sowohl Vorwärts- und Rückwärtsentgraten als auch das Entgraten von Querbohrungen.

Durch die Hauptbohrung können mit einem HSD-Werkzeug alle Querbohrungen sowie der Ein- und Austritt der Hauptbohrung zeitsparend in einem Arbeitsgang entgratet werden. Verschiedene Durchmesser der Querbohrungen, eventuell zu entgratender Schlitzes oder Langlöcher spielen dabei keine Rolle. Gleichzeitig verhindern die speziellen Schneidenformen, dass der Grat nur umgebogen oder in die Querbohrungen gedrückt wird.

## Neues Verfahren für gratfreie, sich kreuzende Öllochbohrungen

Noch in der Feldtestphase befindet sich das neue automatisierte Entgratverfahren CBD (Cross Bore Deburring) der Schweizer Heule Werkzeug AG. Es ist eine Weiterentwicklung des bewährten, modular aufgebauten COFA-Werkzeugsystems, bei dem in der neuesten Generation der Messerhalter und das Messer getrennt sind. Das neue COFA-Design sorgt sowohl für eine erhöhte Wirtschaftlichkeit als auch Produktivität und eröffnet ein breiteres Anwendungsfeld. Die Integration des Werkzeuges in das Bearbeitungszentrum oder die CNC-Maschine ermöglicht die Herstellung fertig entgrateter Werkstücke. Voreinstellungen am COFA-Werkzeug sind nicht erforderlich, das mechanisch sauber geführte Entgratmesser lässt sich einfach von Hand oder mit einer Vorrichtung einsetzen und auswechseln.

Das Funktionsprinzip gewährleistet die gleichmäßige, radiusförmige und sekundärgratfreie Entgratung mit definierter Schneide an ebenen und unebenen Bohrungskanten. Dabei erfolgt die Rückwärts- und Vorwärtsbearbeitung in einem



Das neue CBD-Verfahren ermöglicht die automatisierte Entgratung von sich kreuzenden Öllochbohrungen in beliebigem Bohrverhältnis und mit Durchdringungswinkeln deutlich kleiner 90° (Bild: Heule Werkzeug AG)

Arbeitsgang ohne Umkehr der Spindeldrehrichtung und ohne aufwendiges Drehen des Werkstücks. Teiletoleranzen werden durch das Wirkprinzip des Werkzeugs automatisch kompensiert. Einsetzbar ist das COFA-Werkzeug auch bei Werkstücken aus schwer zerspanbaren Werkstoffen wie Edelstahl, Titan und Inconel ab einem Bohrdurchmesser von 2 mm – nach oben sind praktisch keine Grenzen gesetzt.

Begrenzt wird der Einsatz des COFA-Systems jedoch bei sich kreuzenden Bohrungen, deren Durchmesser Verhältnis gegen 1:1 geht und deren Durchdringungswinkel kleiner 90° ist. Für solche Anwendungen, beispielsweise die Entfernung von innenliegenden, rückseitigen Graten in Öllochbohrungen, hat Heule das CBD-Verfahren entwickelt. Auch dieses Werkzeugsystem ist modular aufgebaut und lässt sich in die Bearbeitungsmaschine integrieren. Es verfügt jedoch über ein verändertes Wirkprinzip: Das Entgraten erfolgt hier axial, vergleichbar mit dem Räumen, und der Vorschub radial. Dadurch macht es das CBD-Verfahren erstmals möglich, sich kreuzende Bohrungen in einem nahezu beliebigen Durchmesser Verhältnis und mit einem Durchdringungswinkel deutlicher kleiner 90° automatisiert im Zerspanungsprozess mit definierter Schneide zu entgraten. Und dabei wird durch das rein mechanische Wirkprinzip eine hohe Prozesssicherheit erzielt.

D. Schulz

# Dreidimensionale Schwingungsanalyse auf neuen Wegen

Gerät von Polytec erlaubt Auflösungen im Pikometerbereich bei mikromechanischen Systemen

Bei der Entwicklung mikro-elektromechanischer Systeme (MEMS) ist es wichtig, nicht nur das elektrische Verhalten der Bauelemente zu bestimmen, sondern auch das tatsächliche dynamische Verhalten der beweglichen Komponenten. Schließlich erlaubt die Kenntnis des Bewegungsverhaltens unter kontrollierten Anregungsbedingungen die direkte Überprüfung des spezifizierten Systemverhaltens. FE-Modelle lassen sich dann entsprechend bewerten beziehungsweise optimieren. Bisher war ein solches Vorgehen allerdings meist Wunschdenken der Entwickler. Dank eines neuen Verfahrens, mit dem sich Schwingungen in der Bauteilebene (In-Plane) mit Auflösungen im Pikometerbereich messen lassen, dürfte sich dies jetzt aber ändern.

Mikromechanische Sensoren und Aktoren werden in der Technik immer wichtiger. Typische Beispiele sind MEMS-Komponenten wie Beschleunigungs- oder Drehratensensoren in Smartphones; auch in Automobil- und Medizintechnik beruhen viele Innovationen auf MEMS-Technologie und Mikrosystemtechnik. Beim Test des Bewegungsverhaltens der kleinen Bauteile stießen die Entwickler bisher jedoch an Grenzen. Denn die funktionale Bewegungsrichtung beziehungsweise die Bewegungsebene von MEMS-Bausteinen liegt in den meisten Fällen innerhalb der Bauteilebene (In-Plane-Bewegungen). In einem kleineren Teil der Fälle ist die Bewegung orthogonal dazu (Out-of-Plane). Beide Bewegungsanteile werden sich in der Praxis aber meist überlagern. Zur vollständigen Beschreibung werden deshalb hochauflösende Messdaten für jede Bewegungskomponente benötigt, zum Beispiel in kartesischen Koordinaten.

## Grenzen konventioneller Messverfahren

Makroskopisch ist es ohne Weiteres möglich, dreidimensionale Objektschwingungen mit einem Laser-Doppler-Vibrometer zu erfassen. In diesem Fall wird mit drei Messköpfen aus linear unabhängigen Richtungen die Objektbewegung gemessen und die Messdaten werden danach in ein orthogonales Koordinatensystem transformiert. Für mikromechanische Systeme ist dieser Lösungsansatz aber nur bedingt geeignet, da sich die benötigte laterale Auflösung im Mikrometerbereich mit drei sich beeinflussenden Laserspots nicht erreichen lässt.

Daher wurden zur Messung der In-Plane-Bewegung Videomikroskopiesysteme in Verbindung mit Stroboskopie eingesetzt. In vielen Fällen stoßen sie aber ebenfalls an ihre Grenzen, weil die Auflösung der Schwingungsamplitude der Bewegung

durch den Stroboskopeffekt auf den Nanometerbereich begrenzt ist. Zudem dauert es mehrere Minuten, bis Resultate für Bewegungen in der Ebene vorliegen, da die digitalen stroboskopischen Aufnahmen erst über Bildverarbeitungsprogramme ausgewertet werden müssen, bevor ein Vibrationspektrum angezeigt werden kann.

## 3D-Schwingungsmesssystem

Dieser Thematik hat sich jetzt Polytec angenommen und mit dem MSA-100-3D ein neues mikroskopbasiertes 3D-Schwingungsmesssystem entwickelt (Abb. 1), das perfekt auf die Anforderungen der Entwicklung von Mikrosystemen abgestimmt ist. Es ermöglicht die Messung von dreidimensionalen Schwingungsparametern mikroskopischer Objekte in Echtzeit und mit einer bisher unerreichten Schwingungsamplitudenauflösung im Pikometerbereich. Das ist um den Faktor 1000 genauer als beispielsweise die oben genannten Videomikroskopverfahren.

Eine Analogie veranschaulicht die neue Größenordnung der messbaren Bewegungen am besten: Wäre der lediglich 50 µm breite Siliziumcantilever im Messbeispiel



Abb. 1: Das Messsystem erlaubt die gleichzeitige Erfassung aller Bewegungskomponenten mit nur einem Messstrahl und einer Schwingungsamplitudenauflösung im Pikometerbereich Bild: Polytec

(Abb. 2) ein Airbus mit 80 Meter Spannweite, ließen sich Schwingungen der Flügelspitze von nur 80 µm erkennen, was ungefähr der Dicke eines menschlichen Haares entspricht.

## Funktion: alle Bewegungskomponenten mit einem Messstrahl

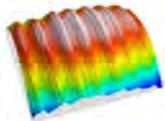
Das neue Messverfahren nutzt den richtungsabhängigen Dopplereffekt des Lichts, um die Geschwindigkeit eines Messobjekts in eine messbare Frequenzverschiebung zu wandeln. Dabei sind Geschwindigkeit des Objekts und Frequenzverschiebung des von diesem Objekt reflektierten Lichts

[www.tribologieinanwendungundpraxis.de](http://www.tribologieinanwendungundpraxis.de)




**STZ Tribologie**  
Anwendung und Praxis

- Verschleiß- und Schadensanalysen
- Oberflächenvermessungen
- Gefüge- und Werkstoffanalysen
- Tribologische Empfehlungen
- Seminar: Reibung, Verschleiß, Kontaktmechanik



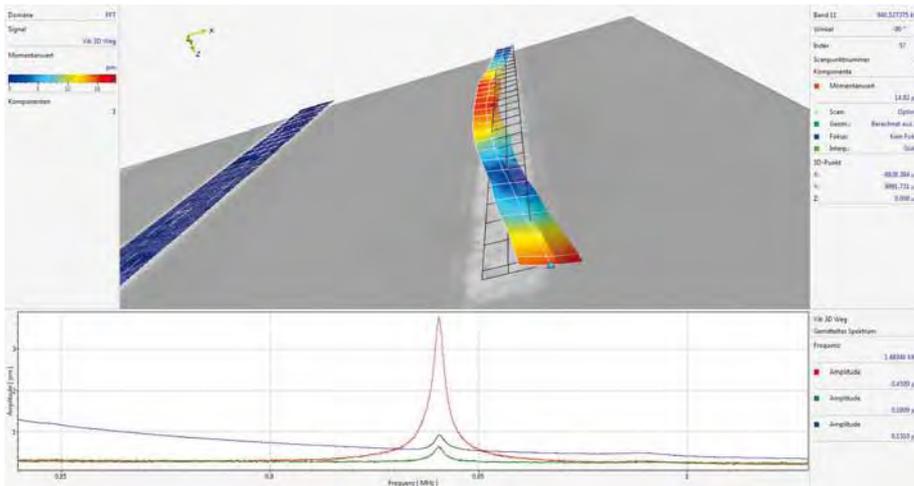


Abb. 2: Schwingungen eines Siliziumcantilevers sind in drei Richtungen erfassbar

Bild: Polytec



Abb. 4: Als Option ist ein xy-Verfahrtisch im Gerät integrierbar

Bild: Polytec

proportional zueinander. Ein Interferometer ermittelt diese Frequenzverschiebung, anschließend wird die Bewegung errechnet.

Das Besondere daran ist, dass dafür nur ein Laserstrahl benötigt wird. Drei Empfänger messen das Doppler-verschobene Streulicht, vom Laserfokuspunkt kann so eine dreidimensionale Bewegungsinformation gewonnen werden (Abb. 3). Da es nur einen Messstrahl gibt, sind optische Übersprechstörungen nicht zu befürchten und die bisher nicht realisierbare Amplitudenauflösung im Bereich weniger Pikometer wird möglich.

Die Geometrie des Messkopfes und die mechanischen Verbindungspunkte wurden so gewählt, dass sich der Messkopf an jeder Probestation anschließen lässt. Dadurch sind Schwingungsanalysen bereits auf Waferebene möglich, auch im Vakuum. Letzteres ist beispielsweise interessant für Objekte, die ein Vakuum-Packing bekommen

und daher nur im Vakuum getestet werden können, beispielsweise Beschleunigungs- und Drehratensensoren. Als Option ist zudem ein xy-Verfahrtisch im Gerät integrierbar (Abb. 4), um flächenhafte Messungen durchzuführen.

### Preisgekrönte Technik

Dank des mikroskopisch kleinen Laserspots von  $< 4 \mu\text{m}$  Durchmesser und der Frequenzbandbreite von 25 MHz eignet sich das Messgerät ideal zur Untersuchung von mikro-elektromechanischen Sensoren und Aktuatoren sowie anderen mikro-mechanischen Strukturen. Mit den präzisen Daten des MSA können Entwickler und Forscher zum Beispiel mikro-elektromechanische Bauteile von Smartphones oder Fahrzeugen optimieren, FE-Modelle validieren beziehungsweise verbessern und so letztendlich die Entwicklungszeit verkürzen. Unterstützung bietet dabei die Messsoftware, die wichtige praktische Features

bietet (Abb. 5). So lassen sich beispielsweise auch größere Messobjekte, die das Gesichtsfeld und den Schärfentiefebereich des Objektivs überschreiten, in Verbindung mit einer xyz-Positioniereinheit (Option) automatisiert und komfortabel messen.

Die Vorteile der 3D-Schwingungsanalyse können auch ohne die Anschaffung eines Geräts genutzt werden, da Polytec Auftragsmessungen durchführt.

Für die Entwicklung des neuartigen Messsystems erhielt Polytec am 1. Dezember 2014 im Ludwigsburger Schloss den renommierten Dr.-Rudolf-Eberle-Preis des Landes Baden-Württemberg. Dieser Preis prämiert die erfolgreiche Umsetzung herausragender technischer Innovationen.

Auf internationaler Ebene ist das innovative Messgerät nominiert für den Prism Award 2015. Damit ist es wieder einmal gelungen, in der modernen Messtechnik für Forschung und Industrie neue Maßstäbe zu setzen.

E.-C. Reiff

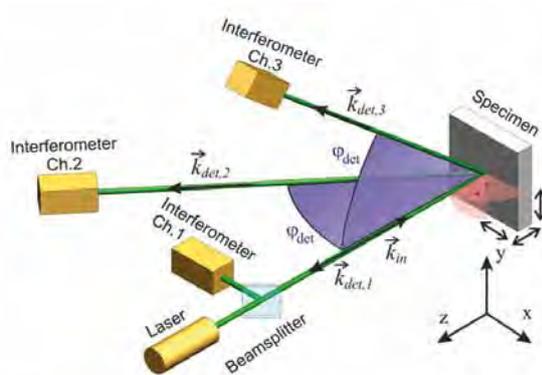


Abb. 3: Drei Empfänger messen das durch den Dopplereffekt verschobene Streulicht: Vom Laserfokuspunkt kann so eine dreidimensionale Bewegungsinformation gewonnen werden. Da es nur einen Messstrahl gibt, sind optische Übersprechstörungen nicht zu befürchten

Bild: Polytec

### Über Polytec



Dr. Heinrich Steger Strategisches Produktmarketing bei der Polytec GmbH, und Ellen-Christine Reiff, M. A., Redaktionsbüro Stutensee

Als innovatives Unternehmen entwickelt, produziert und vertreibt Polytec seit über 40 Jahren laserbasierte Messtechniklösungen für Forschung und Industrie. Aufbauend auf dem Erfolg im Distributionsgeschäft begann Polytec bereits in den 1970er Jahren mit der Entwicklung und Fertigung von eigenen, laserbasierten Messgeräten. Heute nimmt das Unternehmen mit Stammsitz in Waldbronn bei Karlsruhe im Bereich der optischen Schwingungsmessung mit Laservibrometern eine weltweit führende Position ein. Systeme für die Oberflächen-

messtechnik, die analytische Messtechnik und die Prozessautomation gehören ebenfalls zur mittlerweile breit gefächerten Palette innovativer Eigenprodukte.

[www.polytec.com](http://www.polytec.com)

## Neuartige Mikroliterpumpe

2E hat gemeinsam mit seinem Entwicklungspartner DNE GmbH eine neuartige, modulare Mehrkanal Mikroliterpumpe entwickelt und erfolgreich im Markt eingeführt. Die Peristaltikpumpe kann in vielen unterschiedlichen Märkten und Anwendungen zur Förderung von flüssigen und gasförmigen Medien zum Einsatz kommen.

Die zur Förderung von flüssigen und gasförmigen Medien genutzte Pumpe ist nach den Worten von Stephan Huttenlocher, Produktmanager der 2E mechatronic GmbH & Co. KG, vielseitig einsetzbar und gehört zum BEST OF der Kategorie Mikrosystemtechnik beim INDUSTRIEPREIS 2015.

Die mehrkanalige modulare Mikroliterpumpe wurde zur Förderung kleiner Volumina (5 µl bis 4 ml/min) verschiedenster Medien entwickelt. Die OEM-Variante kann in unterschiedlichsten Anwendungen integriert werden. Das Innovative an der Entwicklung ist es laut Huttenlocher, die Vorteile gängiger Pumpensysteme zu vereinen. Dies bietet dem Anwender beim Einsatz in Bereichen wie der Labor-technik oder der Analytik diverse Vorteile:

- zwei bis zehn Förderkanäle parallel
- unterschiedliche Volumina in den einzelnen Kanälen durch Einsatz unterschiedlicher Schlauch-ID
- schneller und einfacher Wechsel der kostengünstigen Fluidikeinheit, die als Disposable ausgeführt ist
- keine verlierbaren Teile, keine Ventile, keine Wartung
- geringe Pulsation, Flow-Stop, DC, BLDC oder Stepper-Motoren einsetzbar

Kundenspezifisch bestückte Evaluation-Kits stehen für Tests kostenlos zur Verfügung (Plug&Play).

Die Entwicklung dauerte laut Stephan Huttenlocher drei Jahre. Weitere Optimierungen seien geplant. Die Stand Alone-Variante mit Stepper-Motor und Software befindet sich derzeit im Aufbau. Außerdem würden ständig neue Schlauchmaterialien und Schlauchanschlüsse getestet. Unter anderem entstehen dadurch neue Varianten, die den Einsatz der Pumpe in weiteren Applikationen ermöglichen. Eine reine Einkanalpumpe befindet sich nach seinen Worten ebenfalls in Entwicklung.

Das Unternehmen arbeitet nach Aussage von Huttenlocher eng mit der in Badenürttemberg sehr ausgeprägten Forschungslandschaft zusammen und beteiligt sich an neuen Projekten mit dem Ziel, die daraus entstehenden Produkte zu produzieren und zu vermarkten. An den Konsortien seien in der Regel Hochschulen, Universitäten oder Institute sowie weitere Fertigungspartner und Anwender beteiligt. Netzwerke wie zum Beispiel der Spitzencluster MicroTEC Südwest, Technology Mountains oder IVAM spielten hierbei ebenfalls eine große Rolle. 2E verfolge weiter die Strategie, das Unternehmen vom einstigen Hersteller von DIN-Steckverbindern zum High-Tech-Entwickler und Hersteller von mikrosystemtechnischen Komponenten und Systemen zu entwickeln. Dieses Ziel werde man auch in Zukunft weiter konsequent verfolgen.

➔ [www.2e-mechatronic.de](http://www.2e-mechatronic.de)

# Blechexpo



## 12. Blechexpo

### Internationale Fachmesse für Blechbearbeitung

Blechbearbeitungsmaschinen

Trenn- und Umformtechnik

Rohr- und Profilmbearbeitung

Füge- und Verbindungslösungen

Blech-, Rohr-, Profil-Halbzeuge

Schweisstec



**03.-06.  
NOVEMBER 2015  
STUTTGART**

[www.blechexpo-messe.de](http://www.blechexpo-messe.de)

 **SCHALL**  
MESSEN FÜR MÄRKTE

# Ein großer Schritt: Millionenförderung für realistische Werkstoffsimulation

Europäischer Forschungsrat fördert Max-Planck-Projekt mit 1,5 Millionen Euro

Der Europäische Forschungsrat fördert Dr. Blazej Grabowski, Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für Eisenforschung (MPIE), mit 1,5 Millionen Euro für einen Zeitraum von fünf Jahren für sein Projekt *Time-Bridge* (übersetzt: Zeitbrücke). Grabowski leitet zusammen mit seinem MPIE-Kollegen Dr. Cem Tasan die Gruppe *Adaptive Strukturwerkstoffe*. Bei dem jetzt bewilligten Forschungsprojekt geht es um die Entwicklung von neuartigen Simulationsmethoden, die es in Zukunft erlauben, Materialeigenschaften, wie beispielsweise die Festigkeit, kontrolliert zu optimieren. Grabowski plant mit einer neuen theoretischen Herangehensweise Fortschritte auf diesem Gebiet zu erzielen, indem er ein grundsätzliches Verständnis der zeitlichen Abläufe auf der Nano- bis hin zur Makroskala innerhalb des Materials schafft. Unterstützt wird er hierbei von einem experimentellen Expertenteam um Dr. Christoph Kirchlechner, Leiter der Gruppe *Nano-/Mikromechanik von Materialien* am MPIE.

Die Eigenschaften von Materialien hängen von ihrer atomaren Struktur und deren Dynamik ab. Dabei weisen die meisten Werkstoffe Defekte auf, die beides kritisch beeinflussen. So wurde lange Zeit davon ausgegangen, dass die theoretische Festigkeit eines Materials nicht erreicht werden kann, da diese erst bei perfekten Strukturen existiert. Experimente haben aber gezeigt, dass diese Annahme falsch ist; auf der Nanometerebene lassen sich zuvor

unerreichte Festigkeiten, die bis an die theoretische Grenze herangehen, nachweisen. Diese aus wissenschaftlicher Sicht höchst spannenden Ergebnisse sind allerdings noch nicht ausreichend verstanden, um sie industriell umsetzbar zu machen. Weitere Fortschritte sind nur durch den Einsatz von komplementären Simulationsmethoden möglich, die ihrerseits aber bisher unter dem sogenannten Zeitskalendilemma litten.

Mit speziellen Methoden simulieren die Materialwissenschaftler mehrere Millionen Atome, um die Wechselwirkungen der Defekte und somit die Einflussfaktoren auf bestimmte Eigenschaften eines Materials, wie die Festigkeit, zu verstehen. Hierbei stoßen sie auf das Zeitskalendilemma: Die Atome in einem Material sitzen nicht auf festen Positionen, sondern vibrieren mit extremen Geschwindigkeiten um ihre Plätze. Mit gegenwärtigen Computersimulationen können die Wissenschaftler daher nur wenige Nanosekunden dieser Dynamik beschreiben. Das ist problematisch, weil die Dynamik der Defekte, wie sie experimentell gemessen wird und wie sie für die Festigkeit des Materials verantwortlich ist, sich im Bereich von Sekunden abspielt. Dieses Intervall zwischen Nanosekunden und Sekunden konnte bisher nicht zufriedenstellend überbrückt werden.

Grabowskis Projekt *Time-Bridge* will genau dieses fehlende und wichtige Zeitintervall mit einer neuen Methode in der Simulation von Atomen beschreiben: der Pseudopotential-Methode. Diese Methode wird normalerweise zur Bestimmung der Dynamik von Elektronen, das heißt deren Bewegung, benutzt. Hintergrund ist, dass Elektronen, also negativ geladene Elementarteilchen, die Nähe des Atomkerns bevorzugen, um welchen sie kreisen. Gleichzeitig stoßen sich die Elektronen gegenseitig ab, sodass sie den größtmöglichen Abstand voneinander haben. Hierbei bewegen sich die Elektronen nicht überall gleich schnell: In der Nähe des atomaren Kerns sind sie schneller als in dem Bereich zwischen den Atomkernen. Computersimulationen sind dabei durch die schnellste Bewegung im System limitiert. Bei der Elektronendynamik wird dieses Problem durch ein sogenanntes Pseudopotential gelöst, das die

Attraktivität des Kerns und gleichzeitig das gegenseitige Abstoßen der Elektronen voneinander erfolgreich imitiert. Grabowski will nun dieses Konzept bei der Simulation von Atomen anwenden, um das Intervall zwischen den theoretisch beschreibbaren Nanosekunden und den experimentell relevanten Sekunden zu überbrücken und damit die Grundlage für die Entwicklung von neuartigen Materialien zu schaffen.

Im Fokus werden zunächst sogenannte Nanopillar-Untersuchungen stehen (Abb. 1). Hierbei erzeugen die Wissenschaftler kleine atomare Türme, die später zusammengestaucht werden. Diese idealisierten Studien erlauben es, die Wechselwirkung der Defekte untereinander mit hoher Präzision systematisch zu bestimmen. Die theoretischen Untersuchungen von Grabowski werden von hochgenauen Experimenten mit modernsten Elektronenmikroskopen unter der Leitung von Kirchlechner begleitet. Die enge Zusammenarbeit der Theoretiker und Experimentatoren ist ein wesentliches Merkmal von *Time-Bridge*, das die Erfolgchancen des Projekts immens steigert.

Die Förderung des Europäischen Forschungsrats gibt jungen Wissenschaftlern die Möglichkeit, ihre eigene Forschungsgruppe aufzubauen, um somit Talente frühzeitig zu fördern. Als angehende Führungskräfte sollen die geförderten Wissenschaftler europaweit unabhängige Forschung betreiben.

Am MPIE wird moderne Materialforschung auf dem Gebiet von Eisen, Stahl und verwandten Werkstoffen betrieben. Ein Ziel der Untersuchungen ist ein verbessertes Verständnis der komplexen physikalischen Prozesse und chemischen Reaktionen dieser Werkstoffe. Außerdem werden neue Hochleistungswerkstoffe mit ausgezeichneten physikalischen und mechanischen Eigenschaften für den Einsatz als High-tech-Struktur- und Funktionsbauteile entwickelt. So verbinden sich erkenntnisorientierte Grundlagenforschung mit innovativen, anwendungsrelevanten Entwicklungen und Prozesstechnologien. Das MPIE wird zu gleichen Teilen von der Max-Planck-Gesellschaft und dem Stahlinstitut VDEh finanziert.

-Yasmin Ahmed Salem-

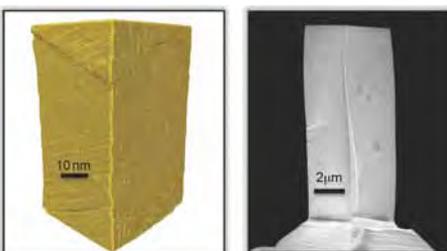
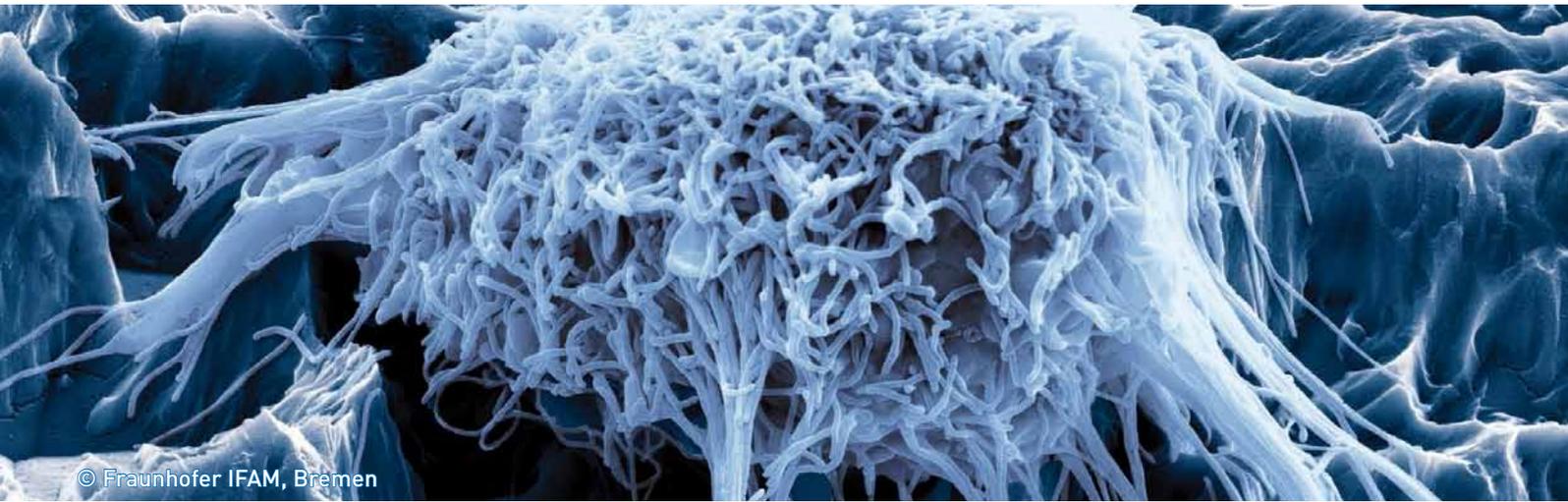


Abb. 1: In der Simulation (links) wurde der Nanopillar zusammengedrückt, wodurch die Oberfläche mit charakteristischen Verformungsstrukturen, also Defekten, bedeckt wurde (durch die Linienstruktur erkennbar); im rechten Bild wurde ein analoges Experiment durchgeführt und mit modernsten Elektronenmikroskopen aufgezeichnet. Bisher können die theoretischen und experimentellen Ergebnisse noch nicht vollständig miteinander vereint werden (©linkes Bild: Jongbae Jeon, MPIE; ©rechtes Bild: Christoph Kirchlechner, MPIE)

➔ [www.mpie.de](http://www.mpie.de)



© Fraunhofer IFAM, Bremen

## Anwenderforum

in Kooperation mit  **Fraunhofer**  
IFAM

# Funktionale Implantate und Implantatoberflächen

Vom Werkstoff zur klinischen Anwendung

**02. bis 03. Dezember 2015 in Bremen**

Fachliche Leitung: Dipl.-Ing. (FH) MBA Kai Borchering, Geschäftsfeldsprecher Medizintechnik und Life Science Business Development, Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen

### Programm 02.12.2015, 10:00 Uhr bis 18:05 Uhr

- Die keramische Interferenzschraube – von der Idee zum Produkt**  
Knöcherner Integration oder Degradation?; Keramik-gerechtes Implantatdesign  
Prof. Dr. med. Ulrich A. Wagner, Orthopädische Klinik I des AMEOS Klinikum Seepark Geestland/Dr. Sebastian Hein, Fraunhofer IFAM, Bremen/Dr. Laura Treccani, Universität Bremen
- Funktionelle Biokompatibilität: Interaktion von Zellen und (Implantat) Materialien**  
Bioaktive Implantatoberflächen; Prognostische in vitro Modelle; Häkompatibilität  
PhD Markus Rottmar, Empa, St. Gallen/Schweiz
- In vitro Testung von Medizinprodukten**  
Regulatorische Aspekte; Toxizität und mikrobiologische Kontamination; Biologische Effekte auf Gewebe in vitro und ex vivo Methoden/in vivo Tiermodelle  
Prof. Dr. Armin Braun, Fraunhofer ITEM, Hannover
- Innovative Werkstoffe und Beschichtungen für orthopädische Implantate**  
Beschichtung zur Prävention allergischer Reaktionen; Antimikrobielle Beschichtungen; Poröse Schichten zur Osseointegration  
Dr.-Ing. Thomas Weik, Aesculap AG, Tuttlingen
- Funktionalisierung von Implantatoberflächen durch Beschichtung**  
Verschleißminderung, Allergieprävention, Infektionsbekämpfung; Osseointegration; Beschichtung von temporären Implantaten und Gefäßstützen; Schichtcharakterisierung  
Dr. Ulrich Lembke, DOT GmbH, Rostock
- Topographie und Reinheit dentaler Implantatoberflächen**  
Grenzfläche zw. Implantat und Knochen; Mikrostrukturierung von Keramiken; Reinheit osseointegrierender Implantate  
Dr.-Ing. Marzellus große Holthaus, BEGO Implant Systems GmbH & Co. KG, Bremen

Besuch des Bremer Weihnachtsmarktes und gemeinsames Abendessen

### Programm 03.12.2015, 09:00 Uhr bis 16:10 Uhr

- Laserinterferenzstrukturierung zur Oberflächenfunktionalisierung von biomedizinischen Implantaten**  
Laserablation zur Generierung Oberflächentopographien und die Antwort von Zellen und Bakterien  
Prof. Dr. Andrés Lasagni, Fraunhofer IWS, Dresden
- Antiinfektiöse Beschichtungstechnologien**  
Biofilmbildung bei PPI; Antibiotika/Antiseptika-Fettsäurekomplexe  
Prof. Dr. Klaus-Dieter Kühn, Heraeus Medical GmbH, Wehrheim
- Strukturierte resorbierbare Implantate zur Schädelversorgung**  
Graduierte Biomaterialien; Knochenneubildung; Computerunterstützte Chirurgie  
Prof. Dr.-Ing. Michael Wehmöller, Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden
- Plasma: Technologie der Zukunft zur Dekontamination/Sterilisation und Erzeugung bioaktiver Oberflächen**  
Plasmasterilisation; Steuerung der Zelladhäsion; Antibakterielle, transparente Beschichtungen  
Dr. Dirk Salz, Fraunhofer IFAM, Bremen
- Formel I in der Medizintechnik – Implantate aus kohlefaserverstärktem PEEK**  
Technologie und Materialeigenschaften; Osseointegration; Das ideale Implantatmaterial in der Tumor-Bestrahlungstherapie?!; Klinische Anwendungen und Ausblick  
Ralf Klafunde, Icotec AG, Altstätten/Schweiz
- Zulassung von Medizinprodukten in Europa**  
Änderungen in der ISO 13485; Rechtliche Grundlagen; Aufgaben des Herstellers; Herstellerbegriff  
Dr. Thomas Feldmann, DQS Medizinprodukte GmbH, Frankfurt

Möchten Sie als Sponsor oder Aussteller auf sich aufmerksam machen? Ausführliche Informationen rund um das Anwenderforum finden Sie hier:



# Intelligente Implantate im Zeitalter der miniaturisierten Medizintechnik

Mikromedizin Symposium der Fakultät Mechanical and Medical Engineering der Hochschule Furtwangen

Der medizinische Fortschritt wird bestimmt durch zunehmende Miniaturisierung der Medizinprodukte. Absolventinnen und Absolventen, die Mikrotechnologie im Kontext mit Medizintechnik beherrschen, gehören zu gesuchten Fachleuten. Das Mikromedizin Symposium 2015 hat sich im Mai unter dem Motto *Intelligente Implantate – Studieren im neuen miniaturisierten Medizintechnik-Zeitalter* mit der Praxis der innovativen Neurotechnologie im wissenschaftlichen Kontext auseinandergesetzt. Diese stellt für Therapie und Forschung neue Möglichkeiten bereit. Die aktuellen technischen und medizinischen Entwicklungen der Computerisierung und Biologisierung wurden reflektiert. Das Symposium führte damit eine erfolgreiche Veranstaltungsreihe zu dem Thema innovative Technologien für Lehren und Lernen fort.

Die Veranstalter konnten mehr als 100 Teilnehmer zum Symposium begrüßen, wobei insbesondere Prof. Dr. Bucher das Lob zukam, der die Veranstaltung mit renommierten Vortragenden organisiert hatte. Die gute Lage der Hochschule in einem Kreis von innovativen Unternehmen und Instituten kommt hierbei sowohl der Ausbildung als auch den Studenten während und nach dem Studium sehr entgegen.

## Master-Studiengang Mikromedizin

Prof. Dr. Volker Bucher stellte im ersten Fachvortrag den Master-Studiengang Mikromedizin der Hochschule vor. Dieser Studiengang ist seit einem Jahr an der Hochschule angesiedelt, wobei das Interesse seitens der Studierenden sowie der Industrie stetig steigt. Der Bereich Mikromedizin befasst sich in erster Linie mit intelligenten Implantaten. Ein Beispiel, das bereits in der Anwendung ist, ist ein Herzschrittmacher, der mittels Katheder eingesetzt wird, oder ein Retinaimplantat. Wie Prof. Bucher betonte, hat die Industrie großen Bedarf an Fachleuten im Bereich der Medizin- beziehungsweise der Mikromedizintechnik. Die gute Resonanz zeigt sich nach Aussage von



Rektor Prof. Dr. Schofer (links) und Dekan Prof. Kühne begrüßten die Gäste seitens der Hochschule



Prof. Dr. Bucher (links) und Prof. Dr. Stieglitz (rechts)



Prof. Dr. Bucher in einer intensiven Zusammenarbeit mit der Industrie sowie ersten Promotionen.

## Intelligente Implantate

Prof. Dr. Thomas Stieglitz (IMTEK) ging im ersten Beitrag detaillierter auf das Arbeitsgebiet aus Sicht des Forschers ein. Als Visionen der Arbeiten sieht der Vortragende die Möglichkeit, voll funktionsfähige Prothesen, beispielsweise eine Hand, zu entwickeln und einzusetzen, aber auch neuronale Störungen wie Epilepsie zu therapieren.

Diese Ansätze sind in zunehmendem Maße interessant, da sie außerordentlich kostenintensiv sind. Dazu zählen auch Erkrankungen, die zu dauerhaften Schmerzen führen.

Der Bedarf kann relativ einfach an den vorhandenen Patientenzahlen abgeschätzt werden, die derzeit bei etwa 350 000 Herzschrittmacher pro Jahr oder Stimulatoren im Gehirn mit etwa 70 000 Euro pro Patient liegen.

Der erste Mensch mit einem Herzschrittmacher erhielt sein Gerät 1958 mit lediglich wenigen Stunden Funktion. An seinem Lebensende hatte er nach etwa 40 Jahren 27 Herzschrittmacher erhalten. Heute ist eine derartige Vorgehensweise nicht mehr akzeptabel. Das heißt, die Geräte müssen vor der ersten Anwendung sehr umfangreich getestet werden. Relevant sind hierzulande beispielsweise die Arten der Anbindung an den Körper oder auch die Anzahl der erforderlichen Kanäle für die Ansteuerung oder

die Nutzungszeiten und -häufigkeiten. Für Implantate ist es darüber hinaus maßgeblich, dass die herstellenden Unternehmen während der langjährigen Funktion von Implantaten den Service der Unterstützung garantieren können. Dazu ist nach Ansicht des Vortragenden ein langfristiges Konzept der Unternehmen notwendig. Bei Implantaten für das Gehirn ist ein hohes Maß an Lernfähigkeit beziehungsweise Redundanz erforderlich. Eine weitere Forderung ist die Messfähigkeit von Botenstoffen im Körper.

Eine Produktion von Implantaten erfordert in der Regel die Akzeptanz langer Entwicklungszeiten vor der eigentlichen Herstellung, das bedeutet eine ausreichende finanzielle Unterstützung. Am Beispiel eines Hirnimplantats machte der Vortragende den Umfang der Arbeiten deutlich. Hierfür wurde als Ansatz eine Technik unter Verwendung von Lasern zur Strukturierung gewählt. Damit lassen sich zwar keine sehr kleinen Strukturen erzeugen, was allerdings auch nicht immer zwingend notwendig ist. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein Implantat auf Basis von Silikon im Säugergehirn akzeptiert wird. Im nächsten Schritt wird daran gearbeitet, drahtlose Signalübertragung zu verwenden. Hierbei zeigte es sich, dass entsprechende Arrays nicht zu flexibel sein dürfen, um eine Operation zu überstehen. Eine weitere Forderung ist eine hohe Dichtheit gegen Wasser, Salze und Gase, um dem Materialangriff zu widerstehen. Derartige Implantate werden an Tiermodellen getestet.

Bei einem weiteren Beispiel eines Implantats wurden Elektroden auf den Träger aus Polyimid aufgebracht. Diese wiederum werden als nervenstimulierende Elektroden eingesetzt. Eine daraus hergestellte Prothese ist in der Lage, Phantomschmerz zu verringern und die Funktion des Greifens mit Fühlen zu erzeugen. Hierfür müssen die einzelnen Sensorleitungen mit Nerven beziehungsweise Muskeln verbunden werden, wobei zu akzeptieren ist, dass nicht alle Kontakte die gewünschten Funktionen aufweisen. Erste Studien belegen trotz der nach wie vor bestehenden Schwierigkeiten eine sehr hohe Lernfähigkeit beim Einsatz der Prothese.

Neben der Aufgabenstellung der Prothetik sollen Mikroimplantate auch dazu herangezogen werden, Medikamente beispielsweise zur Blutdrucksenkung zu ersetzen. Als Ansatz wird unter anderem eine manschettenförmige Elektrode um ein Faserbündel gewählt. Damit lassen sich aus den

## Wasseraufbereitung für die Medizintechnik



Die Medizintechnik hat höchste Anforderungen an die Qualität von Medien und Hilfsstoffen, wie beispielsweise das für die Herstellung von medizintechnischen Produkten verwendete Wasser, das über eine hohe Reinheit verfügen muss. Ionenaustauscher Mischbett-Patronen erzeugen vollentsalztes Wasser mit Restleitfähigkeiten von  $< 0,1 \mu\text{S}/\text{cm}$  und können mit anderen Technologien kombiniert werden. Umkehrosmoseanlagen mit nachgeschaltetem Mischbett werden zum Beispiel überall dort eingesetzt, wo die erzeugte Reinstwasserqualität einer einstufigen Umkehrosmoseanlage (z. B. im Labor für Sterilisatoren) nicht ausreicht. In Kombination mit einer Sterilfiltereinheit zur Keimrückhaltung oder einer Ultrafiltrationseinheit zur Endotoxinrück-

haltung sind Mischbettpatronen in der Lage, aus Trinkwasser gereinigtes Wasser (purified water) oder auch hochgereinigtes Wasser (highly purified water) entsprechend den Normen der Ph. Eur und der USP zu erzeugen. Die Orben Wasseraufbereitung bietet dafür eine breite Palette an Vollentsalzungspatronen, Ionenaustauscherkombinationen und Filterhilfsmittel für unterschiedliche Anwendungen und Wassermengen. Der Aufbau der Anlagen und Verfahrenskombinationen werden individuell an die Aufgabenstellung angepasst. Der bundesweite Regenerationsservice garantiert eine anwenderfreundliche Handhabung, eine hohe Produktqualität und damit höchste Sicherheit bei den Arbeitsprozessen.

[www.orben.de](http://www.orben.de)



gemessenen Signalen die notwendigen Signalanteile (z. B. der Herzschlag) herausfiltern. Diese Signale eignen sich dazu, den Blutdruck gezielt zu ändern. Derzeit werden hierfür passende Modellkörper ausgewählt und klinische Tests vorbereitet.

### Entwicklungen am NMI

Das Naturwissenschaftliche und Medizinische Institut an der Universität Tübingen (NMI) führt umfangreiche medizintechnische Entwicklungen durch. Dr. Alfred Stett stellte entsprechende Arbeiten auf dem Gebiet der aktiven medizinischen Implantate vor, die nach derzeitiger Situation ein hohes Wachstumspotenzial aufweisen.



Dr. Alfred Stett

Insbesondere sind dies Ohrimplantate, Neurostimulatoren, Herzimplantate sowie Medikamentendosiersysteme. Sehr positiv ist nach Ansicht des Vortragenden die gute Situation bezüglich der Unternehmen, Institute und Einrichtungen in Süddeutschland.

Seitens des NMI wird daran gearbeitet, Implantate sicher zu kapseln oder mit der notwendigen Energie zu versorgen beziehungsweise Signale an den Körper abzugeben. Dazu muss die Integrationsdichte beispielsweise durch die Entwicklung angepasster Schaltungen mit einem geringen Energieverbrauch erhöht werden. Des Weiteren sind die Biokompatibilität und die Biostabilität zu berücksichtigen.

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

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im Weiteren werden elektronische Bauelemente zur Erfassung von Nervenimpulsen, Modelle zur Auswertung und zur Simulation von Nervenimpulsen, Systeme zur Medikamentendosierung sowie die Entwicklung und der Einsatz von Retinaimplantaten vorgestellt.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 5 Seiten mit 15 Abbildungen.

# Multifunktionale Nano-Beschichtungen

Von Helmut Schmid, Fraunhofer–Institut für Chemische Technologie ICT, Pfinztal

Mithilfe der Nanotechnologie sind Beschichtungen herstellbar, die interessante Nanoeffekte, wie blickwinkelabhängige Farbeffekte, Plasmonen/Lumineszenz-Leuchteffekte, und als Funktion der Temperatur schaltbare thermochrome Effekte zeigen. Für diese Systeme ergeben sich zahlreiche Anwendungen in unterschiedlichen Bereichen.

## Multifunctional Nanocoatings

Using nanotechnology, coatings can be formed exhibiting interesting nano effects such as angle of observer colour variation, plasmon/luminescence illumination effects and thermochromic behaviour. Such systems can find application in a wide range of uses.

### 1 Einleitung

Nanotechnologie basiert auf Partikeln, Stäbchen, Fasern und/oder strukturierten Oberflächen, die in mindestens einer Dimension eine Nanometergröße von 1 nm bis 100 nm aufweisen. Dadurch dass durch diese geometrischen Eigenschaften andere, wie zum Beispiel chemische, Eigenschaften zurücktreten, lassen sich neue interessante Phänomene erzielen. Diese sind hauptsächlich drei Gruppen zuzuordnen und umfassen quantenmechanische Effekte, Reaktivitätseffekte durch die große Oberfläche im Verhältnis zur Masse sowie Strukturierungseffekte, die unter anderem zur Selbstorganisation oder zur molekularen Erkennung genutzt werden können. Gleichzeitig ergibt sich daraus auch der interdisziplinäre Charakter, sodass berechtigterweise von einer Querschnittstechnologie gesprochen werden kann.

Während die physikalische Nanotechnologie investitionsintensive Plasmaanlagen erfordert, lassen sich mithilfe der chemischen Nanotechnologie in Kombination mit der Polymertechnologie oftmals kostengünstigere Lösungen erzielen. Durch die chemischen Verfahren kann zudem ein wesentlicher Beitrag zur Sicherheit im Umgang mit Nanopartikeln beziehungsweise Nanotechnologie dadurch geleistet werden, dass aufgrund der Polymerverankerung die unkontrollierte Freisetzung einzelner Nanopartikel verhindert wird.

### 2 Motivation, Aufgabenstellung und Zielsetzung

Vor dem Hintergrund, dass in den Medien Nanotechnologie als Zukunftstechnologie schlechthin galt und bezüglich der Effekte (z. B. Lotus-Effekt) Erwartungen verknüpft waren, die nicht alle vollumfänglich erfüllt werden konnten, war zu prüfen, inwieweit grundlegende Nanophänomene mit vergleichsweise einfachen Mitteln der chemischen Nanotechnologie darstellbar sind. Diese Arbeiten wurden im Rahmen eines Konsortiums vorangetrieben, wobei darauf geachtet wurde, solche Lösungen anzustreben, die ein Potenzial für zahlreiche Produktanwendungen bieten.

### 3 Methodik

Zunächst wurde die Thematik des *blickwinkelabhängigen Farbeffekts* aufgegriffen. Dazu wurde der Interferenzeffekt herangezogen (Abb. 1).

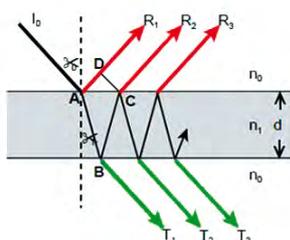
Im Einzelnen wurden Mikropartikel mit Nanopartikeln beschichtet und in eine transparente Polymermatrix integriert. Wird das System auf ein Drahtband aufgetragen und verwebt, lassen sich komplexe Strukturen darstellen. Außer Anwendungen in der Architektur oder Automobilindustrie lässt sich das Prinzip auch auf Druckpasten übertragen und kann zur fälschungssicheren Kennzeichnung von Dokumenten und Objekten auch im Sinne eines Plagiatsschutzes verwendet werden.

Eine weitere Aufgabe ist die Darstellung des Plasmonen/Lumineszenz-Leuchteffekts. Der Plasmoneneffekt ist besonders bei metallischen Nanopartikeln (dargestellt am Beispiel von Nanosilber) ausgeprägt. Eine Lichtanregung (im Sinne elektromagnetischer Strahlung) der freien metallischen Leitungselektronen führt zu kollektiven Resonanzschwingungen dieser *Ladungswolken*. Diese Oberflächenplasmonen führen zu einem Leuchteffekt, falls die Resonanzfrequenz im sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums liegt. Die Resonanzfrequenz ist über die Größe der Nanopartikel einstellbar.

Um die Leuchtkraft zu verstärken, wurde ein Lumineszenzeffekt durch Zugabe eines Funktionsadditivs ergänzt. Beim Lumineszenzeffekt kann die Lichtanregung im UV/VIS-Bereich zu drei Arten von Anregungen führen: elektronische Anregung von Valenzelektronen, Rotations- und Schwingungsanregung von Molekülen (Abb. 2).

Beschränkt man sich auf die elektronische Anregung von Valenzelektronen werden die Elektronen zunächst vom Grundzustand  $S_0$  auf die höheren Energieniveaus  $S_1$  und  $S_2$  angehoben (HOMO – LUMO-Übergänge). Die Relaxation erfolgt nach komplexen Gesetzen unter zusätzlicher Berücksichtigung der Elektronenspins. Beim P-Übergang (rot dargestellt) kommt es dann zur Strahlungsemission.

▪ direkte Reflexion und Interferenz



▪ maximale Reflexion

$$R = \left( \frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 + n_0^2} \right)^2$$

Beziehung von  $\lambda_{max}$  zu  $n_1, d$

$$\lambda_{max} = \frac{4n_1 d}{2m + 1} \text{ für } m = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$n_1 d = (2m + 1) \frac{\lambda_{max}}{4}$$

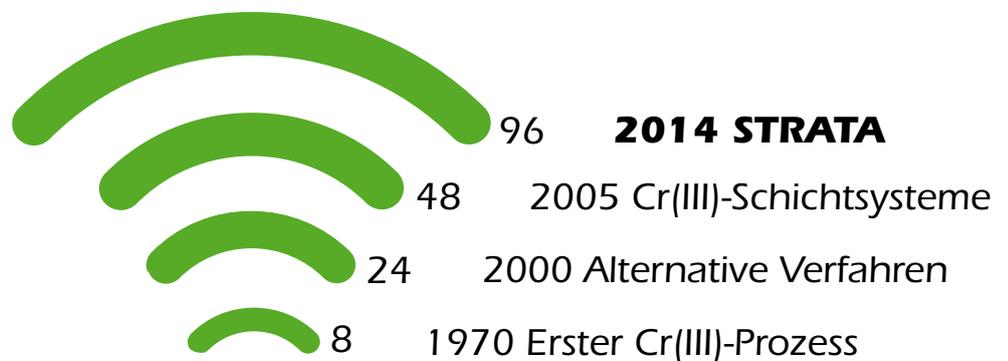
Abb. 1: Abhängigkeit der Interferenzfarbe bezogen auf die Schichtdicke [1]

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

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im weiteren werden die Herstellung von Beschichtungen, deren Eigenschaften sowie die möglich Anwendungen dargestellt.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 2,5 Seiten mit 7 Abbildungen.

# Das stärkste Signal im Markt



CASS-Beständigkeit (h)

**STRATA**  
Cr(III) Korrosionsschutzsystem für POP

# Hartverchromung mit Platin-Titan-Anoden – Prozesse optimieren und Abfallmengen reduzieren

Von Thomas Ebert und Frank Friebe, Umicore Galvanotechnik GmbH, Schwäbisch Gmünd

Zur Abscheidung von Chromschichten hatten Bleianoden lange den Ruf einer optimalen Lösung, da sie in der Anschaffung kostengünstig sind. Sowohl aufgrund der Toxizität von Blei als auch durch erhebliche Kosten im laufenden Betrieb ist die Suche nach Alternativen sinnvoll. Platinierte Titananoden erfordern zwar eine deutlich höhere Anfangsinvestition, besitzen aber den Vorteil einer wesentlich längeren Lebensdauer durch eine gute Wiederverwendbarkeit und vor allem sehr geringe Kosten im Betrieb. Insbesondere aber erlauben dimensionsstabile platinierte Titananoden eine deutlich bessere Schichtdickenverteilung durch die Anpassung ihrer Geometrie an die zu beschichtende Bauteilform.

## Hard Chromium Plating Using Platinised Titanium Anodes - Process Optimisation and Waste Minimisation

Conventional wisdom until recently, held that lead anodes were the most cost-effective for use in hard chromium electrodeposition from hexavalent electrolytes. However both because of the toxic nature of lead and its compounds and the operating costs arising from use of lead anodes, a better alternative was desirable. Platinised titanium anodes, it is true, require a higher initial investment but against this, they have a significantly longer life, in part because they can be reconditioned. They also offer a lower operating cost. Equally important is that such dimensionally stable anodes can give more uniform coating thickness because their geometry can be modified to conform with that of the components to be plated.

### 1 Chromabscheidung – unverzichtbare Technologie

Hartverchromung gehört weltweit zu den wichtigsten Prozessen der industriellen Oberflächenveredelung. Hartchromschichten bieten viele Vorteile: Sie verfügen über hohe Härte und haben einen niedrigen Reibkoeffizienten. Das Metall verbessert Abriebfestigkeit und Verschleißwiderstand. Es bietet zudem Korrosionsschutz und Reaktionsträgheit gegenüber anderen chemischen Stoffen. Daher erhalten viele Komponenten, die hohen Belastungen und starkem mechanischem Stress ausgesetzt sind, eine Hartchrom-Endschicht.

Zu diesen Bauteilen zählen zum Beispiel:

- Dämpfungssysteme
- Druckzylinder
- Kolbenringe und -stangen
- Hydraulikzylinder
- Ventile

Klassische Anwenderbranchen, die auf Hartchromprozesse nicht verzichten können, sind unter anderem die Automobil- und Druckindustrie oder Hersteller von Schwerlastfahrzeugen, bei Baggern und Kränen sowie Produzenten von Maschinen für den Bergbau.

So wichtig das Metall auch ist: Die Prozesse sind in vielen Betrieben häufig optimierungsbedürftig. Wer mit Hartchromelektrolyten arbeitet, hat es zum Beispiel mit vielen Problemsubstanzen zu tun. Dazu gehören etwa Blei, Bleioxid und Bleichromat.

### 2 Bleianoden – Charakterisierung

Blei und seine Verbindungen sind als toxisch klassifiziert. Daher verschärfen etwa in den USA staatliche Behörden zunehmend den Druck auf die Industrie, in denen dieses Metall zum Einsatz kommt. Dennoch werden vielfach noch Bleianoden verwendet, da sie auf den ersten Blick als kostengünstig eingestuft sind. Auch wenn Betriebe der Galvanotechnik den Umgang mit Gefahrstoffen gewohnt sind, ist ein rascher Ersatz von Bleianoden sehr zu empfehlen. Das hat mehrere Gründe.

Nach Unterbrechung des Stromkreislaufs bildet sich in Hartchromelektrolyten an der Anode das besonders problematische Bleichromat ( $PbCrO_4$ ). Wird der Strom wieder eingeschaltet, fällt das Bleichromat von

der Anodenoberfläche ab und sammelt sich am Boden der Tanks. Seine Entsorgung stellt hohe Anforderungen an die Arbeitssicherheit. Sie ist zudem zeitaufwändig und teuer. Alleine an Gebühren fallen aktuell in Baden-Württemberg etwa 1500 Euro pro Tonne an.

Doch nicht nur aus Sicht des Umweltschutzes sind Bleianoden problematisch: Ihr zweites großes Manko ist, dass sie nicht dimensionsstabil sind. Das heißt, sie verformen sich rasch, verbiegen sich meist in Richtung Kathode (Abb. 1). Die Folge: Der Abstand zwischen Anode und kathodischem Bauteil variiert. Ebenso verändert sich die ursprüngliche Dimension der einzelnen Bleistäbe. Eine gleichmäßige Schichtdickenverteilung lässt sich so nicht



Abb. 1: Bleianoden verformen sich meist relativ schnell im Elektrolyten

gewährleisten. Mechanisches Nachbearbeiten (Schleifen oder Polieren) der bereits aufwändig beschichteten Bauteile ist häufig notwendig.

Daneben ist der Wartungsaufwand der schweren Bleianoden sehr hoch. Vielfach werden sie von Hand gedreht und müssen häufig neu ausgerichtet werden. Zudem sind Bleianoden in regelmäßigen Intervallen abgenutzt und müssen gegen neue ausgetauscht werden.

### 3 Alternative zu Bleianoden

Fast alle diese, zum Teil immensen, Nachteile haben platinierete Titananoden nicht: Die Prozesse werden umweltfreundlicher, Kundenzufriedenheit mit dem Beschichtungsergebnis und Produktionsdurchsatz steigen.

Die Vorteile von platinieren Titananoden lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- signifikant längere Lebensdauer
- kein Wartungsaufwand für die Anoden
- keine regelmäßigen Produktionsstillstände



Abb. 2: Durch Hochtemperaturelektrolyse mit Platin beschichtete Titananoden sind dimensionsstabil; sie bewahren über einen langen Zeitraum ihre Form



Abb. 3: Platinieren Titananoden aus Streckmetallgitter; Bauformen und Maschenabmessungen sind auf die zu beschichtenden Bauteile optimiert

- kein Bleichromatschlamm im Beschichtungsbehälter
- niedrigere Betriebs- oder Zellspannung (ca. 1 V) bei gleichem Gesamtstrom und damit deutliche Energieeinsparung
- bessere Leitfähigkeit der Anoden und Stromzuführungen
- höhere Beschichtungsqualität
- dimensionsstabiles Design (Abb. 2 und 3)
- geringes Gewicht
- Möglichkeit der Replatinierung und mehrfachen Wiederverwendbarkeit von Baukomponenten wie Stromzuführungen und Rahmenteilern
- kurzer Return-on-Investment

### 4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Als ein Nachteil bei Investitionen in platinieren Titananoden werden die deutlich

höheren Anschaffungskosten im Vergleich zu Bleianoden gesehen. Bei dieser Betrachtung bleiben jedoch die laufenden Kosten unberücksichtigt. Denn längerfristig schlagen vor allem der deutlich niedrigere Stromverbrauch, minimierte Ausfallzeiten und Entsorgungskosten sowie die längere Lebensdauer bei platinieren Titananoden zu Buche. Eine eindeutige Aussage zur Amortisationszeit lässt sich zwar nur für den jeweiligen Anwendungsfall treffen. Aber schon nach zwei Jahren kann der Break-even-Point erreicht sein.

Ein detailliertes Rechenbeispiel zieht dazu die typischen Anforderungen eines Betriebes in der Hartverchromung in Betracht. Verglichen wurden acht Anoden aus einer Bleilegierung PbSn7 mit einer Länge von 1700 mm und einem Durchmesser von 40 mm für die Verchromung eines zylindrischen Bauteils mit entsprechend dimensionierten platinieren Titananoden.

Die Herstellungskosten für die Bleianoden betragen rund 1400 Euro. Im Gegensatz dazu liegt der Investitionsaufwand für entsprechende platinieren Titananoden für die Erstanschaffung mit etwa 7000 Euro deutlich höher. Vor allem die Platinbeschichtung trägt hier erheblich zum Preis bei. Die reinen Edelmetallkosten machen alleine etwa 45 Prozent der Gesamtkosten aus. Bei einer Platinschicht von 2,5 µm sind 11,3 g des Edelmetalls für jede der acht Anoden erforderlich. Bei einem Preis von 35 Euro/g ergibt dies 3160 Euro.

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

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im weiteren werden Herstellungsart und Ausführungsformen erläutert sowie Einsatzempfehlungen genannt.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 4 Seiten mit 8 Abbildungen und 2 Tabellen.



Wir schließen Ihren Energiekreislauf

Lufttechnische Anlagen  
Abluftreinigung  
Ventilatoren

Wärmerückgewinnungssysteme  
Prozesskühlung  
Modernisierung bestehender Anlagen

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

# PVD-Beschichtung mit Edelmetallen für die Medizintechnik, Kontakttechnik und Sensorik

Von Dr. Joachim Ganz, DODUCO GmbH

Mittels der PVD-Technik können nahezu alle Werkstoffe haftfest mit Metallen oder metallischen Verbindungen beschichtet werden. Dies bietet beispielsweise für die Elektrotechnik, die Sensorik oder die Medizintechnik die Möglichkeit, Beschichtungen mit sehr guten Kontakteigenschaften oder antibakterieller Wirkung auf Metalle, Kunststoffe oder Keramiken abzuscheiden. Die Abscheidetechnologie ist umweltfreundlich und ressourcenschonend.

## PVD Coating with Noble Metals for Medical Applications, Contact Technology and Sensors

Using PVD, virtually all material substrates can be coated with metals or metallic compounds having excellent adhesion. Thus for example in electronics, with sensors or in medical applications, coatings with good contact properties or antibacterial properties can be formed on metals, plastics or ceramic substrates. The deposition technology is environmentally friendly and makes efficient use of raw materials.

### 1 Einleitung

Der Einsatz von PVD-Beschichtungsverfahren (Physical Vapour Deposition) mit den Varianten Aufdampfen, Kathodenzerstäuben (Sputtern) oder Ionenplattieren [1, 2] bietet den Vorteil, dass sich auch Komponenten, die aus nichtleitenden Substraten wie Kunststoff, Keramik und Glas hergestellt sind, haftfest beschichten lassen. Auch die mit klassischen galvanischen Verfahren kaum metallisierbaren Titan-Basiswerkstoffe können durch PVD-Verfahren beschichtet werden.

Außerdem können Schichten aus Materialien hergestellt werden, die sich galvanisch nicht abscheiden lassen (z.B. Wolfram, Titan, Aluminium oder Legierungen aus Metallen und Verbindungen wie Titanitrid (TiN)). Reaktive Metalle wie Titan, Chrom oder Nickel sind als Haftvermittler hervorragend wirksam, aber nur wenn sie unter Ausschluss von Sauerstoff als dünne Zwischenschicht aufgebracht werden können, was durch den Vakuumbeschichtungsprozess implizit gewährleistet ist.

Im Folgenden wird das Prinzip der Sputtertechnik kurz erläutert und einige Anwendungsbeispiele aus der Praxis vorgestellt, die die vielfältigen Einsatzgebiete von PVD-Schichten sowie die Möglichkeiten der Beschichtungstechnik aufzeigen.

### 2 Sputtertechnik

Beim Kathodenzerstäuben (Sputtern) treten im Wesentlichen drei physikalische Prozesse auf (Abb. 1): In einem Edelgas (typischerweise Argon) wird bei einem Druck von etwa 1 Pa ( $10^{-5}$  bar) eine Gasentladung gezündet, wobei die Argonatome durch

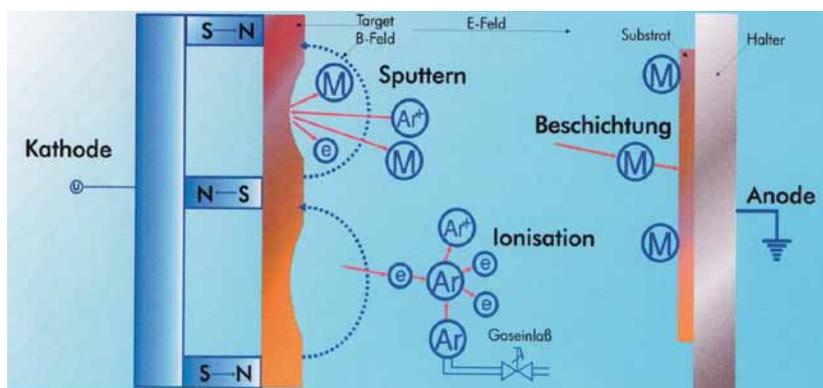


Abb. 1: Sputterprinzip

hochenergetische Elektronen ionisiert werden (Ionisation). Die entstandenen Argonionen werden im elektrischen Feld beschleunigt und treffen mit hoher Geschwindigkeit auf die Kathode (Target) aus dem Schichtwerkstoff auf und zerstäuben diesen (dieser Prozess hat die Bezeichnung *Sputtern*). Die aus dem Target herausgeschlagenen Metallatome kondensieren dann auf dem gegenüberliegenden Substrat und bauen dort die gewünschte Schicht auf (Beschichtung). Bei Zugabe entsprechender Gase, die mit den Metallatomen am Substrat reagieren, lassen sich auch Verbindungen (z.B. TiN, TiC oder TiAlN) abscheiden.

Durch Umkehrung der Polung beim Sputtern (Kathode als Substrat geschaltet) kann durch das sogenannte Sputterätzen eine effektive Reinigung der Substratoberfläche (z.B. von Oxiden) erfolgen. Dies ist eine wichtige Voraussetzung, um eine haftfeste Beschichtung zu erzielen. Dabei wird die Oberfläche nur mikroskopisch angegriffen und aktiviert, wodurch auch glatte Oberflächen mit einer haftfesten Beschichtung

versehen werden können. Die ursprüngliche Oberflächengestalt (z.B. Rautiefe) des Substrats bleibt bei richtiger Prozessführung während des Sputterns erhalten.

Für die Durchführung der Sputterbeschichtung gibt es im Wesentlichen zwei Anlagentypen und zwar eine Einkammeranlage (Batch-Typ), bei der chargenweise beschichtet wird, oder eine Mehrkammeranlage, die quasi im Durchlaufbetrieb unter Aufrechterhaltung des Vakuums in der Sputterkammer beschichten kann. Je nach Substratgeometrie und Menge der zu beschichtenden Bauteile kann die entsprechende Anlage eingesetzt werden. Formteile lassen sich unter Benutzung von Planetenantrieben und entsprechenden Halterungen auch rundum beschichten. Plattenförmige Substrate (z.B. Glasscheiben), Metallbänder oder Kunststofffolien lassen sich vorteilhaft in einer Mehrkammeranlage beschichten. Eine selektive Beschichtung ist aufgrund der notwendigen Bauteilhalterung und der damit integrierbaren Abdeckung problemlos möglich.

## 3 Anwendungsbeispiele

### 3.1 Kontakttechnik

Aus der Palette der Edelmetalle kommen Beschichtungen mit Goldlegierungen (z.B.  $\text{AuCo}_x$ ,  $\text{AuAg}_x$  oder  $\text{AuNi}_x$ ) in verschiedenen Zusammensetzungen zum Einsatz (Abb. 2). Hier liegt  $x$  beispielsweise im Bereich von 0,1 Gew.% bis 25 Gew.%, insbesondere bei der Herstellung von miniaturisierten Kontaktteilen, sogenannten Mikroprofilen. Diese wurden im Zuge der fortschreitenden Miniaturisierung und zur Senkung der Edelmetallkosten für den Einsatz in kleinen Schaltern in der Informationstechnik entwickelt. Die Basis bilden Profile mit Querschnitten kleiner  $1 \times 2 \text{ mm}^2$  in unterschiedlichen Formen (Abb. 3), die sowohl aus Massiv- oder aus Mehrschichtmetallen bestehen können, auf denen dann hoch reine Kontaktschichten mit sehr guter Schichtdickengleichmäßigkeit abgeschieden werden. Ein wesentlicher Unterschied gegenüber galvanischen Beschichtungsverfahren besteht in der einfachen Art zur einseitigen Beschichtung beim Sputtern, die eine Vergoldung der Rückseite weitgehend ausschließt, so dass beim nachfolgenden Aufschweißen keine Haftungsfehler auftreten. Für Hochtemperaturanwendungen, zum Beispiel bis  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  beim Einsatz in der Automobilindustrie können mit der PVD-Beschichtung Edelmetalloberflächen auf Goldbasis (z.B.  $\text{AuPt1}$ ) mit niedrigem Kontaktwiderstand (Abb. 4) hergestellt werden, die den hohen Umgebungsbelastungen über die gesamte Lebensdauer (z.B. 3 000 Betriebsstunden) Stand halten [3].

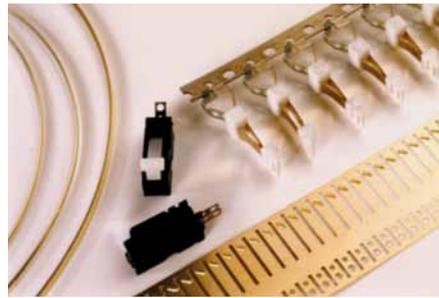


Abb. 2: Mikroschalter mit Kontaktprofil

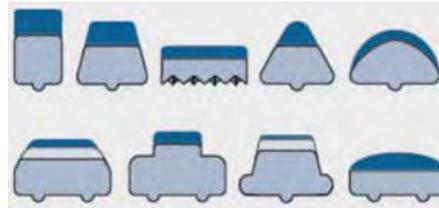


Abb. 3: Typische Mikroprofilquerschnitte [2]

Beim Kontaktieren oder Trennen unter Last, beispielsweise bei  $42 \text{ V}$  Betriebsspannung, kann mit einer  $\text{AgW5}$ -Beschichtung eine zuverlässige Funktion der Kontaktschicht erreicht werden, da nur eine minimale Oberflächenveränderung durch die Lichtbogenbelastung eintritt, wie in Abbildung 5 nach 20 Schaltungen zu sehen ist.

### 3.2 Medizintechnik

Aufgrund der antibakteriellen Wirkung ist der Trend zum Einsatz von Silberschichten in der Medizintechnik weiter steigend. Beispiele hierfür sind Urinkatheter oder Titanimplantate sowie auch zunehmend Komponenten aus der Medienversorgung in

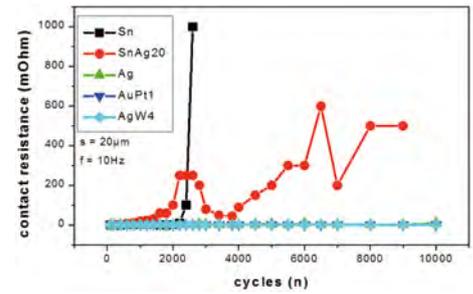


Abb. 4: Reibverschleißverhalten gemessen als Kontaktwiderstand gegen die Zyklenzahl

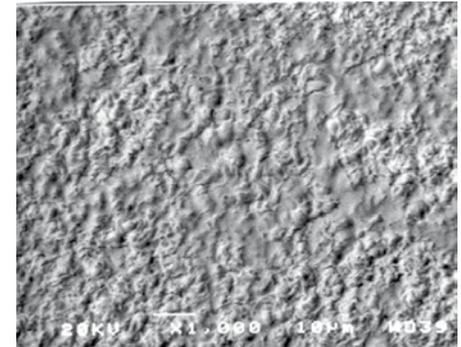


Abb. 5: REM-Aufnahme der  $\text{AgW5}$ -Oberfläche nach 20 Trennungen unter Last ( $42 \text{ V}$ ,  $1,5 \text{ A}$ )

Krankenhäusern, um die steigenden Hygieneanforderungen zu erfüllen.

Urin-Katheter aus künstlichem Silikonkautschuk oder Latex verbleiben im medizinischen Einsatz in einigen Fällen über längere Zeit im Körper des Patienten und verursachen eine hohe Infektionsrate (nach 10 Tagen bei ca. 50 % der Patienten). Dieses Infektionsrisiko kann stark reduziert werden, wenn auf die Katheter eine Schicht



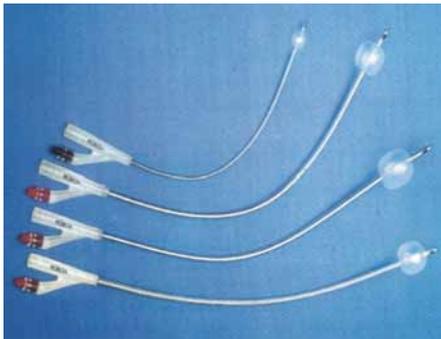


Abb. 6: Versilberte Urinkatheter



Abb. 7: Versilberte Titanimplantate

aus Silber aufgebracht wird (Abb. 6), dessen antibakterielle Wirkung seit einigen hundert Jahren bekannt ist. Die Beständigkeit der Beschichtung bei Lagerung im Urin und bei Dampfsterilisation sowie die hohe Flexibilität und Dehnbarkeit des Substrats stellen extreme Anforderungen an die Haftfestigkeit. Mit der Sputtertechnik können nach dem Aktivieren der Silikonoberfläche durch Sputterätzen nacheinander eine Haftschiicht, eine Zwischenschicht und die Silberschicht in der Gesamtdicke von 0,2 µm bis 0,3 µm aufgetragen werden.

Auch bei Implantaten, wie in Abbildung 7 gezeigt, sind Silberbeschichtungen als antibakteriell wirksame Oberflächen insbesondere für Tumorpatienten von großer Bedeutung [4]. Die dort verwendeten Titan-Basiswerkstoffe lassen sich aufgrund

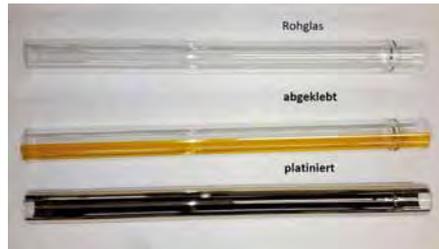


Abb. 8: Glasrohr (roh, abgeklebt, platinieren)



Abb. 9: Platin auf Keramik (selektiv)

ihrer chemischen Resistenz jedoch galvanisch nicht zuverlässig beschichten. Nach der nasschemischen Reinigung und Trocknung der mechanisch bearbeiteten Formteile werden diese mit teilespezifischen Halterungen im Planetenantrieb der Vakuumkammer befestigt. Im nachfolgenden Sputterätzprozess wird die Oxidschicht des Titans abgetragen und anschließend die entsprechende Edelmetallschicht in einer Schichtdicke von 0,1 µm bis 0,2 µm aufgesputtert. Je nach gewünschter Endschicht kann danach problemlos eine galvanische Verstärkung zum Beispiel mit Silber aufgebracht werden.

### 3.3 Sensorik

Schichten aus Platin oder Gold werden wegen ihrer hohen chemischen Beständigkeit für Anwendungen in der Sensorik und Messtechnik, beispielsweise bei Temperatur, Druck oder pH-Messungen, verwendet. Dazu müssen sie meistens auf Substraten aus Glas, Silizium oder Keramik

abgeschieden werden (Abb. 8 und 9). Durch die Abscheidung zusätzlicher dünner Zwischenschichten aus Metall kann die notwendige Haftfestigkeit erzielt werden. Auch eine strukturierte Beschichtung kann durch Abkleben mit geeigneten Klebebändern (Abb. 8) oder durch Einsatz von Maskentechnik im PVD-Beschichtungsprozess realisiert werden (Abb. 9).

## 4 Ausblick

Die dargestellten Beispiele zeigen, welche völlig neuartigen Schichtkombinationen und -systeme durch Einsatz von Vakuumbeschichtungstechniken realisiert werden können. Diese sind auch zukünftig in der Lage, die steigenden Anforderungen an die Bauteile und deren Oberflächen zu erfüllen. Der Einsatz dieser Verfahren in der Lohnbeschichtung ermöglicht dem Anwender die wirtschaftliche Nutzung solcher Produkte bereits bei kleinen und mittleren Serien. Nicht zuletzt kann mit diesen Verfahren neben einer Verbesserung der Produktqualität auch die Umweltbelastung beim Produktionsprozess verringert werden.

### Literatur

- [1] H. Frey, G. Kienel: Dünnschichttechnologie, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1987
- [2] DODUCO Datenbuch, 3. Auflage, Stieglitz Verlag, Mühlacker, 2012, und [www.electrical-contacts-wiki.com](http://www.electrical-contacts-wiki.com)
- [3] I. Buresch, J. Ganz, F. Kaspar: PVD-Beschichtung und ihre Anwendungen für Steckverbinder, VDE-Fachbericht 59, 2003, S. 73-80
- [4] z.B. Produktinformation implantcast GmbH: [www.implantcast.de](http://www.implantcast.de)

### Die WOMag-Redaktion informiert

Dieses Thema und weitere im Bereich der Werkstoffe und Oberflächentechnik werden auf dem **Pforzheimer Werkstofftag 2015 – Werkstoffaspekte in der Oberflächentechnik** am 1. Oktober angeboten.

➔ [www.pforzheimer-werkstofftag.de](http://www.pforzheimer-werkstofftag.de)

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

Fachbeiträge in digitaler Form auf allen modernen Medien! **JETZT IN NEUEM LAYOUT MIT ERWEITERTEM UMFANG!**

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!*

# Impedanzspektroskopie – Ein Überblick von der Theorie bis zur Anwendung

Von Christiane Knoblauch, Fraunhofer IPA, Stuttgart

Die Impedanzspektroskopie ist ein Verfahren, bei dem das Verhalten eines Systems unter Wechselstrombelastung untersucht wird. Jedes zu untersuchende System lässt sich als Kombination von Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten verstehen, welche bestimmten realen Komponenten oder Vorgängen entsprechen. Eine genaue Kenntnis des Systems ermöglicht das Erstellen eines Ersatzschaltbildes. Damit können Veränderungen im elektrischen Verhalten als Veränderungen einzelner Systemkomponenten gedeutet werden. Das Verfahren eignet sich beispielsweise zur Untersuchung von elektrochemischen Systemen, wie einer korrodierenden Metalloberfläche oder passivierenden Schichten. Aufgrund der typischerweise sehr geringen Ströme, die während der Messung fließen, werden die zu untersuchenden Oberflächen praktisch nicht verändert. In speziellen Anwendungsfällen können, frequenzabhängig, relativ lange Messzeiten von mehreren Stunden entstehen, weswegen ein stabiles System Voraussetzung für die Messungen ist. Für die Untersuchungen werden ein Potentiostat, ein Frequenzganganalysator sowie eine Steuer- und Auswertesoftware benötigt.

## Impedance Spectroscopy – and Overview from Theory to Application

Impedance spectroscopy is a technique which allows the study of a system subjected to alternating current. Every such system can be characterised in terms of an equivalent circuit, including resistive, capacitive and inductive elements. These can be actual components or features of a system exhibiting a particular type of behaviour. With an exact knowledge of such systems, the equivalent circuit can be constructed. In this way, changes in the system behaviour with changes in the value of the individual components can be predicted. This approach has shown itself especially valuable in the study of electrochemical systems and processes, such as corroding metal surfaces or formation of passive layers. Because the currents involved in such studies are usually extremely small, minimal changes to the nature of the surface will take place. In some applications, frequency-dependent measurement times of several hours are required and in such cases, the system to be studied must be relatively stable. The equipment required includes a potentiostat, a frequency response analyser as well as the associated software to control the equipment and analyse the results.

### 1 Einleitung

Die Impedanzspektroskopie ist ein zerstörungsfreies elektrisches Messverfahren mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten, das im Bereich der Werkstoffwissenschaften und der Elektrochemie immer wichtiger wird. Es erlaubt, den Zustand von festen Materialien oder elektrochemischen Systemen zu charakterisieren, indem eine Wechselspannung geringer Amplitude und über einen weiten Frequenzbereich an das zu untersuchende System angelegt und der jeweilige elektrische Widerstand, die Impedanz, ermittelt und ausgewertet wird. Auswirkungen auf das System sind dabei im Allgemeinen nicht zu erwarten. Um die gemessenen Daten sinnvoll auszuwerten und

daraus wertvolle Informationen bekommen zu können, ist ein gutes Verständnis des zu untersuchenden Systems und der darin möglichen Vorgänge sowie die Kenntnis der Grundlagen der Impedanzspektroskopie unabdingbar [1, 2].

### 2 Wechselstromwiderstände

Die Impedanz eines Systems ist sein elektrischer Widerstand, gemessen bei Wechselstrombelastung. Unter dem Begriff System ist hierbei die Gesamtheit eines Messaufbaus zwischen den Anschlüssen des Potentiostaten, also aller Komponenten, an denen die Wechselspannung angelegt wird, zu verstehen. Im Falle der elektrochemischen Impedanzspektroskopie sind das die

Elektroden und der Elektrolyt. Der Gesamtwiderstand des Systems setzt sich zusammen aus den Einzelwiderständen der verschiedenen Komponenten des Systems [3].

Elektrische Leiter, wie Metalle oder Elektrolyte, verhalten sich wie ein Ohm'scher Widerstand. Sein Wert berechnet sich nach dem Ohm'schen Gesetz aus der angelegten Spannung und dem fließenden Strom (Gl. <1>) [4].

$$R = U / I \quad \text{Gl. <1>}$$

Der Ohm'sche Widerstand ist konstant und unabhängig von der Stromform (Gleichstrom oder Wechselstrom) oder dessen Frequenz. Bei Anliegen einer sinusförmigen Wechselspannung sind Strom und

Anlagenbau

Regenerierservice



#### Edelmetallrecycling

! Anlage zur Rückgewinnung von Edelmetallen aus schwach belasteten Spülwässern.

#### Werkzeugbau

! Innovative Entwicklung einer kompakten Kreislaufanlage (Typ GW-RD5) für den Bereich Funkenerosion an Startlochbohrmaschinen.

#### Regenerierservice

! Regeneration von mobilen Ionenaustauschersystemen aus der Oberflächentechnik, Bodensanierung und Pharmabereich.

! Harzwechsellservice im Bereich Werkzeugbau und Drahterosion.

Ihr Partner rund ums Wasser

**GROSS**   
WASSERTECHNIK

GROSS Wassertechnik GmbH  
Carl-Grüner-Straße 8  
75177 Pforzheim  
Tel.: +49 (0) 72 31/589 63-0  
Fax: +49 (0) 72 31/589 63-29  
post@gross-wassertechnik.de  
www.gross-wassertechnik.de

Spannung *in Phase*, das heißt der zeitliche Verlauf von Spannung und Stromstärke ist identisch (Abb. 1, blaue und rote Kurve) [4]. In den meisten Fällen ist der elektrische Widerstand jedoch frequenzabhängig; Strom und Spannung sind dann nicht in Phase, das heißt Spannungs- und Stromkurven sind zeitlich gegeneinander versetzt. Ein Kondensator ist hierfür ein typisches Beispiel. Bei Gleichstrom und sehr niedrigen Wechselstromfrequenzen ist dessen Widerstand extrem hoch, so dass kein beziehungsweise ein sehr geringer Strom fließt. Bei höheren Frequenzen wird der Widerstand zunehmend kleiner. Der fließende Strom und die Spannung sind jedoch um 90° phasenversetzt (Abb. 1, blaue und grüne Kurve).

Kondensatoren finden sich in realen Systemen zum Beispiel in Form von nichtleitenden Deckschichten oder Luftspalten. Eine elektrochemische Doppelschicht, die sich an der Grenzfläche eines Metalls zum Elektrolyten ausbildet, stellt ebenfalls einen Kondensator dar.

Genau entgegengesetzt zum Kondensator verhält sich eine Spule (Induktivität): die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung beträgt auch hier 90°, jedoch mit anderem Vorzeichen (Abb. 1, blaue und lila Kurve). Eine Spule hat bei hohen Frequenzen einen extrem hohen Widerstand, während er bei niedrigen Frequenzen und Gleichstrom annähernd Null ist. Induktivitäten treten bei den hier betrachteten technischen Systemen im Allgemeinen nicht auf. Jedoch können (unbeabsichtigte) Kabelschleifen als Induktivität wirken. Dies ist bei der Messanordnung für die Impedanzspektroskopie zu berücksichtigen.

Andere frequenzabhängige Phänomene sind zum Beispiel Diffusionsvorgänge. Diese werden durch eine Warburg-Impedanz dargestellt. Nicht ideales kapazitives Verhalten, verursacht zum Beispiel durch eine poröse oder raue Oberfläche, kann anstelle eines Kondensators durch ein Element mit konstanter Phase beschrieben werden. In Tabelle 1 werden die häufigsten Elemente und ihre jeweiligen Äquivalente in einem zu untersuchenden System beispielhaft aufgelistet [1, 5].

### 3 Impedanzspektroskopie

Bei der Impedanzspektroskopie wird der gesamte elektrische Widerstand eines zu untersuchenden Systems in einem breiten Frequenzspektrum (im Allgemeinen im Frequenzbereich von MHz bis mHz) gemessen und ausgewertet.

Der elektrische Widerstand ist auch im Wechselstromkreis der Quotient aus Spannung und Stromstärke, jedoch wird er zusätzlich charakterisiert durch den Phasenunterschied zwischen Spannung und Strom. Der Gesamtwiderstand wird als Impedanz (Z) bezeichnet und gemäß Gleichung <2> ermittelt [4]:

$$Z = \frac{U(t)}{I(t)} = \frac{\hat{U} \sin(\omega t)}{\hat{I} \sin(\omega t + \varphi)} \quad \text{Gl. <2>}$$

mit:

U(t) bzw. I(t) Zeitlich veränderliche Werte von Spannung bzw. Stromstärke

$\hat{U}$  bzw.  $\hat{I}$  Amplitude der sinusförmigen Wechselspannung bzw. des Wechselstroms

$\omega = 2\pi f$  mit f = Frequenz der Wechselspannung / des Wechselstroms

$\varphi$  Phasenunterschied zwischen Spannung und Strom

In realen Systemen setzt sich die Impedanz Z zusammen aus der Summe der Ohm'schen Widerstände  $R_{\text{gesamt}}$  (hier mit  $Z'$  gekennzeichnet) und der Summe der frequenzabhängigen Widerstände  $Z''$ . Bei Darstellung der Impedanz mit komplexen Zahlen entspricht  $Z'$  dem Realteil und  $Z''$  dem Imaginärteil [3, 4]. Der absolute Betrag der Impedanz kann dann durch Gleichung <3> beschrieben werden [6]:

$$|Z| = \sqrt{Z'^2 + Z''^2} \quad \text{Gl. <3>}$$

Das Ergebnis der Impedanzspektroskopie wird üblicherweise in zwei Diagrammen dargestellt (Abb. 2):

- im Nyquist-Diagramm ist jeder Datenpunkt die Vektordarstellung eines Impedanzwertes, bestehend aus Imaginärteil (in senkrechter Richtung), Realteil (in waagrechter Richtung) und dem Phasenwinkel  $\varphi$  (links)
- im Bode-Diagramm sind die Phasenverschiebung (hier theta) zwischen Strom und Spannung sowie der Betrag der Impedanz über der Frequenz aufgetragen (rechts) [4, 6].

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

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung; er enthält unter anderem die Abschnitte:

- Untersuchung der Korrosion und Deckschichtbildung
- Anwendung für Supercaps und Biofilme
- Apparativer Aufwand und Grenzen der Technik.

Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 7,5 Seiten mit 13 Abbildungen, 1 Tabelle und 15 Literaturhinweisen.

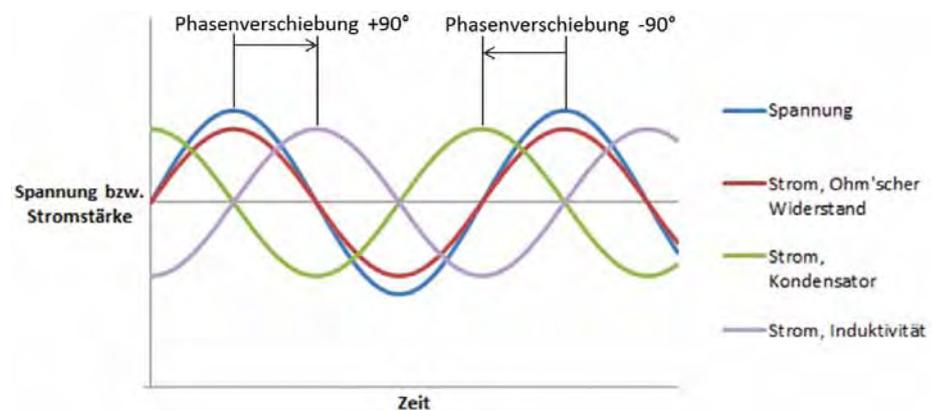


Abb. 1: Darstellung von sinusförmigem Wechselstrom bei Ohm'schem Widerstand, Kondensator und Induktivität

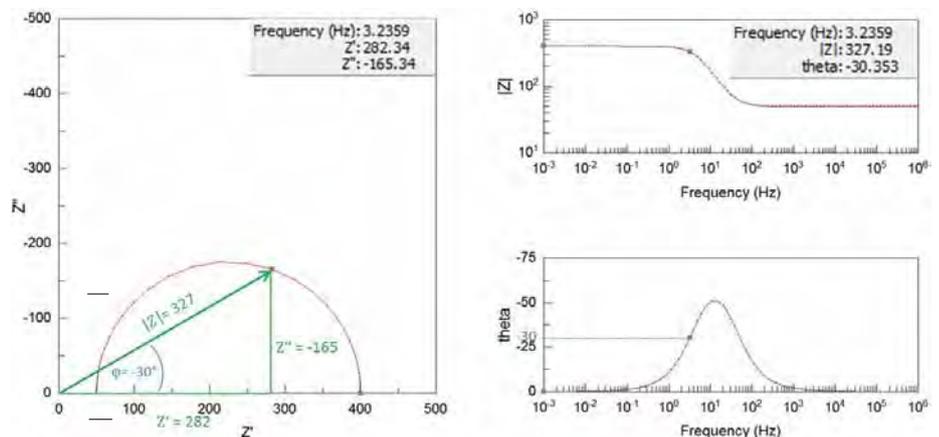


Abb. 2: Nyquist-Diagramm mit Vektordarstellung eines Datenpunktes (li.) und Bode-Diagramm (re.) [7]

# Energiesch trocknen?

**FST DRYTEC**  
DRYING AND HEAT TREATMENT SYSTEMS



- Haftwassertrockner nach Maß für die Galvano- und Reinigungstechnik.
- Kammer- und Durchlauftrockner für Beschichtungen
- Temperöfen zur Wärmebehandlung

Ganz schön heiß...  
[www.fst-drytec.de](http://www.fst-drytec.de)

innovativ  
präzise  
engagiert

FST Drytec GmbH  
Ferdinand-von-Steinbeis-Ring 43 · D-75447 Sternenfels · Telefon +49 7045-203620 · E-mail: [info@fst-drytec.de](mailto:info@fst-drytec.de)

# SCHICHTDICKENMESSUNG

## Auf Herz und Nieren prüfen

Besuchen Sie uns!  
ZVO Oberflächentage  
Stand 20  
Productronica  
Stand A1.330

kurze Messzeit

programmierbarer XY-Tisch

hochauflösender SDD für Präzisionsmessungen

Mehrfachblendenwechsler für komplexe Messaufgaben

Schichtdickenmessung für die Qualitätskontrolle in der Produktion oder zur Wareneingangskontrolle. **MAXXI 6** – für dünnste Schichten bis in den Nanometerbereich mit aktueller Technologie, natürlich mit Bauartzulassung.

[www.oxford-instruments.com/maxxi6](http://www.oxford-instruments.com/maxxi6)

MAXXI 6



**OXFORD**  
INSTRUMENTS  
The Business of Science®

# Funktionelle Oberflächenparameter im Fokus

Von Annette Schlemm, Confovis GmbH

Bei der Technologie der strukturierten Beleuchtung wird ein Gitter mittels getakteter LEDs phasenverschoben auf die Bauteiloberfläche abgebildet, aufgenommen und der Kontrast ausgewertet. Durch Bewegung in der Fokallage wird eine nanometergenaue Wiedergabe der tatsächlichen Oberflächenstruktur und über eine optimierte Auswertung Profil-, Oberflächen- und weitere quantitativen Messparameter entsprechend den Normvorgaben erzeugt. Die Auflösung liegt lateral bei etwa 300 nm und axial bei 3 nm, wobei die Messgeschwindigkeit acht optischen Schnitten pro Sekunde beträgt. Die Rauheitsmessungen mit den Rauheitsparametern Ra, Rq und Rz nach DIN EN ISO 4287/4288 sowie den Rauheitsparametern für Oberflächen mit plateauartigen funktionsrelevanten Eigenschaften nach DIN EN ISO 13565 können auf von der PTB zertifizierten Raunormalen rückführbar erfolgen

## Focus on Functional Surfaces

The technique of structured illumination involves forming the image of a mesh on the component surface being monitored, using sequentially activated LEDs with phase-shifting and evaluating the image contrast. By moving the focal plane, the surface can be characterised with nanometre precision in terms of its structure, surface profile and other surface characteristics as laid down in various Standards. Lateral resolution is around 300 nm, axial resolution is 3 nm with measurement rate of eight frames per second. Surface roughness measurements can be expressed as Ra, Rq, Rz as laid down in DIN EN ISO 4287/4288 as well as roughness parameters for surfaces with planar type functional properties as given in DIN EN ISO 13565 with these being traceable to roughness standards certified by the PTB.

### 1 Oberflächendarstellung – Erweiterung durch dritte Dimension

Jedes Werkzeug, Bauteil oder fertige Produkt wirkt zuerst durch seine Oberfläche. Häufig ist deren Beschaffenheit maßgeblich für das Design oder die Funktion bezüglich Reib- und Gleiteigenschaften. Die Charakterisierung solcher Oberflächen ist deshalb eine wichtige Aufgabe in der Entwicklung, Fertigung und Qualitätssicherung. In der Industrie werden dazu seit Jahrzehnten einzelne Profile mit Tastschnittgeräten ermittelt und ausgewertet. Das reicht inzwischen für viele Anforderungen nicht mehr aus. Deshalb halten optische Messgeräte für technische Oberflächen Einzug in die Messtechnik-Labore (Abb. 1). Hier werden nicht nur die Informationen entlang einer Profillinie (also 2D in einer horizontalen und einer vertikalen Dimension) ermittelt, sondern es wird gleich die gesamte Topographie der Fläche gemessen. Das Messergebnis stellt sich als 3D-Punktwolke mit umfangreichen Flächen- und Höheninformation dar.

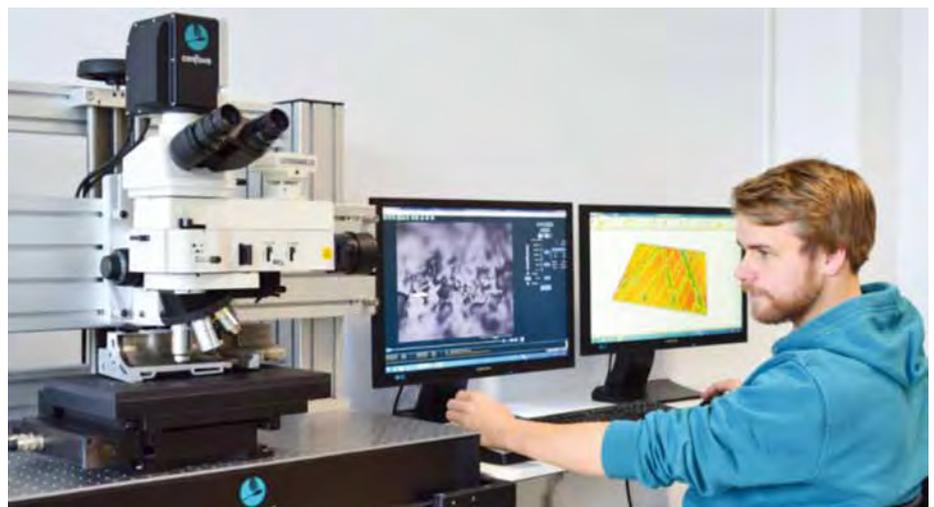


Abb 1: Oberflächenanalyse von Werkzeugen und Werkstücken: Speziell für die Werkzeugbaubranche bietet Confovis das Standard-Messsystem CLV150 oder das flexible Portal-System CGF-LV/-SD an

Die 3D-Darstellung ist dann von Vorteil, wenn nicht nur eindeutig gerichtete Strukturen — wie sie beim Drehen, Fräsen oder Schleifen entstehen — gemessen werden sollen, sondern ebenso wenn andere

unregelmäßige Oberflächenstrukturen wie gehonte Flächen mit Honriefen (Abb. 2a) sowie zufällig auf der Fläche verteilte Elemente wie Lunker gemessen werden sollen. Dort zeigt sich, dass Profillinien zu

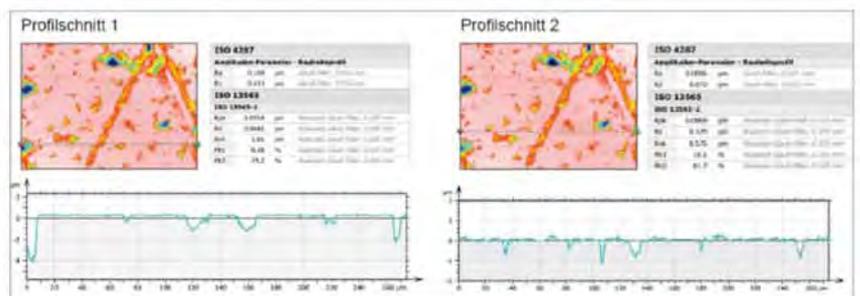
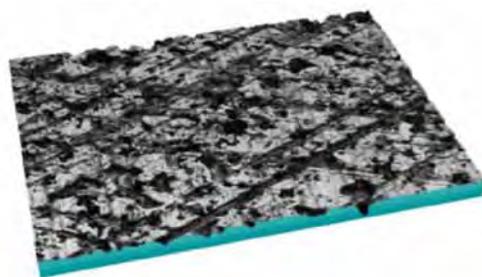


Abb. 2: 3D-Darstellung eines gehonten Zylinders (a); bei gehonten Oberflächen zeigt sich deutlich, dass Profillinien zu wenig Aussagekraft besitzen, sondern dass flächige Oberflächentopographien ausgewertet werden müssen (b)

wenig Aussagekraft haben (Abb. 2b). Diese unbefriedigende Situation kann durch flächenhafte Messungen deutlich verbessert werden: Aus diesen können quantitative Aussagen über Ölrückhaltevolumen getroffen werden, Kuppenwerte in Bezug auf die Tragflächenanteilskurve bestimmt, sowie Texturrichtungen abgeleitet und weitere Analysen wie Kornverteilungsanalysen vorgenommen werden.

## 2 Innovative Technologie mit Mehrwert

Das von Confovis patentierte Messverfahren der strukturierten Beleuchtung mit LED arbeitet grundsätzlich nach dem Konfokal-Messprinzip. Bei der strukturierten Beleuchtung wird ein Gitter mittels getakteter LEDs phasenverschoben auf die Bauteiloberfläche abgebildet und aufgenommen. Anschließend wird der Kontrast ausgewertet, der genau dann maximal ist, wenn die Oberfläche in der Fokusslage ist. Um die gesamte Topographie des Werkstücks zu bestimmen, wird dieses in Fokusrichtung verfahren. Es werden dabei optische Schnitte erzeugt, die anschließend verwendet werden, um eine 3D-Punktwolke zusammenzusetzen. Auf diese Weise kann eine nanometergenaue Wiedergabe der tatsächlichen Oberflächenstruktur erzeugt werden. Jeder Messpunkt wird qualitativ bewertet. Die Messsoftware ConfoVIZ® gibt das Ergebnis ohne weitere Filterung oder Post-Processing-Operationen aus. Eine anschließende Auswertung mittels der Standardsoftware MountainsMap® liefert alle aktuellen Profil-, Oberflächen- und weitere quantitativen Messparameter entsprechend den ISO- oder anderen Normen.

Die Confovis-Technologie zeichnet sich zum einen durch seine hohe Auflösung aus.

Diese liegt lateral bei etwa 300 nm und axial bei 3 nm (letzteres gemessen entsprechend VDI 2655 auf einem Planspiegel). Zum anderen erreicht das Scanmodul eine hohe Messgeschwindigkeit mit acht optischen Schnitten pro Sekunde. Die einfach zu bedienende, sehr intuitiv und übersichtlich gestaltete Software bietet unter anderem Funktionen wie Stichung zum Aufnehmen beliebiger Messbereiche.

## 3 Artefaktfreie und rückführbare Messergebnisse

Im Gegensatz zu anderen Messsystemen verwendet Confovis keinen Laser. Dadurch treten nur sehr geringe Speckle- und Kohärenzeffekte auf und Messartefakte werden auf ein Minimum reduziert. Die Oberfläche kann dadurch rückführbar und hochgenau erfasst werden. Im Scanmodul ConfoCam® sind keine beweglichen Teile wie Pinhole-Disc verbaut. Dadurch können im fertigungsnahen Umfeld hochgenau, zuverlässig und technologiebedingt fast alle

Oberflächen und Materialien gemessen werden — dies gilt auch für stark spiegelnde Oberflächen.

Die Rauheitsmessungen mit den traditionellen Rauheitsparametern Ra, Rq und Rz nach DIN EN ISO 4287/4288 sowie den Rauheitsparametern für Oberflächen mit plateauartigen funktionsrelevanten Eigenschaften nach DIN EN ISO 13565 können auf von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) zertifizierten Raunormalen rückführbar erfolgen (Abb. 3).

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

WOMag-online-Abonnenten steht der gesamte Beitrag zum Download zur Verfügung. Im weiteren werden Beispiele für die Anwendung der Technologie bei Werkzeugen beispielhaft gezeigt. Der Gesamtumfang des Beitrags beträgt etwa 3,5 Seiten mit 8 Abbildungen.

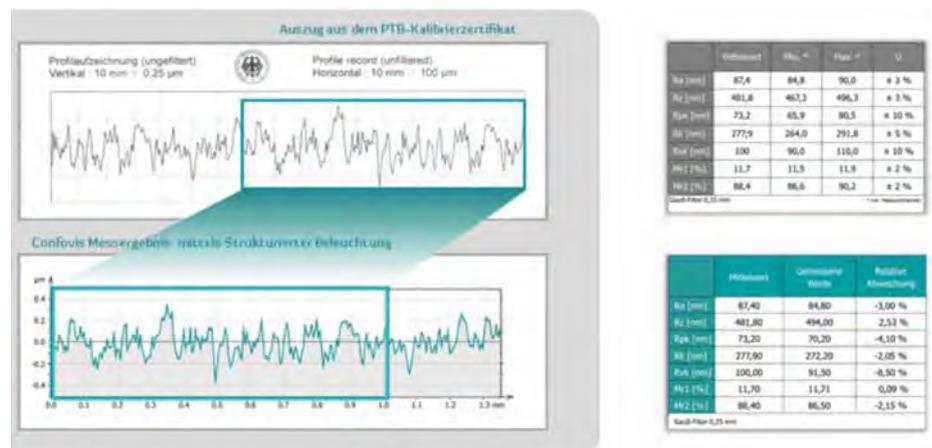


Abb. 3: Vergleich des Profils und der ermittelten Parameter einer Messung eines handelsüblichen Raunormals (unten) mit der Messkurve auf dem Kalibriernormal (oben)

## PROZESSKÄLTE FÜR DIE OBERFLÄCHENTECHNIK

## PRÄZISES TEMPERATUR-NIVEAU VERBESSERT DIE PROZESSE

### Unsere Kompetenz

- Bäderrückkühlung
- Gleichrichterrückkühlung
- Badwärmetauscher
- Integration der Anlagen in den Prozess

Zahlreiche Unternehmen in der Galvanotechnik und in verwandten Prozessen nutzen Kälteanlagen von L&R – und sparen dadurch Kosten. Denn wir entwickeln und bauen hocheffiziente maßgeschneiderte Anlagen, die punktgenau Kälte liefern. Damit senken wir den Energieverbrauch und erhöhen die Produktivität Ihrer Anlagen.

L&R Kältetechnik GmbH & Co. KG  
Hachener Straße 90a  
59846 Sundern-Hachen (D)  
Tel.: +49 2935 96614-0  
info@lr-kaelte.de

L&R KÄLTETECHNIK  
INNOVATIVE KÄLTETECHNIK

[www.lr-kaelte.de](http://www.lr-kaelte.de)



## Ausgezeichnet innovativ: Coventya

Coventya gehört zu den innovativsten Unternehmen des deutschen Mittelstands – Preisverleihung durch Ranga Yogeshwar

Erfolg durch unternehmerische Weitsicht: Die Coventya GmbH wurde am 26. Juni auf dem Deutschen Mittelstands-Summit in Essen als eines der innovativsten Unternehmen im deutschen Mittelstand ausgezeichnet. *Top 100*-Mentor Ranga Yogeshwar ehrt das Gütersloher Unternehmen mit dem seit über 20 Jahren verliehenen *Top 100*-Siegel. Zuvor hatte sich der Preisträger einem zweistufigen wissenschaftlichen Analyseverfahren unterzogen.

Beim Innovationswettbewerb überzeugte die Coventya GmbH insbesondere durch das innovationsfördernde Top-Management. Die Geschäftsführer des Unternehmens stehen in engem Kontakt zu ihren Kunden, sind immer auf der Suche nach den Trends der Zukunft. Zudem pflegen sie intensive Partnerschaften zu Universitäten und Hochschulen. Des Weiteren führt das Technologie Management im Hause Coventya konstant Innovationsstudien durch welches die eigenen Entwicklungsprojekte auf den Prüfstand stellt und Ziele für neue Produktinnovationen setzt.

Das 1926 gegründete, weltweit aktive Unternehmen liefert in über 40 Länder auf vier

Kontinenten Spezialchemikalien für die Galvano- und Oberflächentechnik. Der Top-Innovator aus Gütersloh bringt eine Vielzahl an Produktneuheiten auf den Markt, die in der Automobil- oder Ölindustrie, der Luft- und Raumfahrt eingesetzt werden. Wie die Geschäftsführer Dr. Thorsten Kühler und Rainer Venz betonen, helfen die Innovationen des Unternehmens den mittelständischen Kunden, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten.

Energie- und Kosteneinsparungen, neue Chemikalienverordnungen wie auch die Anforderungen an Korrosions- und Umweltschutz stehen in den Entwicklungsmeetings auf der Tagesordnung. Um Prozesse zu optimieren, wird für jedes anstehende Projekt definiert, ob es sich um ein kurzfristig abzuwickelndes Kundenvorhaben oder ein langfristig wirkendes, innovatives Konzept handelt – so wird jedem Projekt ein klarer Entwicklungshorizont zugewiesen. Einen großen Stellenwert in der internen wie externen Kommunikation haben bei dem Chemiespezialisten die Digitalisierung und die neuen Medien: Das Gütersloher *Top 100*-Unternehmen nutzt seit langem die



Hans-Bernd Junker (Geschäftsleitung Controlling-Finanzpersonal, links) und Sven Pörschke (Internationaler Produktmanager Funktional, rechts) bei der Preisübergabe mit Ranga Yogeshwar

wichtigsten Social Media-Kanäle und präsentiert sich im Internet außer mit der eigenen Webseite auch in den Netzwerken Twitter und LinkedIn.

*Unsere guten Ideen und ihre schnelle Umsetzung sind ein entscheidender Wettbewerbsfaktor für uns*, erklärt Geschäftsführer Dr. Thorsten Kühler. Deshalb wird im Unternehmen viel Zeit und Aufwand in das Innovationsmanagement investiert. Deshalb kommt den Mitarbeitern der besondere Dank für die erhaltene Auszeichnung zu, die insbesondere durch deren Ideenreichtum erhalten wurde, wie er weiter mit besonderem Nachdruck ausführt.

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

## Reinigen und Vorbehandeln in der Oberflächentechnik



Saubere Oberflächen – industrielles Reinigen – Entfernen von Verschmutzungen – Aktivieren vor der Beschichtung – klassische und innovative Reinigungsverfahren – Nachweis und Bewertung der Sauberkeit. Diese und weitere Themen sind Fachleuten aus ihrer betrieblichen Praxis bekannt. Denn innovative Produkte zeichnen sich häufig durch Funktionsschichten aus deren gute Haftung wesentlich vom Reinigungs- oder Aktivierungsverfahren vor der Beschichtung abhängen. Auch die Gebrauchseigenschaften oder die Lebensdauer zahlreicher Produkte werden durch verbleibende Bearbeitungsöle, Partikel oder andere Ansammlungen beeinträchtigt.

Reinigen ist somit kein notwendiges Übel, sondern vielmehr ein wertschöpfender, integraler Bestandteil der Produktion. Das

richtige Reinigen trägt nicht nur zu einer Null-Fehler-Produktion bei, sondern kann sogar Kosten und Ressourcen einsparen. Kenntnisse über die Grundlagen der Reinigung mit den verschiedenen Verfahren kommt daher eine hohe Bedeutung zu.

Dazu organisiert OTTI bereits die 6. Fachtagung *Reinigen und Vorbehandeln in der Oberflächentechnik* und bietet konzentriert Fachwissen über die Grundlagen der Reinigung und der verschiedenen Verfahren bis hin zu Anwendervorträgen aus der Praxis mit Schwerpunkt auf die Materialien Metall, Kunststoff und Glas. In Ergänzung dazu finden Impulsvorträge zu innovativen Reinigungsverfahren statt.

Der erste Tag startet am Vormittag mit einem Grundlagenteil, welcher das notwendige Basiswissen vermittelt. Danach

präsentieren sich die Aussteller, bevor am Nachmittag, nach einem Impulsvortrag, der Schwerpunkt auf die Glasreinigung gelegt wird. Der zweite Tag fokussiert dann auf die Materialien Kunststoff und Metall. Alle drei Sessions werden eingeleitet durch einen Überblick über die jeweils eingesetzten Verfahren gefolgt von Anwendervorträgen und einem Vortrag zu Troubleshooting. Am Nachmittag des zweiten Tages wird dann noch ein Fokus auf die Bewertung der technischen Sauberkeit und der Analytik gelegt.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, in den Pausen, an Ausstellungsständen und bei der gemeinsamen Abendveranstaltung mit kompetenten Fachleuten aus Wissenschaft und Praxis zu diskutieren, neue Kontakte zu knüpfen und diese zu vertiefen.

➔ [www.otti.de](http://www.otti.de)

METHANSULFONATE | CHLORIDE | OXIDE | FLUORBORATE | STANNATE | PYROPHOSPHATE | SULFATE | NITRATE | CARBONATE

## IHR SPEZIALIST FÜR METALLSALZE UND LÖSUNGEN

Unsere erweiterte Produktpalette umfasst jetzt auch **Nickel** und **Chrom(III)** Produkte

- Zinn
- Nickel
- Kupfer
- Silber
- Chrom(III)
- Blei
- Zink
- Wismut



TIB Chemicals AG  
 Mülheimer Straße 16-22  
 68219 Mannheim  
 Telefon +49 (0)621 8901 337  
 Fax +49 (0)621 8901 524  
 info.mfc@tib-chemicals.com  
 www.tib-chemicals.com



## Heizen · Kühlen · Regeln



Mazurczak GmbH, Schlachthofstraße 3, D-91126 Schwabach, Tel: 09122 / 9855-0, Internet: [rotkappe.de](http://rotkappe.de), eMail: [kontakt@mazurczak.de](mailto:kontakt@mazurczak.de)



# Oberflächeninspektion und Qualitätskontrolle mit Weißlichtinterferometrie

Neues 3D Ready-to-use-System von ISRA VISION für die Produktion – einfach zu bedienen und hocheffizient

Hohe Produktionsgeschwindigkeit und optimale Messgenauigkeit sind oft schwer zu vereinbaren. Kontrollen im Messraum liefern zwar die notwendige Präzision, lassen sich aber nicht in die Produktion einbinden und kosten daher wertvolle Zeit. Mit dem Weißlichtinterferometriesystem KORAD3D<sup>plus</sup> präsentiert die 3D-Shape GmbH, ein Unternehmen der ISRA VISION Gruppe, eine Stand-Alone-Lösung für optische 3D Objekt- und Oberflächenvermessungen im Nanometerbereich. Seine besonders robuste Verarbeitung erlaubt den Einsatz direkt an der Linie und so eine ultrapräzise und gleichzeitig zeit- und kosteneffiziente Qualitätssicherung. Eine einfach zu handhabende Steuerung mit speicherbaren Messabläufen ermöglicht sowohl eine manuelle Bedienung als auch eine automatisierte Einbindung in die Fertigung.

Die exakte Überprüfung von Stichproben und möglichen Produktionsfehlern erfolgt in der Regel abseits der Linie, da die empfindliche Messtechnik vor Umgebungseinflüssen geschützt werden muss. Die Präzision aus dem Messraum an Ort und Stelle in der Produktion – das beschleunigt die Fertigung und verschafft Kostenvorteile. Mit der robusten optischen Messtechnologie der KORAD3D Sensoren, die sich für präzise Messungen direkt in die Fertigung einbinden lässt, ist ISRA VISION bereits im Markt etabliert. Die Produktfamilie der Weißlichtinterferometer wird nun durch das weiterentwickelte KORAD3D<sup>plus</sup> ergänzt, das für hochpräzise Messungen an und in Produktionslinien optimiert wurde. Das Stand Alone-System mit integrierem PC und xy-Tisch ist vollständig verkleidet, um Verschmutzungen durch Staub und andere Verunreinigungen zu minimieren. Vibrationsisolatoren sorgen für die nötige Dämpfung. Der Wartungsaufwand fällt im Vergleich zu taktilen Messgeräte

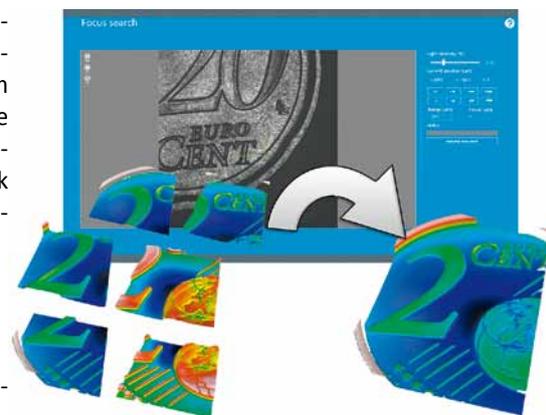
oder Labortechnik, wie beispielsweise regelmäßige Justierung und Prüfmittelpflege, wesentlich günstiger aus. Das System ist durch hochwertige Komponenten, die systemschonende Einhausung und die langen Wartungsintervalle der Messtechnik deutlich weniger wartungsanfällig und betriebsintensiv.

## Vielseitigkeit in der Anwendung

Da Beleuchtung und Kamera koaxial angeordnet sind, lassen sich mit dem zylindrisch einfallenden Messungslicht auch Tiefen, zum Beispiel Bohrlöcher, Gräben und geätzte Strukturen, abschattungsfrei scannen. Zusätzlich können verschiedene Parameter in einer Messung berücksichtigt werden: Rauheit, Flachheit, Ebenmäßigkeit, Topologie und die geometrische Form eines Objekts lassen sich gleichzeitig erfassen und auswerten. So kann KORAD3D<sup>plus</sup> bei der Härteprüfung von Stahl eingesetzt werden: Dazu wird ein genormter Dorn mit definierter Kraft in ein Sample des Materials geschlagen, um anhand der Einschlagstiefe und des aufgeworfenen Kraters die Härte des Materials bestimmen zu können.

Bei der Vermessung planer Flächen kann über die Höheninformation der Oberflächenbeschaffenheit nicht nur die Struktur der Topologie, sondern auch, mit nur einer Aufnahme, schnell eine Bestückung geprüft werden. So kann beispielsweise in der Elektrotechnik eine Leiterplatte mit Lotperlenanschlüssen (Ball Grid Array) mit nur einem Messvorgang auf ihre Vollständigkeit geprüft werden. Die Prüfung eines Arrays mit 600 Positionen dauert nur etwa 1,5 Sekunden.

Zu prüfenden Oberflächen werden entweder komplett aufgenommen oder aus einzelnen Messfeldern mit einer sehr hohen



Automatisch zusammengesetztes 3D-Scanning im Präzisionsmodus mit hoher Auflösung bei großen Messfeldern

Auflösung zusammengefügt (stichung). Der Sensor kann frei definierbare Flächen sequenziell scannen und erreicht dadurch ein Messfeld für Größen bis zu 150 x 150 mm<sup>2</sup> – bei den hohen Messgeschwindigkeiten des Sensors ein enormer Zeitvorteil. Die 100 mm stufenlos höhenverstellbare Scannvorrichtung erlaubt zudem die Prüfung von Objekten mit großer Bauhöhe.

## Einfachste Bedienbarkeit

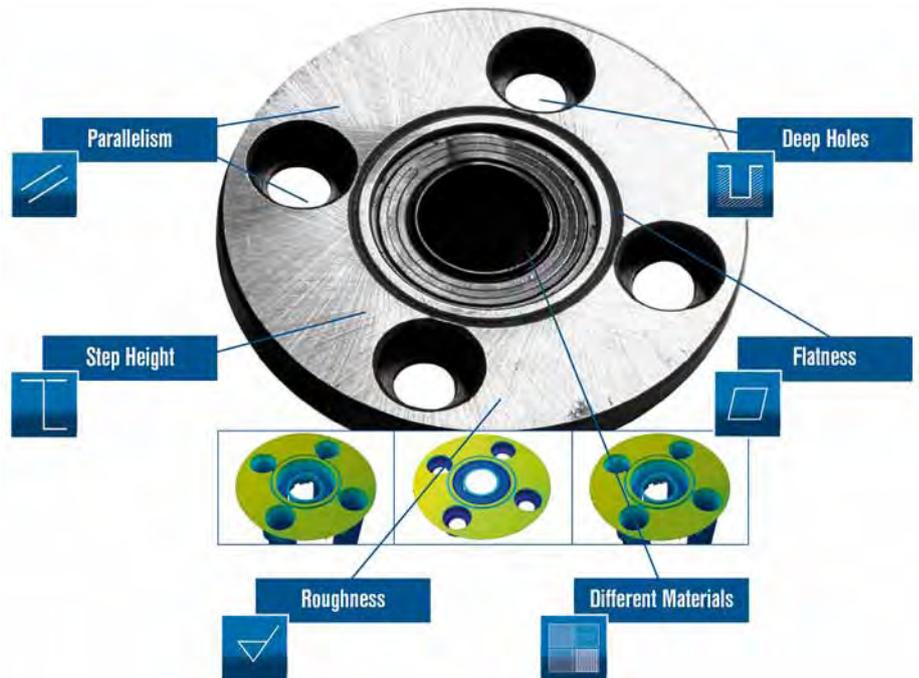
Die Bedienung des KORAD3D<sup>plus</sup> gelingt dank einer intuitiven Menüführung sehr leicht. Schon nach einem minimalen Schulungsaufwand können auch unerfahrene Nutzer das Gerät für die dreidimensionale Oberflächeninspektion einsetzen. Der Scan kann durch einen Tastendruck ausgelöst werden, definierbare Nutzerrechte sichern die Einstellungen vor Veränderungen. Das System ist ausgestattet mit geführten Workflows und integrierter Evaluationssoftware, was den Aufwand des Nutzers weiter minimiert. Darüber hinaus speichert es einmal verwendete Einstellungen, die so



KORAD3D<sup>plus</sup> – integrierter x/y-Tisch, bis zu 100 mm Scan Range, integrierte Evaluationssoftware, Touch-Bedienfeld, Stitching Technologie, anpassbares Sichtfeld

für spätere Messungen jederzeit zur Verfügung stehen. Der Autofokus erfasst die Prüffläche automatisch, sodass nur Feineinstellungen manuell vorgenommen werden müssen. Mit seiner einfachen Bedienbarkeit stellt das KORAD3D<sup>plus</sup> einen einfachen Zugang zur 3D-Messtechnik für hochpräzise Arbeitsanforderungen dar.

Das flexible und robuste Messsystem findet nicht nur Anwendung in verschiedensten Teileproduktionen, sondern eignet sich auch für umfangreiche Einzelmessungen im Laborbereich wie beispielsweise in der Glasbranche, in der Elektronik- und Halbleiterindustrie sowie in der Labor- und Medizintechnik. Unterschiedliche Materialien in verschiedenen Bearbeitungszuständen und auch transparente Objekte sind berührungslos auf wenige Nanometer genau messbar. Dabei kommen die kompakten Sensoren als Stand-Alone oder voll integriert zum Einsatz. Ausgestattet mit HDMI und USB-Anschlüssen sowie WLAN kann das Gerät leicht über ein Netzwerk verwendet werden. Die Inbetriebnahme des Systems beschränkt sich auf einige



Verschiedene Materialien und Parameter lassen sich problemlos in einer Messung zu erfassen

Basisinstallationen und ist innerhalb weniger Stunden abgeschlossen. Neben den vielen technischen Vorteilen des robusten Weißlichtinterferometers profitiert der

Anwender mit diesem Produkt auch vom umfangreichen Service-Angebot von ISRA VISION und 3D-Shape.

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

## STARKE OBERFLÄCHEN

WENN ES UM MASSGESCHNEIDERTE OBERFLÄCHEN FÜR HÄRTESTE EINSATZBEDINGUNGEN GEHT, IST RUHL&CO SYSTEMPARTNER DER AUTOMOBIL- UND ZULIEFERINDUSTRIE. 58 JAHRE ERFAHRUNG UND MODERNSTE FERTIGUNG AUF 5600m<sup>2</sup> STEHEN FÜR HÖCHSTE QUALITÄT UND INNOVATION.

ZINK-ZINK-NICKEL-ZINN-ZINK-ZINK-DRUCK  
 GUSS-PASS-NANO-KUPFER-MECHANICAL  
 PLATING-TIKON-BESCHICHTUNG-VERGÜTEN  
 Gleitmittelbeschichtung-Versiegelung

GALVANO TECHNIK

RUHL&CO · ERNST-BEFORT-STR. 1 · 35578 WETZLAR · TEL 06441-7806-0 · WWW.RUHLGMBH.DE

## ERP-Software für Oberflächenveredler

Zugeschnitten auf Ihre Anforderungen.  
 Bewährt bei über 150 Lohnveredlern.

[www.softec.de](http://www.softec.de)

9 | 2015 **WOMag** 39

# Hauptsache günstig oder lieber optimal?

## Die Vorzüge elektronischer Gleichrichtergeräte kritisch hinterfragt

Von Heinrich-W. Kämper, Munk GmbH

Klein, leicht, preiswert und effizient – elektronische Gleichrichtergeräte haben einen sehr guten Ruf. Doch sind sie wirklich immer die bessere Wahl gegenüber einem modernen Stelltransformator-Gleichrichtergerät? Viele Vorzüge dieser Bauweise sind über die Jahre in Vergessenheit geraten.

### Convenient or Optimal? – The Advantages of Electronic Rectifiers are Critically Assessed

Small, lightweight, relatively inexpensive and efficient – electronic rectifiers have an excellent reputation. However are they always the best choice as compared to modern regulated rectifier – transformers? Many advantages of the latter type of equipment seem to have been forgotten in recent years.

Elektronische Gleichrichter werden mit vielen Vorschusslorbeeren bedacht. Kein Wunder, sie sind klein, kompakt und haben keinen mechanischen Verschleiß durch eine Stelleinrichtung. Noch dazu sind sie schnell und einfach regelbar. Mit einem Wort, sie sind modern, relativ günstig und angeblich auch sehr energieeffizient. Eine genauere Betrachtung muss zu der Frage führen, ob elektronische Gleichrichter tatsächlich frei von Nachteilen sind. Und dabei zeigt es sich, dass sie nicht frei davon sind – aber genau deren Auswirkung wird gerne unterschätzt.

Wenn von elektronischen Gleichrichtern die Rede ist, sind typischerweise Schalt- netz- teile gemeint. Die Eingangsspannung wird zerhackt und über einen Transformator umgesetzt. Durch eine im Vergleich zur Netzfrequenz viel höheren Frequenz kann der Transformator entsprechend kleiner ausfallen und das Gleichrichtergerät kompakter werden (Abb. 1). Allerdings ist eine Glättung absolut notwendig, um die hochfrequente Restwelligkeit zu eliminieren.

Auch thyristorgesteuerte Gleichrichter- geräte gehören zu den elektronischen

Gleichrichtern. Mit Thyristortechnik lassen sich jedoch auch hohe Gleichstromgüten mit Restwelligkeiten von unter einem Prozent erreichen. Eine besondere Bauform des Thyristorgleichrichters ist der sekundär-gestellte Thyristorsteller. Insbesondere bei Geräten mit gewünschter Umpolung ist diese Bauform besonders vorteilhaft, da ein schnelles und vor allem verschleiß- freies Umpolen erreicht werden kann. Wer schon einmal neben einem mechanischen Polwender an einer Entfettung in einer galvanischen Produktion gestanden hat, weiß insbesondere das lautlose Umpolen eines solchen Thyristorumpolers zu schätzen.

### Sind elektronische Gleichrichter energieeffizient?

Entgegen der weit verbreiteten Meinung sind elektronische Gleichrichter keine Energiesparwunder. Nach seriösen Messungen von Gleichrichtergeräten der verschiedensten Technologien und auch verschiedener Hersteller konnte der Autor keine signifikanten Wirkungsgradunterschiede der Geräte untereinander feststellen – auch und gerade im Teillastbereich, eine Eigenschaft,

die häufig beworben wird. Das kann daran liegen, dass in der Praxis bei halber Nennspannung gemessen wurde. Wird ein solches Gerät bei halbem Nennstrom betrieben, können die Werte besser aussehen. Denn es ist der Ausgangsgleichstrom, der den Großteil der Verluste verursacht.

Wichtig ist auch, dass Geräte der neuesten Generation verglichen werden. Die Gegenüberstellung der Wirkungsgrade von ölgekühlten Stelltransformator-Gleichrichtergeräten aus den 60er und 70er Jahren mit modernen elektronischen Gleichrichtern kann keine objektive Aussagekraft haben.

### Der Pferdefuß elektronischer Gleichrichter: hohe Leistungen

Verzerrungsblindleistung, Netzverzerrung, Netzurückwirkung – diese Begriffe tauchen spätestens dann auf, wenn es in einer Galvanikproduktion Probleme in der Netzversorgung gibt. Denn unsere Stromversorgungsnetze werden mit einer sinusförmigen Wechselfrequenz betrieben. Bei normalen, sogenannten ohmschen Lasten (Heizungen, Glühlampen) folgt der Strom der Spannung, das heißt, der Strom ist auch sinusförmig (Abb. 2). Allenfalls folgt der Strom mit einem sogenannten Phasenverschiebungswinkel  $\varphi$  der Spannung. Bekannt ist diese Phasenverschiebung unter dem technischen Begriff  $\cos \varphi$ .

Während es sich hierbei um lineare Lasten handelt, liegen bei Gleichrichtergeräten jedoch nichtlineare Lasten vor. Die Stromaufnahme folgt der sinusförmigen Spannung nicht mehr und erzeugt Oberwellen. Diese Oberwellen sind nicht nur unerwünscht, sie können Störungen im Netz und in der Anlage verursachen. Zum Beispiel Überlastung beziehungsweise Überhitzung von



Abb. 1: Thyristor- und Stelltransformator (oben) und Einschub-Gleichrichtergerät (rechts)

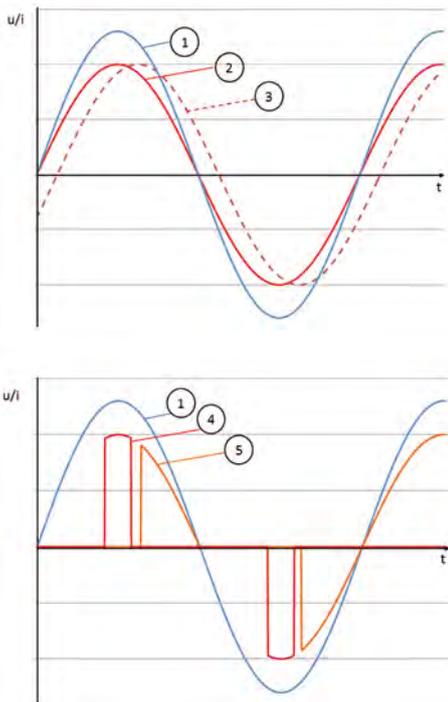


Abb. 2: Theoretische Kurvenverläufe der für einen Vergleich der Systeme relevanten Größen: 1 = Netzspannung, einphasig; 2 = Lineare Last, Netzstrom folgt der Netzspannung (Heizung, Glühbirne); 3 = Phasenverschiebung durch induktive Last, wobei der Phasenverschiebungswinkel  $\phi$  die Verschiebung anzeigt (Transformator); 4 = Schaltnetzteil ohne Korrektur (Computerschaltnetzteil); 5 = Phasenanschnitt, Netzstrom wird erst mit Verzögerung eingeschaltet (Glühbirne mit Dimmer)

Transformatoren, Kondensatoren in Kompensationsanlagen oder Kabeln, sowie Fehlauflösungen von Leistungsschaltern. Auch Drehfeldmotoren und Pumpen können überhitzen oder Sensoren beeinflusst werden.

Brisant dabei ist, dass viele Unternehmen derartige indirekte Folgen oft gar nicht ursächlich dem oder den Gleichrichtern zuordnen. Besonders akut ist diese Problematik bei Schaltnetzteilen. Diese nehmen nur dann Strom auf, wenn die Zwischenkreisspannung kleiner ist als die Netzspannung

und das passiert nur in der Spitze der Sinuskurve. Werden viele Schaltnetzteile an einem Stromkreis betrieben, so addieren sich die Netzströme und es kann bei hoher Belastung des vorgeschalteten Netztransformators sogar zu Spannungseinbrüchen des gesamten Versorgungsnetzes kommen.

Prinzipiell erzeugen alle Gleichrichtergeräte Netzverzerrungen. Am besten beherrschbar sind dabei die Verzerrungen eines klassischen Stelltransformatorgleichrichters. Dort treten nur die *normalen* sechspulsigen Rückwirkungen auf. Diese können durch einfache Mittel soweit reduziert werden, dass sie keine störenden Einflüsse mehr haben. Wenn mehrere Geräte betrieben werden, kann durch geänderte Ausführung des Gleichrichtertransformators ein Phasenschwenk erzeugt werden, der aus der sechspulsigen Rückwirkung eine 12-pulsige macht, die noch einfacher zu beherrschen ist. Gleiches gilt für Thyristorgeräte, die nahe an der Nennspannung betrieben werden.

### Energieaufwand für die Kühlung

Elektronische Gleichrichter sind in der Regel luft- oder wassergekühlt. Bei Luftkühlung sollte die Luft frei von aggressiven Dämpfen und von Schmutz sein und vor allem nicht so stark mit Feuchtigkeit gesättigt sein, dass die Geräte betauen. Von daher ist aufbereitete Frischluft über einen Lüftungskanal notwendig oder das Gerät wird in einem separaten elektrischen Betriebsraum installiert. Auch die Wasserkühlung erfordert chemisch neutrales, schmutzfreies Kühlwasser. Dabei darf das Kühlwasser nicht so kalt sein, dass es zur Btauung kommt; im Standardfall sollte die Wassertemperatur nicht über 30 °C liegen. Dieser energetische Aufwand für die Konditionierung der Kühlmedien oder die Unterbringung des Gerätes reduziert sowohl den Gesamtwirkungsgrad der Anlage und verursacht nicht unerhebliche Betriebskosten.

Wird am Kühlmedium gespart, führt verschmutztes Wasser oder verschmutzte, aggressive Luft schnell zu erheblichen Störungen der Geräte bis hin zum Gesamtausfall.

### Robust, effizient, langlebig

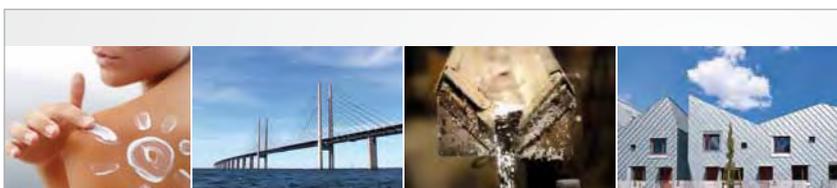
Die klassischen Gleichrichtergeräte in ölgekühlter Bauweise mit Stelltransformator haben sich jahrzehntelang bewährt. Nicht selten gibt es Geräte, die länger als 30 Jahre in Betrieb sind. Wenn die Geräte nicht mit Selen als Gleichrichterpaket gebaut wurden, spricht nichts dagegen, sie auch noch viele weitere Jahre im Einsatz zu behalten. Wer Wert auf Energieeffizienz legt, sollte sicherlich einmal überprüfen, ob energieeffiziente Schaltgruppen installiert sind. Denn früher wurden aus Kostengründen gerne Drehstrombrücken (B6) als Gleichrichterschaltung eingesetzt – leider eine der ineffizientesten Schaltgruppen.

Ein weiterer Aspekt bei elektronischen Gleichrichtergeräten ist die hohe Anzahl der Bauelemente, wodurch eine statistisch höhere Ausfallwahrscheinlichkeit gegeben ist.

### Fazit

Selbstverständlich haben elektronische Gleichrichter ihre Berechtigung und ihren Platz in der Galvanotechnik gefunden. Aber es gibt auch einige Aspekte, die oft (wissentlich oder unwissentlich) außer Acht gelassen werden, um elektronische Gleichrichter im Vergleich zu Stelltransformatoren besser zu bewerten. In diesem Zusammenhang lohnt sich für jede Anwendung eine objektive Analyse, ob tatsächlich ein elektronischer Gleichrichter die besten Eigenschaften aufweist oder doch eher ein moderner Stelltransformator. Hier sollte jeder, dem an einer optimalen Auslegung und Zuverlässigkeit seiner Anlage gelegen ist, nicht leichtgläubig auf das falsche Pferd setzen.

➔ [www.munk.de](http://www.munk.de)



[www.zink.de](http://www.zink.de)

[InitiativeZink | Zn<sup>30</sup>]

Ihr kompetenter Ansprechpartner  
bei allen Fragen rund um Zink



# Vakuumdestillation nimmt Angst vor Komplexen und Schwermetallen

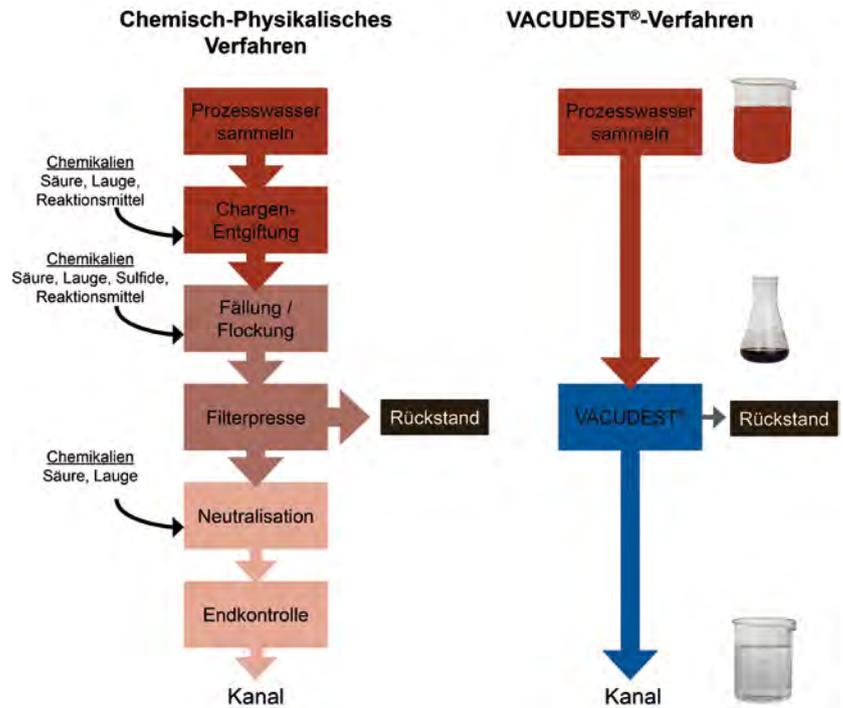
## Spülwässer aus der Zink-Nickel-Abscheidung sicher und zuverlässig aufbereiten

Von Dipl.-Ing. Peter Demarez, Steinen

Oberflächen mit Zink-Nickel-Legierungen stellen derzeit mit die besten verfügbaren Korrosionsschutzbeschichtungen auf Stahl dar. In den Bereichen der Automobilindustrie, aber auch im Bergbau oder bei Windkraftanlagen verdrängen sie nach und nach die klassischen Verfahren, wie zum Beispiel das bisher gebräuchliche alkalische Verzinken. Die verwendeten Elektrolyten für die Zink-Nickel-Abscheidung enthalten allerdings hohe Konzentrationen an Komplexbildnern, die ein Behandeln des Prozesswassers in einem chemisch-physikalischen System erschwert. Eine Alternative zu kombinierten Fällungs- / Oxidationsverfahren stellt die Verdampfertechnologie dar, die Schwermetalle und Komplexbildner zuverlässig abscheidet. Damit wird die Aufbereitung der Spülwässer vereinfacht. Das aufbereitete Wasser kann in einigen Produktionsschritten wiederverwendet werden, damit wird die Produktion abwasserfrei.

### Komplexbildner und Cyanide erzeugen Aufwand

Die Behandlung von Zink-Nickel-Spülwässern mit klassischer Abwassertechnik ist mit hohem Chemikalien- und Betreuungsaufwand verbunden. Enthaltene komplex gebundene Metalle sind nur schwierig aus dem Prozesswasser entfernbar. Schlichtes ausfällen der Metalle mit Hilfe von Sulfiden bietet oft keine zufriedenstellenden Ergebnisse, da die dabei freiwerdenden Komplexbildner dann an anderer Stelle in



der Abwassertechnik wieder Metalle mobilisieren.

Zusätzlich zu den Komplexbildnern sind je nach installiertem Analytensystem Cyanide als Abbauprodukte der Prozesschemie im Abwasser enthalten. Sowohl Cyanide als auch Komplexbildner können zwar oxidativ vor der Fällung und Flockung zerstört werden, doch macht dieser Verfahrensschritt die Behandlungstechnik aufwändiger und anfälliger gegenüber Betriebsstörungen.

### Geringer Invest – hohe Betriebskosten

Die Investitionskosten für ein chemisch-physikalisches Behandlungssystem sind relativ niedrig. Betriebskosten für Chemikalien oder Betreuungsaufwand, insbesondere bei schwankenden Wasserzusammensetzungen, sind dagegen relativ hoch. Hinzu kommen vielfach Behördenauflagen für die Überwachung der gesetzlichen Einleitgrenzwerte.

### Moderne Behandlung: Vakuumdestillation

Alternativ zur chemisch-physikalischen Behandlung kann das Prozesswasser auch auf

thermischem Weg aufbereitet werden. Vakuumdestillation macht sich das Prinzip der Trennung nach Siedepunktunterschieden zu Nutze: Stoffe mit einem hohen Siedepunkt (wie Öle, Fette oder Metallsalze) werden beim Verdampfen von Wasser zurückgelassen. Auf dem selben Prinzip beruht die Bildung von Kalkausfällungen in Wasserkochern im Haushalt.

Ein Zink-Nickel-Spülwasser wird unter einem Prozessunterdruck von etwa 650 mbar bei etwa 86 °C verdampft. Der entstehende, salz- und schwermetallfreie Wasserdampf wird in einem Brüdenverdichter auf Umgebungsdruck komprimiert und dabei auf etwa 120 °C erhitzt. Dieser überhitzte Dampf wird dann verwendet, um weiteres Prozesswasser in der Anlage zu verdampfen. Im Vergleich zu einer atmosphärischen Verdampfung werden so mehr als 95 % Energie eingespart, gegenüber Systemen mit zusätzlichem Kältekreislauf wird 60 % weniger Energie benötigt.

Das aufbereitete Wasser stellt eine Alternative zu entsalztem Stadtwasser zur Wiederverwendung im Prozess dar. Je nach Qualitätsansprüchen muss es mit geringem





## Verdampfertechnik auf einen Blick

- Keine Kosten für Eisensalze, Kalkmilch, Flockungsmittel, Spezialchemie
- Betriebsmittelkosten sind beim Verdampfer geringer
- Sehr geringer Betreuungsaufwand der Anlage (z.B. Bedienung, Analytik)
- Wartungs- und Bedienaufwand ist beim Verdampfer um gut 70 % geringer als bei chemisch-physikalischer Behandlung
- Geringere Kosten für die Aufarbeitung von Frischwasser: das Destillat des Verdampfers kann vielfach im Prozess wieder verwendet werden

Aufwand (Ionentauscher zum sicheren Einhalten einer Leitfähigkeit unter 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nachbehandelt werden. Selbstverständlich kann das aufbereitete Wasser alternativ auch in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden.

### Einleitgrenzwerte trotz Komplexbildner sicher einhalten!

Ein Horrorszenerario für jeden Betrieb: Unangekündigt überprüft ein Behördenvertreter eine Abwasserprobe und stellt darin eine deutliche Überschreitung des Nickel-Grenzwertes fest – komplex gebunden ist es *durchgerutscht*. Schon sorgt ein Zahlenwert für viel Ärger und Arbeit in einem Galvanikbetrieb. Kaum ein Betrieb in der Galvanotechnik oder Oberflächentechnik möchte sich um das Thema *Abwasser* kümmern müssen. Die Prozesswassertechnik ist ein der Produktion nachgeschalteter Bereich, der ohne viel Aufwand sicher funktionieren muss.

Bedingt durch das physikalische Verfahren der Verdampfung punktet die Vakuumdestillation vor allem im Bereich der Betriebssicherheit: Schwermetalle und Salze werden zuverlässig abgeschieden – es besteht kein Risiko, dass bei der Verwendung eines falschen Flockungsmittels oder bei nicht richtig eingestelltem pH-Wert Schwermetalle in den Kanal gelangen und Grenzwerte überschritten werden. Wird dann auch noch mit dem Verdampfer eine Kreislauf-führung realisiert, besteht kein Risiko mehr, festgesetzte Einleitwerte zu überschreiten.

### Betriebskosten: Chemie oder Energie?

Egal ob chemisch-physikalisches Verfahren oder Vakuumdestillation: Jedes System

erzeugt Betriebskosten. Bei Destillationssystemen ist ein Hauptfaktor für die Betriebskosten der Energieverbrauch: Viele Anlagenbetreiber betrachten diese Technologie nach wie vor als energieaufwändig – für Anlagen der älteren Generationen zu Recht.

Das moderne Vacudest-Verfahren kommt mit einem Energiebedarf zwischen 35 Wh und 70 Wh je Liter aufbereitetem Prozesswasser aus (je nach Anlagengröße). Zwar liegen die Energiekosten damit immer noch über denen einer chemisch-physikalischen Anlage, doch liegen andere kostensparende Vorteile auf der Hand.

### Betriebserfahrungen bei Comte Galvanotechnik

Das 1836 gegründete, mittelständische Unternehmen im norddeutschen Sulingen hat sich in den letzten Jahren zu einem namhaften Beschichter für Zulieferer und Systemlieferanten aus der Automobil- und Maschinenbauindustrie entwickelt. In der bestehenden Abwasserbehandlung des Unternehmens können Prozesswässer aus dem Zink-Nickel-Bereich nicht behandelt werden, um die strengen Einleitgrenzwerte sicher zu stellen.

Der UM-Beauftragter bei Comte Galvanotechnik Axel Hölzchen verglich daher verschiedene Möglichkeiten, dieses schwierige Wasser mit ausreichender Prozesssicherheit aufzubereiten. Im H<sub>2</sub>O-Labor wurde das Spülwasser analysiert und im Technikummaßstab verdampft. Die Ergebnisse in Punkto Aufkonzentration, Medienverbrauch und Zuverlässigkeit überzeugten – und so wurde im Jahr 2011 ein VACUDEST M 1.050 System installiert.

Axel Hölzchen bestätigt, dass die neue Abwasseraufbereitungsanlage tadellos läuft und alle Versprechen aus der Projektierungsphase einhält.

Nicht der günstigste Preis ist wichtig, optimale Betriebskosten sichern die Gewinne von Morgen! Die Entscheidung für oder gegen ein Aufarbeitungssystem ist nicht leicht. Es gilt sehr viele Faktoren zu betrachten und gegeneinander abzuwägen. Auch in Zeiten knapper Budgets zeigt sich, dass der Preis nicht der alles entscheidende Faktor ist. Energiekosten, Bedien- und Wartungsaufwand sowie die Unabhängigkeit von Behördengrenzwerten sind wichtige Einflussfaktoren.

➔ [www.h2o-de.com](http://www.h2o-de.com)

## Tauchpumpen (PP, PVDF, V4A)



## Magnetpumpen (PP, ETFE)



## Pumpenwächter

## Filtergeräte 500-60.000 l/h



## Filteranlagen



## Sonderanlagen

Permanent-Blendfrei-Nickel-Aggregat  
Velours-Nickel-Aggregat

## Zubehör

Vorfilter, Ventile, Impfbienen, usw.

## Filtermittel

Kerzen, Papier, Spaghetti, Watte, Beutel, usw.



Bohncke GmbH

Telefon: +49 (61 26) 93 84 - 0

[info@bohncke.de](mailto:info@bohncke.de) · [www.bohncke.de](http://www.bohncke.de)

# Viele Facetten des technischen Alltags beleuchten

Fachleute informieren Fachleute – wichtige Basisarbeit der DGO-Bezirksgruppen am Beispiel der BG-Stuttgart

Die Deutsche Gesellschaft für Galvanotechnik (DGO) bietet über ihre Bezirksgruppen eine einfache und effiziente Möglichkeit, Informationen über Oberflächentechnik sowie die unterschiedlichen Bereiche im Umfeld der Oberflächentechnik zu erhalten. Diese ergänzenden aber wichtigen Bereiche reichen von der Anlagentechnik und den peripheren Gerätschaften über die Analytik bis hin zu gesetzlichen Bestimmungen und Umweltschutz oder Werkstofftechnologie. Die Bezirksgruppe Stuttgart beispielsweise veranstaltet dazu acht bis zehn kostenfreie Abendveranstaltungen in Stuttgart und Umgebung, an denen jeder Interessierte teilnehmen kann. Seit kurzem finden die Veranstaltungen auch bei Unternehmen statt, die in der Regel die Möglichkeit zu einer Besichtigung anbieten. Nachfolgend werden einige der Vorträge aus diesem Jahr in einer Übersicht zusammengefasst – und damit die Breite der Themen aufgezeigt.

## Erste Hilfe nach Kontamination mit Gefahrstoffen

Florian Lequeux, Prevor GmbH, Köln, gab einen Einblick in den Umgang mit Gefahrstoffen, wie er in der Galvanotechnik alltäglich ist. Dazu müssen Vorkehrungen zur Hilfe bei unerwünschtem Kontakt getroffen werden. Besonders sind dabei ätzende Säuren und Laugen zu beachten, aber auch die als reizend eingestuft Substanzen. Unter den Säuren nimmt Flusssäure eine besondere Stellung ein, die sowohl durch den ätzenden Charakter als auch das giftige Fluorid wirkt. Dabei sind die Wirkungen gekoppelt: Zunächst wird die Haut durch Säure angegriffen und durch diesen Angriff kann das Fluorid eindringen und mit Calcium reagieren. Dies führt im schlimmsten Fall zu Kreislaufstörungen und Herzflimmern.

Das Verätzen durch Säuren und Laugen läuft in mehreren Phasen ab, wobei die eigentliche Gefahrenabwehr schon bei der ersten Phase des Kontakts ansetzen sollte. Durch entsprechende Ausrüstung ist ein nahezu vollständiger Schutz erzielbar. Im Weiteren besteht die Gefahr durch beschädigte Schutzausrüstung oder durch gasförmige Aufnahme der Säuren oder Laugen.

Zellen werden auch bei verdünnten Stoffen, beispielsweise 0,5 m Natronlauge, sehr schnell geschädigt. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Temperatur, bei der ab 50 °C erheblich schnellere Schädigungen sowie Verbrennungen auftreten.

Die absolut wichtigste Maßnahme bei Kontakt mit Gefahrstoffen ist das Spülen mit Wasser: Hierbei wird gekühlt, verdünnt und entfernt. Besonders wichtig ist die Bewegung zwischen Wasser und Haut, wobei die Reaktion innerhalb von zehn Sekunden erfolgen muss und das Spülen mindestens für 15 Minuten erfolgen sollte. Da diese Reaktionszeit selten eingehalten werden kann, muss ein freier Zugang zu Notduschen absolut gewährleistet sein. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sauberes Wasser aufgrund des geringen Salzgehalts in Zellen eindringen und diese durch Platzen zerstören kann. Angeätzte Körperteile sind von diesem Effekt besonders betroffen. Vermeidbar ist dies durch den Einsatz von hypertonen Flüssigkeiten, die allerdings nur eine begrenzte Zeit beständig sind (1 Jahr).

## Arbeitssicherheit

Frank Schüle befasste sich mit den Auswirkungen der Arbeitssicherheit auf die Galvano- und Oberflächentechnik aufgrund neuer Regelungen der Betriebssicherheitsverordnung, Gefahrstoffverordnung oder DGUV. Hintergrund ist die neue Umsetzung von EU-Richtlinien in nationales Recht oder der Ersatz von BG-Vorschriften und Regeln durch staatliche Werke (Ländervorgaben werden dabei zum Teil hinfällig). Nachteilig wirkt sich das föderale System aus, das heißt die unterschiedlichen Zuständigkeiten von Bund und Ländern. Vor allem die DGUV strebt hier eine Zusammenfassung von allen bisher bestehenden Einzelschriften an.

Die Betriebssicherheitsverordnung wurde per Artikelverordnung vom 6. Februar 2015 zur Neuregelung der Anforderungen an den Arbeitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln und Gefahrstoffen veröffentlicht. Die Verordnung trat am 1. Juni 2015 mit einigen Ausnahmen in Kraft. Die Ziele der Verordnung sind die Beseitigung

von Mängeln rechtlicher Art sowie die Verbesserung des Arbeitsschutzes. Einbezogen werden Instandhaltung, Betriebsstörungen, Manipulation von Schutzzeineinrichtungen oder die Forderung zur Zusammenarbeit verschiedener Arbeitgeber. Die Anwendung betrifft alle Arbeitsmittel in Unternehmen; Ausnahmen sind lediglich Dinge, die in anderen Bereichen geregelt sind (Laser, Gefahrstoffe). Zentrales Thema der Verordnung ist die Gefährdungsbeurteilung und die daraus resultierenden Schutzmaßnahmen.

Einer der neuen Punkte ist die alters- und altersgerechte Gestaltung, oder auch die regelmäßige Überprüfung der Gefährdungsbeurteilung. Der Arbeitgeber hat jetzt unter anderem dafür zu sorgen, dass nur die Arbeitsmittel verwendet werden, die er den Mitarbeitern ausdrücklich zur Verwendung gestattet – dies betrifft beispielsweise auch Geräte wie ein Radio. Manipulationen von Sicherheitseinrichtungen müssen verhindert und die Einhaltung muss überprüft werden. Besonderer Wert wird darauf gelegt, dass durch Instandhaltung die Arbeitsmittel während der gesamten Verwendungsdauer den geltenden Sicherheitsbestimmungen und Gesundheitsanforderungen entsprechen, wobei die Herstellerangaben einzuhalten sind. Für Arbeitsmittel gelten verschiedene besondere Vorschriften, die ihren Einsatz betreffen.

Bei der Gefahrstoffverordnung liegen die Schwerpunkte bei der Anpassung an EU-Recht sowie der Modernisierung der Regelungen zur Krebsprävention am Arbeitsplatz. Enthalten sind außerdem die Regelungen zur Kennzeichnung (CLP-Verordnung), die mit Wirkung vom 1. Juni 2015 vollzogen sein müssen (Kennzeichnungen an Rohrleitungen, Anlagen oder Einrichtungen in Unternehmen (alle orangefarbenen Symbole)). Ausgenommen sind Gebinde, in denen Stoffe angeliefert werden. Auch bei der Gefahrstoffverordnung ist ein neues Risikokzept zu implementieren. Dies muss im Einklang mit der Gefahrstoffverordnung und REACH erfolgen. Als Schritt ist unter anderem das Einrichten einer Expositionsdatenbank zu nennen, die 40 Jahre zugänglich sein muss. Kritische Punkte sind das

Akzeptanzrisiko (= Besorgnisschwelle) und das Toleranzrisiko (= Gefahrenschwelle). Als Akzeptanzrisiko gilt die Krebsvermeidung bei Kontakt über den Referenzzeitraum (8 h/d, 5 d/w, 44 w/a, 40 Jahre). Die Toleranzgrenze ist erreicht, wenn 4:1000 Erkrankungen vorliegen. Diese Grenzen geben Anhaltspunkte über die Verwendung (Art und Dauer) von persönlichen Schutzausrüstungen. Bei dauerhaftem Vorliegen von hohem Risiko kann als eine der Konsequenzen ein Stoffverbot folgen.

Als wichtige Regelung zur Unfallverhütung wurde die DGUV Vorschrift 1 *Grundsätze der Prävention* neu aufgelegt (bisher BGV A1 von 2004). Neuerungen ergeben sich bei den Sicherheitsbeauftragten. Ergänzend wurde die DGUV-Regel 100-001 als Hilfsmittel zur Umsetzung zusammengestellt.

Für 2015 werden eine neue Störfallverordnung, eine geänderte Arbeitsschutzverordnung, TRGS 509 und TRGS 510, DGUV-Information 213-716 Galvanotechnik und Eloxieren, der ZVO-Galvano-Leitfaden Abluft, Galvanonorm für Anlagen (für Zukunft eine C-Norm) sowie voraussichtlich die TRGS Metalle erwartet.

## Umweltanalytik in der Galvanik

Der erste Termin 2015 der DGO-BG außerhalb des bisher üblichen Veranstaltungsorts (Haus der Wirtschaft, Stuttgart) fand auf Einladung von Gerhard Kirner in den Räumen der Metrohm Deutschland in Filderstadt statt. Metrohm ist einer der renommierten Hersteller von Analysengeräten und Sensoren. Am Standort Stuttgart sind 120 Mitarbeiter im Bereich Laboranalytik und etwa 30 Mitarbeiter in der Prozessanalytik beschäftigt. Das Unternehmen liefert grundsätzlich neben den Geräten auch die entsprechende Dienstleistung zur Durchführung der Analysen. Wichtig für die nasschemische Oberflächentechnik sind Sensoren und Geräte für den pH-Wert oder die Spektroskopie zur Analyse von Elektrolyten und Prozesslösungen.

Wie Gerhard Kirner ausführte, wird Umweltschutz in Nachschlagewerken zum Beispiel als das *Aufrechterhalten erträglicher Lebensbedingungen durch Verhindern oder Beseitigen von Umweltschäden* definiert. In die selbe Kategorie fallen die Begriffe Ökologie und Analyse. Damit liegt nahe, dass Umweltschutz den Schutz von Luft, Boden, Vegetation, Tierwelt und Menschen vor Schädigungen bedeutet. Als staatliche Autoritäten sind das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und das Umweltbundesamt (UBA) für die Einhaltung von Umweltschutzregelungen zuständig. Darüber hinaus befassen sich aufgrund der föderalen Ordnung zusätzliche Landesbehörden mit den Belangen des Umweltschutzes. Von den Behörden werden beispielsweise Verordnungen wie die TA Luft herausgegeben und deren Befolgung überprüft. Untersucht werden kann die Luft unter anderem mit Geräten der Metrohm wie Margga, mit dem Immissions- und Emissionsmessungen möglich sind. Dieses Gerät ist sowohl für Untersuchungen in Räumen als auch im Freien und damit an jedem beliebigen Ort einsetzbar. Bestimmt werden die in der Luft enthaltenen Gase und Aerosole, die beispielsweise im Ionenchromatograph im Stundentakt ermittelt werden. Die selbe Einrichtung dient aber auch in Produktionsbetrieben zur Bestimmung der Zusammensetzung von Arbeitsluft.

Ein weiterer Bereich der Umweltanalytik befasst sich mit Wasser, sowohl mit Trinkwasser als auch mit Abwasser (Wasserhaushaltsgesetz, Abwasserverordnung). Die Belange der Oberflächentechnik sind unter anderem in Anhang 40 der Abwasserverordnung zusammengestellt. Ein wichtiger Punkt in Bezug auf das Abwasser betrifft die Grenzwerte für die Einleitung in das öffentliche Abwassernetz. Relativ kritisch können die Grenzwerte für Abwasser vor dem Vermischen (d. h. vor der Einleitung) sein. Die meisten in der Oberflächentechnik relevanten Metalle werden durch Titration (ppm),

Ionenchromatographie (ppb) sowie mittels Elektroanalytik (ppt) bestimmt.

## Korrosionsschutz für Radschrauben

Einen Einblick in die Praxis des Korrosionsschutzes bot Andreas Fink, Atotech Deutschland, der sich mit Korrosionsschutzsystemen für Verbindungselemente auf organischer Basis befasst. Bei den Anforderungen an Beschichtungen steht an erster Stelle der Wunsch nach einer schwarzen Oberfläche, da diese bei einem Korrosionsangriff ihr Aussehen nicht verändert. Im Salzsprühtest gemäß ISO 9227 müssen solche Oberflächen mindestens 120 Stunden ohne Überzugskorrosion und 720 Stunden ohne Grundmetallkorrosion überstehen. Des Weiteren wird bei der Beständigkeit eine Mehrfachverschraubung (10 x, zum Teil auch 20 x) ohne Korrosionserscheinung gefordert.

Für Schrauben wird heute Zink beziehungsweise Zink-Nickel mit Passivierung und Decklack eingesetzt. Allerdings gibt es keine Systeme, die für alle Anforderungen gleich gute Eigenschaften ergeben, vielmehr empfiehlt sich die Abstimmung auf die jeweils zu beschichtenden Teile. Damit auch durch anfängliche und prozessbedingte Beschädigungen keine farblichen Fehler auftreten, werden schwarze TopCoats (2-fach) und schwarze Decklacke aufgetragen. Eingesetzt werden derartige Schichtkombinationen vor allem bei Rädern, Türschlössern und im Motorenbereich.

## Modulares Zink-Nickel-Verfahren

Andreas Blumenberg, SurTec, stellte ein neues modulares Verfahren zur Abscheidung von Zink-Nickel aus einem alkalischen Elektrolyten mit einem speziellen Polymer vor. Zink-Nickel besitzt eine hohe Korrosions- und Temperaturbeständigkeit sowie ein günstiges elektrochemisches Potenzial für den Kontakt mit Aluminium. Zudem besteht kaum Gefahr der Wasserstoffversprödung und die Korrosionsprodukte sind nicht voluminös.

**VERZINKEN,  
PASSIVIEREN,  
VERSIEGELN**



mit Galvotec von Chemie Wocklum

**OBERFLÄCHENTECHNIK**

WOCKLUM GRUPPE · Glärbach 2 · 58802 Balve · Telefon +49 2375 925 109 · [www.schoene-oberflaechen.de](http://www.schoene-oberflaechen.de)

Ein neues modulares Verfahren zeichnet sich durch ein breites Stromdichtefenster, eine gute Metallverteilung und eine verhältnismäßig hohe Stromausbeute aus. Als modular wird hier die Anwendung für Gestell, Trommel und bei der Forderung nach duktilen Schichten gesehen. Die gute Metallverteilung wird durch einen günstigen Komplexbildner erzeugt, was sich insbesondere bei der Gestellbeschichtung als vorteilhaft erweist. Bei niedrigen Stromdichten lassen sich duktile Schichten mit matten bis halbgänzenden Schichten auftragen. Insbesondere für die Luftfahrt eignet sich die Beschichtung als Ersatz für Kadmiumschichten.

Die Eigenschaften der Schichten werden über die verfügbaren Zusätze eingestellt. Vorteilhaft ist die Tatsache, dass der Glanzgrad über den breiten nutzbaren Stromdichtebereich weitgehend konstant bleibt. Der Wirkungsgrad ist abhängig von der Abscheidestromdichte und liegt bei dem vorgestellten Verfahren zwischen etwa 90 % bei 0,5 A/dm<sup>2</sup> und etwa 40 % bei 5 A/dm<sup>2</sup>. Die Abscheidungstoleranzen bleiben bei steigenden Elektrolyttemperaturen bis circa 35 °C erhalten. Vorteilhaft ist, dass der Glanzgrad bei diesem Elektrolyten ohne Erhöhung der Konzentration an Zusatz gehalten werden kann. Die gute Metallverteilung lässt es zu, dass die Beschichtungsdauer reduziert werden kann, kaum ein Kantenaufbau erfolgt und die Duktilität erhalten bleibt. Durch den polymeren Bestandteil des Elektrolyten wird unter anderem der Nickelgehalt auf 16 % begrenzt.

Im Laufe der Benutzung verlieren Elektrolyte durch den Anstieg von Carbonat und Sulfat an Wirkungsgrad. Dem wird unter anderem durch Ausfrieren, Ionenaustauscher oder Verdampfen entgegengewirkt. Bei dem neuen System kann die Ausfrieretemperatur von sonst üblichen 1 °C bis 2 °C auf etwa 8 °C angehoben werden. Der Elektrolyt bietet die Möglichkeit, nach Zugabe eines Konditionierungsadditivs auch mit Stahlanoden zu arbeiten, ohne dass das Risiko des Eiseneintrags besteht und zugleich die Bildung von Cyanid stark minimiert ist. Vorteil ist die deutliche Reduzierung der Investitionskosten durch Entfallen der Nickelanoden.

## Überwachung von galvanischen Bädern

In einem zweiten Beitrag ging Gerhard Kirner auf die am besten geeigneten Verfahren zur Analyse von Elektrolyten ein. Dabei betonte er einleitend, dass durch

Oberflächenveredlung pro Jahr etwa 150 Milliarden Euro an Korrosions- und Verschleißschäden vermieden werden. Die Verfahren der Oberflächenbehandlung setzen in der Regel eine gründliche Vorbehandlung voraus. Die Beschichtungen selbst werden im Bereich der Galvanotechnik durch chemische oder elektrochemische Verfahren erzeugt. Dabei enthalten diese Elektrolyte neben den Metallverbindungen eine Reihe von weiteren Stoffen zur Einstellung von pH-Werten oder Ergänzungen zur Erzeugung von Glanz, Härte oder Metallverteilung.

Als geeignete Analyseverfahren zur Überwachung des Prozesses gelten Methoden zur Konzentrationsbestimmung oder des pH-Werts. Dazu stehen unter anderem die nasschemischen Analysen, die Spektroskopie, physikalische Methoden oder solche unter Nutzung der Energieabgabe nach Anregung von Atomen zur Verfügung. Ein weiteres Kriterium für eine Eignung besteht in der Auswahl der zu messenden Probe, wie manuelle oder automatisierte Probenahme und Probentransport zum Messgerät. Analyseverfahren können dementsprechend online, atline oder offline erfolgen.

Ein weiteres Entscheidungskriterium bezieht sich auf die zu messende Konzentration einer Spezies – beispielsweise im Bereich von ppt bis ppm. Je nach Verfahren lässt sich eine unterschiedliche Zahl an Elementen erfassen; viele der Elemente sind mittels Titration oder Photometrie zu bestimmen.

Schließlich erfolgt die Definition einer geeigneten Messtechnik nach den Bedürfnissen des Nutzers, in der Regel eine gute Prozessführung, aber auch nach den Möglichkeiten des Geräteanbieters, wie hoher Automatisierungsgrad oder eine Qualifizierung. Letzteres beinhaltet beispielsweise die Auswahl eines Verfahrensumfanges der inline-Analytik und der offline-Analytik.

## IMO Königsbach Stein

Die IMO in Königsbach-Stein war Gastgeber der Bezirksgruppenveranstaltung am 25. Juni; sie begann mit einer Besichtigung der sehr interessanten Bandgalvanik. Die Technologie des Hauses stellte Thomas Frey in einem kurzen Überblick vor.

Die IMO hatte als einer der ersten, bereits in den 1970er Jahren, mit der Entwicklung und dem Einsatz von Bandgalvanikanlagen begonnen. 2000 bezog das Unternehmen den heutigen neuen Hauptstandort und erhielt 2005 als einzige Galvanik einen

Umweltpreis. Hauptkunde ist die Automobilbranche, meist indirekt. Darüber hinaus werden Teile für unterschiedliche Einsätze in der Elektronik, aber auch für Reißverschlüsse bearbeitet. Derzeit wird die 31. Bandanlage aufgebaut; Ende des Jahres soll sie in Betrieb gehen. Abgeschieden werden vor allem Gold, Goldlegierungen, Nickel oder Palladium. Neben der Bandgalvanik werden Beschichtungen von Kleinteilen auch auf Gestellen und in Trommeln vorgenommen.

Für die Bandbeschichtung kommen Streifentechnik, Tauchtechnik, Spottechnik oder Brushtechnik zum Einsatz, um selektive Beschichtungen zu erhalten. Dabei lassen sich sowohl Vollbänder als auch gestanztes Rohmaterial beschichten. Möglich sind einseitige als auch zweiseitige Beschichtungen, wobei mit rundlaufendem Abdeckband als auch mit Klebebändern gearbeitet werden kann. Während mit der Streifentechnik streifenförmige Beschichtungen erzeugt werden, lassen sich mit der Brushtechnik dreidimensional gestanzte Bänder punktuell beschichten. Hierdurch werden deutliche Kosteneinsparungen (Goldeinsparungen) erzielt. Beim Spotverfahren kommen Maskierungsketten mit Löchern zum Einsatz, durch die der Elektrolyt an die Metalloberfläche angefügt wird.

Die MPP-Technik arbeitet mit Abdecklack, bei welcher der Abdecklack sehr gezielt per Laser entfernt wird. Diese Technik ist relativ kostenintensiv und wird deshalb nur bei teuren Produkten herangezogen. Bei den Dicken wird heute herunter bis unter 1 µm gearbeitet, auch mit dem Wissen, dass die Schichten nicht porenfrei sind. Bei Kontaktstiften oder ähnlichen Bauteilen wird selektiv mithilfe von speziellen Gestellen und partiellem Eintauchen gearbeitet.

## Nano- und Mikrostrukturierung von Formeinsätzen

Das Karlsruher Institut für Technik KIT ist aus dem früheren Kernforschungszentrum entstanden und zählt heute zu den großen Forschungseinrichtungen des Landes. Es ist derzeit in 30 Kompetenzfelder und sechs Kompetenzzentren untergliedert. Tätig sind knapp 10 000 Mitarbeiter, bei einem Jahresbudget von 844 Millionen Euro. Dr. Markus Guttman ist am IMT Institut für Mikrostrukturtechnik tätig und leitet die Arbeitsgruppe für die galvanotechnische Herstellung von Formeinsätzen für die Produktion von Kunststoffteilen. Dafür werden Nickel und Gold abgeschieden. Neben

den galvanotechnischen Schritten spielen vor allem Lithographieverfahren eine Rolle. Die verwendeten Nickelsulfamatelektrolyte scheiden zwar langsam ab, erlauben aber Nickeldicken bis etwa 6 mm. Daneben wird ein Hartnickelelektrolyt verwendet.

Shim-Formeinsätze, ein Schwerpunkt der Arbeiten bei Dr. Guttman, sind Werkzeuge für das Heißprägen mit wenigen Millimetern Dicke. Damit lassen sich alle Arten von Strukturen bis in den Bereich von einigen Nanometern abbilden, die mit Masken darstellbar sind; allerdings werden damit auch die in den Masken vorhandenen Fehler reproduziert. Verwendet werden Shim-Formeinsätze beispielsweise für die Herstellung von optischen oder fluidischen Komponenten.

Hauptaufgabe der Abteilung von Dr. Guttman ist die Durchführung von Forschungsprojekten für Unternehmen, von denen er einige laufende und abgeschlossene vorstellte. Ein solches Projekt wurde mit der silicet AG durchgeführt, aus dem ein Halter für die galvanische Beschichtung von Siliziumwafer entstanden ist. Eine zweite Arbeit

führte zur Produktion von Mikrowerkzeugen mit Durchmessern von etwa 1 mm, die für das Kunststoffspritzen von Massenteilen verwendet werden. Ein weiterer Service des KIT ist die Nutzung der vorhandenen Einrichtungen für Forschung und Entwicklung von Unternehmen mit der Bezeichnung KNMF.

### Up-Plating von mikro- und nanostrukturierten Formeinsätzen

Eine weitere Vorstellung galvanischer Verfahren bot Herr Benkel, der Arbeiten zur Herstellung nano- und mikrostrukturierter Formeinsätze durchgeführt hat. Hierbei wird unter anderem ein Formeinsatz durch Ätzen von Stahl in seiner ersten Form erzeugt. Verwendet wird ein besonders ausgewählter Stahl ohne Einschlüsse, im ersten Schritt auf Hochglanz mit extrem geringen Rauheiten (unter 10 nm) poliert. Eingesetzt werden solche Formen beispielsweise für die Herstellung von Autospiegeln oder Leuchten.

Auf diese Rohformen wird mithilfe galvanischer Verfahren beispielsweise Nickel

abgeschieden. Erste Herausforderung ist die Vorbehandlung ohne Änderung der Rauheiten der Formen. Die Schichten werden über Lackverfahren strukturiert, zum Beispiel durch Prägen. Außerdem kommt Ionenätzen zum Optimieren der Strukturen zum Einsatz. In diese Strukturen wird die Hartnickelschicht (NiP) abgeschieden. Schließlich wird durch einen Plasmaprozess das Resist entfernt und damit die eigentliche Form erhalten. Auch hier spielen Fehler, beim Stahlsbstrat (Karbide) bei den ersten Strukturierungen sowie beim Beschichten eine wichtige Rolle. Eingesetzt werden die Formen zur Erzeugung von gekrümmten Oberflächen für die Außenformen von Autospiegeln. Die mit dem Verfahren aufgebraachte, außerordentlich feine Wabenstruktur verbessert die Lackierbarkeit erheblich.

### Hinweis

Vorankündigungen zu Veranstaltungen werden auf der Homepage der DGO-BG Stuttgart unter [www.dgo-stuttgart.de](http://www.dgo-stuttgart.de) veröffentlicht. Dort finden sich auch einige der Vorträge als Präsentationen.

# Maßgeschneiderte Galvanik-Gleichrichtergeräte

## für Ihre Anwendungen

Wir helfen Ihnen, die richtige Entscheidung zu treffen: ob Schaltnetzteiltechnik, Thyristor- oder Stelltransformatortechnik

ZVO Oberflächentage Berlin 2015  
Besuchen Sie unseren Vortrag: Der elektronische Gleichrichter – ein „Trojanisches Pferd“?!  
am 24. September 2015 um 12 Uhr



**Luft**

### Die Universellen



**Öl**

### Die Robusten



**Wasser**

### Die Leistungsstarken

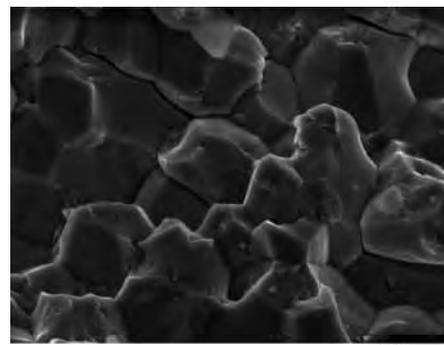




# Korrosionsschutz im Automobilbau

Bericht über die VDI-Fachkonferenz in Bad Gögging von Dr.-Ing. Simon Oberhauser und Dr. Irina Sieber

VDI Wissensforum



Spannungsrissskorrosion an einer 7000er Aluminiumlegierung mit interkristallinem Verlauf

zum Einsatz, die oftmals zu neuen Sonderkorrosionsformen führen, die bisher eher in der Luftfahrt beheimatet waren und dort auch aufgrund enger Wartungsintervalle beherrscht werden können. Diesbezüglich präsentierte Dr. Helmut Steger von der BMW AG das Thema Korrosionsschutz bei einem nicht beschichteten Aluminium-Fahrwerk (5000er und 6000er Legierungen) und erläuterte die korrosionsrelevanten Belastungen durch Umfeld und Umwelt.

Das Thema Korrosion von Leichtbaustrukturen wurde auch vom nachfolgenden Referenten, Dr. Daniel Bengtsson Blücher (SINTEFF), am Beispiel von Magnesium- und Magnesium-Aluminium-Legierungen im Zusammenhang mit möglichen schwefeldioxidhaltigen Schadgasen beleuchtet.

Der Leichtbaugedanke greift aber nicht nur bei den typischen Leichtbaulegierungen mit niedriger Dichte wie Aluminium und Magnesium, sondern auch bei Stahlwerkstoffen mit hoher Festigkeit und/oder konstruktivem Leichtbau wie bei Tailored Blanks. Dazu präsentierte Dr.-Ing. Christian Both (WISCO, ehemals Thyssen Tailored Blanks) Daten zur Korrosionsschutzuntersuchungen der lasergeschweißten Mischverbindungen aus nichtrostenden Stählen (Ferrit 1.4509 und Austenit 1.4301). Im Rahmen der Optimierung der Schweißvorgaben wurden vergleichend die Ergebnisse von elektrochemischen Untersuchungen und verschärfter Freibewitterung dargestellt.

Am 16. und 17. Juni fand die erste VDI Fachkonferenz *Korrosionsschutz im Automobilbau* im Tagungshotel The Monarch in Bad Gögging, etwa 35 km von Ingolstadt entfernt, statt. Es nahmen eine Vielzahl von Experten aus der Automobilindustrie, Zulieferern aus Wirtschaft sowie Forschung teil.

Prof. Dr. Christoph Strobl von der TH Ingolstadt leitete die Konferenz mit den Worten ein, dass Korrosion in den späten 80er beziehungsweise 90er Jahren des letzten Jahrhunderts beim Automobil durch Einsatz verzinkter Bleche sowie die damals verfügbaren Vorbehandlungs- und Lackierverfahren schon beinahe komplett beherrscht war. Durch höhere Umweltauflagen auch im Rahmen der REACH-Verordnung sowie Multimaterialmix durch Leichtbau sind aber zwischenzeitlich die Themen Korrosion und Korrosionsschutz wieder aktueller denn je.

Zum einen müssen funktionierende Alternativen zu Chrom(VI) weiter etabliert werden und gleichzeitig beispielsweise auch nickelfreie Vorbehandlungen zur Verfügung gestellt werden. Dazu rücken durch den Multimaterialmix gerade auch mit der Einführung von CFK im breiten Automobilbereich Kontaktkorrosionsprobleme wieder in den Fokus des Korrosionsschützers. Denn nicht alles, was leicht ist und geeignete mechanische Festigkeiten aufweist, ist auch ausreichend korrosionsbeständig.

Als ersten Einstieg ins Thema gab Dr.-Ing. Jörg Struve von der VW AG einen Einblick über den Korrosionsschutz und den Aufbau von Korrosionsschutzkonzepten anhand von Praxisbeispielen. Dabei betonte er, dass es das Ziel des Korrosionsschutzes ist, die Korrosionsvorgänge so weit zu verzögern, dass der Korrosionsvorschritt vom Kunden als *natürlicher* Alterungsprozess des Fahrzeugs akzeptiert wird.

Durch die steigenden Anforderungen hinsichtlich Leichtbau in der Automobilindustrie aufgrund von Emissionseinsparung werden neue Konstruktionswerkstoff auf Basis Stahl, Aluminium, Magnesium und CFK in der Karosserie vermehrt miteinander eingesetzt, um Blechdicke und damit auch Gewicht zu verringern. Dadurch kommen auch immer hochfestere Materialien

hendor  
Quality Pumps & Filters

Innovative Qualitätsprodukte  
Ready to work for you!

www.hendor.com



Innovativ  
Nachhaltig  
Energieeffizient



hendor  
Quality Pumps & Filters

Im weiteren gab Dr.-Ing. Karl-Heinz Stelzenberger (Voestalpine) den Teilnehmern eine Übersicht über die speziellen Korrosionsprobleme im Automobilbau (z.B. Lackunterwanderung, Flanschkorrosion, Galvanische Korrosion) und lieferte dazu jeweils auch Vorschläge für Abhilfemaßnahmen, nämlich den Einsatz von neuen metallischen Beschichtungen wie ZnAlMg.

Die Adam Opel AG unterstrich mit zwei Vortragenden (Petra Hoffmann-Löser und Tommy Hechtel) die Wichtigkeit der frühzeitigen Zusammenarbeit zwischen Konstruktion/Design- und Korrosionsabteilung bei der Optimierung des Korrosionsschutzes im Automobilbau am Beispiel der Deformationselemente am Übergang Vorderwagen zu Stoßfänger.

Einen Überblick zur geeigneten Werkstoffauswahl bei Abgasanlagen in Anbetracht der Sonderkorrosionsformen wie interkristalliner Korrosion, Lochkorrosion oder Spannungsrisskorrosion gab Dr.-Ing. Sylvia Hartmann (Eberspächer Exhaust Technology). Dadurch kann der Korrosionsangriff reduziert und so dem Gesamtsystem die notwendige Haltbarkeit verliehen werden.

Abschließend für diesen Tag stellte Prof. Dr.-Ing. Paul Gümpel die neu eingeführte Korrosionsprüfung nach VDA 230-14 sowie verschiedene Ergebnisse daraus vor.

Bei geselliger Abendrunde im Tagungshotel wurden Datenbrillen im Rahmen eines Vortrages von Dr. Michael Gerards (MG Innovation) als Off-Topic vorgestellt. Im Anschluss konnten Neugierige drei verschiedene Modelle direkt im Selbstversuch bei simulierter Achterbahnfahrt oder Schaukeln erproben.

Genau diese Herangehensweise – prüfe Alles – glaube nichts – Versuch macht klug – empfahl am kommenden Morgen auch Dr. Jörg Saßmannshausen (Ford), der eine Vielzahl an Reparaturverfahren auf ihre Praxistauglichkeit und auch Umweltverträglichkeit kritisch beleuchtete, entzauberte, aber auch einige *hidden Champions* aufzeigte.

Darauf stellten die großen Vorbehandlungsfirmen, PPG (Laurent Deronne), Chemetall (Dr. Andreas Treitl) und Henkel (Dr. Jens Krömer) die neuesten Entwicklung bei ihren Produkten aber auch ihre Spezialisierungen vor. Der Treiber dieser Entwicklungen ist hier auch einmal mehr die

REACH-Verordnung und die Politik mit der Forderung nach umweltverträglichen Systemen, die aber gleichzeitig auch – um dem Leichtbaugedanken zu folgen – auf den verschiedensten Oberflächen im Materialmix funktionieren sollen. Aktuelle Systeme sind demnach neben optimierten Phosphatierungen, Systeme auf Basis von Titan-Zirkon-Fluorid, aber auch Silansysteme sowie Hybride aus diesen Verfahren.

Elektrochemie als Entwicklungstool und Qualitätssicherungskonzept im Automobilbau stellte Dr.-Ing. Simon Oberhauser von InnCoa vor, der an Hand einiger Praxisbeispiele die vielfältige Einsetzbarkeit (Medienbeständigkeit, Selektive Korrosion, Kontaktkorrosion,...) des Verfahrens zeigte.

Dazu ergänzte Prof. Dr.-Ing. Peter Weidinger (Brose) Fahrzeugteile das Thema *Elektrochemie – Ergänzung zu / als auch Ersatz für etablierte Korrosionsprüfmethoden* mit Beispielen aus der eigenen Laborerfahrung. Unter diesem Aspekt wurden bereits die Themen Kontaktkorrosion bei Verbindungselementen sowie Korrosivität von Fetten mit elektrochemischen Methoden bewertet und als Qualitätssicherungsmethode bei Lieferanten erfolgreich eingesetzt.

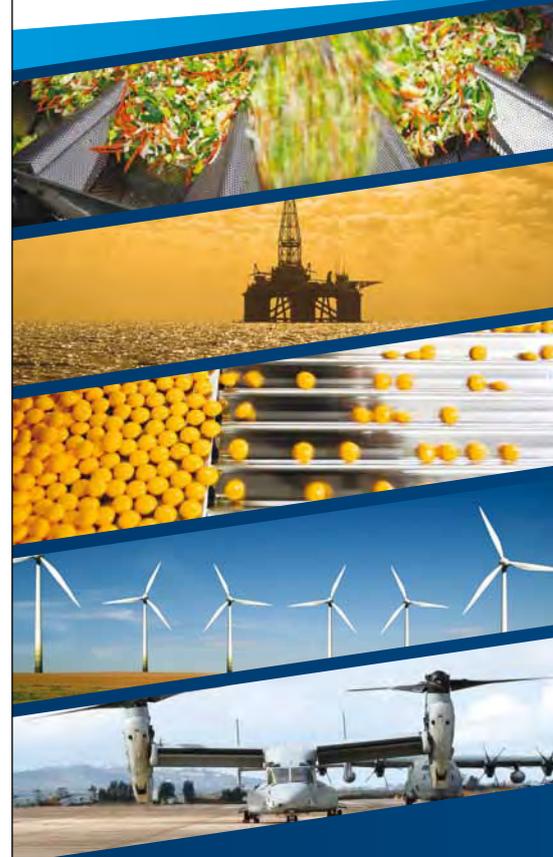
Die Entwicklung des zyklischen Korrosionstests VW 96380 alias PPV 4017 um ein Auto-Leben zu simulieren, war das Thema von Dr.-Ing. Christina Schmid (Porsche).

Konrad Binn (MAN Truck & Bus) berichtete über die Fehler und Ausfälle von elektrischen und elektronischen Bauelementen aufgrund unzureichendem Korrosionsschutz bzw. Produktfehlern. In diesem Zusammenhang stellte er auch den Nutzen von Impedanzspektroskopie als Testmethode für Entwicklung und Qualitätssicherung heraus.

Neben den zahlreichend Vorträge gab es auch hinreichend Möglichkeiten für angelegte Diskussion und Austausch mit den anderen Teilnehmern. Prof. Dr. Strobl fasste die Konferenz kurz zusammen, zwar noch als kleine aber sehr feine Veranstaltung mit sehr guten Fachvorträgen. Dies kam im Nachgang auch durch das Feedback der Teilnehmer deutlich hervor, so dass der VDI die Wiederholung der Veranstaltung in einem 2-Jahres Turnus schon fest auf der Agenda hat.

# POETON

Coating Technology Worldwide



## Apticote Coating solutions for wear, corrosion, heat and friction problems worldwide

Poeton are surface coating specialists in hard chrome, anodising, electroless nickel, polymers, plasma spraying and metal/polymer composites. We also offer design and R&D support to all major industrial sectors worldwide.

For more information call (+44) 1452 300 500 or [sales@poeton.co.uk](mailto:sales@poeton.co.uk)

Poeton Industries Ltd, Eastern Avenue, Gloucester, GL4 3DN England

[www.poeton.co.uk](http://www.poeton.co.uk)  
Precision surface engineering  
excellence since 1898



## Hervorragende Forschungs- und Transferarbeit der Projekte

### TKV FO Ende Juni ausgelaufen

Der Technologie-Kompetenz-Verbund Funktionale Oberflächen (TKV FO) hatte Anfang März im Marler Evonik-Feierabendhaus die Ergebnisse zum Projekt Funktionale Oberflächen vorgestellt und Resümee gezogen. Ende Juni ist das deutsch-niederländische Forschungs- und Transferprojekt offiziell ausgelaufen.

Der TKV FO war 2010 mit dem Ziel gestartet, die Erforschung und Entwicklung funktionaler Oberflächen der Zukunft voranzutreiben. Dazu hatten sich die Technologieförderung Münster, die Fachhochschulen Münster und Gelsenkirchen, zwei Forschungseinrichtungen und Technologiedienstleister sowie 34 Unternehmen zusammengeschlossen. Das Finanzvolumen für dieses grenzüberschreitende, hochschulübergreifende und inter-disziplinäre Mega-Projekt betrug zirka 7,5 Mio. Euro, wovon nahezu 4,8 Mio. Euro gefördert wurden.

In seinem Fazit stellte Projektleiter Prof. Dr. Dr. Alexander Prange von der Hochschule Niederrhein im März die Bedeutung einer internationalen Forschungskoope- ration heraus. Er bekräftigte des Weiteren den Willen der Hochschule, ein zukünftiges Projekt zu realisieren, dessen Inhalte bereits konkretisiert würden. Prof. Dr. Michael Dröscher, Vorstandsvorsitzender der ChemSite-Initiative, begrüßte die mehr als 50 Teilnehmer in seiner Rolle als Gastgeber und betonte die Wichtigkeit von Netzwerken in Forschung und Industrie. Netzwerke stärkten Unternehmen, Forschungseinrichtungen und ganze Regionen.

Prof. Dr. Hans-Henning von Grünberg, Präsident der Hochschule Niederrhein, lobte in seinem Grußwort die Forschungs- und Transferarbeit der Teilprojekte. Er betonte den staatlichen Auftrag einer Hochschule, jungen Menschen einen Einstieg in das Berufsleben zu ermöglichen und erklärte, dass gerade der Praxisbezug des TKV FO-Projekts für die Studierenden einen realen Kontakt mit der Arbeitswelt ermöglichte. Dadurch veränderten solche Forschungsprojekte die Qualität der Lehre und brachten einen berufsorientierten Mehrwert für Hochschule und Studierende. An der Hochschule Niederrhein sei das TKV FO durch

die Kombination aus Wissenstransfer und Lehre ein Vorzeigeprojekt, das einer Fortführung bedürfe.

Dr. Hans-Joachim Weintz von der J. W. Ostendorf GmbH & Co. KG (JWO) widmete sich in der Keynote den ressourcenschonenden und gesundheitsunbedenklichen DIY-Beschichtungsstoffe. Dabei ging er auf die Untersuchungen des Unternehmens JWO zur Ökobilanz und den Product Carbon Footprint von Lacken ein. Umwelt- und Gesundheitsauflagen machten innovative Ansätze in der Lackentwicklung bei geforderter gleichbleibender Qualität des Produkts notwendig. Zum Beispiel würde der Crowding (Konglomeration) Effekt bei Titandioxid-Farbstoffen hoher Konzentration durch neuartig entwickelte Bindemittel vermieden. Durch Effizienzsteigerungen bei der Inline Dissolver Technologie konnte der corporate carbon footprint um 50 % gesenkt werden.

In den Kurzvorträgen erläuterte Prof. Lenz die Projekte der Säule 1 und berichtete über die hervorragenden konservierenden Eigenschaften des neu entwickelten AMI-NAT 100 (SAM Polymer), das sowohl gegen Mikroorganismen als auch gegen Pilze wirkt. Es eigne sich sowohl als Lackadditiv als auch in der Membranherstellung. Geprüft wurde die Wirksamkeit nach verschiedenen weltweiten Standards.

Jürgen Tomaszewski von der ZINQ Technologie GmbH referierte zu Säule 2 über neue Möglichkeiten der Mikroverzinkung und berichtete über eine Verdopplung der Korrosionsschutzfähigkeit. Ergebnis des Projektes ist ihm zufolge unter anderem ein neues Technikum und eine neue Anlage in Hagen.

Dr. Michael Korgner von der Hochschule Niederrhein berichtete im Zusammenhang mit Säule 3 über eine neue

Technologieplattform für den Inkjet-Textildruck, der es ermögliche, in einem Arbeitsschritt und ohne Schablone verschiedene Textilien und Muster zu drucken. Das bedeutet eine deutliche Flexibilitäts- und Effizienzsteigerung gegenüber bisherigen Methoden. Die Tinten sind gekapselt, wasserfest, geruchsneutral und ungiftig.

Dr. Gerwin Schüttpelz von cph stellte die Ergebnisse in der Entwicklung innovativer Klebstoffe für die Flaschenetikettierung vor. Er betonte aber auch die erfolgreiche und offene Zusammenarbeit der Forschungsteams aus Industrie und Hochschule und erklärte, dass gerade der interdisziplinäre und grenzüberschreitende Ansatz des Projektes den Horizont erweiterte und neue Geschäfte initiiert wurden. In Essen wurden durch das Projekt drei neue Arbeitsplätze geschaffen, in den Niederlanden einer.

Dr. Jens Pudewills von der Deutschen Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e.V. berichtete abschließend zu Säule 5 über die Erstellung des Powder Navigators. Dieser ermöglicht es, aus einer Datenbank heraus das beste Verfahren und Material für eine Pulverbeschichtung eines bestimmten Werkstoffes zu ermitteln – ohne zahlreiche Vorversuche. Der Navigator ist nach seiner Aussage in der Vermarktungsphase und schließt eine wegen des hohen Diversifizierungsgrades im Pulverlackmarkt entstehende Lücke. Er beurteilt die Pulver nach Fluidisierbarkeit, Haftungsfähigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Verarbeitbarkeit. Der Navigator erreichte den 2. Platz in einem niederländischen Innovationswettbewerb und wird nun von der DFO weiterentwickelt. M. Rühle

Netzwerk Oberfläche NRW e.V.,  
Mendelstraße 11, D-48149 Münster

➔ [www.technologiefoerderung-muenster.de](http://www.technologiefoerderung-muenster.de)

**AKTUELLES** aus Wirtschaft, Wissenschaft und Technik

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

Umfassend und immer auf dem neuesten Stand!

## Gelungener 22. Galvano Golf Cup in Bad Salzuflen



Die Ausrichter des 22. Galvano Golf Cups, Mario Wehner und Ralph Blittersdorf, waren mehr als zufrieden

Die 52 Teilnehmer und Teilnehmerinnen am GC 2015 setzten sich aus 37 Spielern, 6 Schnupperern und 9 Begleitern beziehungsweise Begleiterinnen zusammen, die alle auf Ihre Kosten gekommen sind. Schon zur Einspielrunde am Freitag, 19. Juni, waren 25 Gäste angereist und beim ausgelassenen Barbecue am Eröffnungsabend diskutierten alle 52 Teilnehmer den Schwierigkeitsgrad des 1956 gebauten Salzufler Golfplatzes.

Siegerin des Turniers um den 22. Galvano Golf Cup am Samstag war Dorothea Christ, Geschäftsführerin der Firma Assmus (Dietzenbach): *Ein wunderschöner, anspruchsvoller Golfplatz, gute Stimmung im Flight und ein bisschen Glück haben mir den Bruttosieg ermöglicht und ich bin stolz, in*

*Zukunft mit einem goldenen Putter meine Runden zu drehen.*

Den Nettosieg hat sich Jörg Reinmuth, Inhaber der Firma Reinmuth (Bürgstadt), erspielt und ließ den gefüllten Wanderpokal anschließend kreisen.

Mario Wehner, geschäftsführender Gesellschafter der Unternehmen Anke (Essen) und Strötzel (Hildesheim) betonte, dass dank der Sponsoren sensationelle Preise möglich gemacht werden konnten. Mit Champagner, diversen Trophäen und Sachpreisen, dem Wanderpokal und dem goldenen Putter konnten allen Gewinnern und Gewinnerinnen gerecht werden.

Durchweg positiv wurde das Hotel Altstadt Palais Lippischer Hof bewertet, das mit seinem gemütlichen Wellness-Ambiente und der guten Lage zum Golfplatz eine gelungene Wahl war. Das Abschlussevent im *The View* mit Preisverleihung und Blick über Bad Salzuflen empfanden alle als krönenden Abschluss. Ein Spaßkellner sorgte für erheitende Einlagen, das Buffet war ein Genuss, die Preise natürlich die Highlights und ein DJ sorgte für die richtige Stimmung bis in die frühen Morgenstunden. *Wir bedanken uns bei allen Sponsoren für die großzügige finanzielle Unterstützung und bei den Teilnehmern und Teilnehmerinnen für das positive Feedback, freut sich Ralph Blittersdorf, Geschäftsführer von Dr. Hesse (Bielefeld).*

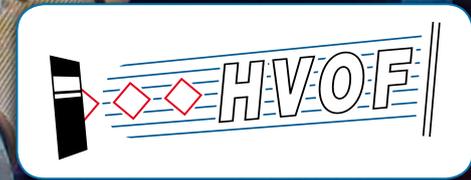
Der nächste, 23. Galvano Golf Cup im Juni 2016 findet in Leipzig statt. Es sind alle Golfreunde der Galvanobranche herzlich willkommen. Ausrichter wird die Vopelius Chemie AG sein.

**Kontakt:**

☞ [stoffers@vopelius-chemie.de](mailto:stoffers@vopelius-chemie.de)



REGISTER NOW!  
JETZT ANMELDEN!



### 10<sup>TH</sup> COLLOQUIUM HIGH VELOCITY OXY-FUEL FLAME SPRAYING

HOCHGESCHWINDIGKEITS-  
FLAMMSPRITZEN

29–30 OCTOBER 2015  
ERDING, GERMANY

TECHNOLOGY • APPLICATIONS

NEWS • TRENDS

INTERNATIONAL SPEAKERS

SIMULTANEOUS TRANSLATION

EXHIBITION



HVOF-KOLLOQUIUM 2012



Info and registration • Info und Anmeldung  
[hvof.gts-ev.de](http://hvof.gts-ev.de)

## Ausgezeichnet innovativ: Bader Pulverbeschichtung

Bader Pulverbeschichtung gehört zu den innovativsten Mittelständlern Deutschlands – Preisverleihung durch Ranga Yogeshwar

**Erfolg durch unternehmerische Weitsicht:** Die Bader Pulverbeschichtung GmbH wurde am 26. Juni auf dem Deutschen Mittelstands-Summit in Essen als eines der innovativsten Unternehmen im deutschen Mittelstand ausgezeichnet. Top 100-Mentor Ranga Yogeshwar ehrt das Aalener Unternehmen mit dem seit über 20 Jahren verliehenen Top 100-Siegel. Zuvor hatte sich Bader Pulverbeschichtung einem zweistufigen Analyseverfahren unterzogen.

Die Auszeichnung der Bader Pulverbeschichtung GmbH ist das Ergebnis einer überzeugenden Mannschaftsleistung. Zum einen investiert Geschäftsführer Matthias Bader 50 % seiner Arbeitszeit in den Innovationsprozess und bringt das Wissen aus 20 Weiterbildungstagen im Jahr in den Betrieb ein. Zum anderen steht hinter dem Erfolg des Aalener Spezialisten für Oberflächenveredlung ein Team mit 15 hoch motivierten Mitarbeitern. Sie erhalten regelmäßig Schulungen von externen Coaches zum Thema Innovation. Da bleiben die guten Ideen nicht aus: 80 % der Mitarbeiter-vorschläge wurden 2014 realisiert. Bader honoriert das mit einer Erfolgsbeteiligung und Team-Events wie einer Quadtour, einem Gokartrennen oder gemeinschaftlichem Eislaufen.

Auch wenn das Familienunternehmen im nächsten Jahr bereits 30 Jahre alt wird, gibt es immer wieder neue Projekte, die den Chef begeistern. Als nächstes will er den Korrosionsschutz von Land- und Baumaschinen verbessern. Deren bunte Lacke sind eine Herausforderung für den Pulverbeschichter, was Matthias Bader jedoch nicht abschreckt.

Die guten Ideen und ihre schnelle Umsetzung sind ein entscheidender Wettbewerbsfaktor für das Unternehmen, wie Matthias Bader betont. Deshalb wird viel Zeit und Aufwand in das Innovationsmanagement investieren. Wir setzen Dabei wird auf den Ideenreichtum aller Mitarbeiter geesetzt, weshalb ihnen der Dank der Geschäftsführung für das Erreichen der Top 100-Auszeichnung gebührt.

Grundlage der Auszeichnung mit dem „Top 100“-Siegel ist eine zweistufige Analyse,

die Prof. Dr. Nikolaus Franke und sein Team vom Lehrstuhl für Entrepreneurship und Innovation der Wirtschaftsuniversität Wien entwickelt haben. Die Wissenschaftler untersuchen das Innovationsmanagement und den Innovationserfolg der mittelständischen Unternehmen anhand von über 100 Parametern in fünf Kategorien. Über die Vergabe der Auszeichnung entscheidet allein die wissenschaftliche Leitung. In diesem Jahr haben Franke und sein Team so viele Anmeldungen wie noch nie geprüft: Von 302 Qualifikanten schafften es 234 Unternehmen ins Finale. 178 von ihnen erhalten in drei Größenklassen (maximal 100 Unternehmen pro Größenklasse) die Auszeichnung. Den Rahmen für die Preisverleihung bildet der Deutsche Mittelstands-Summit in Essen.

Zusammen meldeten die Top-Innovatoren in den vergangenen drei Jahren 3405 nationale und internationale Patente an. Knapp 41 % ihres Umsatzes erzielten sie zuletzt mit Marktneuheiten und Verbesserungen, die sie vor der Konkurrenz auf den Markt brachten (Durchschnitt aller KMU in Deutschland: 6,6 %). Die Top-Innovatoren investieren im Schnitt 10,5 % ihres Umsatzes in Forschung und Entwicklung (Durchschnitt aller KMU in Deutschland: 1,5 %).

### *Bader Pulverbeschichtung GmbH*

Gegründet 1986 von Matthias Bader. Mit 18 Mitarbeitern werden rund um das Thema Farbe und Rostschutz individuelle Lösungen für besondere Produkte angeboten. So wurden bereits Skiliftanlagen in Aalen oder die Geländer für das Legoland in Günzburg in den typischen Legofarben beschichtet. Matthias Bader engagiert sich in eigenen



Susanne Bader (li.) und Matthias Bader (re.) mit Ranga Yogeshwar bei der Preisverleihung in Essen

Forschungsprojekten, ist aber auch als Mittelstandspartner beteiligt bei Forschungen der Fraunhofer Gesellschaft oder des fem Forschungsinstitut Edelmetalle & Metallchemie. Bereits seit 15 Jahren engagiert er sich in vielen Belangen der Ausbildung in dem jungen Beruf Verfahrensmechaniker für Beschichtungstechnik. Als Vorsitzender der techn. Kommission im Verband QIB wirft Matthias Bader immer beide Augen auf Qualität und die Qualitätskontrolle.

### *compamedia*

*Mentor der besten Mittelständler*

Die 1993 gegründete compamedia GmbH organisiert mit 15 Mitarbeitern die bundesweiten Unternehmensvergleiche *Top 100* (seit 1993) und *Top Consultant* (seit 2010). Das Unternehmen arbeitet dabei mit namhaften Universitäten zusammen.

➔ [www.bader-pulver.de](http://www.bader-pulver.de)

## Erfolgreiches ZVO-Grundlagen-seminar Galvanotechnik

Die moderne Oberflächentechnik kommt in allen Segmenten des produzierenden Gewerbes zum Einsatz. Kein Auto verlässt das Band, bei dem nicht wesentliche Teile oberflächenveredelt sind. Die moderne Medizintechnik ist ebenfalls ohne Verfahren der Oberflächentechnik nicht denkbar, aber auch Bauwirtschaft und Sanitärindustrie, die Elektrotechnik und die Elektronikindustrie kommen ohne Oberflächenveredelung nicht aus. Daher ist es nicht verwunderlich, dass die Oberflächentechnik in Deutschland eine der am dynamischsten wachsenden Branchen ist.

Bei dem inzwischen dreimal jährlich stattfindenden Grundlagenseminar der Galvano- und Oberflächentechnik bietet die ZVO Akademie die Möglichkeit, die Grundlagenkenntnisse in diesem Bereich aufzufrischen beziehungsweise zu verbessern. Zahlreiche Teilnehmer nutzten diese Möglichkeit und fanden sich vom 9. bis 11. Juni in den Räumen der Qubus GmbH in Schwäbisch Gmünd ein.

Das erfolgreiche ZVO-Seminar richtet sich an *Quereinsteiger* aus den Bereichen Qualität, Einkauf, Arbeitsvorbereitung und Vertrieb. Ziel des Seminars ist es, den Teilnehmern einen Überblick über die Branche der Oberflächentechnik, über Schichtsysteme, die Prüfung von Schichten, Prozesskontrolle, Anlagengestaltung und Umweltrecht zu vermitteln. Die Teilnehmer sollen am Ende ein Verständnis für Galvanotechnik entwickeln und somit im beruflichen Alltag einfache Frage- und Problemstellungen beantworten können.

Die Referenten aus der Praxis vermittelten an vielen Beispielen und konkreten Fragestellungen der Teilnehmer ein praxisnahes Bild der täglichen Arbeit.

Das nächste Grundlagenseminar der Galvano- und Oberflächentechnik findet vom 6. bis 8. Oktober 2015, ebenfalls in Schwäbisch Gmünd, statt. Anmeldungen können über die Geschäftsstelle des ZVO e. V. in Hilden vorgenommen werden.

➔ [www.zvo.org](http://www.zvo.org)



Teilnehmer des Juni-Seminars bei Qubus

Präzision  
im Detail



Kompakte Anlagen  
für dekorative  
und funktionelle  
Oberflächen

Leiterplattentechnik • Galvanotechnik • Oberflächenveredelung








**Walter Lemmen GmbH**  
 +49 (0) 93 42 - 7851  
[info@walterlemmen.de](mailto:info@walterlemmen.de)  
[www.walterlemmen.de](http://www.walterlemmen.de)

Wissenswertes und Aktuelles aus dem ZVO-Ressort REACH

# REACH und TTIP – Quo vadis?



Von Dr. Saša P. Jacob (ZVO/DGO, Hilden) und Paul Gehle (Dr. Hesse GmbH & Cie KG, Bielefeld)



Chemikaliengesetzgebung und wirtschaftliche Freihandelsabkommen haben auf den ersten Blick keine Gemeinsamkeiten, bedingen sich nicht gegenseitig oder stellen füreinander keine Stolpersteine dar. Aber weit gefehlt. Ein aktuelles und heftig diskutiertes Beispiel eines Freihandelsabkommens sei im Folgenden beschrieben.

REACH ist ein noch ein junges, revolutionäres und kaum erprobtes Mittel, um Chemikalien- und Stoffströme in der Europäischen Union zu regulieren. Das Transatlantische Freihandelsabkommen, offiziell Transatlantische Handels- und Investitionspartnerschaft (englisch Transatlantic Trade and Investment Partnership, TTIP, früher Trans-Atlantic Free Trade Agreement, TAFTA) wird seit 2013 zwischen der EU und den USA verhandelt. Ein erfolgreicher Abschluss verspricht für die Vertragspartner eine Vertiefung und Verbreiterung der Handelsbeziehungen und damit ein wirtschaftliches Wachstum. Mit positiven Auswirkungen auch für den einfachen Bürger und Kleinunternehmer. Der Beweis dafür steht noch aus.

Also finden im gleichen Zeitraum zur Umsetzung der EU-Chemikaliengesetzgebung (REACH) auch Verhandlungen auf internationaler Ebene zum Freihandelsabkommen TTIP statt.

Ein vorläufig verhandelter und in der Öffentlichkeit gut wahrgenommener Paragraph im TTIP-Abkommen sieht vor, dass zukünftig Gesetzesvorhaben zwischen Behörden der EU und der USA abgestimmt werden müssen. Dadurch soll den Partnern die Möglichkeit gegeben werden, Auswirkungen auf den beiderseitigen Handel zu ermitteln. Dieses passive Informationsrecht wird durch ein aktives Mitspracherecht flankiert. Damit erhielten die Handelspartner ein Machtinstrument und könnten unliebsame

Gesetze aufhalten, noch bevor sie von den jeweiligen Parlamenten diskutiert worden sind. Im Zweifelsfall ist gemäß dieser Vereinbarung die Möglichkeit gegeben, Staaten auf Entschädigung zu verklagen, wenn dadurch beispielsweise Chemikalien verboten wären, welche beim anderen Vertragspartner ohne Einschränkungen anwendbar sind. An dieser Stelle ist die Schnittstelle zu REACH zu beobachten. Ein interessantes Beispiel in der Anwendung eines Stoffes ist das des *Chlorhühnchens*, das durch die unsachliche und emotionale Diskussion berühmt wurde.

Werden die unterschiedlichen Chemikaliengesetzgebungen in der EU und der USA verglichen, ist der Wunsch der Industrie nicht zu verdenken, über TTIP auch eine Angleichung der Gesetzgebung zu erreichen. Die eventuell gewonnenen Erleichterungen wären für die Industrie und an dieser Stelle insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen höchst willkommen.

Nach dem US-System TSCA (Toxic Substance Control Act) liegt die Beweislast, dass eine Chemikalie giftig, umwelt- oder gesundheitsschädlich ist, bei den Behörden. Liegt ein solcher Beweis nicht vor, kann die betroffene Chemikalie weiter genutzt werden. Konkret bedeutet dies, dass Chemikalien ohne Prüfung in Verkehr gebracht werden können. Erst danach können Behörden aktiv werden und die Gefährlichkeit beweisen, um ein Produkt vom Markt nehmen zu können. In der EU dagegen müssen die Hersteller einer Chemikalie vor dem Inverkehrbringen Daten über die Sicherheit erbringen, wie es Artikel 5 der REACH-Verordnung kurz und prägnant auf den Punkt bringt: *No data – no market*.

Dass der US-amerikanische Ansatz ein hohes Risiko für Mensch und Umwelt birgt, ist dabei sicherlich ein guter Grund über die

Abwägung der beiden Systeme gut nachzudenken.

Die Lenkung und Überwachung von REACH übernimmt in der EU die ECHA (European Chemical Agency). In den USA sind die entsprechenden Behörden, welche die Umsetzung von Umweltschutzgesetzen begleiten, die EPA und die OCEFT (Office of Criminal Enforcement, Forensics and Training), wobei letztere die ausgegliederte Vollzugs- und Ermittlungsbehörde darstellt.

Die Vorteile eines Abkommens wären ohne Zweifel die Anerkennung von gegenseitigen Standards, was aber nur ein Teil der sogenannten regulatorischen Zusammenarbeit betreffen würde. So gibt es auch ein international gültiges Abkommen zur einheitlichen Kennzeichnung von Chemikalien, das aber von den USA und der EU unterschiedlich interpretiert wird. Hier bestünde die Chance auf Einigung, einheitlich zu kennzeichnen. Eine deutliche Erleichterung im Warenverkehr wäre die Folge.

Ohne noch auf die vielen ungeklärten Punkte in diesen Zusammenhängen einzugehen, stellt sich trotzdem die Frage, welchen Einfluss TTIP auf REACH noch nehmen wird und damit auch die US-amerikanische Gesetzgebung auf die der EU. Hier muss mit viel Weitsicht und Fingerspitzengefühl agiert werden, um ein angemessenes Interessensgleichgewicht zu schaffen.

Gerade weil die Ansprüche zur möglichen Einflussnahme auf das jeweilige Marktgeschehen weit auseinandergehen und die Gesetzgebungen so unterschiedlich sind, wäre es empfehlenswert, dass das Geschehen auch in der galvanotechnischen Branche stärker Beachtung findet. Eventuelle Vorteile könnten unterstützt und die mög-

## Chongqing (China) International Surface Finishing, Electroplating and Coating Exhibition

May 26–28 Chongqing • China



Explore the big market in West China, Lead the surface finishing trend in 2016

### Organizers

- China Electroplating Association
- China Surface Engineering Association Painting of Branch
- Chongqing Surface Engineering Association
- Chongqing Surface Engineering Technology Society
- Chongqing Painting Industry Association
- Wise Exhibition (Guangdong) Co., Ltd.

### Joint Organizers

- Sichuan Province Surface Engineering Industry Association
- Guizhou Province Equipment Manufacturing Association Surface Engineering Branch
- Gulyang Surface Engineering Industry Association
- Guangxi Province Surface Engineering Industry Association



### Contact



Wise Exhibition (Guangdong) Co., Ltd.  
TEL: +86-20-29193506/97  
E-mail: wise.expo@hotmail.com  
sfexpo@hotmail.com

### Newsticker des ZVO-Ressorts REACH

Am 1. Juli 2015 hat die ECHA die sechste Stoffliste veröffentlicht, in der Stoffe zur Priorisierung empfohlen werden. Dazu gehören auch die für die Galvanotechnik relevanten Borsäure, Borate und ethoxylierten Nonylphenolverbindungen. Die empfohlenen Stoffe liegen nun der EU-Kommission zur Entscheidung vor, ob sie in den Anhang XIV aufgenommen werden. Der ZVO empfiehlt, die eigenen Prozesse zu prüfen und den Austausch mit dem Lieferanten zu intensivieren. Mehr dazu ist im Internet zu finden unter:

<http://zvo.org/aktuelles/detailansicht/artikel/kommt-borsaeure-in-den-anhang-xiv.html>

Am 15. Juni 2015 hat die ECHA die Kandidatenliste (SVHC-Liste) mit zwei neuen Einträgen ergänzt und dabei zwei weitere Stoffe auf diese Liste aufgenommen. Bei diesen Stoffen handelt es sich um eine Serie gemischter Alkyldiester (CAS-Nr. 68515-51-5 und 68648-93-1) und eine Gruppe von 1,3-Dioxanderivaten, unter anderem mit dem Handelsnamen *Karanal*, als Gruppeneintrag (CAS-Nr. nicht verfügbar). Die Alkyldiester wurden aufgrund ihrer reproduktionstoxischen Eigenschaften gemäß Artikel 57c, die 1,3-Dioxane wegen ihrer vPvB-Eigenschaften gemäß Artikel 57e der REACH-Verordnung aufgenommen. Schweden beziehungsweise die Niederlande hatten diese Stoffe für die Aufnahme in die Kandidatenliste vorgeschlagen. Die Kandidatenliste beinhaltet nun aktuell 163 Stoffe. Die Galvanikbranche ist von dieser Aktualisierung glücklicherweise nicht betroffen.

lichen Einschränkungen früh genug erkannt und angesprochen werden.

Schwierig dabei ist, dass ein Großteil der Verhandlungen geheim geführt wird, so dass unklar ist, inwiefern TTIP die aktuelle Umsetzung der REACH-Verordnung im Nachhinein beeinflussen könnte und aktuelle Anstrengungen überflüssig macht.

So hat sich der Verband der Chemischen Industrie (VCI) unlängst zu der Verschiebung der Abstimmung über die TTIP-Resolution geäußert.<sup>1)</sup> Weiterhin wird die Hoffnung formuliert, dass es bald zu einer Einigung kommt. Eine Zusammenarbeit böte der deutschen chemischen Industrie die Möglichkeit, dass unnötige Doppelarbeiten und Bürokratiekosten abgebaut werden können und langfristig gemeinsame Schutzstandards mit globalem Modellcharakter etabliert werden können.

Gleichzeitig machte der Hauptgeschäftsführer des VCI Utz Tillmann aber auch bereits 2014 klar: *Wir nehmen die Bedenken der EU-Parlamentarier und der Öffentlichkeit ernst: Die deutsche chemische Industrie bekennt sich zu REACH; TTIP werde auf keinen Fall zu einer Aufweichung von Standards in der Chemikaliensicherheit führen. Eine gegenseitige Anerkennung sei nur möglich, sofern das angestrebte Schutzniveau vergleichbar sei. Die*

chemierelevanten Regulierungen – TSCA in den USA und REACH in der EU – seien aber zu unterschiedlich ausgelegt. Eine gegenseitige Anerkennung sei daher nicht sinnvoll und auch nicht Ziel der EU-Kommission in den Verhandlungen.

Eine Abhängigkeit zwischen Chemie, Wirtschaft und Politik ist also klar erkennbar und in Zukunft nicht voneinander trennbar.

Der ZVO beobachtet die Entwicklungen und ist bereit, dazu gestalterisch mit einzugreifen. Selbstverständlich nur für den Fall, dass die Mitglieder dies für erforderlich erachten.

### Aufruf zur Mitarbeit in den ZVO-Ressorts

Die Galvano- und Oberflächentechnik ist direkt oder indirekt immer im Fokus von Regulierungsbestrebungen der Behörden. Der ZVO als Branchenvertreter kann nur dann für die Branche eintreten, wenn genügend Rückhalt und Engagement der Mitgliedschaft besteht. Im hohen Maße sind dabei die Anwender von Verfahren gefragt, da nur diese zum einen ihre Anforderungen formulieren und andererseits gegenüber Behörden glaubhaft als Betroffene vertreten können. Nur durch das verstärkte Einbringen von Anwendern ist eine weitere fokussierte und zielgerichtete Interessensvertretung möglich.

Daher liegt Mitgestaltung der Ressorttätigkeiten im unmittelbaren unternehmerischen Interesse. Der ZVO und das Ressort REACH freuen sich auf Ihre Eingaben und Ihre Mitarbeit.

1) [www.vci.de/presse/pressemitteilungen/verhandlungen-nicht-verzoegern-vci-zur-verschobenen-ttip-resolution-des-europaeischen-parlaments.jsp](http://www.vci.de/presse/pressemitteilungen/verhandlungen-nicht-verzoegern-vci-zur-verschobenen-ttip-resolution-des-europaeischen-parlaments.jsp)



Scan for details

[www.sf-expo.cn/cq/en/](http://www.sf-expo.cn/cq/en/)

## Marc Holz jetzt ö.b.u.v. Sachverständiger

Dipl. Chem. Marc Holz wurde vor kurzem zum öffentlich und vereidigten Sachverständigen durch die IHK Ostwürttemberg für den Fachbereich Korrosions- und Oberflächenschutz durch Beschichtungen insbesondere bei Metallen, Faserverbundstoffen und Kunststoffen bestellt. Marc Holz arbeitet seit vielen Jahren beim IFO Institut für Oberflächentechnik GmbH und ist dort Bereichsleiter für Sachverständigenwesen, Forschung und Entwicklung.



Übergabe der Bestellsurkunde durch Klaus Moser (links), Hauptgeschäftsführer der IHK Ostwürttemberg, an Marc Holz (rechts)

## EnviroChemie erhält Patent zur Entfernung von Aluminium aus Waschlauge

Im Rahmen der Forschungsstrategie *Rückgewinnung und Recycling von Wertstoffen aus industriellen Produktionskreisläufen und Abwässern* entwickelten die Forscher der Envirochemie ein Verfahren zur Entfernung von Aluminium aus Waschlauge. Im Vordergrund des Entwicklungsauftrages stand ein wirtschaftliches Verfahren, mit dem Aluminium in unterschiedlichen Konzentrationen aus stark alkalischen Waschlauge entfernt und die Waschlauge wieder eingesetzt werden kann.

Der Aluminiumeintrag in die stark alkalische Waschlauge hat zur Folge, dass sich die Standzeit der Waschlauge verkürzt beziehungsweise mit der Zeit unbrauchbar wird. Das nun entwickelte Verfahren basiert darauf, dass durch Zugabe von Waserglas (Alkalisilikaten) das Aluminium in eine feste Form (sogenannte Zeolith-Ausfällungen) überführt wird. Die Ausfällungen werden im Anschluss über eine Membranfiltration im Querstromverfahren aus der Waschlauge abgetrennt. Die Wiederaufbereitung der Waschlauge kann hier als kontinuierlicher Prozess ablaufen, sodass der Betrieb des Waschbades nicht unterbrochen werden muss.

Wie Dr. Engelhart, der Leiter der Forschung und Entwicklung bei EnviroChemie berichtet, hat sich das Verfahren bereits in einem Einsatz zur Aufbereitung von Waschlauge aus der Flaschenreinigung in der Getränkeindustrie erfolgreich bewährt.

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

## Die Zukunft edel gestalten

Um die Kontinuität und Fortführung der vertrauensvollen und zuverlässigen Zusammenarbeit mit bestehenden und zukünftigen Kunden zu gewährleisten, verstärkt Dipl.-Ing. Arwed Gößler seit dem 1. Juni 2015 die Geschäftsführung der MTV Metallveredlung. Der 48-jährige gelernte Maschinenbau- und Schweißfachingenieur war zuvor 17 Jahre beim Unternehmen *Geitzenauer* als Betriebsleiter tätig. Seine berufliche Laufbahn begann er als



Qualitätssicherer und später als Projekt-Ingenieur bei der Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS), wo bereits erste Beschichtungsanwendungen gemeinsam mit der MTV erfolgreich auf den Weg gebracht wurden. Arwed Gößler soll in Zukunft die Geschäftsführung der MTV Metallveredlung übernehmen und auf die Herausforderungen des Marktes einstellen. Er wird dazu im Laufe der nächsten Monate sukzessive die Leitung vom geschäftsführenden Gesellschafter Klaus Wilbuer übernehmen.

➔ [www.mtv-gmbh.com](http://www.mtv-gmbh.com)

## Schulte Söhne erweitert Angebot

Die Heinrich Schulte Söhne GmbH & Co KG hat am Standort Arnberg/Oeventrop ergänzend zum Angebot der Hartverchromung eine Anlage zur Aufarbeitung von Pressblechen, beispielsweise für die Laminatindustrie, Kunststoffindustrie oder für die Herstellung von Spanplatten, installiert.



Hierdurch ist das Unternehmen in der Lage, Bleche bis zu einer Größe von 6,05 m Länge und 2,36 m Breite zu polieren und zu mattieren. Es ist möglich Heizplatten zu bearbeiten. Auf Wunsch kann auch eine Komplettaufarbeitung durchgeführt werden.

➔ [www.schulte-soehne.de](http://www.schulte-soehne.de)

## INSERENTENVERZEICHNIS

Airtec Mueku GmbH	27	Harter GmbH	29	Poeton Industries Ltd.	49
Benseler-Firmengruppe	15	Hendor Pompen BV	48	Ruhl & Co. GmbH	39
Bohncke GmbH	43	Initiative Zink	41	Sager+Mack GmbH	1
Coventya GmbH	25	L&R Kältetechnik GmbH & Co. KG	35	Schall Messen	19
Dörken AG	U2	Walter Lemmen GmbH	53	SFChina	55
ELB Zerrer GmbH	U4	Mazurczak GmbH	37	Softec AG	39
Helmut Fischer Messtechnik	7	Munk GmbH	47	Steinbeis-Transferzentrum	17
FST Drytec GmbH	33	NovoPlan GmbH	13	TIB Chemicals AG	37
GF Machining Solutions	9	Orben Wassertechnik	23	Wirtschaftsförderung Pforzheim	U3
Gross Wassertechnik	31	OTTI e.V.	21	Wocklum Gruppe	45
GTS e.V.	51	Oxford Instruments	33		

## Pforzheimer Werkstofftag 2015 Werkstoffaspekte in der Oberflächentechnik

Donnerstag, 1. Oktober 2015  
8:00 bis 18:00 Uhr  
CongressCentrum Pforzheim



### Fachvorträge

- Zeit- und kosteneffiziente Ermittlung des Ermüdungsverhaltens sicherheitsrelevanter Werkstoffe und Bauteile
- Zinn-Silberlegierungen als alternative Kontaktbeschichtung im Automotive- und Industriebereich: Etablierte Lösungen und neue Möglichkeiten
- Vorteile von Kupfer-Aluminium-Verbundwerkstoffen bei der Anwendung in der Elektronik und Elektrotechnik
- Galvanische Abscheidung von Schichtwerkstoffen für die Steckverbinderindustrie
- Anwendungsbeispiele der PVD-Beschichtung mit Edelmetallen für die Medizintechnik, Kontakttechnik und Sensorik
- Lasermaterialbearbeitung in der Oberflächentechnik
- Das Nickel-, Palladium-, Gold-Nanoschichtsystem als alternative Drahtbondoberfläche – vom Labor zur Serie
- Phasenfeld-Simulationen des Benetzungsverhaltens von Flüssigkeiten auf festen Werkstoffoberflächen
- Ressourceneffiziente Herstellung von NdFeB-Hartmagneten aus Recyclingmaterial
- Einsatz von Laser- und Diffusionsschweißen zur Herstellung mikrostrukturierter Apparate
- Selektives Laserschmelzen – 3D-Druck in Metall
- Al/Cu-Hybridmaterial, eine Werkstoffkombination mit vielfältigen neuen Anwendungsmöglichkeiten

HOCHFORM

PRÄZISIONSTECHNIK  
AUS PFORZHEIM



Baden-Württemberg International

HOCHSCHULE PFORZHEIM



Unterstützt durch:



Kooperationspartner:



**ELB-**

**CERANOD® outside.**  
Oberflächen für Al, Mg, Ti.

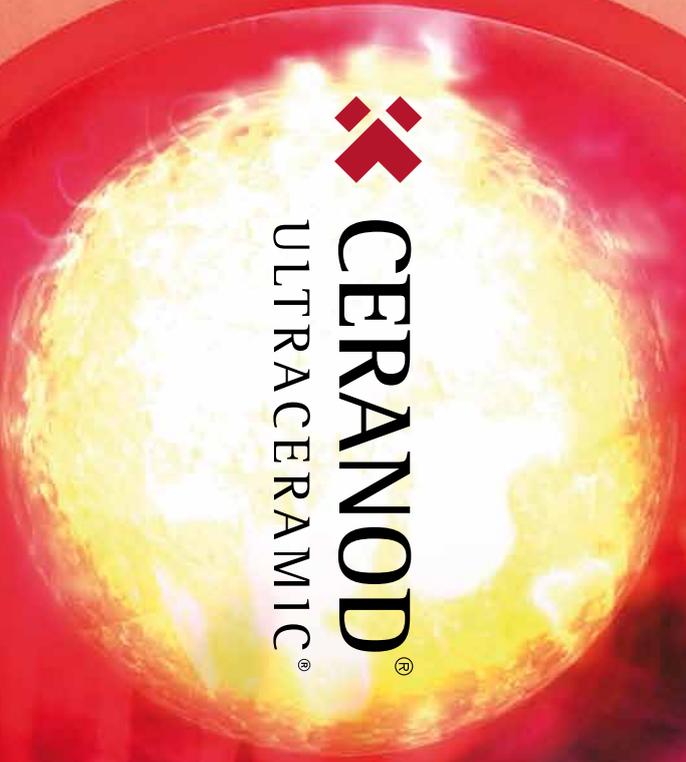


# Ihre Aufgabe von außen gelöst: CERANOD® Ultraceramic

funktional · dekorativ ·  
**non plus ultra** ·  
protektiv ·  
CERANOD® outside.

**CERANOD® outside.** Leichtmetall-Oberflächentechnik

**Außen ist unsere stärkste Seite.**



**CERANOD®**  
ULTRACERAMIC®