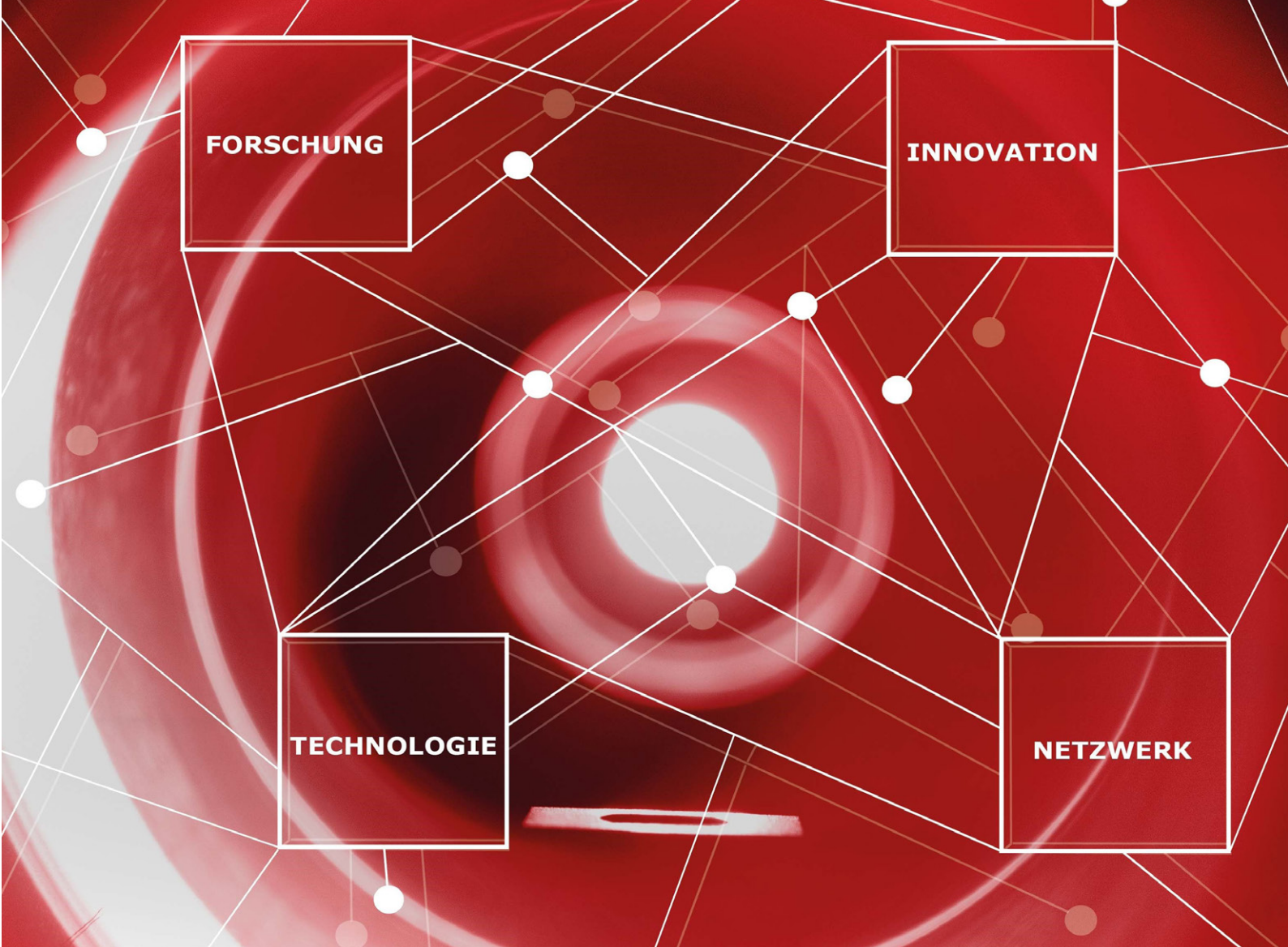




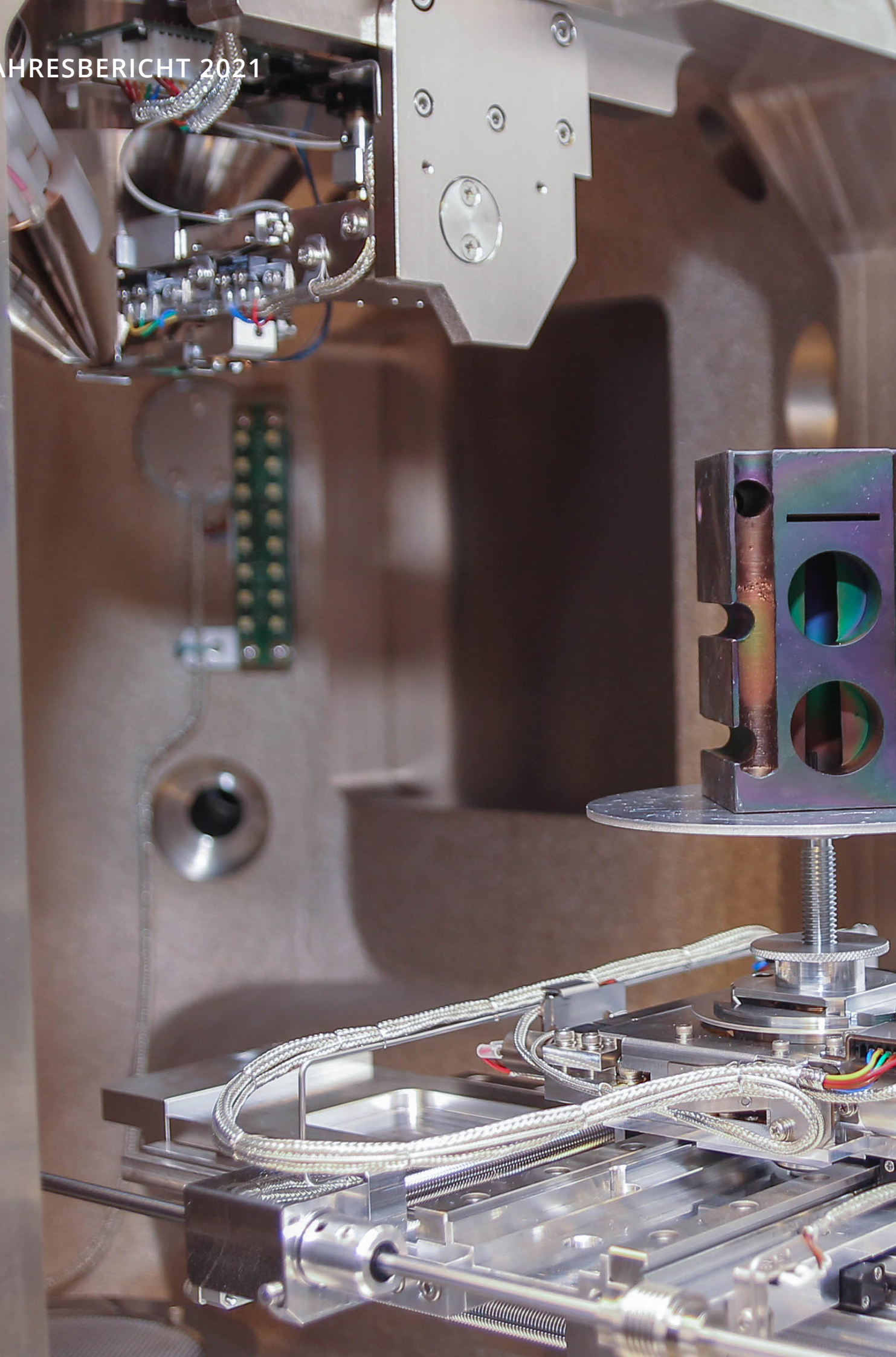
FORSCHUNG

INNOVATION

TECHNOLOGIE

NETZWERK

GEMEINNÜTZIGE KIMW FORSCHUNGS-GMBH
JAHRESBERICHT 2021



INHALT

ALLGEMEINES	4
WISSENSCHAFTLICHE TÄTIGKEITEN	10
NETZWERK	46
AUSSTATTUNG	49
ÖFFENTLICHKEITSARBEIT UND WISSENSTRANSFER	59



Udo Hinzpeter
- Geschäftsführer -



Frank Mumme
- Geschäftsführer -

VORWORT

ANALYTIK UND SCHICHTINNOVATION, LOCK-DOWN BEI FORSCHUNGSFÖRDERUNG, KURATORIUM UND SERVICE FÜR INNOVATIONEN

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

die pandemiebedingten Auswirkungen beeinflussen nach wie vor unseren Geschäftsbetrieb nachhaltig. Die erforderlichen und immensen Änderungen waren und sind weiterhin herausfordernd. Wir sind sehr froh und dankbar, dass keiner unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an Corona erkrankt ist und wir trotz aller widrigen Umstände unsere Ziele im Jahr 2021 erfüllen konnten sowie den Personalstand von 20 auf dem Vorjahresniveau halten konnten. Die Auftragsforschung und die Dienstleistungsbereiche entwickelten sich im abgelaufenen Jahr sehr positiv. Ebenso positiv zeigte sich der Einfluss der Aufstockung von Förderquoten für bestimmte Förderprogramme in 2021. Beide Entwicklungen ermöglichten eine höhere Quote an Investitionen in Anlagentechnik und Ausstattung. Weiterhin hat sich wieder einmal gezeigt, dass die mittelständisch geprägte Kunststoffindustrie trotz Corona offen gegenüber Innovationen und neuen Ideen ist und diese auch mittels Förderungen umsetzen und auch bereitwillig professionelle Unterstützung bei der Beantragung in Anspruch nehmen will. Ebenso nimmt das Netzwerken zwischen KMU's und Forschungseinrichtungen zwecks Austausch von Informationen und zur Bildung von Kompetenzgemeinschaften einen immer höheren Stellenwert ein.

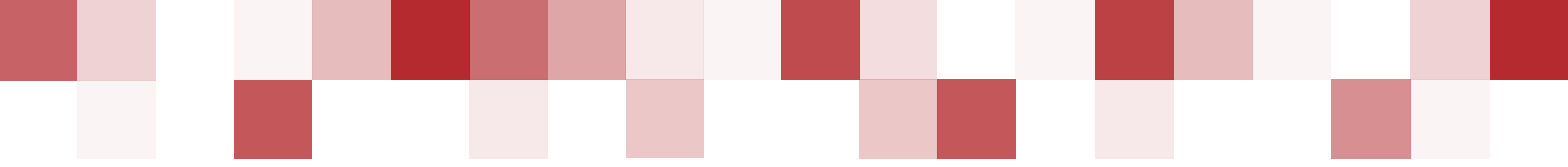
Implementierung Analytik:

Das Jahr 2021 stand auch im Zeichen der Einarbeitung,

weiteren Vertiefung und QS-Implementierung unserer leistungsfähigen Analytik zur Schichtentwicklung, wie z. B. Impedanzspektroskopie, Nanonidenter, Rasterelektronenmikroskop etc.. Diese Arbeiten bilden damit die Voraussetzung für die Neu- und Weiterentwicklung von Beschichtungen und führen weiterhin zu einem immer besseren Verständnis des Einflusses von Prozessparametern auf die erreichbaren Schichtqualitäten. Das damit verbundene deutlich höhere Qualitätsniveau spiegelt sich u. a. schon jetzt in den bisher erreichten Projektergebnissen und effizienteren Entwicklungswegen wider.

Neues Schichtsystem - 3D-Verschleißschutz:

Die vor drei Jahren begonnene Entwicklung von Hartstoffschichten auf Basis von Metallcarbiden konnte begleitend durch die beiden ZIM Projekte „Abracoat“ und „Sucre“ zur Marktreife entwickelt werden. Neben einer hohen Härte und Abriebfestigkeit wurde auch Wert auf eine gute Haftfestigkeit gelegt. Hierzu wurde eine mehrstufige Prozessführung entwickelt, die mittels einer Haftvermittlerschicht und einer darauf aufbauenden Gradientenschicht gleiche Haftfestigkeiten wie von industriellen PVD-Schichten bietet. Die sehr gute Spaltgängigkeit, bedingt durch die CVD-Prozessführung, erlaubt daher auch die Beschichtung komplizierter oder sogar hinterschnittiger Geometrien. Es stehen verschiedene Anlagenkonzepte zur Verfügung, die eine Schichtabscheidung bei ca. 300 °C ermöglicht. Formabmessungen bis zu einer Kantenlänge von 300 mm sind dabei umsetzbar.



Lock-Down bei ZIM:

In dem für die mittelständische Industrie und vielen forschungstreibenden Partnern wohl wichtigsten Förderprogramm ZIM können seit Mitte Oktober bis auf weiteres keine neuen FuE-Anträge mehr eingereicht werden. Die Schließung des ZIM-Programms wurde völlig überraschend und nur wenige Stunden vor Fristende bekanntgegeben und mit der Überzeichnung des Programms begründet. In Anbetracht der im September anstehenden Bundestagswahl und in der Vergangenheit damit immer verbundenen mehrmonatigen Haushaltssperren hatten wir bis auf einen Antrag alle geplanten ZIM-Anträge schon vorher eingereicht. In einem „packenden“ Finish konnten wir buchstäblich in letzter Sekunde auch den letzten Antrag noch vor Ende der Frist einreichen. Wir danken an dieser Stelle den involvierten Projektpartnern, die spontan reagiert und kooperiert haben. Wir hoffen, dass das ZIM-Programm nach der Verabschiedung des neuen Bundeshaushaltes wieder geöffnet wird.

Kuratorium - Sitzung in Präsenz:

Nach einem Jahr Pause konnte die jährliche Kuratoriumssitzung der gemeinnützigen KIMW Forschungs-GmbH wieder in Präsenz stattfinden. Mit einer fast vollständigen Neubesetzung konnten wir den überwiegenden Teil der Mitglieder in Lüdenscheid begrüßen, was uns sehr gefreut hat. Die anderen Mitglieder beteiligten sich mittels digitaler Zuschaltung an den anregenden und konstruktiven Diskussionen. Es hat sich trotz aller Vorzüge digitaler Kommunikationsmöglichkeiten wieder einmal gezeigt, dass Präsenzveranstaltungen das Maß aller Kommunikationswege sind. Dies hat sich an der hohen Interaktion, der Spontaneität und der Möglichkeit des gegenseitigen Kennenlernens der Teilnehmer geäußert.

Service für Innovationen – Innolab vom Start weg gut angenommen

Die in 2020 aufgebaute Service- und Beratungsplattform „Innolab“ hat in 2021 einen fulminanten Start hingelegt. Die Beratungsmöglichkeiten wurden von Kunden aus unterschiedlichsten Branchen mit verschiedensten Anliegen sehr gut angenommen. Dieser Zuspruch bestätigt unseren eingeschlagenen Weg und macht uns Mut diesen Service in den kommenden Jahren weiter auszubauen. Die Tätigkeiten erstreckten sich von kleinen Beratungsdienstleistungen oder der Unterstützung zur steuerlichen Forschungsförderung über die Durchführung von Studien bis hin zu aufwendigen Förderbeantragungen. Dabei hat sich gezeigt, dass unser Ansatz „Beratung aus der Praxis für die Praxis“ bei den Kunden sehr gut ankommt. Wir möchten mit Ihnen diese Entwicklungen weiterhin gemeinsam beschreiten.

Wir bedanken uns bei allen Projektpartnern, Kunden und Unterstützern für die vertrauensvolle Zusammenarbeit im zurückliegenden Jahr 2021.

Ein ganz besonderer Dank geht an unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die in diesem so schwierigen und außergewöhnlichen Jahr nie die Lust, Motivation und Zuversicht verloren haben und die anstehenden Aufgaben trotz aller Widrigkeiten und Umstände professionell abgearbeitet haben.

GRUSSWORT

WIRTSCHAFT TRIFFT WISSENSCHAFT UND START-UPS ETABLIERTE KMU

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Leserinnen und Leser des Jahresberichtes,

wer sich als Akteur aus Wirtschaft oder Wissenschaft mit dem Thema Vernetzung beschäftigt und an Forschungsförderung und -transfer interessiert ist, hat in NRW einen kompetenten Ansprechpartner. Seit 1984 kümmert sich das Zentrum für Innovation und Technik in NRW, kurz ZENIT, als Teil des Enterprise Europe Network (EEN) und als Koordinator zahlreicher ZIM-Projekte um die richtigen Verbindungen. Kooperationen von Start-ups und etablierten Mittelständlern fördert es darüber hinaus unter anderem durch die Auszeichnung mit dem Innovationspreis des Netzwerks ZENIT e.V.

In Südwestfalen gehört vor allem die stark mittelständisch geprägte kunststoffverarbeitende Industrie als Querschnittsbranche mit vielen Technologieführern und Hidden Champions zu den prägenden Wirtschaftszweigen.

Seit Januar 2022 bietet NRW.Europa als EEN-Partner kleinen und mittleren Unternehmen sowie Forschungsakteuren in und aus NRW ein noch umfangreicheres, kostenloses Beratungsangebot als bislang. Das bestehende Konsortium aus ZENIT GmbH (Konsortialführer) und NRW.BANK wurde erweitert um die NRW.Global Business GmbH und den IHK NRW e.V. Das NRW.Europa-Team konnte seit 2008 rund 8.000 kleine und mittlere Unternehmen rund um die Themen Innovation, Förderung/Finanzierung und andere EU-Themen beraten und 20.000 Teilnehmer bei Veranstaltungen begrüßen. Dieses Angebot kommt auch den Unternehmen in Südwestfalen zu Gute. Dazu passt sehr gut, dass mit der gemeinnützige KIMW Forschungs-GmbH (KIMW-F) ein Partner für konkrete Forschungs- und Entwicklungsprojekte (F&E), insbesondere in den Bereichen Beschichtungs-, Werkzeug- und Prozessentwicklung sowie der Materialentwicklung, als regionaler Partner die Kunststoffbranche tatkräftig unterstützen kann. Insbesondere der Mittelstand wird so in die Lage versetzt, Innovationen schneller umzusetzen. Die Aktivitäten der KIMW-F tragen dazu bei, den wissensbasierten und technologischen Strukturwandel in der Region zu begleiten und die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu erhöhen.

Schwerpunktthema Nachhaltigkeit

Innovative, international ausgerichtete und wachstumsorientierte Unternehmens- und Forschungsakteure erhalten von den NRW.Europa-Partnern

kompetente Angebote aus sechs Schwerpunktthemen, zu denen der Bereich Nachhaltigkeit gehört. „Dafür gibt es bei uns Beratung und Unterstützung zu systematischer Innovation und Veränderung. Ziel ist es, Geschäftsmodelle resilient zu gestalten und die Entwicklung entsprechender Dienstleistungen und Produkte zu fördern“ erklärt ZENIT-Geschäftsführer Dr. Karsten W. Lemke, der auch Vorsitzender des KIMW-F-Kuratoriums ist. Umweltschutz ist auch im Bereich der Technologieförderung DAS Zukunftsthema. Wer zukünftig eine Förderung für eine innovative Idee sucht, muss wissen, dass ein Drittel der Investitionen aus dem Aufbaupaket NextGenerationEU und dem Siebenjahreshaushalt der EU mit einem Umfang von insgesamt 1,8 Billionen Euro in den Green Deal fließt. Auch Bundes- und Landesmittel folgen diesem Trend. Um einzuschätzen, wo das eigene Unternehmen steht, hat ZENIT einen Online-Audit-CE-Check entwickelt.

Innovationspreis

Welch tolle Ideen und Produkte herauskommen, wenn umweltfreundliche Ideen von Start-ups auf gestandene Unternehmen und Forschungseinrichtungen treffen, bewiesen 28 spannende Bewerbungen um den Innovationspreis des Netzwerks ZENIT. Drei Kooperationsprojekte hatten es dieses Mal ins Finale geschafft und wurden am 17. Januar 2022 von NRW-Innovationsminister Prof. Dr. Andreas Pinkwart und dem Netzwerkvorsitzenden Thomas Eulenstein geehrt. Der bereits zum zehnten Mal vergebene Preis stand in diesem Jahr unter der Überschrift „Nachhaltigkeit und Resilienz“.

ZIM-Netzwerk MUPAM

Um Kooperationen geht es auch in den bei ZENIT angesiedelten ZIM-Netzwerken wie dem MUPAM (MULTiplikative Produkte im Additive Manufacturing). Das Innovationsnetzwerk, an dem auch die KIMW-F mitarbeitet, hat sich zum Ziel gesetzt, den Markt für kleine und mittlere Unternehmen weiter zu öffnen und Hürden durch Know-how-Transfer, Vernetzung und die Initiierung gemeinsamer Forschungs- und Entwicklungsprojekte zu senken.

Ihr
Dr. Karsten Lemke,
Geschäftsführer der ZENIT GmbH



TECHNOLOGIESCOUT

Dipl.-Ing. Marko Gehlen

INSPIRATION DURCH DEN BLICK ÜBER DEN TELLERRAND HINAUS

An der vierten Auflage des seit 11 Jahren laufenden Verbundprojekts beteiligen sich aktuell 12 Unternehmen aus den unterschiedlichsten Bereichen. Neben Firmen der Automobilzuliefererbranche sind beispielsweise auch Projektpartner aus dem Baugewerbe, dem Sanitärbereich, der Arbeitsschutzausrüstung, der Konsumgüterindustrie oder dem Werkzeugbau vertreten.

Technologiescout 4 ging im Frühjahr 2021 ins dritte Projektjahr und sollte nach einem Dreivierteljahr der totalen Verunsicherung und Lockdowns wieder durch mehr Präsenzveranstaltungen bereichert werden. Tatsächlich gab es jedoch erst in der zweiten Jahreshälfte eine Belebung durch größere Veranstaltungen, an denen Besucher teilnahmen, bevor es dann im Spätherbst erneut zu Einschränkungen kam.

Nach vielzähligen online-Veranstaltungen besuchte das Team Technologiescout Anfang September 2021 gleich vier zum Teil sich überschneidende Live-Events innerhalb einer Woche. Dies drückt vor allem die Schwierigkeit der Terminfindung für verschobene Veranstaltungen, die eigentlich für das Frühjahr geplant waren, aus. Die größte Messe mit rund 400.000 Besuchern war die IAA Mobility, die den Neuanfang nach dem Wechsel von Frankfurt nach München in Pandemiezeiten schaffen musste.



Abb. 1: IAA Mobility 2021 auf dem Dach des Mercedes-Benz Pavillons

Besonders hervorzuheben ist dabei das neue Konzept, mit dem die Veranstalter nicht nur das allgemeine Publikum einbeziehen, sondern auch die Veranstaltung in Richtung einer umfassenderen Mobilitätsmesse weiterentwickeln wollten, bei der neben der omnipräsenten Elektromobilität auch Antworten hinsichtlich einer modernen Städteplanung und auch alternative bzw. nachhaltige Mobilitätskonzepte präsentiert werden sollten.

Der Besuch des Anwenderkongresses Steckverbinder in Würzburg, der sehr praxisorientiert technische Aspekte beim Design und den Einsatz moderner Steckverbinder betrachtet und diskutiert, lieferte ebenso interessante Neuigkeiten wie die Regionalesse Kuteno in Rheda-Wiedenbrück und auch die VDI-Tagung PIAE 2021. Zum ersten Mal stand in diesem Jahr die Compounding World Expo in Essen auf dem Terminkalender des Technologiescouts, die sich speziell mit den vier Bereichen Compounding, Recycling, Extrusion und Prüfung befasste. Natürlich bildete auch hier das Thema Nachhaltigkeit den roten Faden der kleinen Messe.

Ein Highlight des Jahres war dann die Fakuma 2021 in Friedrichshafen, die nach dem Ausfall 2020 mit entsprechendem Hygienekonzept immerhin 1.470 Aussteller und fast 30.000 Besucher anlockte. Auch hier drehte sich alles um die Nachhaltigkeit: Neue Materialien, Recyclingfähigkeit, CO₂-neutrale Produkte und Verfahren sind dabei die wichtigsten Stichpunkte.



Abb. 2: Fakuma 2021 im Zeichen der Maske, Schall / agentur kindt

Zum Abschluss des Kalenderjahres 2021 konnte der Technologiescout auf fünf Präsenz-Veranstaltungen noch einige Neuigkeiten für seine Projektpartner recherchieren. Die Messen all about automation in Essen, die Automotive Interiors in Stuttgart oder die Formnext in Frankfurt lieferten ebenso wertvolle Beiträge wie die Tagungen zum Folienhinterspritzen am Kunststoff-Institut Lüdenscheid oder die nur alle zwei Jahre stattfindende Internationale Duroplasttagung in Iserlohn.

INNOLAB – FÖRDERUNG LEICHT VERSTÄNDLICH

Christian Rust, M.Eng.

KIMW-F ETABLIERT NEUEN SERVICE RUND UM FÖRDERMITTELBERATUNG

Mit Jahresbeginn 2021 startete unser Dienstleistungsangebot für die Service- und Beratungsplattform „InnoLab“. Rund um das Thema Fördermittel wurden im abgelaufenen Jahr sehr unterschiedliche Aufgaben und Kundenanfragen erfolgreich bearbeitet. Die Aktivitäten erstreckten sich von kurzen Recherchen nach passenden Fördertöpfen bis hin zur intensiven Unterstützung für umfangreiche Forschungsprojekte.

Einer der Erfolgsgaranten für die passgenaue Bearbeitung war und ist die eingehende Analyse und Beratung der unterschiedlichen Kundenanfragen. Nicht immer war den Kunden bewusst, dass für ihre Anliegen und Fragen auch passende Förderungen zur Verfügung stehen. Manchmal konnten Lösungen gefunden werden, die sich selbst für einen Experten nicht immer auf den ersten Blick erschlossen.

Das gesamte Dienstleistungsspektrum von „InnoLab“ umfasst neben der Beratung und Suche nach geeigneten Fördermitteln auch die inhaltliche sowie fachliche Unterstützung bzw. Bearbeitung von Förderprojekten. So wurden Fragen zur Beantragung der noch recht neuen steuerlichen Forschungszulage ebenso konkret und kundenspezifisch beantwortet, wie aber auch die Durchführung von vorwettbewerblichen Studien oder Machbarkeitsanalysen.

Aus der in der KIMW-F vorliegenden Verzahnung von Expertise im Förderbereich und dem gleichzeitig vorhandenen fachspezifischen Know-how entsteht für den Kunden ein intensiver und zielgerichteter Wissenstransfer. Dabei steht nicht immer nur die Entwicklung von Innovationen im Mittelpunkt der Überlegungen, sondern auch handfeste Fragestellungen, wie z. B. die Materialkosten bei einer bestehenden Fertigung gesenkt oder Bauteile nachhaltiger hergestellt werden können. Dabei ist es umso besser, wenn die Kosten für diese Tätigkeiten auch noch mit bis zu 80% gefördert werden. Noch erfreulicher, wenn durch die Beratungsergebnisse zeitnah umsetzbare Optimierungspotentiale beispielsweise zur Material- und Kostenreduzierung identifiziert werden.

Somit punktet der Kunde gleich doppelt.

In einem anderen Beispiel wurden für das Forschungsprojekt GLIM „GLas fabric Insert Molding“ große Teile der erforderlichen Projektadministration für die beteiligten Industriepartner übernommen. Die Erstellung des Zwischen- und Abschlussberichts war unter anderem ein Bestandteil der Unterstützung durch „InnoLab“. So berichtet Patrick Fronius vom Werkzeugbau Röttger: „InnoLab nimmt uns die zeitaufwändige Berichterstellung ab und wir können uns auf unsere Kernkompetenzen im Projekt und Tagesgeschäft konzentrieren. Egal ob bei wirtschaftlichen oder technischen Fragestellungen, wir konnten uns jederzeit auf die professionelle Unterstützung verlassen.“

Die zahlreichen und vor allem facettenreichen Kundenanfragen, die in 2021 an uns gerichtet wurden, zeigen, dass insbesondere die mittelständischen Unternehmen an unserer lösungs- und praxisorientierten Beratung und Zusammenarbeit zu fairen Konditionen auf großes Interesse stößt.

Insgesamt ist ein steigender Beratungs- und Unterstützungsbedarf in Verbindung mit einer größeren Bereitschaft der Unternehmen durch zielgerichtete Förderung, aktuelle oder zukunftssträchtige Themen anzugehen, zu verzeichnen.

Wir freuen uns auch zukünftig nicht nur als kompetenter Förderlotse, sondern auch bei der konkreten Projektumsetzung unseren Partnern zur Seite zu stehen.

MITARBEITER

GESCHÄFTSFÜHRUNG



**Dipl.-Ing.
Udo Hinzpeter**

+49(0)2351.1064-198
hinzpeter@kimw.de



**Dipl.-Ing.
Frank Mumme**

+49(0)2351.1064-139
mumme@kimw.de

GRUPPENLEITER/-IN



**Dr.-Ing.
Angelo Librizzi**

Prokurist Oberflächen-
technik-Formteile,
Prozesstechnik



**Vanessa
Frettlöh M.Sc.**

Beschichtungstechnik



**Dr.- Ing. Ruben
Schlutter**

Werkzeugtechnik,
Materialentwicklung

WISSENSCHAFTLICHE, TECHNISCHE MITARBEITER UND BERATER



**Dr. rer. nat.
Andreas
Balster**



**Dr.-Ing.
Anatoliy
Batmanov**



**Dr. rer. nat.
Martin
Ciaston**



**Ameya
Kulkani,
M.Sc.**



**Patrick
Engemann,
M.Sc.**



**Dipl.-Ing.
Marco
Gehlen**



**Alexander
Paskowski,
B.Eng.**



**Katharina
Prammer,
B.Eng.**



**Christian
Rust, M.Eng.**



**Dipl.-Ing.
(FH)Matthias
Militsch**



**Tom Figge,
B.Eng.**



**Sven
Gawronski**



Ralf Klein



**Dr. rer. nat.
Mohamed
Mahmoud**



**Jan-Ole
Maras, M.Sc.**



**Markus
Pothmann,
B.Eng.**



**Jan
Schreiner,
B.Eng.**



**Prof. Dr.-Ing.
Andreas
Ujma**

ÜBERSICHT ÖFFENTLICH GEFÖRDERTER PROJEKTE 2021

BEREICH: BESCHICHTUNGSTECHNIK

Weitere Informationen:

Vanessa Frettlöh, M.Sc.

Tel.: +49 (0) 23 51.67 99-911

frettlloh@kunststoff-institut.de

CAP-CPC

Entwicklung von innovativen Korrosionsschutzschichten und Beschichtungsprozessen für Spritzgießwerkzeuge

Laufzeit: 15.11.2018 bis 14.02.2022

Förderkennzeichen: 03INT505AA

Fördermittelgeber: BMBF

Förderträger: Projektträger Jülich

Förderprogramm: Internationalisierung von Spitzenclustern, Zukunftsprojekten und vergleichbaren Netzwerken

Projektleiter: Dipl.-Ing. Frank Mumme

CAP-TBC

Entwicklung von innovativen thermisch isolierenden Schichten und Beschichtungsprozesse für Spritzgießwerkzeuge

Laufzeit: 01.12.2018 bis 28.02.2022

Förderkennzeichen: 03INT505BA

Fördermittelgeber: BMBF

Förderträger: Projektträger Jülich

Förderprogramm: Internationalisierung von Spitzenclustern, Zukunftsprojekten und vergleichbaren Netzwerken

Projektleiterin: Vanessa Frettlöh, M.Sc.

ContiSpray

Entwicklung neuer metallorganischer Precursor-Rezepturen mit geeignetem Förderungssystem für die Ausbildung einer Schutzschicht im Thermischen Spritzverfahren mit einer verbleibenden Porosität von 0,1 % auf Bauteiloberflächen

Laufzeit: 01.04.2021 bis 31.03.2023

Förderkennzeichen: KK5023105SA0

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH

Förderprogramm: ZIM FuE-Kooperationsprojekt

Projektleiter: Markus Pothmann, B.Eng.

DynaHEAT

Entwicklung einer prozessintegrierten Dünnschichtheizung mittels chemischer Gasphasenabscheidung für die dynamische Werkzeugtemperierung zur Ressourceneinsparung in der Spritzgießtechnik

Laufzeit: 01.08.2018 bis 31.12.2021

Förderkennzeichen: EFRE-0801180

Fördermittelgeber: Land NRW/EU

Förderträger: Projektträger ETN

Förderprogramm: Leitmarkt EnergieUmweltwirtschaft.NRW

Projektleiter: Dr. rer. nat. Martin Ciaston

IsoCer

Isolation durch keramische Dünnschichten zur Abschirmung von Heizlerschichten auf Werkzeugoberflächen in der Kunststoffverarbeitung

Laufzeit: 01.06.2019 bis 31.05.2022

Förderkennzeichen: EFRE-0200517

Fördermittelgeber: Land NRW/EU

Förderträger: Projektträger Jülich

Förderprogramm: Forschungsinfrastrukturen des Landes Nordrhein-Westfalen

Projektleiter: Dr. rer. nat. Mohamed Mahmoud

SUCRE

Prozessintegrierter und nachhaltiger Belag- und Verschleißschutz von Werkzeugoberflächen in der Kunststoffverarbeitung durch Applikation mediendichter und spaltgängiger CVD-Schichten

Laufzeit: 01.10.2019 bis 31.12.2021

Förderkennzeichen: ZF4586708DE9

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH

Förderprogramm: ZIM-ZF – Kooperationsprojekt

Projektleiter: Dipl.-Ing. Marko Gehlen

TBC Dünnwand

Höhere Ressourceneffizienz durch erweiterte Dünnwandspritzgießtechnik mittels thermischer Barriere-Schichten (TBC) im Werkzeug

Laufzeit: 01.02.2019 bis 30.07.2021

Vorhaben Nr.: 20442 N/1

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF

Förderprogramm: Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF)

Projektleiter: Dr.-Ing. Anatoliy Batmanov

Die genannten Forschungsvorhaben werden unterstützt durch:

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Zuwendungen des Landes NRW unter Einsatz von Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) 2014-2020 „Investitionen in Wachstum und Beschäftigung“



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen



CAP-CPC

Dipl.-Ing. Frank Mumme

ENTWICKLUNG VON 3D-FÄHIGEN DÜNNSCHICHTEN FÜR DEN KORROSIONSSCHUTZ

Der Korrosionsschutz von Werkzeugoberflächen ist aufgrund der vielfältigen Materialauswahl, der unterschiedlichen Beanspruchungsarten und Konstruktionsrestriktionen ein anspruchsvolles Arbeitsgebiet. Die Zielstellung im Forschungsprojekt ist die Entwicklung von 3D-fähigen Schichtsystemen, die bei einer Schichtdicke von ca. 1 μm einen deutlich verbesserten Korrosionsschutz im Arbeitsumfeld der Kunststoffverarbeitung bieten. Zur Schichtentwicklung wird die Impedanzspektroskopie und weitere Oberflächenanalytik (SEM,XRD,XPS) und Lichtmikroskopie angewendet.

Die Impedanzspektroskopie ist ein wertvolles Werkzeug für die Untersuchung der Mediendichtigkeit von dünnen Schichten. Im Projekt wird die Korrosionsbeständigkeit von beschichteten Stählen untersucht, die Belastungen in der Kavität (Heißgaskorrosion) und im Kühlkreislauf (wässrige Korrosion) ausgesetzt sind.

Der Impedanz-Phasenverlauf einer korrosionsbeständigen 30 μm chemisch Nickel Beschichtung (Abb. 1) weist eine im zeitlichen Verlauf zunehmende Impedanz und Phasenverschiebung auf.

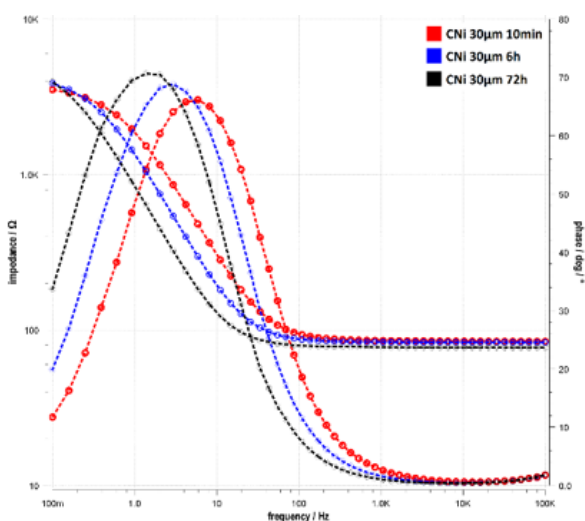


Abb. 1 : EIS Messung 1.2311+30 μm
chNi: 40°C, 0,1mol NaCl Lösung

Dieses Verhalten weist auf eine zunehmende Beständigkeit des Schichtaufbaues in 0,1mol NaCl Lösung hin (vorhandene Poren wachsen zu). Für das Projektziel wurden amorphe Metalloxidschichten mit einer Schichtdicke kleiner 1 μm entwickelt, die neben einer hohen Impedanz (elektrisch nicht leitende Schicht) auch eine möglichst stabile Phase über 80° erreicht. Eine 0,5 μm dicke CrAlO_x Schicht auf dem Stahl 1.0041 abgeschieden zeigt ein nahezu ideales Verhalten (Abb. 2).

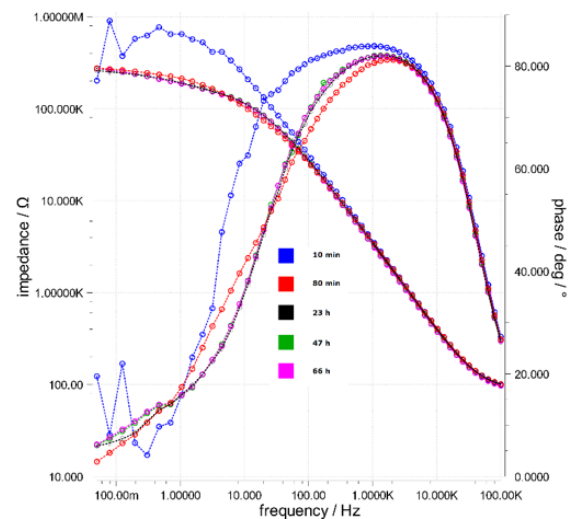


Abb. 2 : EIS Messung DC01+0,5 μm
 AlCrO_x : 40°C, 0,1mol NaCl Lösung

Die in den ersten Minuten fallende Impedanz und Phase findet im weiteren zeitlichen Verlauf eine Ruhelage, um dann wieder anzusteigen. Diese Schichtcharakteristik zeigt eine sehr gute Beständigkeit unter Bedingungen der Heißgaskorrosion von z.B. PFA Kunststoffen. Hinsichtlich wässriger Korrosion ist noch eine Weiterentwicklung der Beschichtung notwendig.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

THERMISCHE BARRIERESCHICHTEN FÜR SPRITZGIESSPROZESSE

Die Werkzeugwandtemperatur ist im Spritzgießprozess eine elementare Prozessgröße zur Erzeugung hochwertiger Bauteiloberflächen. Durch den Einsatz einer thermischen Barrierschicht (TBC, thermal barrier coating), die eine deutlich geringere Wärmeleitfähigkeit als der Werkzeugstahl aufweist, kann der Wärmeabfluss vom Kunststoff in das Werkzeug zeitlich verzögert und damit die Kontakttemperatur zwischen der Kunststoffschmelze und der Werkzeugwand kurzfristig erhöht werden.

Im Rahmen des Projektes wurden solche thermisch isolierenden Schichten auf Basis von ZrO_x mittels metall-organischer chemischer Gasphasenabscheidung (MOCVD) realisiert und hinsichtlich Porosität, Haftung und Temperaturleitfähigkeit optimiert. Es zeigte sich eine starke Abhängigkeit der Schichtstruktur und Porosität von der Temperatur in der Beschichtungskammer. Während die an der KIMW-F applizierte Yttrium dotierte Zirkoniumdioxid Beschichtungen bei Prozesstemperaturen unter ca. 450°C amorph sind, zeigen sie bei Abscheidungs Temperaturen jenseits dieses Wertes ein kristallines und vor allem deutlich poröseres Schichtwachstum, was zu einer stärkeren thermischen Isolationsfähigkeit führt.

Unter Verwendung eines anderen Precursor- und CVD-Beschichtungssystems wurden an der Ruhr-Universität Bochum Schichten unter Variation der Prozesstemperaturen auf Probekörpern abgeschieden. Die realisierten röntgenographischen Analysen bestätigten die unterschiedliche Schichtstruktur in Abhängigkeit der Reaktortemperatur. Durch Applikation eines Remote-Mikrowellenplasmas während des Beschichtungsprozesses konnte die Schichtwachstumsrate bei Temperaturen unter 375 °C im Vergleich zur Beschichtung ohne Plasma gesteigert werden. Der in Bochum aufgebaute 3 ω -Prüfstand ermöglicht die Analyse der Wärmeleitfähigkeit der verschiedenen Substrat-Schicht-Systeme und lässt damit einen Vergleich der thermischen Isolationsfähigkeit der applizierten Schichten zu. Für die Messung wurden sehr feine Golddrähte mittels optischer Lithographie auf die beschichteten Oberflächen aufgebracht.

In Zusammenarbeit mit den Projektpartnern Formconsult Werkzeugbau GmbH und MöllerTech Engineering GmbH wurden gewinkelte Demonstratorbauteile (siehe Abb. 1)

zur Analyse des Einflusses der Beschichtung auf die Morphologie der Werkzeugoberfläche als auch ein Versuchswerkzeug konzipiert, mit dem die Performance der Beschichtungen im Realversuch evaluiert werden. Die Oberflächenrauheit der unterschiedlich bearbeiteten Substratoberflächen (gestrahlt, strichpoliert, erodiert, genarbt) wurde vor und nach der Beschichtung analysiert (vergl. Abb. 2). Es zeigte sich deutlich, dass die Rauheit und auch der Glanzgrad der Oberflächen durch die 10-25 μ m dicken Beschichtung verringert wird. Aufgrund der hohen Porosität der Beschichtung werden die Werkzeugoberflächen deutlich matter.

Durch die Zusammenarbeit mit den Forschungs- und Industriepartnern aus Frankreich wurden sowohl die Möglichkeiten der Schichtabscheidung erweitert als auch die Eigenschaften der applizierten Beschichtungen durch Analysen bestätigt. Mit dem Fokus auf die Halbleiter- und Luftfahrtbranche wird das Anwendungsfeld der Beschichtungen in diese Richtung erweitert.

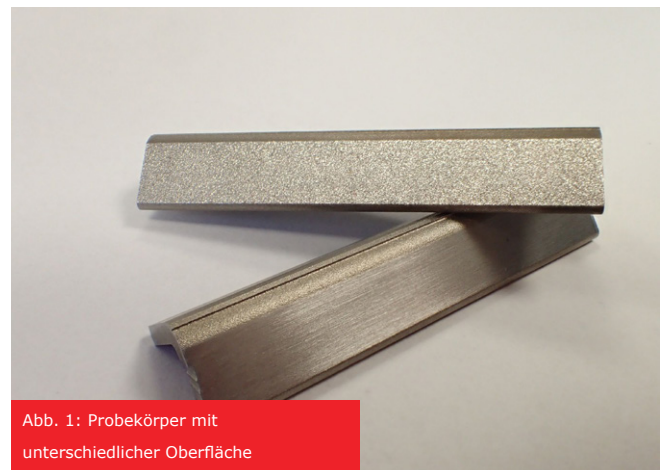


Abb. 1: Probekörper mit unterschiedlicher Oberfläche

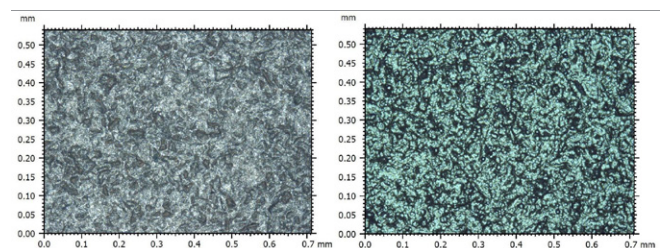


Abb. 2: gestrahlte Oberfläche vor (links) und nach der Beschichtung (rechts)

Gefördert durch:



CONTISPRAY

Markus Pothmann, B.Eng.

ERWEITERUNG THERMISCHER SPRITZVERFAHREN UM NEUE REZEPTUREN UND FÖRDERTECHNIKEN

Metallische und nichtmetallische Werkstoffoberflächen werden oft zum Schutz vor Korrosion und Verschleiß und damit zur Verlängerung der Haltbarkeit und Standzeiten beschichtet. Um die benötigte Korrosionsbeständigkeit zu erzielen, können anstelle von hochwertigen und damit hochpreisigen Grundmaterialien günstigere Stähle mit einer entsprechenden Schutzbeschichtung zum Einsatz kommen. Ein dabei häufig verwendetes Verfahren ist das thermische Spritzen, bei dem pulverförmige Ausgangsstoffe (Metalle, Oxidkeramiken oder Carbide) mit hoher kinetischer Energie auf die Werkstoffoberfläche geschleudert werden, dort durch Adhäsions- und Kohäsionskräfte anhaften und eine schützende Schicht ausbilden. Die Restporosität, die bei üblichen Verfahren verbleibt, liegt im Bereich von etwa 2-4%. Das ContiSpray Projekt setzt hier an und zielt darauf ab, Leerstellen im eigentlichen Beschichtungswerkstoff thermisch gespritzter Schichten aufzufüllen und amorphe Schichten auf metallischen und nichtmetallischen Oberflächen auszubilden. Derart realisierte Schichten weisen eine Restporosität von rund 0,1 % auf und können so beanspruchte Wirkflächen punktuell oder durch Beschichtung ganzer Bauteile schützen. Auf diese Weise werden Korrosionsangriffspunkte vermindert und die Standzeit der Bauteile auch ohne aufwändige Nachbehandlungsverfahren durch umweltbelastende Lacke und Epoxidharze verlängert. Zum Erreichen dieses Ziels werden einerseits neue metallorganische Rezepturen der Reaktionspartner, die Precursoren, entwickelt; andererseits steht die Entwicklung eines neuartigen Zuführungssystems für ebendiese Precursoren zur Ausbildung amorpher Schutzschichten im Fokus. Die einzelnen Bestandteile und Komponenten des Systems werden dabei derart aufeinander abgestimmt, dass die Reaktion der Precursorenpulver erst auf der Substratoberfläche erfolgt und ein vorzeitiges Abreagieren mit dem zu spritzenden Ausgangsstoff im heißen Flammstrahl vermieden wird.

Neben der Entwicklung geeigneter Precursor-Rezepturen auf Metall-Acetylacetonat-Basis besteht der zweite innovative Kernpunkt dieses Projektes in der Entwicklung eines angepassten Minimalmengenextruders mit einem Durchsatz von bis zu 50 g Precursor-Pulver pro Stunde.

Hierzu wurde ein Doppelschneckenextruder entwickelt, mit dessen Hilfe eine Vielzahl pulverförmiger Precursoren mit hoher Genauigkeit und Gleichmäßigkeit der Förderrate in den Gasstrom gefördert werden kann. Die funktionierende Fördertechnik wurde optimiert und ein zweiter Prototyp angefertigt, der sich aus weniger Einzelbauteilen zusammensetzt. Auch der Antrieb der beiden Extruderschnecken wurde im Hinblick auf eine prozesssichere Pulverförderung überarbeitet. Bei der Konstruktion wurde Wert auf eine vakuumdichte Verbindung aller Komponenten gelegt, so dass dieser Extruder auch für CVD Anwendungen, die einen erhöhten Precursor-Pulver Bedarf aufweisen, ohne weitere Modifikationen eingesetzt werden kann.

Ein dritter innovativer Kernpunkt des Projektes ist die Entwicklung des Einspritzsystems bestehend aus Anlagenbauteilen wie dem Brennerkopf und den Expansionsdüsen sowie Halterungen zur Montage an den Roboterarmen. Diese Entwicklung wird durch die Projektpartner Abler GmbH und Vario-FT GmbH realisiert. Das Abstimmen der Komponenten aufeinander sowie die Erprobung im thermischen Spritzverfahren erfolgt im zweiten Jahr des Projektes.



Abb. 1: Doppelschneckenextruder zur Förderung pulverförmiger Precursoren

ENTWICKLUNG EINER PROZESSINTEGRIERTEN DÜNNSCHICHTHEIZUNG

Stetig steigende Energiekosten führen bei der dynamischen Werkzeugtemperierung in konventionellen Spritzgießprozessen zu Preissteigerungen für die Kunststoffbauteile. Ziel dieses Projektes ist es, eine energieintensive konventionelle Temperierung in Spritzgießprozessen durch eine konturnahe dynamische Temperierung, bestehend aus einem wenige Mikrometer dicken Schichtverbund, zu ersetzen. Dies ermöglicht eine deutlich verbesserte Energieeffizienz und darüber hinaus eine Verminderung von Oberflächendefekten wie z.B. Bindenähten. Es wurde ein Schichtsystem, bestehend aus einer elektrischen Isolierschicht, einer Kupferoxid-Haftvermittlerschicht sowie einer Kupfer-Heizleiterschicht, entwickelt und mittels chemischer Gasphasenabscheidung zunächst auf Prüfkörpern abgeschieden. Im Verlauf des Projektes erwies sich ein System auf Basis von Zirkoniumoxid für die elektrische Isolierung als zu porös. Im MOCVD-Beschichtungsverfahren führte die Beschichtung mit Kupfer durch die hohe Spaltgängigkeit zum Verlust der elektrischen Isolierfähigkeit. Im Rahmen der Aufskalierung auf Demonstratorgröße wurde daher eine elektrische Isolierschicht auf Basis von Aluminiumoxid und Chromoxid in einem Multilagenverbund entwickelt. Das neu entwickelte Schichtsystem zeigte bei elektrochemischen Impedanzspektroskopie-Messungen,

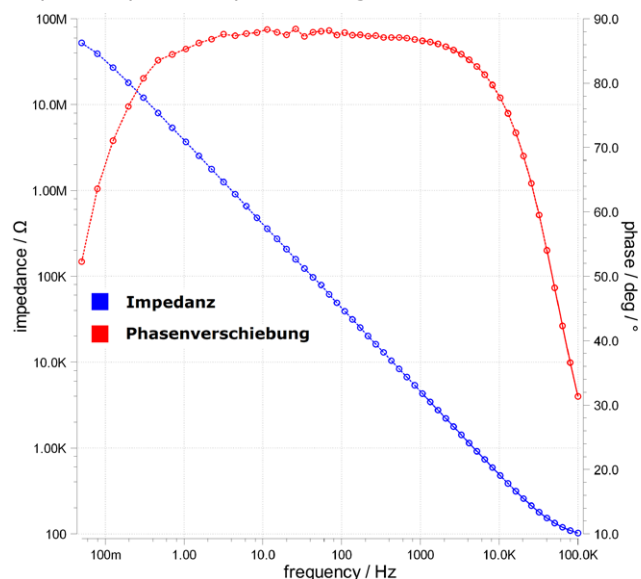


Abb. 1: Impedanzspektrum der Multilagenbeschichtung (1.4301)

mit denen die elektrische Isolierfähigkeit der Beschichtungen untersucht wird, eine vielfach höhere Impedanz und Phasenverschiebung. Es konnten Impedanzen im Bereich von 58 MΩ und eine Phasenverschiebung von über 85 ° über einen breiten Frequenzbereich auf dem Stahl 1.4301 erreicht werden (vgl. Abb. 1).

Im Gegensatz zu bisher entwickelten Schichtsystemen aus Zirkoniumoxid, weist das neu entwickelte Schichtsystem bei Lagerung in 0,1 m NaCl-Lösung auch auf korrosionsanfälligen Probekörpern aus dem unlegierten Stahl 1.0330 über einen Zeitraum von acht Tagen nach anfänglicher Abnahme der Impedanz und Phasenverschiebung ein stabiles Verhalten auf (vgl. Abb. 2).

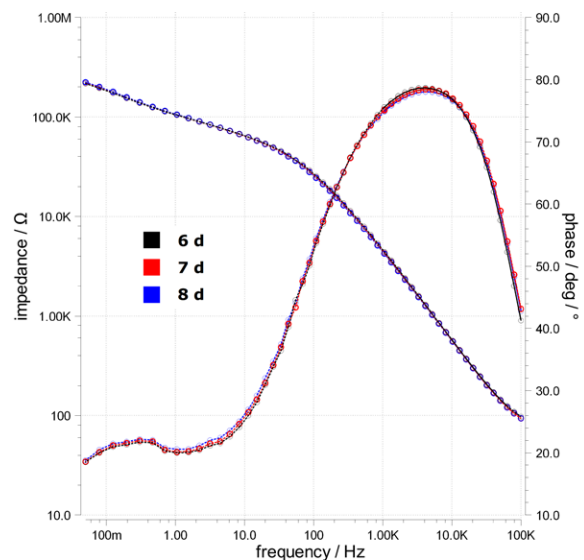


Abb. 2: Impedanzspektrum der Multilagenbeschichtung (1.0330)

In nachfolgenden lichtmikroskopischen Untersuchungen wurde keine Korrosion an den Probekörpern festgestellt. Das deutet auf eine gute Dichtigkeit des elektrisch isolierenden Schichtsystems hin. Das weitere Vorgehen umfasst die Beschichtung eines Spritzgießwerkzeugs mit dem entwickelten Schichtverbund und dessen Prüfung im Spritzgießprozess. Durch die enge Zusammenarbeit der Unternehmen im Konsortium (GIGASET Communications GmbH, WENZ Kunststoff GmbH & Co. KG und Heite+Krause Werkzeugbau GbR) wurden Kompetenzen in den Bereichen Spritzgießtechnik, Anlagenperipherie und Werkzeugbau essenziell genutzt und die gesamte Wertschöpfungskette vom Werkzeug zum Endverbraucher optimal abgebildet.



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen



ISOCER

Dr. Mohamed Mahmoud

ELEKTRISCHE ISOLATION DURCH KERAMISCHE DÜNNSCHICHTEN

Ziel des Projektes ist die Entwicklung von dünnen Schichten, die unter Berücksichtigung ihrer chemischen Zusammensetzung und den daraus resultierenden Eigenschaften in der Lage sind, eine galvanische Trennung zwischen einer elektrisch leitenden Funktionsschicht und dem Werkzeugmaterial zu erzielen.

Die gewonnenen Erkenntnisse können dann in verschiedenen Anwendungen, bei denen eine mediendichte und galvanische Isolation der Werkzeugoberfläche von einer weiteren Funktionsschicht oder dem verarbeiteten Material benötigt wird, genutzt werden. Als Beispiel sei hier die resistive dynamische Temperierung von Spritzgießwerkzeugen genannt, welche es ermöglicht bestimmte Bereiche der Werkzeuginnenwand mit möglichst wenig Energieaufwand und schneller Heizrate aufzuwärmen, um die Entstehung von Oberflächenfehlern im Spritzgussverfahren zu vermeiden bzw. effektiv zu kaschieren und die bestmögliche Oberflächenqualität des Bauteils zu erreichen.

Die benötigten Schichten werden mittels metallorganischer chemischer Gasphasenabscheidung (MOCVD) aufgebracht, wodurch auch komplexe Substratgeometrien aufgrund der bereits bewiesenen Spaltgängigkeit des eingesetzten MOCVD-Verfahrens beschichtet werden können. Darüber hinaus ermöglicht die Nutzung von metallorganischen Precursoren die Abscheidung von oxidkeramischen Schichten bei relativ niedrigen Prozesstemperaturen (300 – 500 °C).

Im Rahmen des Projektes wurden verschiedene oxidkeramischen Schichten appliziert und auf ihre Elektroisolfähigkeit untersucht. Im Detail wurden Zirkoniumoxid (ZrO), Aluminiumoxid (AlO), Chromoxid (CrO) und Multischicht AlOCrO auf VA-Substrat (1.4301, korrosionsstabil) und DC01 (1.0330, korrosionsanfällig) abgeschieden. Um die elektrische Isolationswirkung (und auch die Korrosionsschutzwirkung) der verschiedenen Schichten zu beurteilen, wurden die Proben mittels elektrochemischer Impedanzspektroskopie (EIS) analysiert und die Impedanz sowie die Phasenverschiebung ermittelt. Im Idealfall weist die Schicht eine hohe Impedanz im niedrigen Frequenzbereich und eine Phasenverschiebung möglichst nahe 90° über einen breiten Frequenzbereich auf.

Die Impedanz und die Phasenverschiebung von ZrO-Schichten sinken mit zunehmender Zeit im Elektrolyten, was auf eine Flutung der Poren und einen beginnenden Korrosionsprozess hinweist. Andererseits zeigen AlO- und CrO-Schichten bereits gute isolierende Eigenschaften. Von allen getesteten Schichtsystemen zeigt die AlOCrO-Multischicht die beste Kombination von Impedanz und Phasenverschiebung (siehe Abb. 1) sowohl auf VA-Substrat als auch DC01-Substrat, was auf eine ausgezeichnete elektrische Isolierwirkung hinweist. Außerdem zeigt die Untersuchung des AlOCrO-Schichtsystems auf DC01 über 3 Tage im Elektrolyt nach anfänglicher Abnahme keine weitere Veränderung der Messwerte und auch keine Korrosion des Substrates unter dem Mikroskop (siehe Abb. 2), was die Stabilität der Schicht widerspiegelt.

Ferner wurde die Schichthaftung mittels Scratchtest (Ritztest, MST) untersucht. Die meisten abgeschiedenen Schichten weisen moderate bis hohe kritische Lasten auf, was auf eine gute Haftung der applizierten Schichtsysteme auf den verschiedenen Substraten hinweist.

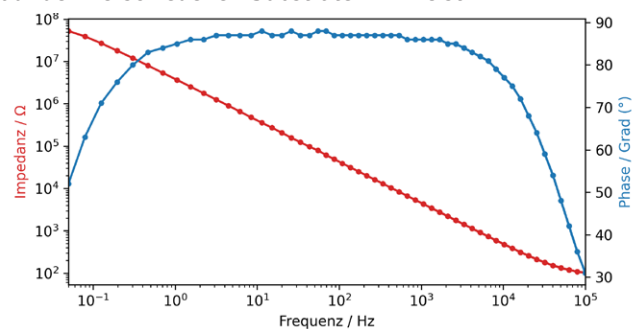


Abb 1: Impedanz und
Phasenverschiebung von AlOCrO auf VA

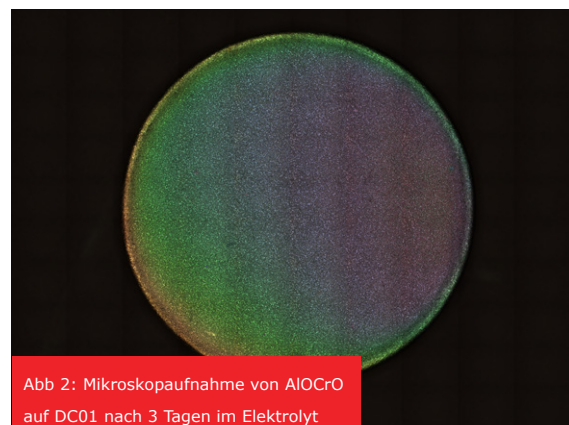


Abb 2: Mikroskopaufnahme von AlOCrO
auf DC01 nach 3 Tagen im Elektrolyt



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

2020 EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen



MOCVD SCHUTZSCHICHTEN FÜR HOCHWÄRMELEITFÄHIGE STÄHLE

Das Akronym Sucre steht für den englischen Begriff Surface Cycletime Reduction und beschreibt das übergeordnete Projektziel. So ist es möglich, die Zykluszeit im Spritzgießprozess zu reduzieren, wenn die durch die Schmelze eingebrachte Wärme schneller entzogen und damit das Bauteil früher entformt werden kann. Durch den Einsatz hochwärmeleitfähiger Stähle wie z. B. 1.2311 ist es hier gelungen, die Zykluszeit um etwa 17% zu reduzieren, ohne dass die Qualität des Bauteils beeinträchtigt wurde.

Bei dem Serienwerkzeug, das im Rahmen der Untersuchungen betrachtet wurde, handelt es sich um ein 16-fach Werkzeug, das zur Herstellung von Verschlusskappen aus PP mit einem fluorhaltigen Einleger dient. Die Gewindegänge werden durch die Drehbewegung einer Spindel mit einer entsprechenden Kontur entformt. Nachteilig wirkt sich die geringere Resistenz hochwärmeleitfähiger Stähle beispielsweise gegen Belagbildung, Verschleiß oder insbesondere Korrosion aus, die hier durch den Fluor-Bestandteil noch gefördert wird. So galt es, geeignete Beschichtungen zu finden, die auf die Bedürfnisse in der Kunststoffverarbeitung abgestimmt sind, um Belagbildung an der Oberfläche zu reduzieren, die Schichthaftung zu optimieren und Verschleiß- und Korrosionsschutz zu realisieren.



Abb. 1: Kühlkanal-Demonstrator

Zur Beurteilung der Schichtentwicklungen im Vorfeld der Serienanwendungen wurden im Rahmen des zweijährigen Projektes geeignete Demonstratoren entwickelt. Der Kühlkanal-Demonstrator (Abb. 1) dient dazu, neue Schichten hinsichtlich der Resistenz gegen Korrosion zu beurteilen. Dafür werden ebene Platten (z. B. aus 1.2311)

mit einer CVD-Schicht versehen, mit dem korrosionsbeständigen Grundkörper (1.2083) verschraubt und an ein Temperiergerät angeschlossen. Das Verhalten der betrachteten Schicht gibt Aufschluss über das Korrosionsverhalten in verschiedenen Bereichen eines Kühlkanals (durchflossener Kanal, Totarm oder Kapillarbereich).

Mit dem Beschichtungssimulator Kühlkanal (Abb. 2) konnte einerseits nachgewiesen werden, dass ein verwinklelter Kühlkanal selbst als Reaktorraum für den MOCVD-Prozess dienen kann, indem die Eintrittsdüse direkt mit dem verschraubten Simulator verbunden wird. Andererseits wurde gezeigt, dass sich die Schichtdicken entlang des Kühlkanals sehr gleichmäßig verteilen. Wichtig ist die Beachtung der Strömungsverhältnisse. Wird der Kanal zu schnell durchströmt, kann es passieren, dass die Strömung an Körperkanten abreißt und es so in Teilbereichen zu einer Unterbeschichtung kommt. Zudem ist der Rohstoffbedarf bei hohen Geschwindigkeiten höher und damit unwirtschaftlicher, da er nicht komplett abreagiert.



Abb. 2: Beschichtungssimulator Kühlkanal

Während es sich bei dem für den Bereich der Kavität geeigneten Schichtsystem um eine Ni-ZrO₂-Multilage handelt, die einen guten Korrosionsschutz gegen fluorhaltige Werkstoffe und eine gute Schichthaftung auf gering-chromhaltigen Stählen bietet, wurde im Kühlkanalkreislauf Nickel und Chrom abgeschieden. Dieser Schichtverbund zeigte unter den im Kühlkanal herrschenden Bedingungen einen deutlich gesteigerten Korrosionsschutz.

TBC-DÜNNWAND

Dr. Anatoliy Batmanov

HÖHERE RESSOURCENEFFIZIENZ DURCH ANWENDUNG VON TBC SCHICHTEN

Ziel des Projektes war es, thermische Barrierschichten (TBC, thermal barrier coatings) für den Einsatz auf Spritzgießwerkzeugen zu entwickeln und deren Potenzial zur Optimierung des Dünnwandspritzgießens zu ermitteln. Beim Einsatz im Spritzgießwerkzeug wurden neben der Wirkung auf die Fließweglänge auch die Auswirkungen der Beschichtung auf die Formteileroberfläche und das Füllen komplexerer praxisnaher Kavitäten betrachtet. Diverse metalloxidische Keramiksichten können als thermische Barriere-Schichten zum Einsatz kommen. Allerdings sind nicht alle mit den Werkzeugstählen hinsichtlich ihrer thermo-mechanischen Eigenschaften kompatibel. Die Wärmeleitfähigkeit von Yttrium stabilisiertem Zirkoniumdioxid (YSZ) ist erheblich geringer als die der Werkzeugstähle, jedoch sind die Wärmeausdehnungskoeffizienten beider Materialien sehr ähnlich. Intensive und detaillierte Untersuchungen an der KIMW Forschungs-gGmbH haben gezeigt, dass durch eine gezielte Wahl der Prozessparameter eine bemerkenswerte 3D Fähigkeit der Beschichtung erreicht wird. Die CVD (Chemical Vapor Deposition) Technologie von ZrO_x Schichten aus flüssigen metallorganischen Vorläuferverbindungen wurde weiterentwickelt, um Beschichtungen mit optimierten thermischen Eigenschaften auf die Spritzgießwerkzeuge zu applizieren. Eine homogene Beschichtung von nicht ebenen Werkzeugflächen sowie Vertiefungen und Spalten wurde mit der Technologie realisiert. Zur Erzeugung der Beschichtungen kann entweder reines $Y:ZrO_x$ oder aber alternierende Schichten aus kristallinen und amorphen ZrO_x -Modifikationen abgeschieden werden. Durch diesen Aufbau werden die inneren Spannungen reduziert und die Beschichtung besonders flexibel und belastbar. Um die Multilagenbeschichtungen zu realisieren, kommen YSZ sowie mit Phosphor dotiertes ZrO_x zum Einsatz. Die abgeschiedenen Schichten wurden mittels unterschiedlicher Untersuchungsmethoden hinsichtlich ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften charakterisiert. Es wurde festgestellt, dass die Schichten, die bei höheren Temperaturen abgeschieden wurden, bessere mechanische sowie aufgrund einer höheren Porosität bessere thermisch isolierende Eigenschaften aufweisen.

Die Versuche mit unterschiedlichen Werkzeug- und Schmelzetemperaturen, Massepolster sowie Einspritzgeschwindigkeiten wurden an der Spritzgussanlage im Fachbereich Maschinenbau und Kunststofftechnik der Hochschule Darmstadt durchgeführt. Insgesamt lässt sich zusammenfassen, dass bei den Untersuchungen zu den erreichbaren Fließweglängen grundsätzlich eine Verbesserung beobachtet werden konnte. Es wurden auch Vorteile bei der Füllung schwierig zu entlüftender Werkzeugbereiche beobachtet (Abb. 1). Bei der Untersuchung von Bindenähten kam es zu deutlich höheren Bindenahtfestigkeiten (Abb.2).

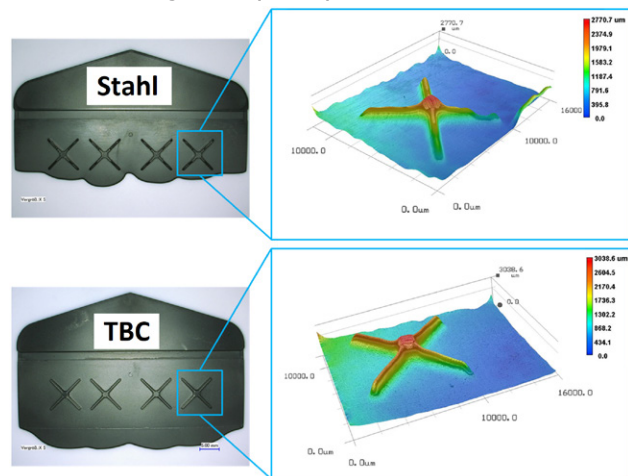


Abb. 1: 3D Profilmessung einer Kreuzrippe mit und ohne TBC.

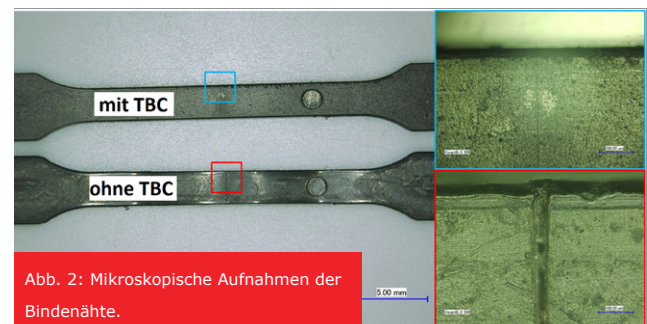


Abb. 2: Mikroskopische Aufnahmen der Bindenähte.

Die Verschleißbeständigkeit der Beschichtung wurde mit einer Beanspruchungsdauer von bis zu 16.000 Zyklen untersucht. Es wurden nur sehr geringe Abweichungen zwischen der Schichtdicke vor und nach den Spritzgießversuchen beobachtet, was auf eine hohe Abriebfestigkeit der Schicht hinweist.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

TRIBOSCHICHT

Dr. Mohamed Mahmoud

GLEITBESCHICHTUNGEN FÜR BEWEGLICHE WERKZEUGELEMENTE

In der Kunststoffverarbeitung sind die eingesetzten Stähle sowie die daraus gefertigten Werkzeuge diversen Belastungen ausgesetzt. Hierzu gehören in erster Linie werkstoffschädigende Prozesse wie Verschleiß und Reibung. Insbesondere letztere wird während der Entformung der gespritzten Teile, bei der das Auswerferpaket bedient wird, begünstigt. Während der Entformung entsteht Reibung und damit Verschleiß am Werkzeug, wenn die Auswerfer nicht geschmiert sind. Dürfen die Kunststoffbauteile nicht mit Schmiermitteln kontaminiert werden, so ist eine Beschichtung notwendig, um der Problematik entgegen zu wirken. Selbstschmierende Beschichtungen auf Basis von metall-sulfidische Schichten kommen verbreitet zum Einsatz, um die Reibung in bewegten Maschinenbaugruppen bei hohen Temperaturen (bis 350 °C) zu reduzieren. Ziel des Projektes "TriboSchicht" ist die Applikation selbstschmierender Schichten auf bewegliche Werkzeugelemente für die Kunststoffverarbeitung bei hohen Temperaturen durch den Einsatz der metallorganischen chemischen Gasphasenabscheidung (MOCVD). Im Gegensatz zu mittels PVD Verfahren aufgetragenen Beschichtungen, sind diese Schichten aufgrund der bereits bewiesenen Spaltgängigkeit des eingesetzten MOCVD-Verfahrens auch auf komplexen Substratgeometrien anwendbar. Metallorganische Precursoren kommen zum Einsatz, um die Abscheidung bei niedrigen Prozesstemperaturen (max. 400 °C) zu realisieren und die Beschichtung von Stählen ohne Einbußen in den mechanischen Eigenschaften zu ermöglichen. Die Stoffgruppe der Carbonyle in Kombination mit schwefelhaltigen Reaktionspartnern ist in diesem Zusammenhang von Interesse.

Im Rahmen des Projektes wurden Screeningversuche unter Variation der Prozessparameter Temperatur, Gasfluss und Art des Trärgases durchgeführt, um die optimalen Abscheidungsparameter für die Funktionsschicht zu ermitteln. Alle beschichteten Proben wurden mittels REM-EDX analysiert, um die Zusammensetzung der Beschichtung zu bestimmen. Darüber hinaus wurde die Schichthaftung mittel Scratchtest (Ritztest, MST) untersucht. Dazu wird ein Diamantstift mit steigender Last über die Schicht gezogen und die entsprechende kritische Last, bei der die Schicht vom Substrat abplatzt, ermittelt.

Die meisten abgeschiedenen Wolframsulfid (WS)-Schichten weisen hohe kritische Lasten auf, was auf eine ausgezeichnete Haftung auf den verschiedenen Substraten hinweist.

Darüber hinaus wurde die Tribologie der Schichten untersucht, wobei das Gerät "Mikro-Tribo-Test (MTT)" zur Bestimmung des Reibungskoeffizienten mit einer 100Cr6 Stahlkugel als Gegenkörper verwendet wurde. Wie in Abb. 1 dargestellt, steigt der Reibungskoeffizient des unbeschichteten Stahls (VA (1.4301) und 1.2379 HRC 60) mit zunehmender Zyklenzahl, wogegen die WS-Beschichtungen und auch DLC (als Referenz) relativ stabil bleiben. Bemerkenswert ist, dass die WS-Beschichtungen auf dem 1.2379-Substrat einen niedrigeren Reibungskoeffizienten aufweisen als die DLC-Schicht und die auf dem VA-Stahl abgeschiedenen WS-Schichten (siehe Abb. 2).

Die Rezepturen der bisher besten Beschichtungen werden weiter optimiert, um sie für die Beschichtung von Auswerferstiften und anderen beweglichen Werkzeugteilen auf zu skalieren und so in der Praxis zu testen.

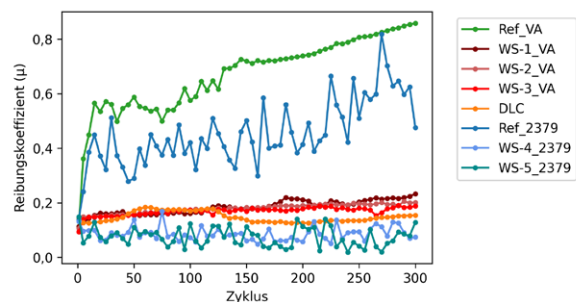


Abb 1: Reibungskoeffizienten über die gemessenen Zyklen

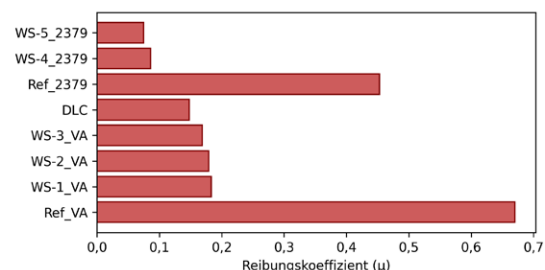


Abb 2: Durchschnittliche Reibungskoeffizienten gegen 100Cr6



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

BEREICH: PROZESSTECHNIK

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Angelo Librizzi

Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-134

librizzi@kunststoff-institut.de

dEkoPP

Prozessintegrierte Ausbildung dekorativer Oberflächen auf EPP-geschäumten Bauteilen (2D und 3D)

Laufzeit: 01.11.2019 bis 31.10.2021

Förderkennzeichen: ZF4586707EB9

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH

Förderprogramm: ZIM-ZF – Kooperationsprojekt

Projektleiterin: Katharina Prammer, B.Eng.

DraKo

Entwicklung einer drahtlosen Kontaktierungsmöglichkeit von Printed Electronics Bauteilen mithilfe einer innovativen Übertragungstechnologie

Laufzeit: 01.01.2021 bis 31.12.2022

Förderkennzeichen: KK5023103PR0

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH

Förderprogramm: ZIM FuE-Kooperationsprojekt

Projektleiter: Patrick Engemann, M.Sc.

FaeBS

Funktionsauslegung und -erprobung eines innovativen Brennstoffzellen-Systems

Laufzeit: 01.11.2021 bis 31.10.2023

Förderkennzeichen: 19I21035C

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: TÜV Rheinland Consulting GmbH

Förderprogramm: Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien

Projektleiter: Dr. rer. nat. Andreas Balster

GLIM

Entwicklung eines neuartigen GLIM-Verfahrens zur Herstellung von langfaserverstärkten Kunststoffen und der dazugehörigen Werkzeugtechnologie und der Gewebestruktur (GLIM: Glas fabric Insert Molding)

Laufzeit: 01.01.2020 bis 31.12.2021

Förderkennzeichen: ZF4586715EB9

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH

Förderprogramm: ZIM-ZF – Kooperationsprojekt

Projektleiter: Christian Rust, M.Eng.

Metalldirekt Antenne

Antennenfunktionsintegration in Kunststoffbauteile durch direkteingespritzte Metallstrukturen

Laufzeit: 01.03.2019 bis 31.08.2021

Förderkennzeichen: ZF4586705DE8

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH

Förderprogramm: ZIM-ZF – Kooperationsprojekt

Projektleiter: Jan-Ole Maras, M.Sc.

Nanolight

Entwicklung einer hochfokussierenden statischen Lichteinheit für Fahrzeugscheinwerfer sowie eines großserientechnischen Produktionsverfahrens

Laufzeit: 01.03.2019 bis 31.08.2021

Förderkennzeichen: ZF4586703TDF8

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH
Förderprogramm: ZIM-ZF – Kooperationsprojekt
Projektleiter: Dipl.-Ing. (FH) Matthias Militsch

TIGER

gewickelte thermoplastische Einleger

Laufzeit: 01.06.2021 bis 31.05.2023
Förderkennzeichen: KK5023107TA1
Fördermittelgeber: BMWi
Förderträger: AiF Projekt GmbH
Förderprogramm: ZIM FuE-Kooperationsprojekt
Projektleiter: Christian Rust, M.Eng.

QSchaum

Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Bestimmung der Bauteilqualität in einem geschäumten thermoplastischen Kunststoffbauteil

Laufzeit: 01.01.2021 bis 31.12.2022
Förderkennzeichen: KK5023101EB0
Fördermittelgeber: BMWi
Förderträger: AiF Projekt GmbH
Förderprogramm: ZIM FuE-Kooperationsprojekt (KK)
Projektleiter: Alexander Paskowski, B.Eng.

Die genannten Forschungsvorhaben werden unterstützt durch:
-Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

DEKOPP

Katharina Prammer, B.Eng.

AUSBILDUNG DEKORATIVER OBERFLÄCHEN AUF EPP-BAUTEILEN IM PROZESS

Das Förderprojekt dEkoPP wurde im Oktober 2021 erfolgreich beendet, wodurch es nun möglich ist, Bauteile aus EPP nicht nur funktionell, sondern gleichzeitig auch dekorativ herzustellen. Da es sich bei EPP um einen Partikelschaum handelt, weisen die Bauteile in der Regel eine Schaumperlenstruktur auf. Durch die markante Schaumperlenstruktur wird der Werkstoff EPP häufig mit EPS verwechselt, was gemeinhin als minderwertiges Material angesehen wird, wodurch EPP-Bauteile zwar eine funktionelle, aber keine allgemeine Akzeptanz beim Endverbraucher erfahren. Gängige Anwendungen sind Transportbehälter jeglicher Art, da die Vorteile durch den hohen Luftanteil und das geringere Gewicht auf der Hand liegen, wobei der Werkstoff zusätzlich noch mehr Vorteile zu bieten hat.



Abb 1: EPP mit
Echtholz furnieroberfläche

Um die Akzeptanz zu erhöhen und neue Anwendungsgebiete für den vielseitigen Werkstoff EPP zu erschließen wurde gemeinsam mit der Paul Müller GmbH ein Verfahren entwickelt, um EPP-Bauteile nicht nur praktisch, sondern auch dekorativ zu gestalten. Ziel des Projektes war es, den Dekorationsprozess in die Herstellung zu integrieren, um eine effiziente Art der Herstellung zu gewährleisten und so Produkte herzustellen, die auch für Endkunden nicht nur im funktionellen Bereich attraktiv sind. Die positiven Eigenschaften des EPP-Werkstoffs von den Dämmeigenschaften, bis hin zu Gewichtsreduktion, sowie Stoßhemmung etc., können hier vielseitig genutzt werden. So sollen in Zukunft neue Einsatzgebiete erschlossen werden, von der Kühlbox bis hin zu Kindermöbeln ist hier vieles denkbar.

Gerade auch die Gewichtsersparnis durch den hohen Luftanteil im EPP bietet hier viele Vorteile, sodass durch die Kombinationsmöglichkeit mit z.B. Tiefziehfolien und Dekorationen neue Möglichkeiten im Bereich Leichtbau entstehen.

Im Laufe des Projektes wurden zunächst die Einsatzgebiete und die damit einhergehenden Anforderungen definiert, um eine konkrete Zielsetzung für die Entwicklung zu erreichen. Es wurden im Bereich der Prozessentwicklung verschiedene Beschichtungsmöglichkeiten und Bauteilauslegungen erprobt, die daraufhin in diversen Werkzeugkonzepten umgesetzt wurden. Gerade der Bereich der Materialerprobung war hierbei ein wichtiger Faktor, da auch unterschiedliche Materialien und deren spezifische Eigenschaften, wie Gewicht, Porosität oder Schwindungseigenschaften enorme Auswirkungen auf den Prozess, die Werkzeugauslegung und das Beschichtungsergebnis haben.

Das Know-how über das Zusammenspiel von Material, Bauteilauslegung und Werkzeugtechnik wurde im Laufe des Projektes aufgebaut und stetig weiterentwickelt. Durch die Erstellung verschiedener Musterbauteile mit unterschiedlichen Oberflächenmaterialien wurde ein Know-how entwickelt, das für die Zukunft eine Möglichkeit bietet, auf unterschiedliche Kundenwünsche zu reagieren und spezifische Kundenanforderungen gezielt zu erfüllen und auch die Grenzen des Verfahrens aufzeigen zu können. Ein erster Ausblick auf die Möglichkeiten, die das Verfahren bietet, wurde zum Ende des Projekts durch die Herstellung von zwei Demonstratorbauteilen gegeben. Umgesetzt wurden hier zwei Bauteile, die bereits im Produktportfolio der Paul Müller GmbH vorhanden sind, um den direkten Vergleich und das Potenzial des Verfahrens aufzuzeigen. Durch die Entwicklung des neuen Verfahrens ist es gelungen, neue Wege zu ermöglichen, um den Werkstoff EPP zu verbreiten und zu nutzen. Gewichtsreduktion, Dämmwirkung und viele weitere positive Eigenschaften zeigen sich somit in neuem Gewand.



Abb 2: Demonstratorbauteile
„Bierbutlerdeckel“ und Warenkorb



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ENTWICKLUNG EINER DRAHTLOSEN KONTAKTIERUNGSMÖGLICHKEIT

In immer mehr Bereichen halten Smarte-Oberflächen mit integrierter Steuerung Einzug in den Alltag, aber die Fertigung, insbesondere die Kontaktierung, stellen die Hersteller immer wieder vor neue Herausforderungen. Daher haben sich die Niebling GmbH, Pröll GmbH, Ruhr Universität Bochum, POLAR-FORM Werkzeugbau GmbH und Gemeinnützige KIMW Forschungs-GmbH im Projekt DraKo zusammengeschlossen, um eine drahtlose Kontaktierung von Formteilen zu entwickeln.

Mit der zu entwickelnden drahtlosen Kontaktierung können kapazitive Taster als auch Beleuchtungselemente direkt in das Kunststoffformteil integriert und betrieben werden. Hierdurch können die technischen Schwierigkeiten, die bei der Verwendung von kabelgebundenen Kontakten im Spritzgussprozess existieren, vollständig umgangen werden. Neben den Vorteilen in der Fertigung der Bauteile bietet das neue Verfahren eine Vereinfachung der Montage in Baugruppen in der Serienfertigung, da die Kabelanbindung an das System entfällt. Für die Umsetzung im Projekt sind sowohl die Energieübertragung als auch die Schnittstelle zur Datenübertragung zu entwickeln, die sowohl mit Kunststoff umspritzt werden können als auch den elektrotechnischen Anforderungen genügen müssen. Besondere Bedeutung im Projekt kommt den elektrischen Leiterbahnen zu, da es bereits bei kleinsten Abweichungen zu Energieverlusten bei der Energieübertragung kommt. Durch die bisherigen Versuche im Projekt konnten bereits wesentliche Erkenntnisse hinsichtlich der technischen Möglichkeiten gesammelt werden. Hierzu wurden erste elektrotechnische Schaltungen aufgebaut und erprobt. Im Verlauf der Versuche konnten Abstände von bis zu 10 mm zwischen der Basis und dem Bauteil kontaktlos überbrückt werden, innerhalb derer ausreichend Energie zum Betrieb übertragen werden konnte. Realisiert werden konnte eine Bauteilbeleuchtung die durch den Bediener stufenweise in der Helligkeit angepasst werden kann. Das Basisbauteil dient als Energiequelle, welche auch über die im Formteil integrierte Elektronik angesteuert werden kann.

Der Anwender bleibt in der Auswahl der Funktionen uneingeschränkt.

Die im Projekt durchgeführten Umformversuche ermöglichen eine Aussage bezüglich der Formgebung der elektrischen Leiterbahnen und damit auch der Formteile. Neben der Umformung wurden hierbei ebenfalls unterschiedliche Breiten der Leiterbahnen hinterleuchtet, da diese einen wesentlichen Einfluss auf die elektrische Leitfähigkeit hat.

Um die technischen Möglichkeiten zu demonstrieren entsteht im Projekt ein Bauteil, das alle technischen Möglichkeiten darstellt und verschiedene Designelemente aufgreift. So bietet die drahtlose Kontaktierung nicht nur technische Vorteile, sondern erlaubt auch neue Möglichkeiten in Hinblick auf das Design.

Darüberhinaus bietet die drahtlose Kontaktierung eine Schutz der elektrischen Komponenten gegenüber Verschmutzung, da diese durch den Kunststoff mediendicht umschlossen werden.

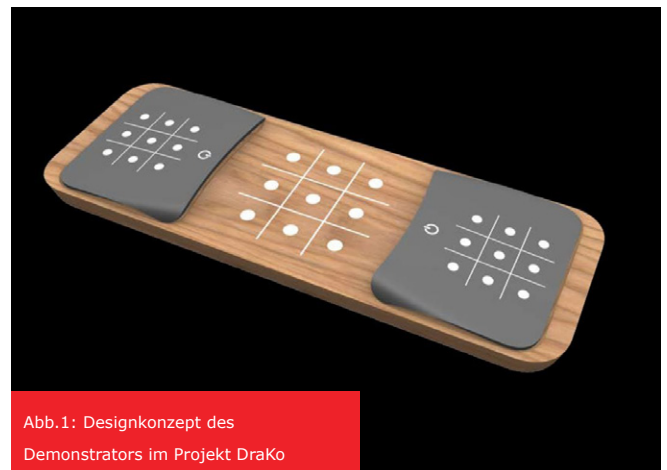


Abb.1: Designkonzept des Demonstrators im Projekt DraKo

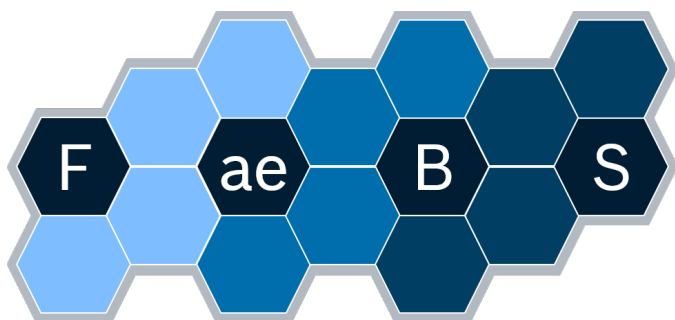
FAEBS

Dr. Andreas Balster

FUNKTIONSAUSLEGUNG UND
ERPROBUNG EINES INNOVATIVEN
BRENNSTOFFZELLENSYSTEMS

Die Gewinnung von Energie aus der Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff ist effizient und hinterlässt weder gesundheitsgefährdende Stoffe noch klimaschädliche Gase: Das einzige „Abfallprodukt“ ist Wasser. Wasserstoff könnte daher den perfekten Energiespeicher für den Mobilitätssektor darstellen, wären nicht enorm hohe technische Hürden zu überwinden, die Technologie marktkompatibel zu machen und in Produkte einzuführen, die für die Masse erschwinglich sind.

Hier setzt FaeBS an: Ziel des auf 24 Monate ausgelegten Projektes ist eine umfassende Transformation bereits etablierter Brennstoffzellenkomponenten, die die Nutzbarkeit eines solchen Systems entscheidend erweitern soll. Konsortialführer BMW hat dabei mit den Partnern Bosch, Mann+Hummel, Woco, Zollner, dem Zentrum für Brennstoffzellentechnik (ZBT) und der KIMW-F gGmbH ein Team zusammengebracht, dessen jeweilige Expertise den Wasserstoffmotor auf bisher nicht erreichtes neues technisches Level heben wird. Für die Forschungsstelle bedeutet das Projekt den Einstieg in diese Zukunftstechnologie.



Die Rolle der KIMW-F besteht in der Analytik von polymeren Werkstoffen, die für das Gehäuse der MEA (Membrane Electrode Assembly, gleichsam das Herzstück eines Brennstoffzellenmotors) die Werkstoffe der aktuellen Generation ersetzen sollen. Hintergrund: Die katalysierte Reaktion zwischen H_2 und O_2 reagiert äußerst empfindlich auf Verunreinigungen der zugeführten Gase. Das Aufspüren und Identifizieren sogenannter Katalysatorgifte in der Gasphase und im „Abwasser“ stellt das Ziel des Arbeitspakets dar, das sich BMW, das ZBT und die KIMW-F aufteilen. Eine speziell für die Tests angeschaffte und adaptierte GC/MS-Anlage wird im Rahmen des Projektes in Betrieb genommen, um Emissionen im ppb-Bereich erfassen und bewerten zu können.

Doch auch von anderer Seite besteht die Gefahr einer leistungsmindernden Kontamination: Polyelektrolyt-membran-Brennstoffzellen (PEMFC) müssen permanent feucht gehalten werden. Das System wird daher kontrolliert befeuchtet. Das Wasser ist ebenfalls in der Lage, mögliche Kontaminanten aus den Werkstoffen auszuwaschen und die Membranen zu gefährden. Aus diesem Grund werden auch Auslagerungen von Probekörpern unter den zu erwartenden Betriebsbedingungen vorgenommen. Die Spurenanalytik mittels ICP/OES bzw. ICP/MS, Ionenchromatografie und anderen Verfahren erfolgt in Kooperation mit dem Chemischen Laboratorium Dr. Fülling in Remscheid. Zielparameter sind neben pH- und Leitfähigkeitswerten diverse ionische Spezies, von denen bereits bekannt ist, dass sie die katalytische Aktivität stören oder unterbinden können. Der Abgleich aller analytischen Daten mit Laufzeituntersuchungen erfolgt schließlich mit dem ZBT, um Ausfallszenarien bewerten und in die Materialauswahl einfließen lassen zu können. Aus den Arbeiten resultiert ein willkommener Nebeneffekt: Ein wichtiges Ziel ist es, gemeinsam mit BMW einen Standard zur Qualifizierung von Materialien für den Einsatz in Polymerelektrolyt-Brennstoffzellen zu schaffen, der maßgeblich für die Branche sein soll.

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energieaufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

GLAS FABRIC INSERT MOLDING

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Verfahrens, mit dem es möglich ist Glasfasern in Form von Gelegen oder Geweben mit einem Thermoplast zu hinterspritzen. Durch die Entwicklung der vollautomatischen Gewebeführung und die anschließende Implementierung dieser in den Spritzgussprozess, lassen sich erstmals reproduzierbar Bauteile mit einer endlos Glasfaserverstärkung in großen Stückzahlen wirtschaftlich fertigen.

Mit dem Fokus auf den Leichtbau, wurde ein Hybridwerkstoff entwickelt, welcher besonders im Automobilsektor zur Anwendung kommen kann. So konnte das Glasfasergewebe bereits seine Anwendung in einer Laderaummulde finden. Während der Entwicklung hat das Hybridmaterial zusätzlich sehr großes Potenzial im Bereich des Splitterschutzes gezeigt. Es war somit möglich auch sehr spröde Materialien im Zugversuch ohne einen Splitterflug zu prüfen.

Zur Umsetzung der Ziele wurden in einem mehrstufigen Entwicklungsprozess diverse Lösungsansätze zur Gewebefokussierung sowie Gewebeführung entwickelt. Der erste Ansatz umfasste die Fixierung der Gewebe über Spanndorne. Diese spannen das Gewebe an definierten Freistellungen. Ursprünglich war es geplant die automatische Gewebeführung über Nadelkissengreifer zu realisieren. Dieser Lösungsansatz zeigte sich jedoch als nicht zielführend. Die Problemstellungen liegen zum einen bei der notwendigen Separierung der einzelnen Gewebelagen sowie bei dem zusätzlichen Handlingaufwand zur Vorbereitung der Gewebezuschneite. Alternativ wurde ein Konzept entwickelt, indem das Gewebe über ein Rollenvorschubgerät dem Spritzgießprozess zugeführt wird. Dieser Lösungsansatz zeigte eine hohe Prozessstabilität sowie Reproduzierbarkeit. Parallel zur Zuführung wurde eine Schneidvorrichtung zum Heraustrennen der Bauteile entwickelt. Der Schneidprozess findet im Spritzgießprozess statt und es entsteht somit keine Prozessverlängerung.

Diese Prozessbasis (Abb. 1) ermöglichte die Erstellung einer Parameterstudie zur Erfassung der Zusammenhänge zwischen den Maschineneinstellparametern zu den mechanischen Bauteileigenschaften. Für die Studie wurden 600 Probekörper vollautomatisch hergestellt und geprüft. Mithilfe der gezielten Prozessmanipulation konnten die Zugfestigkeit der Probekörper von 74 MPa auf 112 MPa gesteigert werden. Für die potenzielle Prozessimplementierung konnte eine Prozessparameter-Einstellempfehlung entwickelt werden.



Abb. 1: Automatisch zugeführtes Gewebe, hinterspritztes und ausgetrenntes Bauteil

Weiterhin wurden verschiedene dekorative Gewebe mit transparenten Kunststoffen hinterspritzt. Für eine wertig anmutende Oberfläche wurden zwei „Carbon-Imitat“-Glas-Polymer-Gewebe ausgewählt. Aufgrund des wesentlich kostengünstigeren Grundmaterials sind diese Carbon-Imitat-Gewebe im Vergleich zu Echtmaterialien günstiger. Bei der Materialmusterung zeigte sich, dass die hohe Verarbeitungstemperatur von Polycarbonat in Kombination mit der Temperaturerhöhung durch die Materialscherung im Angussbereich zum Aufschmelzen und Auswaschen des Polymeranteils im Gewebe führt. Ein Materialwechsel zu Polymethylmethacrylat konnte die Problemstellung lösen aufgrund der geringeren Schmelzetemperatur. In weiteren Versuchsreihen konnten verschiedene Kunstleder-Hybridgewebe ebenfalls erfolgreiche hinterspritzt werden. Das Projekt konnte mit großen Erfolg abgeschlossen werden. Die exzellente und effiziente Zusammenarbeit des Werkzeugbau Röttger und der KIMW-F gGmbH führten zu eindrucksvollen Ergebnissen.

NANOLIGHT

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Militsch

ENTWICKLUNG EINER HOCHFOKUS- SIERENDEN SCHEINWERFEREINHEIT

Fahrzeugscheinwerfer erfüllen eine grundsätzliche Funktion im Fahrzeug. Bei Dunkelheit ereignen sich 40% aller tödlichen Unfälle, jedoch liegt die Verkehrsdichte bei lediglich 20%. Zulieferer und Hersteller erarbeiten kontinuierlich neue Systeme zur Verbesserung der Fahrbahnausleuchtung und um das Unfall- und Verletzungsrisiko zu minimieren. Der aktuelle Trend liegt im Bereich adaptiver Systeme, die die Beleuchtungsverteilung gezielt an die jeweilige Situation anpasst. Ein großer Nachteil dieser Systeme ist ihre Komplexität. Sie bestehen aus einem geregelten System, welches eine Reihe von Sensoren und Kameras auswertet und die Scheinwerfermatrix ansteuert. Diese stetige Variation der Lichtverhältnisse kann vom Fahrer als anstrengend empfunden werden.

Im Projekt wird ein System entwickelt, das das standardisierte Abblendlicht optimiert. Ziel ist ein LED-basiertes System das durch die schärfere Abgrenzung der Hell-Dunkel-Grenze eine größere Ausleuchtungsdistanz erreicht und dabei die Blendwirkung vermeidet.

Das Licht wird mit einer TIR Optik kollimiert und durch das Lamellenpaket geleitet, das aus bis zu 50 Einzellamellen besteht, die direkt übereinandergestapelt sind. Das nicht zu verhindernde Streulicht der Lichtquelle wird mittels einer optischen Lamelle fokussiert. Das Lamellenpaket wird durch einen Fügeprozess mit der Primäroptik verbunden, sodass die Ausrichtung unter Einsatzbedingungen erhalten bleibt. Eine einzelne Lamelle besteht aus einem transparenten Kunststoff und ist mit einer strukturierten Oberfläche versehen, an der das Licht in die gewünschte Richtung reflektiert wird. Damit wird das Streulicht und somit die Blendwirkung reduziert.

Die Oberflächenstruktur der Lamelle wird anhand optischer Simulationen validiert und mittels eines Lithographieprozesses hergestellt.

Die Lamelle wird in einem zuvor ausgelegtem und simuliertem Spritzgieß-/ Spritzprägewerkzeug hergestellt.

Bei den Musterungen stellte sich heraus, dass einzig der Spritzprägeprozess in der Lage ist, die geforderte Qualität umzusetzen. Im Spritzgießprozess kann der erforderliche Forminnendruck nicht über die gesamte Fließweglänge aufrechterhalten werden, sodass die Bauteile zwar vollständig gefüllt sind, aber unterschiedliche Wanddicken entlang des Fließweges aufweisen. Mit dem Spritzprägeprozess wird durch die Verkleinerung der Kavität in der Nachdruckphase ein flächiger Druck auf die erstarrende Formmasse aufgebracht. Die Wanddicke entlang des Fließweges bleibt somit gleich. Bei 50 aufeinandergestapelten Lamellen haben selbst geringe Abweichungen der Wanddicke einen Einfluss auf die Geometrie (Höhe) des Paketes.

Auch der Spannungshaushalt der Bauteile ist bei spritzgeprägten Lamellen aufgrund des gleichmäßigen Drucks geringer. Die Bauteile werden materialschonender produziert.

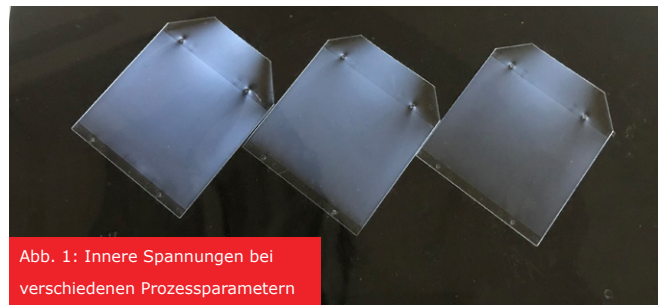


Abb. 1: Innere Spannungen bei verschiedenen Prozessparametern

Die Lamellen werden anschließend zusammen mit einer Kollimatoroptik verbaut und auf einer optischen Bank geprüft. Die ersten Ergebnisse konnten überzeugen und das Konzept bestätigen.

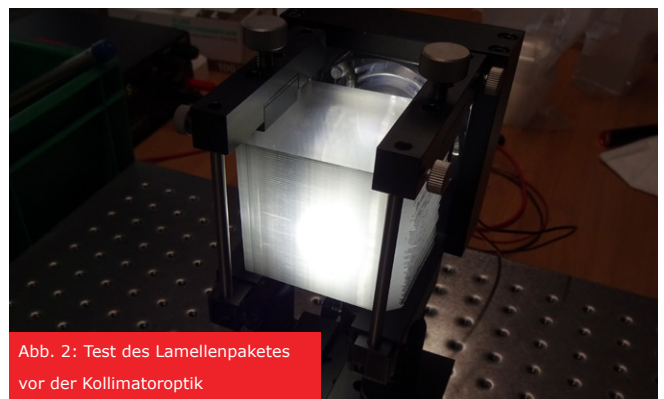


Abb. 2: Test des Lamellenpaketes vor der Kollimatoroptik

METALLDIREKT ANTENNE

Jan-Ole Maras, M.Sc.

ANTENNENINTEGRATION IN KUNSTSTOFFBAUTEILE DURCH DIREKTEINGESPRITZTE METALLSTRUKTUREN

Die im Rahmen der Initiative „Industrie 4.0“ und in weiteren Lebensbereichen aufkommenden Bedarfe an intelligenten Bauteilen, welche miteinander kommunizieren können, werden stark steigen (Stichwort „IoT“). Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist das Senden und Empfangen von Informationen erforderlich. Für solche Übermittlungen ist nach wie vor eine antennenbasierte Übertragungstechnik notwendig.

Aus diesem Grund wurde ein Forschungsprojekt mit dem Ziel die Antennenfunktion durch direkteingespritzte Metallstrukturen zu integrieren durchgeführt. Durch das direkte Einbringen der Metallkomponente können, gegenüber konventionell eingefügter Antennen, die Fertigungsschritte Kontaktierung, Ausrichtung und Platzierung der Antenne entfallen.

Für das Vorhaben wurden zunächst die Anforderungen an die Antenne definiert und die Antennengeometrie elektrotechnisch auf den vorliegenden Anwendungsfall ausgelegt, modelliert und simuliert. In Abhängigkeit des Anwendungsfalls und der damit verbundenen Antennenfunktion wurde ein PA 66 ausgewählt und daraufhin ein entsprechender Grundkörper aus ebendiesem Material entwickelt und konstruiert. Die Entwicklung wurde durch thermische, rheologische und mechanische Simulationen gestützt. Die Abb. 1 zeigt eine entsprechende Simulation zur Erforschung der Fließeigenschaften des Metalls und den maximal erreichbaren Fließweglängen. Auf dieser Grundlage wurde ein Spritzgießwerkzeug hergestellt, welches die zwei Welten von Kunststoffspritzguss und Metallguss vereint.

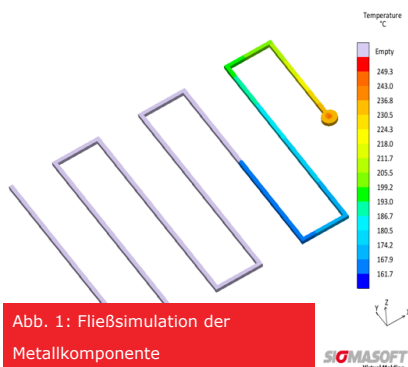


Abb. 1: Fließsimulation der Metallkomponente

Der Kunststoffkorpus wurde dann im Spritzgießverfahren gefertigt und durch die entsprechende Anlagentechnik mit einer direkteingespritzten Metallantenne versehen, siehe Abb. 2. Grundvoraussetzung für das Erreichen der Fertigung der Demonstratoren war die Auswahl und Entwicklung geeigneter Materialien, wobei sich neben der o.g. Auswahl der Kunststoffkomponente die Fließeigenschaften der metallischen Komponente als besonders herausfordernd darstellten. Diese Herausforderung wurde durch eine ausgeklügelte Werkzeugtechnik in Verbindung mit optimal abgestimmten Prozessparametern überwunden, sodass funktionsfähige, hybride Kunststoffbauteile mit direkteingespritzter Metallantenne hergestellt werden konnten.

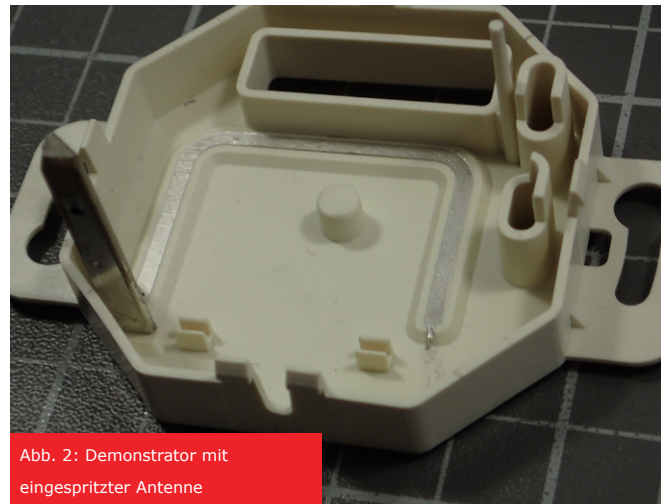


Abb. 2: Demonstrator mit eingespritzter Antenne

Die gefertigten Systeme wurden mit einer eigens entwickelten Messapparatur vermessen. Dabei wurden ähnliche Richtcharakteristiken wie in der Simulation identifiziert. Aufgrund dessen bietet die Einspritzantenne, neben einem prozesstechnischen Mehrwert (das Fertigen eines Bauteils inkl. Antenne mit nur einem Arbeitsgang), auch bessere Eigenschaften, die in den Funktionstests hinsichtlich Richtcharakteristik und Reichweite nachgewiesen werden konnten. Dabei hat die konventionelle Drahtantenne eine geringere Empfangsleistung sowie eine geringere Reichweite generieren können.

Mit Hilfe der in dem erfolgreich abgeschlossenen Projekt entwickelten Technologie ist es möglich den steigenden Anforderungen von Kunststoffbauteilen inkl. elektrotechnischer Funktionen gerecht zu werden.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

TIGER

Christian Rust, M.Eng.

GEWICKELTE THERMOPLASTISCHE EINLEGER

Im Rahmen des Projektes ist es geplant sich von dem konventionellen Spritzgießverfahren für die Herstellung von hochpräzisen Connectorbauteilen zu lösen, weil dieses besonders bei der Werkzeugherstellung aufgrund von Maßabweichungen zu großen Problem führt. Diese Abweichungen am fertigen Connectorbauteil entstehen aufgrund des Bauteilverzugs während und nach Abschluss des Spritzgießprozesses. Die Verzugseignung kann in gewissen Grenzen mithilfe von Verzugssimulationen vorbestimmt werden. Die Simulationen weichen jedoch zumeist von den tatsächlichen Verzugsmaßen ab.

Das Vorhaben verfolgt einen für diesen Bereich innovativen hybriden Bauteilansatz. Dieser besteht aus der Kombination der Spritzgießmasse und einem mit Endlosfasern verstärkten Einleger. Der zylindrische Einleger wird im thermoplastischen Wickelverfahren hergestellt und weist eine für Connectorbauteile ausreichend hohe Rundlaufgenauigkeit auf. Dieser hochpräzise Einleger dient als Grundkörper, an den mithilfe des Spritzgießprozesses verschiedene Funktionselemente angespritzt werden.



Abb. 1: Ausgangslage; zwei gewickelte thermoplastische Einleger und ein Entwurf für ein Connectorbauteil

Die eingesetzten Werkstoffe sind somit miteinander kompatibel und können bei idealer Prozessführung eine stoffschlüssige Verbindung eingehen. So werden die üblichen Nachteile von Hybridmaterialien (z. B. unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten oder Fügeproblematiken) reduziert.

Zusätzlich ist der ökologische Nutzen zu fokussieren: Die Bauteile können aufgrund der erhöhten Festigkeit signifikant, theoretisch um bis zu 80 %, in ihrer Masse reduziert werden. Dies führt zu einem geringeren Materialverbrauch bei der Herstellung. Hinzu kommt, dass das entstehende Hybridbauteil im Anschluss sortenrein recycelt werden kann, weil die Materialien sortengleich sind.

Für die Realisierung des Projektes sind unterschiedliche Fragestellungen hinsichtlich der Werkzeugentwicklung, der Halbzeugauslegung, der Prozessführung beim Spritzgießen sowie der Festigkeitsberechnung zu lösen.

Es muss im Rahmen des Projektes eine prozesssichere Lösung zur Fixierung der gewickelten thermoplastischen Halbzeuge im Spritzgießwerkzeug entwickelt werden. Eine entsprechende Fixierung sollte sich auf komplexe Formteilgeometrien (3D) anwenden lassen. Ein Verschieben des Halbzeugs durch das Einspritzen des Kunststoffes in das Spritzgusswerkzeug muss vermieden werden, dies führt zu einer Reduzierung der mechanischen Eigenschaften und zu Maßabweichungen.

Des Weiteren soll im Projektverlauf, ein für das Spritzgussverfahren geeigneter Aufbau der gewickelten thermoplastischen Halbzeuge entwickelt werden. Verschiedene Wickelarten bieten die Möglichkeit, die mechanischen Eigenschaften durch die Orientierung der Glasfasern individuell an den Prozess, abhängig für den jeweiligen Anwendungsfall, anzupassen.

Aufgrund der hohen Präzisionsanforderung an das Bauteil, muss eine Möglichkeit zur automatisierten Halbzeugeinlegung in das Spritzgießwerkzeug sowie eine präzisen Halbzeugfixierung im Spritzgießwerkzeug entwickelt werden.

Zusätzlich muss der Einfluss einer Oberflächenvorbehandlung der Einleger untersucht werden. Die Vorbehandlung dient dazu die glatte Oberfläche in der Art vorzubereiten, dass der umspritzende Kunststoff eine feste Verbindung mit ihnen eingehen kann. Unterschiedlichste Vorbehandlungsmethoden zur Aktivierung der Halbzeugoberfläche (z.B. Beflammen oder Plasma-Aktivierung) sollen eingesetzt werden.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

QSCHAUM

Alexander Paskowski, B.Eng.

INNOVATIVES PRÜFVERFAHREN FÜR GESCHÄUMTE KUNSTSTOFFBAUTEILE

In Zeiten steigender Umwelanforderungen und Optimierung der Ressourcennutzung wächst das Interesse an alternativen Produktionsverfahren. Im industriellen Umfeld der Massenproduktion nimmt das Kunststoffschäumen einen immer größeren Stellenwert ein. Mithilfe geschäumter Kunststoffe lassen sich beispielsweise Gewicht, Ressourceneinsatz und Fertigungsprozesse optimieren.

Durch geschäumte Kunststoffbauteile können somit Kraftstoff- und Energieverbrauch sowohl in der Produktion sowie während der Nutzung optimiert werden. Hiermit könnten beispielsweise Elektroautos durch Gewichtsreduktion eine höhere Reichweite erzielen.

Ein produktionstechnischer Nachteil von thermoplastgeschäumten Bauteilen ist jedoch die Überprüfung der Qualität. Weder die Schaumverteilung noch die Blasengröße lassen sich mit einfachen Mitteln in der Industrie beurteilen. Das gängigste Verfahren der MikroCT Untersuchung ist hierbei nur für kleine Bauteilausschnitte geeignet. Des Weiteren ist es durch die hohen Anschaffungskosten und dem zeitintensiven Aufnahmeverfahren für das produktionstechnische Umfeld nicht geeignet.

In dem Projekt QSchaum wird deshalb eine neue Analyseverfahren entwickelt, mit der es möglich ist, die Qualität von thermoplastgeschäumten Bauteilen anhand ihrer Eigenwerte zu beurteilen. Ziel ist die Abschätzung der Massen- und Steifigkeitsverteilung durch Erregung des Bauteiles über ein breites Spektrum von Frequenzen. Die ermittelten Ergebnisse sollen hierbei eine Gut- und Schlechtteilcharakterisierung ermöglichen (siehe Abb. 1).

M: Modalanalyse, Zugprobe
Total Deformation: Mode 3 - 568,1 Hz
Type: Total Deformation
Frequency: 568,1 Hz
Unit: mm
Deformation Scale Factor: 10,
05.08.2021 14:46

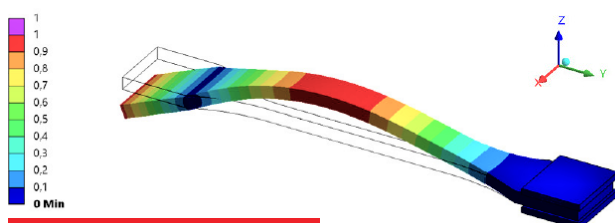


Abb. 1: Schwingungsanalyse

In ersten Versuchen wurden Probekörper unter Variation von Spritzgieß- und Gasparametern gefertigt, um unterschiedliche Blasenverteilungen und Blasengrößen zu generieren und zu untersuchen.

Die hergestellten Bauteile wurden im Anschluss mit mehrere Analyseverfahren untersucht. Hierzu zählen unter anderem optische Verfahren wie mikroskopische und MikroCT-Untersuchungen (siehe Abb. 2), mechanische Prüfungen, wie Zug- und Biegeversuche, sowie die Analyse der Eigenformen in Abhängigkeit der vordefinierten Parameter.



Abb. 2: MikroCT Untersuchung

Durch die Überlagerung der gewonnenen Ergebnisse und die Charakterisierung in Gut- und Schlechtbauteile können die Untersuchungen im Verlauf des Projektes an einem seriennahen, komplex geschäumten Demonstrator durchgeführt werden. Nach der Optimierung der Analyseverfahren und der Anpassung der Messergebnisse auf die gewünschten Bauteileigenschaften steht der Industrie somit eine Messmethode für eine einfache und schnelle Qualitätskontrolle zur Verfügung.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

BEREICH: MATERIALENTWICKLUNG

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Angelo Librizzi

Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-134

librizzi@kunststoff-institut.de

CAP-BNP

Entwicklung innovativer biozider Nanopartikel zur
Anwendung in der Kunststofftechnik

Laufzeit: 15.10.2018 bis 31.01.2022

Förderkennzeichen: 03INT505CA

Fördermittelgeber: BMBF

Förderträger: Projektträger Jülich

Förderprogramm: Internationalisierung von Spitzenclustern,
Zukunftsprojekten und vergleichbaren Netzwerken

Projektleiter: Dr.-Ing. Ruben Schlutter

FlamZation

Flammschutzausrüstung von Funktionsstoffen;
Materialentwicklung von flammgeschützten
Materialsystemen auf Basis von polaritätsangepassten,
silanisierten Funktionsstoffen

Laufzeit: 01.01.2020 bis 31.03.2022

Förderkennzeichen: ZF4586709EB9

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH

Förderprogramm: ZIM-ZF – Kooperationsprojekt

Projektleiter: Jan Schreiner, B.Eng.

Die genannten Forschungsvorhaben werden unterstützt durch:

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ENTWICKLUNG INNOVATIVER BIOZIDER NANOPARTIKEL ZUR ANWENDUNG IN DER KUNSTSTOFFTECHNIK

Erhöhte Anforderungen an alle möglichen Werkstoffe richten den Fokus der Entwicklung auf neuartige Funktionalitäten wie unter anderem biozide Wirkungen, die aufgrund von Eigenschaftsänderungen im nanoskaligen Bereich bestehender Werkstoffe oder durch Kombination von unterschiedlichen Werkstoffklassen ermöglicht werden. Kunststoffe nehmen hier eine Sonderrolle ein, da sie für Verpackungen, technische Bauteile oder medizintechnische Anwendungen in sehr großen Mengen verarbeitet werden. Dabei besteht die Möglichkeit, das Eigenschaftsprofil der verwendeten Kunststoffe an verschiedene Anforderungen anzupassen. So ist es bspw. möglich, eine Keimbildung zu unterdrücken, oder bei späteren klinischen Anwendungen auszuschließen, indem der Kunststoff des jeweiligen Bauteils mit bioziden Partikeln oder Wirkstoffen funktionalisiert wird, die oberflächennah wirken. Durch den Einsatz entsprechender nanoskaliger Wirksubstanzen wird dann eine deutlich verlängerte antibakterielle Wirksamkeit an der Kunststoffoberfläche erreicht.

Im Rahmen des Projektes „biozide Nanopartikel“ arbeitet ein internationales Projektkonsortium an der Entwicklung und Weiterentwicklung funktioneller Schichten mit biozider Wirksamkeit durch den Einsatz von Nanopartikeln. Ziel des Projektes ist es, biozide Eigenschaften durch die Verwendung passiv wirkender biozider Methoden zu erreichen. Dadurch kann eine Resistenzbildung von Bakterien und Pilzen gegen das Wirkprinzip vermieden werden. Die dafür verwendeten Wirkstoffe zeichnen sich dadurch aus, dass sie die Mikroorganismen nicht aktiv töten oder in deren Zellmetabolismus eingreifen. Stattdessen wird die Kommunikation der Bakterien gestört und die Lebensumwelt nachteilig für die Bakterien beeinflusst. Die Nanopartikel verhindern die Ausbildung eines Biofilms auf der Probenoberfläche, indem sie den pH-Wert in den leicht sauren Bereich absenken.

Im Rahmen der Projektarbeiten werden verschiedene Wirkstoffe untersucht. Diese werden mit unterschiedlichen Verarbeitungsverfahren auf die Bauteiloberfläche appliziert. Die Herstellung der Nanopartikel erfolgt zum einen durch nasschemische Verfahren. Die Nanopartikel werden durch Spritzgießen und Kalandrieren sowie durch Lackierung appliziert.

Zum anderen werden die Nanopartikel mittels Plasma erzeugt und direkt auf die zu funktionalisierende Oberfläche appliziert.

Im Ergebnis konnten biozide Eigenschaften für alle verwendeten Werkstoffe und Verarbeitungsverfahren erreicht werden. In jedem Fall mussten die verwendeten Wirkstoffe an das Verarbeitungsverfahren angepasst werden.

Nach dem Nachweis der prinzipiellen bioziden Wirksamkeit der produzierten Nanopartikel, konnten diese erfolgreich in Lacksysteme dispergiert und auf Demonstratoren aufgebracht werden, ohne dass die biozide Wirksamkeit verloren gegangen ist (Abb. 1).

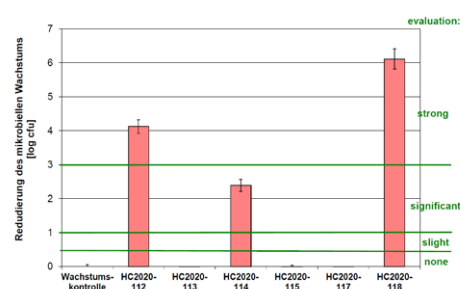


Abb. 1: biozide Wirksamkeit in verschiedenen Lacksystemen

Die Partikelgröße der Nanopartikel soll weiter reduziert werden, um die Bildung von Agglomeraten zu vermeiden. Durch beide Maßnahmen kann die Wirksamkeit der Nanopartikel erhöht werden, wodurch entsprechend ausgerüstete Formteile biozide Eigenschaften aufweisen werden.

Die Anwendung der Nanopartikel erfolgt vor allem bei technischen Bauteilen, wie Telefongehäuseschalen und Türklinken, Massenartikeln, wie Kugelschreibern und in der Ausstattung von Gebäuden, z. B. mit Fußbodenpaneelen und Wandfarben.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

FLAMZATION

Jan Schreiner, B.Eng.

FLAMMSCHUTZ DURCH POLARITÄTSANGEPASSTE SILANISIERUNG VON FUNKTIONSTOFFEN

Im Bereich von elektronischen Geräten, im Bauwesen und in der Automobilindustrie werden höchste Anforderungen an den Werkstoff Kunststoff gestellt. Insbesondere wenn es um Sicherheitsaspekte wie Brandschutz geht, bedarf es entsprechender Materialeigenschaften. Diese Funktionalitäten werden im Allgemeinen durch Additive in das Material eingebracht. Durch die wachsenden Umweltkriterien sind neue Flammschutzmittel, welche ein niedriges toxikologisches Gefahrenpotenzial aufweisen, essenziell geworden. In den zurückliegenden Jahren wurden viele Entwicklungen zur Optimierung der Flammschutzsysteme auf Stickstoff- und Phosphorbasis sowie im Bereich von anorganischen Stoffen umgesetzt. Um den hohen Flammschutzanforderungen in den einzelnen Einsatzgebieten gerecht zu werden, wird das Flammschutzmittel zu hohen prozentualen Anteilen in die Kunststoffmatrix eingebracht. Damit einher geht allerdings sehr häufig eine Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften wie der Festigkeit und Schlagzähigkeit. Viele Bauteile erfordern jedoch neben der Brandschutzklasse auch ein hohes Maß an mechanischen Eigenschaften (Leichtbau, Metallersatz etc.). Nicht zuletzt ergibt sich der Bedarf nach alternativen Flammschutzmitteln, bei denen es darauf ankommt einen Verlust von wichtigen Eigenschaften zu vermeiden.

Die homogene Einarbeitung mit ausreichend Scherung muss hierzu gegeben sein, allerdings muss der Prozess so schonend sein, dass die thermoempfindlichen Flammenschutzmittel nicht bereits in der Verarbeitung reagieren.

In dem Vorhaben wird eine neuartige polaritätsangepasste Oberflächenmodifikation auf den Füllstoff entwickelt und appliziert, um zum einen die Umwelt- und Brandschutzvorschrift der verschiedenen Anwendungsgebiete zu erfüllen. Zum anderen ist es das Ziel, die Nachteile der deutlichen Verschlechterung der mechanischen Eigenschaften durch weniger Phasenübergänge innerhalb des Verbundwerkstoffes zu eliminieren.

Durch die industrienähe Durchführung innerhalb des Projektes sollen Erkenntnisse für eine anschließende Markteinführung gesammelt werden.

Zudem können Übertragbarkeiten auf weitere Füllstoffsysteme

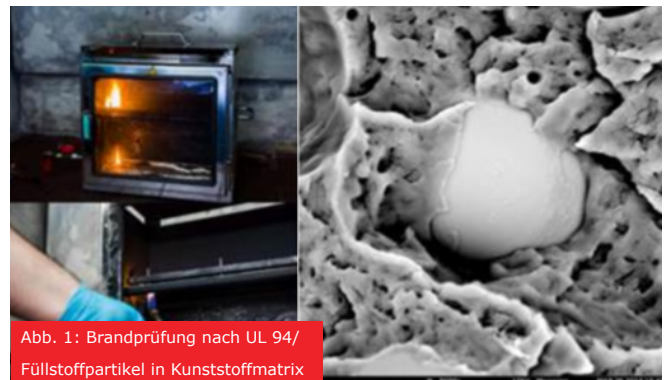


Abb. 1: Brandprüfung nach UL 94/
Füllstoffpartikel in Kunststoffmatrix

erarbeitet werden. Durch die Beladung der verschiedenen Füllstoffe mit unterschiedlichen Flammschutzsystemen zeigte sich, dass die Funktionsweise stark vom Beladungsgrad abhängt. Im Anschluss an die Ermittlung des optimalen Beladungsgrades, werden die beschichteten Füllstoffsysteme in die jeweiligen Polymere eingearbeitet, mechanischen Prüfungen und Brandtests unterzogen. Die letzten Schritte werden die Optimierungen hinsichtlich Faser-Matrix-Anhaftung sowie anschließendes Up-Scaling der Beschichtungen und der Compoundierungen darstellen. Der Fokus der Entwicklung lag zunächst auf einem PA6.6 mit 30% Glaskugeln. Innerhalb der Untersuchungen konnte ermittelt werden, dass die Kerbschlagzähigkeit der neuen Modifikation bei gleichem Glaskugelanteil gegenüber einem Compound mit zusätzlichem Flammschutzmittel verdoppelt werden konnte.

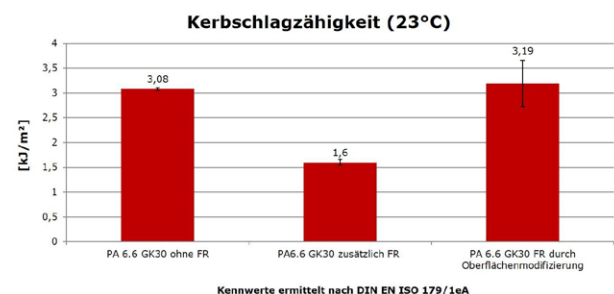


Abb. 2: Kerbschlagzähigkeit am Beispiel
PA6.6 mit 30% Glaskugelfüllung

BEREICH: WERKZEUGTECHNIK

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Angelo Librizzi

Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-134

librizzi@kunststoff-institut.de

GasMold

Entwicklung einer gasbasierten Temperierung für Spritzgießwerkzeuge

Laufzeit: 01.02.2019 bis 01.05.2021

Förderkennzeichen: ZF4586704TA8

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH

Förderprogramm: ZIM-ZF – Kooperationsprojekt

Projektleiter: Alexander Paskowski, B.Eng.

KeraIn

Simulation der thermischen und mechanischen Eigenschaften und Analyse der Oberflächeneigenschaften des Verbundwerkzeuges

Laufzeit: 01.04.2019 bis 30.06.2021

Förderkennzeichen: 16KN045859

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: VDI/VDE - IT

Förderprogramm: ZIM-KOOP – Kooperationsnetzwerke

Projektleiter: Patrick Engemann, M.Sc.

RepMetalMold

Replicated Metal Molds: Ein neues Verfahren zur Herstellung metallischer Werkzeugeinsätze für optische Kunststoffbauteile

Laufzeit: 01.09.2019 bis 31.08.2022

Förderkennzeichen: ZF4586706EB9

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH

Förderprogramm: ZIM-ZF – Kooperationsprojekt

Projektleiter: Dipl.-Ing. Marko Gehlen

TemPor

Optimierte Entlüftung von Spritzgießwerkzeugen durch zyklisch hochtemperierte poröse Werkzeugeinsätze

Laufzeit: 01.07.2021 bis 30.06.2023

Förderkennzeichen: KK5023106KX1

Fördermittelgeber: BMWi

Förderträger: AiF Projekt GmbH

Förderprogramm: ZIM FuE-Kooperationsprojekt

Projektleiter: Dipl.-Ing. (FH) Matthias Militsch

Die genannten Forschungsvorhaben werden unterstützt durch:

-Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

GASMOLD

Alexander Paskowski, B.Eng.

ENTWICKLUNG EINER GASBASierten TEMPERIERUNG FÜR WERKZEUGE

Das Projekt „GasMold“ befasst sich mit der Entwicklung einer gasbasierten, variothermen Temperierung für den Einsatz in der Kunststoffspritzgießbranche. Das Ziel dieser Verfahrensentwicklung ist die dynamische Temperierung von Spritzgießwerkzeugen mittels Einleitung von Heißgasen.

Gängige, etablierte Temperiertechniken verursachen meist einen immensen Energieaufwand. Hierbei unterscheidet sich das GasMold Verfahren insoweit, dass nur die oberflächennahe Werkzeugwand temperiert wird und ungewollt miterwärmte Bereiche auf ein Minimum reduziert werden können. Die dadurch entstehenden Vorteile sind zum einen der niedrigere Energiebedarf zum Erreichen der benötigten Kontakttemperaturen und zum anderen eine geringe Werkzeugkomplexität.

Auf Basis von strömungsmechanischen und thermischen Simulationen und den daraus gewonnenen Erkenntnissen wurde ein Versuchswerkzeug entwickelt, welches sich für die Untersuchung der variothermen Temperierung eignet.

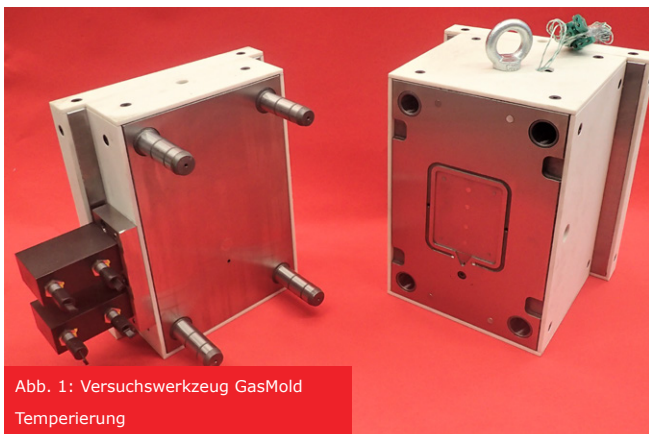


Abb. 1: Versuchswerkzeug GasMold
Temperierung

Durch die Überprüfung von unterschiedlichen Strömungsgeometrien, Spritzgussparametern sowie Gaszuführungsmöglichkeiten konnte das Verfahren optimiert werden, sodass Oberflächendefekte bereits nach kurzer Aufheizphase vermieden werden können.



Abb. 2: Oberflächenoptimiertes Bauteil

Wie in Abbildung 2 zu sehen, können beispielsweise Schlieren beim Thermoplastschaumspritzguss durch die Einleitung von CO₂, das auf 500 °C erhitzt worden ist, bereits nach 10 Sekunden Aufheizzeit verhindert werden.

Nach der Optimierung der Berechnungsgrundlagen in der Simulation ist es außerdem möglich, die Erkenntnisse des Projektes in unterschiedlichste Spritzgusswerkzeuge zu übertragen.

In Folgeprojekten wird die Gaserhitzerperipherie weiter entwickelt. Sobald die Anbindung an die Spritzgießmaschine und die Temperaturführung während des Prozesses in Abhängigkeit des verwendeten Polymeres angepasst wurden, ist das Verfahren in der Industrie einsetzbar.

KERAIN

Patrick Engemann, M.Sc.

INTEGRATION VON THERMISCH ISOLIERENDEN KERAMIKEN

Das Förderprojekt KeraIn konnte im Verlauf des Jahres erfolgreich abgeschlossen werden. Am Projekt beteiligt waren der Formenbau Althaus, NovoPlan, Ceramaret und die KIMW-F. Ziel des Projektes ist das optische Kaschieren von Bindenähten auf der Oberfläche von Hochglanzformteilen aus amorphen Thermoplasten. Zu diesem Zweck werden in die Bereiche des Spritzgusswerkzeuges keramische Einleger integriert, an denen Bindenähte auf Formteilen entstehen. Aufgrund der thermisch isolierenden Eigenschaften der Keramik führt die eingebrachte Wärme des Spritzgussprozesses zu einer kurzzeitigen Anhebung der Werkzeugwandtemperatur. Diese überschreitet im Verlauf des Spritzgussprozesses die materialspezifische Glasübergangstemperatur. Die hohe Werkzeugwandtemperatur und der Spritzdruck in der Kavität führen dazu, dass die Bindenaht soweit reduziert werden kann, dass diese ohne Hilfsmittel nicht mehr optisch erkennbar ist. Das Verfahren bietet den Vorteil, dass in keine zusätzliche Anlagentechnik für den Spritzgussprozess investiert werden muss, um die Werkzeugwandtemperatur anzuheben. Des Weiteren lässt sich das Verfahren, unabhängig von der Formteilgröße, auf andere Spritzgusswerkzeuge übertragen. Zykluszeitverlängernde Maßnahmen, wie das separate Vorwärmen der entsprechenden Beiche in der Kavität, entfallen ebenso. Um die Abformung der Kontur des Einlegers an der Formteiloberfläche zu verhindern, wird auf den Werkstoffverbund eine metallische Deckschicht appliziert, die den Werkstoffübergang homogen abdeckt und eine gleichmäßige Abformung gewährleistet. Zu diesem Zweck musste ein Verfahren entwickelt werden, dass eine gleichmäßige Abscheidung der Deckschicht auf die unterschiedlichen Werkstoffe ermöglicht und den Anforderungen an den Spritzgussprozess gerecht wird. Hierfür musste die Keramik in einem gesonderten vorgelagerten Arbeitsschritt metallisiert werden. Als Deckschicht fungierte im Projekt eine chemisch abgeschiedene Nickelschicht, deren mechanische Eigenschaften nach der Applikation noch durch ein thermisches Auslagern gesteigert werden konnten.

Im Verlauf des Projektes konnten die positiven thermischen Eigenschaften der beschichteten Keramik auf die Ausbildung der Bindenaht auf dem Formteil nachgewiesen und auf eine symmetrische Spritzgusskavität übertragen werden. Die gefertigten Formteile wurden mittels Auflichtmikroskop begutachtet und die Bindenahtbreite vermessen. Durch den Einbau der Keramik und die Applikation der Beschichtung auf die Werkzeugoberfläche konnte die Bindenaht auf ABS-Formteilen, bei identischen Spritzgussparametern, von 14 µm auf 1,8 µm reduziert werden. Vergleichbare Ergebnisse zeigten sich bei der Verarbeitung von einem transparenten PC. Die Bindenähte liegen damit außerhalb des sichtbaren Bereiches für den Betrachter. Bestätigt werden konnte der thermische Einfluss durch, im Vorfeld durchgeführte, Simulationen. Die Berechnungen berücksichtigten unterschiedliche technische Keramiken und Geometrien der isolierenden Einleger in der Kavität.



Abb 1.: Werkzeugeinsatz mit keramischen Einlegern

REPLICATED METAL MOLDS

Dr. Andreas Balster

NEUES VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG METALLISCHER WERKZEUGEINSÄTZE FÜR OPTISCHE KUNSTSTOFFBAUTEILE

In dem Gemeinschaftsprojekt Replicated Metal Molds arbeitet die gemeinnützige KIMW Forschungs-GmbH zusammen mit dem Institut für Mikrosystemtechnik (IM-TEK) der Universität Freiburg, der polyoptics GmbH aus Kleve und 4D Concepts GmbH aus Groß-Gerau an einer Technik, die es ermöglicht, Werkzeugeinsätze für hochpräzise optische Strukturen durch Abformung von einem Modell auf Silikatbasis zeit- und kostensparend zu ersetzen. Eine Schlüsselrolle spielt dabei eine GLASSOMER® getaufte Formmasse, deren thermische Beständigkeit eine Direktabformung niedrigschmelzender Legierungen erlaubt.

Das Projektjahr stand im Zeichen der Qualifizierung unterschiedlicher Legierungen im Hinblick auf ihre Eignung zur Abformung und deren Verwendung in einem typischen Spritzgießprozess. Durch den Sintervorgang, den das GLASSOMER® durchläuft, ist bei der Modellierung die Schwindung des Positivs zu berücksichtigen. Auch die thermische Kontraktion der Legierung selbst bringt eine Veränderung der Geometrie mit sich, sodass die Mikrostruktur um einen Faktor von ca. 1,22-1,24 skaliert werden muss (Abb. 1).

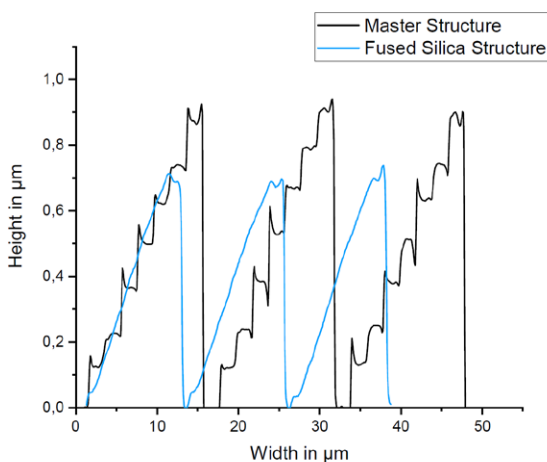


Abb. 1: Geometrische Abweichungen zwischen Urmuster und Glasreplik, Messung mittels WLI (IMTEK)

Es wurde experimentell bestätigt, dass beide Faktoren – thermische Kontraktion der Metalllegierung und die Schwindung des GLASSOMER®-Werkstoffs – mit den theoretischen Werten übereinstimmen und auch gut reproduzierbar sind. Für die Praxis bedeutet dies, dass man bei der Erstellung eines Einsatzes nicht von einem Bauteil als Schablone ausgehen kann, sondern ein entsprechend skaliertes Modell der Struktur anfertigen muss. Dass dies erstaunlich präzise gelingt, wurde mit der Kalottenstruktur eines Lichtleiters bereits in ersten Spritzgießversuchen bei der KIMW-F belegt (Abb. 2). Ein Werkzeugeinsatz wurde aus Messing gegossen, wobei die Maße und Abstände der Kalotten des realen Bauteils über die Abformprozessschritte hinweg in guter Präzision getroffen werden konnten.

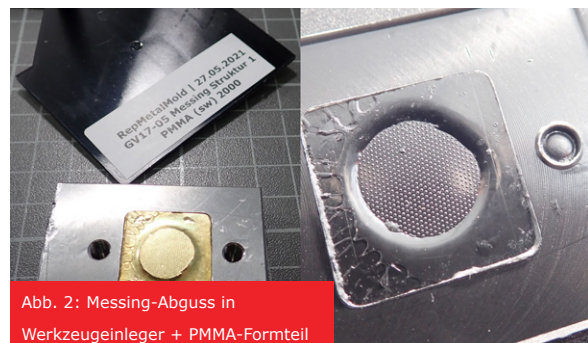


Abb. 2: Messing-Abguss in Werkzeugeinleger + PMMA-Formteil

Im letzten Projektjahr wird das Verfahren an einem praxisrelevanten Bauteil, einer speziellen Fresnellinse, unter Serienbedingungen erprobt. Um in den Experimenten unterschiedliche Legierungen hinsichtlich ihrer Abform- und Verschleißigenschaften vergleichend zu untersuchen, wurde der Einsatz des Versuchswerkzeugs mit vier äquivalenten Aufnahmen konzipiert, in denen die Metallabgüsse simultan einem Spritzgießprozess ausgesetzt werden. Da die Abformung im Fall von Fresnellinsen für die Güte der optischen Funktion entscheidend ist – die Abbildungspräzision hängt empfindlich von der Kantenschärfe der Linse ab – ist es geplant, die Formteile aus dem Demonstrator neben der Überprüfung der Maßhaltigkeit auch einer Qualitätsüberprüfung durch die Projektion einer Lichtquelle zu unterziehen. Das Projekt wird abgerundet durch eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Umstellung eines gegebenen Prozesses auf das GLASSOMER®-Verfahren. Auf diese Weise werden sich die Projektergebnisse schnell und unkompliziert auf reale Fälle übertragen lassen, was einem raschen Ergebnistransfer entgegenkommt.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

OPTIMIERTE ENTLÜFTUNG VON SPRITZGIESSWERKZEUGEN

Bei der Spritzgießverarbeitung von Kunststoffen wird ein Formhohlraum mit Kunststoffschmelze gefüllt. Dies geschieht sehr schnell und mit hoher Fließgeschwindigkeit. Beispielsweise wird die Form einer kleinen haushaltsüblichen Frischhaltebox in unter einer Sekunde mit der Kunststoffschmelze gefüllt. Während dieser Füllphase muss gewährleistet sein, dass die im Formhohlraum befindliche Luft über dünne Spalte aus dem Werkzeug entweichen kann. Ist dies nicht der Fall, kommt es zu Fehlern an den Formteilen wie z. B. Unterfüllungen, Blasen oder Dieseeffekten und im Werkzeug zu erhöhtem Verschleiß und Belagbildungen. Weiterhin kann der Prozess nicht ideal ablaufen, da die Schließkraft und die Druckbegrenzung wesentlich höher eingestellt werden müssen als erforderlich.



Abb. 1: Dieseeffekt durch unzureichende Werkzeugentlüftung

Üblicherweise werden in der Trennebene des Werkzeuges Entlüftungskanäle angebracht, über die die Luft entweichen kann. Diese Kanäle müssen sehr präzise gefertigt werden, damit die verwendeten Formmassen nicht in die Entlüftungskanäle fließen. Die kritische Spaltweite für amorphe Kunststoff liegt bei 0,03 mm und für teilkristalline Materialien bei 0,015 mm. Die Spaltweiten können allerdings im Prozess variieren, da das Werkzeug durch die Schließkraft gestaucht und durch den Forminnendruck aufgetrieben wird (Werkzeugatmung).



Abb. 2: Dieseeffekt im Rippenbereich

Immer komplexere Formteilgeometrien erfordern ebenfalls komplexere Werkzeuge in die die Entlüftungskanäle eingebracht werden müssen. Darüber hinaus werden die Anforderungen an die Formteile durch multiple Funktionsintegrationen höher, sodass der Kunststoff additiviert wird, um alle Funktionen erfüllen zu können. Diese Additive können bei der Verarbeitung durch die hohen Temperaturen aber auch durch Scherbelastungen beim Fließen durch die Kavität zusammen mit anderen Abbauprodukten aus dem Kunststoff ausgasen. Dies führt zu einer Belagbildung im Werkzeug und den Entlüftungskanälen und kann diese zusetzen. Ebenfalls werden sinterporöse Werkzeugeinsätze zur Entlüftung verwendet. Diese sind am Markt verfügbar und werden serienmäßig eingesetzt. Ein Nachteil ist jedoch, dass sich die Poren während der Produktion durch Ausgasungen und Schmelze zusetzen können. Die Entlüftung ist damit nicht mehr möglich.

Hier setzt das Projekt TemPor an: Ein sinterporöser Werkzeugeinsatz soll die Ablagerungen mittels thermochemischer Umwandlung entfernen, damit die Entlüftung zu jedem Zeitpunkt gewährleistet ist. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Technologiekonzeptes für einen Entlüftungseinsatz, in dem alle Funktionen integriert sind. Dazu gehören die gesinterten Elemente, die Heizung und die Versorgung mit Luft. Das System soll so in den Spritzgießzyklus integrierbar sein, dass die Zykluszeit nicht verlängert wird. Zunächst wird ein Funktionsprototyp aufgebaut, danach wird das System in ein Spritzgießwerkzeug integriert und in umfangreichen Versuchsreihen getestet.

VORLAUFFORSCHUNG

ÜBERSICHT DER VORWETTBEWERBLICHEN EIGENFORSCHUNGSPROJEKTE

FIM Slim Light

Entwicklung flachbauender Symbol- und
Ambientebeleuchtungen

Projektleiter: Dipl.-Ing. (FH) Matthias Militsch

Plasma

Neue Möglichkeiten in der Beschichtungstechnik

Projektleiter: Patrick Engemann, M.Sc.

Umkristallisation von Präkursoren

Definierte CVD-Schichten verlangen nach hochreinen
Vorstufen

Projektleiter: Dr. Andreas Balster

Förderung von Feststoffen

Höhere Förderraten mittels Doppelschneckenextruder

Projektleiter: Dipl.-Ing. Frank Mumme

Halogenätzen

Optimierung der Haftung von Beschichtungen an
metallischen Oberflächen

Projektleiter: Dipl.-Ing. Frank Mumme

Haftfeste Hartstoffschichten

Abriebfeste, harte Beschichtungen für die
Kunststoffverarbeitung

Projektleiter: Dipl.-Ing. Frank Mumme

FIM SLIM LIGHT

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Militsch

ENTWICKLUNG FLACHBAUENDER SYMBOL- UND AMBIENTEBELEUCHTUNGEN

In den Bereichen Automotive, Consumer Electronics und Household Appliances nehmen be- und hinterleuchtete Komponenten eine immer wichtigere Rolle ein. Was vor einiger Zeit mit verchromten Applikationen verziert wurde, wird nun mit Lichtfunktionen zu Dekorations- oder Informationszwecken ausgestattet. Die Bauteile dafür sind sehr komplex aufgebaut: Es wird eine Blende als Bauteilabdeckung benötigt, diese muss den Designanforderungen hinsichtlich Form- und Oberflächenqualität entsprechen. Dort sind transparente oder transluzente Bereiche integriert, die die Lichtfunktion übernehmen. Hinter der Blende befindet sich der Lichtleiter, der das Licht einer LED inkl. Platine zum gewünschten Ort lenkt. Je nach Lichtfunktion (Hintergrundbeleuchtung oder Statusanzeige) sind entsprechend viele LEDs notwendig. Die Platine der LEDs muss ebenfalls in das Bedienelement assembliert oder zumindest positioniert werden, damit die Optikkomponente das Licht an der gewünschten Stelle auskoppeln kann. Ebenfalls wichtig ist, dass es keine Überstrahlungen gibt, also eine Statusleuchte in die benachbarte Statusleuchte hineinleuchtet und so Fehlinformationen verursacht. Auch nach außen hin muss das Bauteil lichtdicht sein. Wenn Licht z. B. aus einem Lüftungsgitter oder zwischen zwei Gehäusehälften austritt, hinterlässt das einen negativen Eindruck beim Kunden. Die Einzelteile bedürfen für ihre Produktion spezialisierte Verfahren. Die Blende ist z. B. ein folienhinterspritztes Bauteil, das gewünschte Design wird in mehreren Schichten aufgedruckt und anschließend mit dem Kunststoff hinterspritzt. Je nach Verfahren sind die Bereiche mit Lichtfunktionen nicht, oder mit transparentem Material hinterspritzt. Ein beispielhafter Aufbau kann wie folgt aussehen: Dekorfolie, schwarzer Druck, ausgenommen die Elemente mit Lichtfunktion, farbiger, transluzenter Druck, der die Lichtfunktion übernimmt, durchleuchtbarer Kunststoff. Die Lichtleiter werden aus einem amorphen, transparenten Material gefertigt. Die Bauteile sind oftmals dickwandig, damit die optische Funktion sichergestellt werden kann. Die Spritzgießprozesse benötigen aufgrund der Wanddicke eine lange Zykluszeit, ggf. wird das

Bauteil auch in einem Spritzprägeverfahren hergestellt. Für die optischen Oberflächen ist eine Hochglanzpolitur zwingend erforderlich, andernfalls kommt es zu unerwünschten Lichtverlusten. Weiterhin ist die Formtreue der Lichtleiter von entscheidender Bedeutung damit das Licht an der vorgesehenen Austrittsstelle das Bauteil verlässt. Sind Einfallstellen im Bauteil, kann das dazu führen, dass das Licht nicht homogen geleitet wird und es zu Hotspots (sowohl bei Symbolbeleuchtungen als auch bei Beleuchtungsfunktionen) kommt.

Ziel der Forschung ist es, optische Komponenten durch einen mehrschichtigen Aufbau hinsichtlich ihrer Lichtleitung zu optimieren und so weitere Prozessschritte einsparen zu können. Es werden zwei Entwicklungslinien verfolgt. In der ersten Anwendung sollen Folien mit einer verbesserten Lichtleitung hergestellt und umspritzt werden. In der zweiten Anwendung sollen mehrkomponentige Spritzgießbauteile mit einer Lichtfunktion ausgestattet werden.

Die Herausforderung bei diesen Systemen liegt in der Gleichmäßigkeit und der Effizienz der Beleuchtungsverteilung sowie der Kompatibilität der Module untereinander.



Abb.: Folienhinterspritzung mit Tag/
Nachtdein im Verschwindeeffekt

PLASMA

Patrick Engemann, M.Sc.

NEUE MÖGLICHKEITEN IN DER BESCHICHTUNGSTECHNIK

Die KIMW-F konnte erfolgreich eine neue Remote-Plasmaquelle an einer CVD-Anlage in Betrieb nehmen. Die Anlage bietet eine maximale Leistung von 1,25 kW. Erzeugt wird das Plasma in der Quelle mittels Mikrowelle auf einer Frequenz von 2,45 GHz. Die notwendige Hochspannung für den Betrieb der Quelle wird durch ein separates Netzteil bereitgestellt, über welche die erzeugte Mikrowellenstrahlung reguliert werden kann. Die Anlage wird extern mithilfe einer gasdichten Flanschverbindung an die Beschichtungskammer montiert. Die Plasmaquelle eröffnet der Forschung neue Möglichkeiten in der Beschichtungstechnik und der Oberflächenbehandlung. So können nun Substratoberflächen sowohl vor dem Beschichtungsprozess mittels Ätzen gereinigt als auch die für die Beschichtungsprozesse benötigte Temperatur reduziert werden. Die Reinigung der Substratoberfläche erfolgt durch trockenchemisches Ätzen mit den durch das Plasma erzeugten Radikalen. Diese reagieren mit oberflächlichen Verunreinigungen, es entstehen Gasmoleküle, die durch das anliegende dynamische Vakuum rückstandslos entfernt werden. Zu Beschädigungen der Substratoberfläche kommt es, aufgrund des ausbleibenden Ionenbeschusses nicht, da das Plasma in der Quelle brennt und nur reaktive Radikale austreten. Das neue Reinigungsverfahren ermöglicht es, die Haftung der anschließend in der Anlage abgeschiedenen CVD Schichten noch weiter zu steigern.

Des Weiteren kann mittels Plasma die benötigte Temperatur zum Abscheiden der CVD-Schichten reduziert werden. Hierdurch wird die Abscheidung von keramischen Schichten auf Kunststoffsubstraten möglich, um beispielsweise die Kratzfestigkeit von Hochglanzoberflächen zu erhöhen oder um Barrierschichten zu erzeugen die die Permeabilität des Substrates herabsetzen. Darüber hinaus kann die notwendige Vorbehandlung des Kunststoffsubstrates durch das Plasma innerhalb der Anlage stattfinden. Betrieben werden kann die Plasmaquelle entsprechend dem Einsatzzweck mit unterschiedlichen Gasen. Hierunter fallen sowohl reaktive Gase wie beispielsweise Sauerstoff, Wasserstoff oder Stickstofftrifluorid als auch inerte Gase wie Argon oder Helium. Die technischen Möglichkeiten sollen in umfangreichen Untersuchungen ermittelt werden. Die Steuerung und Überwachung der Plasmaquelle wird über eine in die CVD-Anlage integrierte Steuerung realisiert.

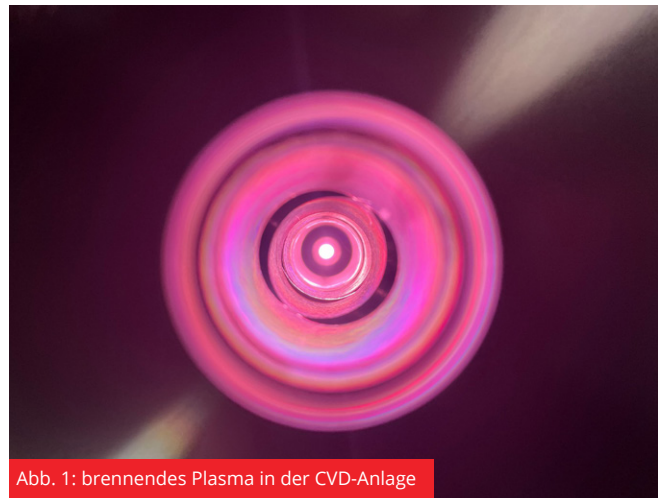


Abb. 1: brennendes Plasma in der CVD-Anlage

UMKRISTALLISATION VON PRÄKURSOREN

Dr. Andreas Balster

DEFINIERTER CVD-SCHICHTEN VERLANGEN NACH HOCHREINEN VORSTUFEN

Zur Abscheidung metallischer Schichten mittels CVD-Prozessen werden in der Regel metallorganische Verbindungen (Präkursoren, engl. Precursors) verwendet, die einer Reihe von Anforderungen genügen müssen. Unter anderem müssen sie sich im Vakuum unzersetzt bei moderaten Temperaturen (in der Regel zwischen 100 und 300 °C) in die Gasphase bringen lassen. In dem eigentlichen Beschichtungsprozess muss der Präkursor dann in einem möglichst engen Temperaturkorridor die organischen Liganden verlieren und das metallische Zentrum freigeben können. Die organischen Reste dürfen die Abscheidung dabei nicht stören, sind möglichst leicht zu entfernen und idealerweise unkritisch im Hinblick auf Toxikologie und Ökologie. Diese Bedingungen werden von einer Reihe von Verbindungen weitgehend erfüllt. Besonders attraktiv für die CVD-Beschichtung sind aus prozesstechnischer Sicht Carbonylkomplexe von Übergangsmetallen der 6. Nebengruppe (Chromgruppe).

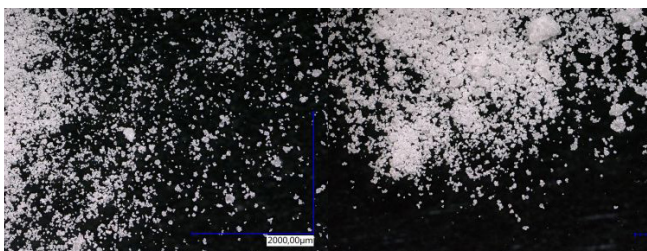


Abb. 1: W(CO)₆-Kristalle im Anlieferungszustand

Chrom, Molybdän und Wolfram gehen mit Kohlenstoffmonoxid oktaedrische Komplexe ein, die sich als flüchtige, luftstabile kristalline Feststoffe besonders gut als Präkursor für entsprechende Schichten eignen. Das in der KIMW-F etablierte Förderverfahren verlangt, dass die Kristalle nicht nur rein, sondern auch von homogener Größe und rieselfähig sind. Dies ist im Anlieferungszustand nicht immer der Fall, wie Abb. 1 zeigt. Je nach Herkunft handelt es sich um klumpige Pulver heterogener Größe und zuweilen auch gelblicher Einfärbung, was auf Verunreinigungen hindeutet.

Um beispielsweise den Präkursor Wolframhexacarbonyl (W(CO)₆) aufzureinigen, wird das Material daher in Dichlormethan (DCM) in einer Art Batchverfahren

umkristallisiert, bevor es dem CVD-Reaktor zugeführt wird. Die Verwendung von DCM bietet dabei eine Reihe von Vorteilen: Es ist kostengünstig, nicht brennbar, besitzt einen niedrigen Siedepunkt (40 °C) und stellt ein gutes Lösungsmittel für die Metallcarbonyle dar. Die Löslichkeit von W(CO)₆ in der Siedehitze unterscheidet sich hinreichend von derjenigen bei -18 °C, sodass innerhalb eines Durchgangs etliche Gramm des Feststoffs gefällt werden können (Abb. 2). Die Batchgröße beträgt dabei ca. 700 ml Lösung.

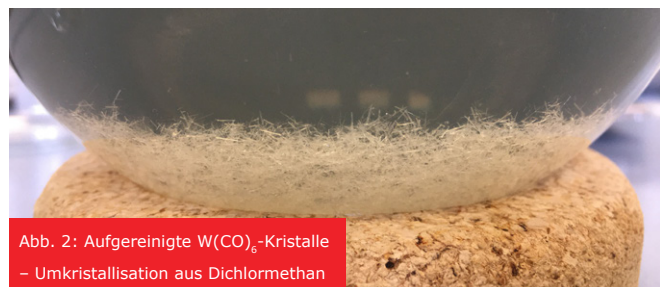


Abb. 2: Aufgereinigte W(CO)₆-Kristalle
– Umkristallisation aus Dichlormethan

Auf ein Absaugen und Waschen der Kristalle wird komplett verzichtet. Die Gewinnung reiner Kristalle erfolgt durch zyklische Verwendung der Lösung, indem sie aus dem kalt gesättigten Zustand direkt wieder erhitzt und mit dem Feststoff in der Siedehitze gesättigt wird. Durch Dekantieren wird die heiß gesättigte Lösung separiert und wieder tiefgeköhlt. Vor dem Hintergrund der hohen Giftigkeit der Schwermetallcarbonylkomplexe ist diese Vorgehensweise besonders wichtig, da die Gefahr von Materialverlusten an die Umgebung minimiert wird und nur wenige Gerätschaften zum Einsatz kommen. Bei langsamer Abkühlung der Mutterlauge erhält man nadelförmige, elfenbeinfarbene Kristalle (Abb. 3). Da das letzte Los des Tages mittels Rotationsverdampfer eingengt wird, sind sowohl Materialverluste als auch der „Verbrauch“ an DCM vernachlässigbar.

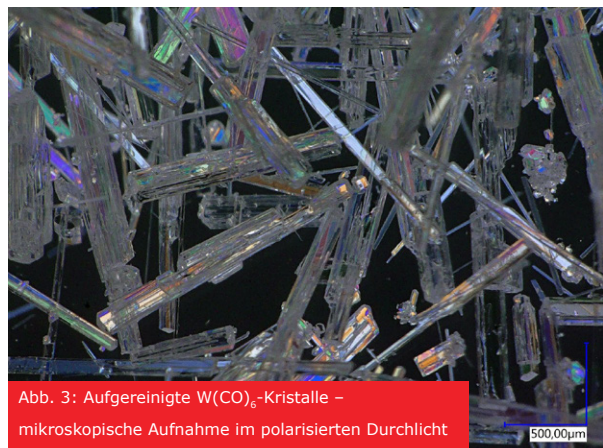


Abb. 3: Aufgereinigte W(CO)₆-Kristalle –
mikroskopische Aufnahme im polarisierten Durchlicht

FÖRDERUNG VON FESTSTOFFEN

Dipl.-Ing. Frank Mumme

HÖHERE FÖRDERRATEN MITTELS DOPPELSCHNECKENEXTRUDER

Chemische Reaktionen werden durch Zusammenführen von Gasen, Flüssigkeiten oder Feststoffen unterhalten. Die genaue Dosierung der Reaktionspartner ist entscheidend für das resultierende Produkt. In diesem Zusammenhang lassen sich Gase sehr gut, Flüssigkeiten gut und Feststoffe nur schlecht dosieren. Speziell für Feststoffe sind kommerzielle Fördersysteme nicht vorhanden oder aktuell nur auf einer sehr geringen Entwicklungsstufe. Da der Großteil der in den Beschichtungsprozessen der Forschungsstelle zum Einsatz kommenden Precursoren pulverförmig ist, wurden für dessen Förderung und Dosierung eigene Förderkonzepte entwickelt und umgesetzt.

Schneckenfördersysteme

Die Zuführung der Feststoffe erfolgt mittels Ein- oder Zweischnellenextruder unter Vakuum bis in den atmosphärischen Bereich. Für geringe Förderraten von 0,1-10 gramm/h werden einwellige Extruder verwendet, für Förderraten bis zu 100 gramm/h eine Ausführung mit zwei ineinander kämmenden Wellen.



Diese Art der Anordnung erreicht deutlich höhere Förderarten. Zudem wird durch das Interagieren der Schneckengänge anhaftendes Fördergut abgelöst und eine Blockade des Extruders ausgeschlossen.

Patenterte Entnahme des Fördergutes

Die sichere Versorgung der Extrudereinheiten erfolgt mittels einer patentierten Druckbeaufschlagung des Fördergutes, die eine Brückenbildung der Feststoffe im Lagerraum verhindert und damit für ein kontinuierliches Nachrutschen des Pulvers bis zur Schnecke sorgt.

Verdampfen der dosierten Mengen

Die Förderung von pulverförmigen Stoffen in Minimalmengen ist der Kern der Eigenentwicklung, die es ermöglicht kommerziell erhältliche Precursoren für die Schichtabscheidung zu nutzen. Innovativ ist hierbei die Trennung von Förderung und Verdampfung der im Gasstrom zugeführten Chemikalien. Herkömmliche Systeme erhitzen eine große Menge der empfindlichen Precursoren, die sich über längere Zeiträume zersetzen und zu ungewünschten Schichteigenschaften führen.

Das entwickelte System trennt die Dosierung und die Verdampfung durch eine Förderung der Pulverpartikel im Vakuum mittels Gasstrom bei Raumtemperatur. Im nachgeschalteten Verdampfer wird die dosierte Menge festen Precursors spontan erhitzt und verdampft. Eine vorzeitige Precursorersetzung wird ausgeschlossen. Die Bereitstellung von bis zu 400 Gramm Feststoff im Fördersystem ermöglicht eine gleichmäßige Zuführung der Precursoren über lange Zeiträume. Somit kann über Stunden oder Tage eine gleichmäßige Schichtabscheidung aufrechterhalten werden.

HALOGENÄTZEN

Dipl.-Ing. Frank Mumme

OPTIMIERUNG DER HAFTUNG VON BESCHICHTUNGEN AN METALLISCHEN OBERFLÄCHEN

Für eine gute Haftung von Beschichtungen ist eine perfekt bearbeitete und gereinigte Oberfläche essentiell. Schon bei der Herstellung von zu beschichtenden Oberflächen müssen Bearbeitungsprozesse so ausgelegt werden, dass Schädigungen und die Präsenz von oxidischen Schichten minimiert werden. Stumpfe Bearbeitungswerkzeuge führen z.B. zu verdichteten Oberflächen (Grate, Orangenhaut) und Oxidschichten entstehen aufgrund unzureichender Erodier- und Schleifprozesse. Im Weiteren müssen Oberflächen gereinigt werden. Dies geschieht üblicherweise nasschemisch bzw. wird die Reinigung unmittelbar dem Beschichtungsprozess vorgeschaltet durch « Beizen » in galvanischen Prozessen oder « Plasmaätzen » in Vakuumprozessen.

Um komplexe Geometrien mit einer gleichmäßigen Schicht versehen zu können, entwickelt die Forschungsstelle MOCVD Prozesse. Hierbei werden die Reaktorräume auf maximal 500 °C aufgeheizt. Die für die thermischen Zersetzungsprozesse der zugeführten Chemikalien (Precursoren) notwendigen Prozesstemperaturen sorgen auf den Stahlwerkstoffen für die Bildung einer dünnen Oxidschicht, die zu einer verminderten Haftung führt. Um dennoch eine gute Haftung zu ermöglichen, wurden von der Forschungsstelle Trockenätz-Prozesse entwickelt, die eine Beseitigung von Oxidschichten an den Stahloberflächen vor dem Abscheiden der Funktionsschicht im CVD- Beschichtungsprozess ermöglichen. Im inerten Betrieb werden die Werkzeuge auf ca. 300 °C erwärmt. Durch Zuführung von reaktiven Prozessgasen werden in einem mehrstündigen Prozess die Oxidschichten entfernt. Die Parametrierung des Prozesses und die Reaktivität der Arbeitsgase nehmen dabei Einfluss auf die Effizienz der Oberflächenreaktion. So kann bei erhöhten Temperaturen mittels reduzierenden Kohlenwasserstoffen ausschließlich auf polierten Oberflächen die gewünschte Wirkung erzielt werden. Durch den Einsatz von halogenhaltigen Gasen ist ein deutlich stärkerer Abtrag an vergleichbaren Substraten zu erzielen.

Ätzen mit Chlorgas

Halogene haben ein hohes Reaktionsvermögen und bilden mit vielen Elementen Salze, die durch weitere Reaktionen in lösliche Verbindungen überführt werden können.

Chlor als Reaktionspartner bildet mit den Elementen, die als Legierungsbestandteil von Stahl bekannt sind, flüchtige Verbindungen, die unter Temperatureinwirkung und reduziertem Druck abdampfen. Die zum Chlorid überführten Metalle können im Weiteren unter Einwirkung von Wasserstoff zu den reinen Metallen reduziert werden. Im Vakuum bei ca. 300 °C wird der Stahl 1.4301 mit einer geringen Menge Chlorgas unter inerten Bedingungen geätzt (Abb. 1). Die Struktur der Oberfläche wird durch den chemischen Angriff geändert, sie raut auf.

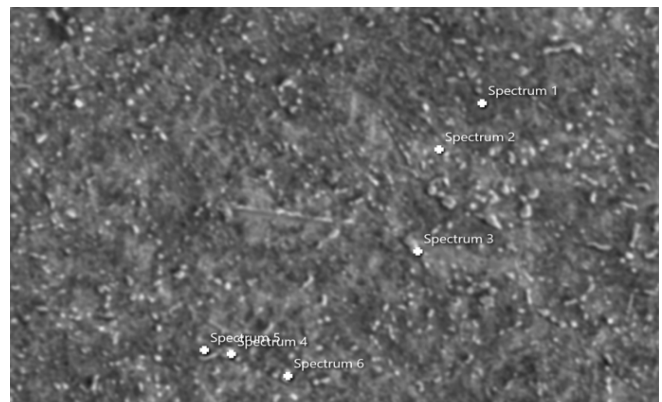


Abb. 1: 1.4301 poliert, Cl₂-geätzt, 1 mbar Prozessdruck

Durch eine nachfolgende Elementanalyse (EDX) der trockengeätzten Oberfläche waren keine Sauerstoff- oder Chloranteile nachweisbar (Abb. 2).

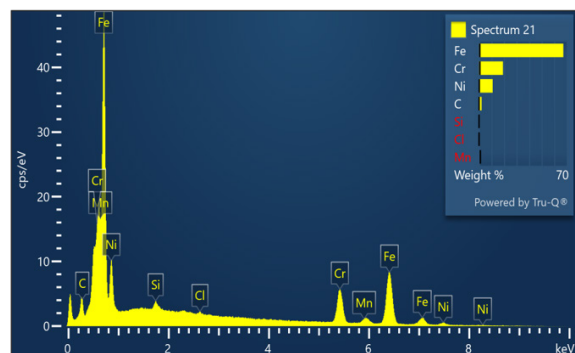


Abb. 2: EDX-Analyse: 1.4301 poliert, Cl₂-geätzt, 1 mbar Prozessdruck

Die stattfindende chemische Reaktion greift die Stahloberfläche an und sorgt für eine geringe, aber sichtbare Aufrauhung der Oberfläche, die mit einer mikrogestrahlten Oberfläche vergleichbar ist.

HAFTFESTE HARTSTOFFSCHICHTEN

Dipl.-Ing. Frank Mummé

ABRIEBFESTE, HARTE BESCHICHTUNGEN FÜR DIE KUNSTSTOFFVERARBEITUNG

Die chemische Gasphasenabscheidung (CVD) ermöglicht das Beschichten komplexer Geometrien mit homogenen und gleichförmigen Schichten. Im Besonderen macht der Einsatz metallorganischer Precursorchemie die Abscheidung einer Vielzahl von nitridischen und carbidischen Schichten oder einer Mischung derselben bei Prozesstemperaturen unter 500 °C möglich. Auf Basis von Wolframcarbid ist es gelungen, eine sehr harte und abriebfeste Hartstoffbeschichtung dreidimensional abzuscheiden. Im ersten Entwicklungsschritt bestand die Herausforderung in der Bestimmung geeigneter Prozessparameter für die Darstellung der gewünschten Eigenschaften. Für den erfolgreichen Einsatz der Schicht in industriellen Anwendungen ist zudem eine gute Haftung der Beschichtung an der Werkzeugoberfläche zwingend erforderlich.

Scratchtest - Analyse der Schichthaftung

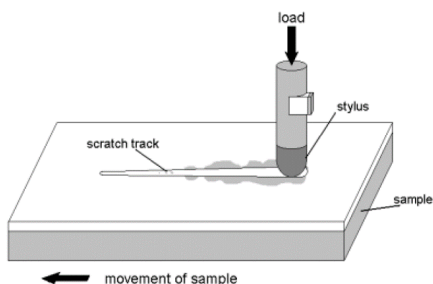


Abb. 1 : Scratch Analyse, tip 100 µm, 0-10 N

Für die Bestimmung der Haftfestigkeit wird die Scratchanalyse angewendet. Hierbei wird ein Diamantkegel mit 100 µm Spitzenradius über die beschichtete Oberfläche gezogen. Bei zunehmender Kraft werden spezifische Kräfte ermittelt, die das Haftvermögen der Beschichtung beschreiben. So gibt die Kraft LC3 das kontinuierliche Versagen der Schichthaftung durch regelmäßiges Durchbrechen der Beschichtung an. Diese beträgt nach der beschriebenen Methode ca. 5 N für industrielle PVD Schichten.

Haftvermittlung für W2C

W2C ist ein Hartstoff, der neben einer hohen Härte von bis zu 2200 HV ein sehr hohes E-Modul aufweist (700 GPa). Die daraus folgende spröde Charakteristik führt auf vergleichsweise duktilem Stahl (HV 600, 220 GPa) zu einer unzureichenden Haftung ($LC3 \approx 1N$).

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Niedertemperatur-CVD-Prozesses konnte mittels Nickelschicht als Haftschrift sowie einer Gradienten-Schichtabscheidung mit Wolframcarbid und ausgewählten Reaktionsgasen eine sehr gute Anbindung an den Grundwerkstoff (1.2343) erreicht werden (Abb. 2).

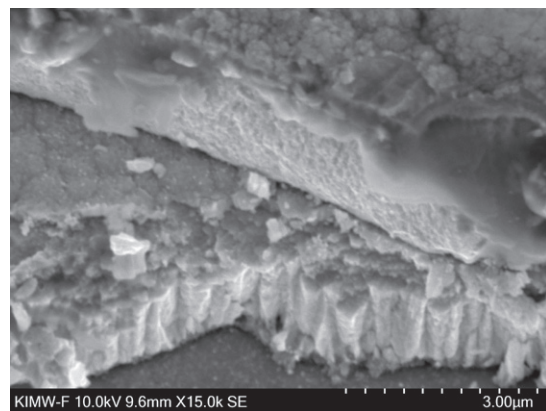


Abb. 2: REM-Aufnahme, Gradientenschichtaufbau Nickel+W₂C

Die im Scratchtest ermittelte Haftung LC3 von 8,3 N (Abb. 3) entspricht dem Haftvermögen üblicher, in der Werkzeugtechnik verwendeten, PVD- Hartstoffschichten.

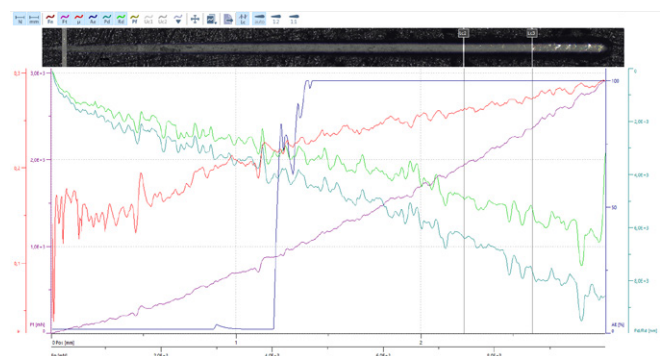


Abb. 3: Scratch Analyse Nickel+W₂C, tip 10 µm, 0-10N, LC3 = 8,3 N

Diese Vorgehensweise wird für die haftfeste Abscheidung weiterer Chrom- oder Molybdän-Hartstoffschichten angewendet.

FORESIGHT - AUTOMOBILINTERIEUR FÜR DIE ZUKUNFT

ZIM KOOPERATIONSNETZWERKE

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Angelo Librizzi

Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-134

librizzi@kunststoff-institut.de

Als Mitinitiator beteiligt sich die KIMW-F am Netzwerk für Funktionsintegration und neue Oberflächen für das Automobil-Interieur der Zukunft. Im Vordergrund von FOresIght stehen Unternehmen des Werkzeug-/ Formenbaus und Zulieferer von Teilen und Komponenten, die die bidirektionale Kommunikation mit den OEMs sowie Tier-1-2 suchen und passgenaue Forschungs- und Entwicklungsprojekte anstreben.

Die KIMW-F beteiligt sich dabei an Themenfeldern aus den Bereichen der Hinterspritztechnik, der gedruckten Elektronik, Beleuchtungsanwendungen und allgemeinen Design- und Integrationskonzepten.

In diesem Jahr wurden Netzwerk- sowie Arbeitsgruppentreffen digital durchgeführt. In den Diskussionen ging es unter anderem um die Auswirkung der Covid-19-Pandemie auf den Fahrzeugabsatz. Ebenso konnten Veränderungen des Marktes und vor allem der Marktakteure durch die Abkehr vom Fahrzeugbesitz zum Car Sharing und das autonome Fahren mit Connectivity-Dienstleistungen erörtert werden.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



PURWERK - WERKZEUGTECHNIKEN FÜR IN-MOULD-COATING

ZIM KOOPERATIONSNETZWERKE

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Angelo Librizzi

Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-134

librizzi@kunststoff-institut.de

Das ZIM-Innovationsnetzwerk beschäftigt sich mit dem Themenkomplex des In-Mould-Coatings. Dieses Verfahren birgt ein außerordentliches Potenzial im Bereich der Oberflächenadaption und -modifikation von Kunststoffbauteilen. Dabei sind nicht nur kratzfeste oder selbst heilende Oberflächen durch die richtige Wahl des Polyurethanlackes realisierbar, sondern auch Tiefeneffekte und die hochauflösende Abbildung von Nanostrukturen auf der Werkzeugoberfläche umsetzbar.

Innerhalb der ersten Netzwerkphase wurden die vielfältigen Ansprüche an die Technologie sowie die zu setzenden Schwerpunkte erarbeitet. Die KIMW-F beteiligt sich dabei an verschiedenen Arbeitsgruppen, die sich thematisch mit diversen Fragestellungen und Herausforderungen rund um innovative neue Werkzeugtechniken im Bereich des „In-Mould-Coating“ (IMC) mit Polyurethansystemen auf Thermoplastbauteilen beschäftigt. Innerhalb der zweiten Netzwerkphase werden die erarbeiteten Lösungsansätze in F&E-Projekte überführt.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



CAM-SYS-4.0 - MIKROOPTIKSYSTEME AUS KUNSTSTOFF

ZIM KOOPERATIONSNETZWERKE

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Angelo Librizzi

Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-134

librizzi@kunststoff-institut.de

Die optischen Technologien gelten als Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. In vielen Anwendungsbereichen wie der industriellen Bildverarbeitung, Medizintechnik und in der Beleuchtungstechnik gibt es Bedarf für mikrooptische Systeme aus Kunststoff. Im Gegensatz zu Glas gibt es weitreichende Vorteile durch den Spritzgießprozess, das geringere Gewicht sowie die Integration von Funktions- und Befestigungselementen.

Durch immer kompaktere Bauformen von Kameralinsen und Sensoren werden die optischen Systeme im Mikrospritzguss gefertigt.

Im ZIM Kooperationsnetzwerk wird der Bedarf an Mikrooptiksystemen analysiert und Realisierungswege aufgezeigt. Der Branchenfokus liegt dabei in den Bereichen Automotive, Medizintechnik und Consumer Electronics. Die Phase des Netzwerkaufbaus ist abgeschlossen und es sind 26 Unternehmen und Forschungseinrichtungen beteiligt. Ziel der zweiten Phase ist es, den erarbeiteten Bedarf an Mikrooptischen Systemen in Forschungsprojekte zu überführen, weiterzuentwickeln und Lösungswege aufzuzeigen. Als Basis hierzu dient eine Technologie Roadmap. Die Schwerpunktthemen dabei sind die Entwicklung eines Schnellwechselwerkzeuges für Mikrooptiken, die Prozessvalidierung zur Fertigung von Mikrooptiken und die Entwicklung einer modularen Assemblierungsanlage für Mikrooptiksysteme.



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



MED-IG 4.0 - INTELLIGENTE GERÄTE FÜR DIE MEDIZINTECHNIK

ZIM KOOPERATIONSNETZWERKE

Weitere Informationen:

Vanessa Frettlöh, M.Sc.

Tel.: +49 (0) 23 51.67 999-11

frettlloh@kunststoff-institut.de

Im ZIM-Innovationsnetzwerk dreht sich alles um intelligente Geräte für die Medizintechnik. Der Bedarf an intelligenten Produkten und Systemen aus Kunststoff bzw. unter Kunststoffbeteiligung wird analysiert und Realisierungswege für neue Produkte sowie Produktverbesserungen aufgezeigt. Diese sollen sowohl in Arztpraxen und Krankenhäusern als auch beim persönlichen Gebrauch durch die Patienten Anwendung finden. Die vielfältigen Formgebungsmöglichkeiten und hervorragenden medizinischen Eigenschaften von Kunststoffen im Zusammenspiel mit dem Know-how zahlreicher etablierter Systemlieferanten erschließen neue Anwendungsbereiche.

Innerhalb der ersten Netzwerkphase werden die Kompetenzen der Netzwerkpartner gebündelt und Synergien ermittelt. Thematische Schwerpunkte sind optische Elemente, miniaturisierte geschützte Sensoriken, dichtende, medienbeständige Elemente mittels 2-K-Komponententechnik, gedruckte Elektronik und antibakterielle Kunststoffoberflächen. Die KIMW-F wird sich aufgrund ihrer bereits aufgebauten Kompetenzen auf die beiden zuletzt genannten Forschungsthemen fokussieren. Innerhalb der zweiten Netzwerkphase werden die erarbeiteten Lösungsansätze in F&E-Projekte überführt.



Gefördert durch:



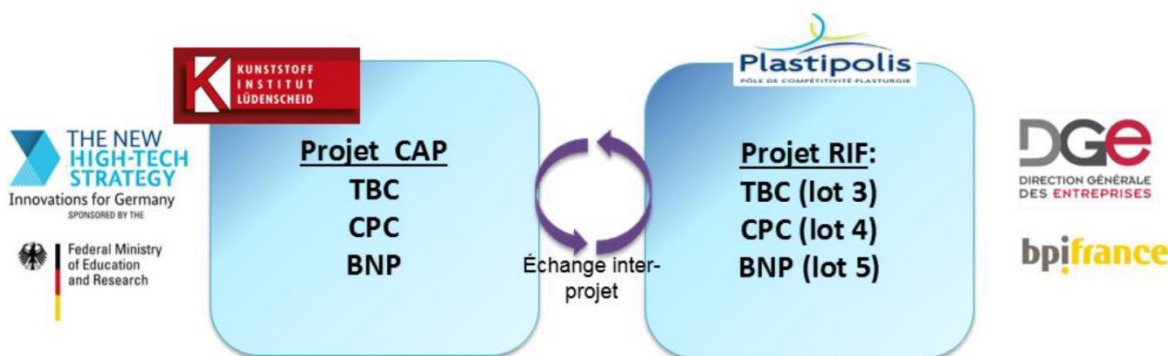
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



INTERNATIONALE FORSCHUNG

ZUSAMMENARBEIT MIT DER REGION OXITANIEN, BMBF-CAP PROJEKTE



Weitere Informationen:
Dipl.-Ing. Frank Mumme
Tel.: +49 (0) 23 51.10 64-139
mumme@kunststoff-institut.de

Im Jahr 2018 wurden die drei CAP Förderprojekte TBC- Thermische Barriere-Schichten für die Kunststoffverarbeitung, CPC – Korrosionsfeste Werkzeugoberflächen mittels Dünnschichttechnologie und BNP-Biozide Nanopartikel für Kunststoffoberflächen ins Leben gerufen.

Unter dem Schirm der beiden Netzwerke des KIMW und der französischen Plastipolis werden in Zusammenarbeit mit französischen Industrie- und Forschungspartnern drei Forschungsthemen bearbeitet, die zum Ziel haben, Know-how und Märkte miteinander zu verbinden. Zentraler Forschungspartner ist die Universität Toulouse und seine angegliederten Carnot Institute (CNRS), vergleichbar mit der deutschen Fraunhofer-Gesellschaft. Die einzelnen Projekte werden von deutsch- französischen Konsortien unterhalten. Auf deutscher Seite werden die Projekte vom Bundesforschungsministerium (BMBF) unter dem Leitthema « CAP » (Coatings and Particles for Plastics), in Frankreich vom französischen Finanzministerium (BPI) und der beteiligten französischen Regionen unter dem Titel « RIF » (Revêtements Innovants et Fonctionnels pour la plasturgie) gefördert.

Internationale Zusammenarbeit im Zuge der Covid Krise

Die geplanten internationalen Projekttreffen konnten Corona bedingt nur stark eingeschränkt durchgeführt werden.

Ausschließlich auf Arbeitsebene konnten in den Sommermonaten gegenseitige Besuche für einen Erfahrungsaustausch realisiert werden. Im Sommer 2021 konnte die Forschungsstelle eine zweiwöchige Exkursion zur Forschungseinrichtung CIRIMAT in Toulouse tätigen.



Im Zeitraum konnte ein praktischer Austausch von Know-how erreicht und eine gemeinsame Vorgehensweise in den CAP Projekten CPC und TBC gefestigt werden.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

LICHTMIKROSKOP

Dr. Martin Ciaston

DIGITALMIKROSKOPIE IN IHRER ANWENDUNG

Die Digitalmikroskopie ermöglicht zwei- und dreidimensionale Hell- und Dunkelfeld- Bildaufnahmen u.a. zur Qualitätssicherung und -kontrolle, Fehleranalyse oder Schichtdickenbestimmung nach dem Kalottenschliffverfahren. 101- bis 1010-fache Vergrößerungen lassen sich realisieren. Mit dem bloßen Auge nicht erkennbare Korrosionsstellen an beschichteten nichtlegierten Stahlprobekörpern (wie z.B. 1.0330) lassen sich so unkompliziert und schnell feststellen (vgl. Abb. 1).

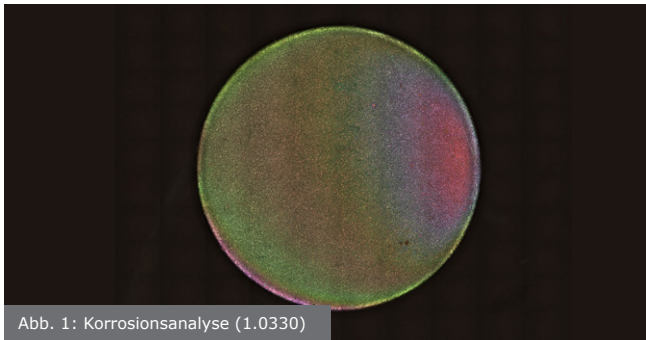


Abb. 1: Korrosionsanalyse (1.0330)

Durch das schwenkbare Objektiv lassen sich Bilder bis zu einem Neigungswinkel von $\pm 45^\circ$ aufnehmen (vgl. Abb. 2).

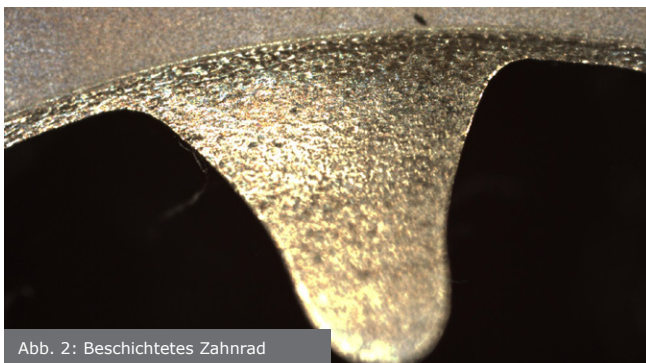
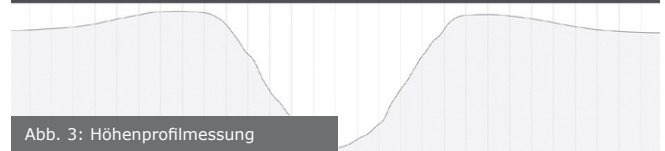
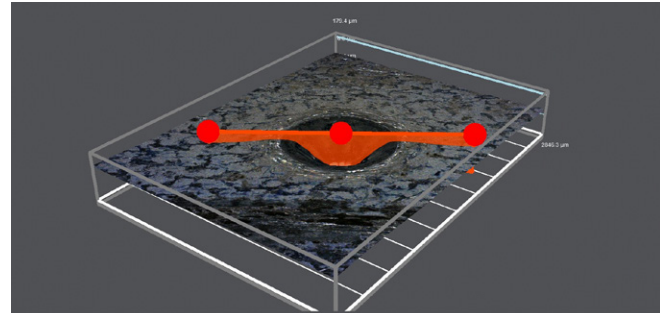


Abb. 2: Beschichtetes Zahnrad

Zusätzlich können Höhenprofilmessungen und 3D-Aufnahmen durch die verfahrbare Z-Achse realisiert werden (vgl. Abb. 3).



Durch automatisierte Messprozesse und kalibrierte Komponenten lassen sich nutzerunabhängige Messwerte erzielen.

Motorisierter Tisch : Verfahrbereich (xy) 130×100 mm (z):
~60 mm

Optischer Zoom:

Zoom-Faktor: 10-fach

Zoombereich: 0,5× bis 5,0×

Objektiv : PlanApo D 5,0x/0,3 FWD 30 mm

Beleuchtung : Koaxiales LED-Auflicht

LED-Ringbeleuchtung mit 4 einzeln wählbaren Segmenten

Stativ: Neigungswinkel (codiert): $\pm 45^\circ$

Max. Probengröße: ~120 mm

IMPEDANZSPEKTROSKOPIE (EIS)

Dr. Anatoliy Batmanov

UNTERSUCHUNG DER SCHICHTEIGENSCHAFTEN MITTELS EIS

Die elektrochemische Impedanzspektroskopie (EIS) ist eine zerstörungsfreie Methode, um die Antwort eines Systems auf die angelegte Wechselstrombelastung zu untersuchen. Jedes System sowie jeder Vorgang in dem System kann mittels einer Kombination von Widerständen, Kapazitäten und Induktivitäten modelliert und beschrieben werden. Die EIS Methode ermöglicht die Zustandsuntersuchung von festen Materialien (z.B. Porosität, Dielektrizität) oder elektrochemischen Systemen (Korrosion, Korrosionsschutz, Passivierung, Brennstoffzellen, Batterien, etc.). Die Messstation für die EIS besteht aus einem Potentiostat/ Galvanostat, einem Frequenzganganalysator sowie einer Steuer- und Auswertesoftware.

Die Probe, z. B. eine beschichtete Metallmünze, wird in einen flüssigen Elektrolyten getaucht, um die Korrosionsbeständigkeit der Beschichtung zu untersuchen. Kommt es zu einem Kontakt zwischen Elektrolytlösung und Substratmaterial, gehen Metallionen in Lösung und freie Elektronen bleiben zurück. Bei Wechselstrom bauen sie aufgrund von Polarisationsprozessen einen Doppelschichtkondensator C_{dl} und parallel zu diesem einen Widerstand R_p auf (Abb. 1 links). Das Ersatzschaltbild beschreibt den Korrosionsvorgang so, dass der Korrosionswiderstand direkt aus den Messergebnissen abgelesen werden kann. Die nichtleitende Beschichtung weist einen hohen elektrischen Widerstand bei Gleichstrom auf und verhält sich wie ein Kondensator C_{cpc} bei Wechselstrom. Im Fall von Defekten, z. B. Poren oder Rissen, in der Schicht wird der Widerstand der Lösung in den Poren R_{por} gemessen (Abb. 1 rechts). Das Impedanzspektrum kann als Nyquist- oder Bode-Diagramm (Abb. 2) dargestellt werden.

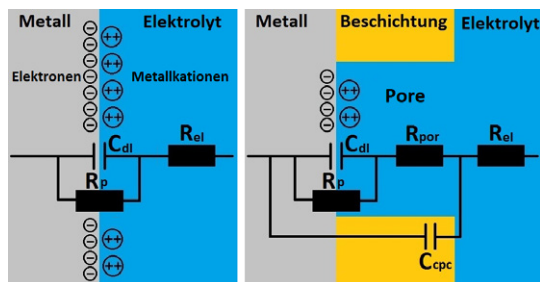


Abb. 1: Metall/Elektrolyt und Metall/Schicht/Elektrolyt Modelle

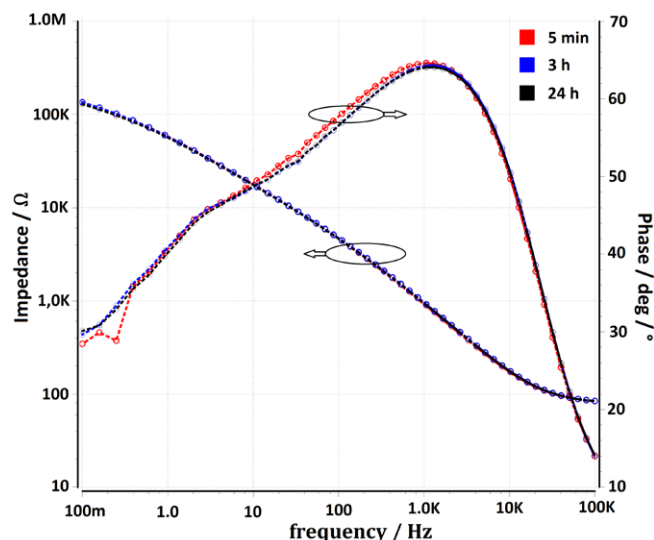


Abb. 2: Impedanzspektren (Bode-Diagramm) einer ZrO_2 Schicht

Technische Charakteristika der EIS Messstation an der KIMW Forschungs-gGmbH:

- Gesamtbandbreite: DC – 5 MHz
- Max. Strom: $\pm 2,5$ A
- Kontrollierte Spannung: ± 10 V / ± 4 V
- Konformitätsspannung: ± 14 V
- ADC Auflösung: 18 bit
- Harmonic reject: > 60 dB @ $\frac{1}{2}$ full scale
- Potentiostat Modi: potentiostatic, galvanostatic, pseudo-galvanostatic, rest potential, off
- Umgebungstemperatur: $+10^\circ\text{C}$ bis $+30^\circ\text{C}$
- Luftfeuchtigkeit: $< 60\%$ ohne Derating

Frequenzgenerator & Analysator:

- Frequenzbereich: 10 μHz – 4 MHz
- Genauigkeit: $< 0.0025\%$
- Auflösung: 0,0025%, 10Ksteps/decade

LEUCHTDICHTEMESSUNG

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Militsch

ERMITTLUNG DER LEUCHTDICHTE AN SYMBOLBELEUCHTUNGEN UND LEUCHTFLÄCHEN

Eine Leuchtdichtemesskamera ist ein bildgebendes System zur flächigen Vermessung von leuchtenden oder beleuchteten Oberflächen. Insbesondere im automobilen Interieur, werden Informationsdarstellungen als Symbolbeleuchtungen dargestellt. Sowohl die Leuchtdichte, die Leuchtdichteverteilung als auch die Lichtfarbe können mit dem Leuchtdichtemessstand blickwinkelabhängig an Symbolbeleuchtungen oder Ambientebeleuchtungssystemen charakterisiert werden. Das System beinhaltet eine optische Bank, mit der die Kameraentfernung auf bis zu 2 m vom Bauteil eingestellt werden kann.

Die Auswertung erlaubt es, mittels verschiedener Darstellungen die Ergebnisse zu visualisieren (logarithmische Skalierungen, Falschfarben und 3D Darstellungen). Die Auswertung der Ergebnisse kann mithilfe von Regionen erleichtert werden. Es stehen ebenfalls zahlreiche statistische Tools zur Verfügung. Die Ergebnisse werden anschließend in eine Berichtsdatei (.docx, .xlsx, .pdf) exportiert.

Technische Features:

- Typ: LMK5-5 Color
- Auflösung: 2448 x 2050 Pixel
- Dynamikbereich: Farb-High-Dynamic Messung 1:10.000.000 (~140 dB)

Messgrößen:

- Leuchtdichte L (cd/m^2)
- Farbkoordinaten x, y
- Unterstützte Farbräume: RGB, XYZ, sRGB, EBU-RGB, User, Lxy, Luv, Lu^*v^* , $\text{L}^*\text{u}^*\text{v}^*$, $\text{C}^*\text{h}^*\text{s}^*\text{uv}$, $\text{L}^*\text{a}^*\text{b}^*$, $\text{C}^*\text{h}^*\text{ab}$, HIS HSV, HSL, WST²

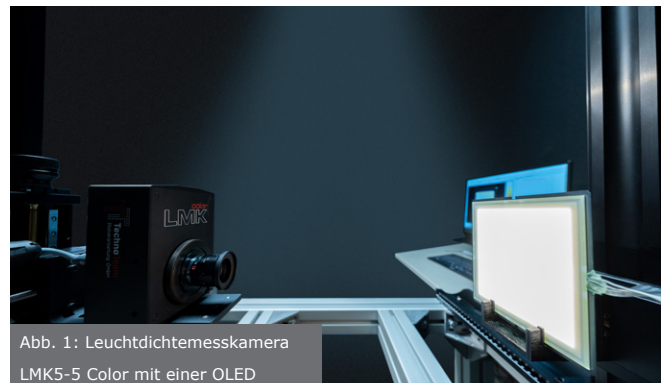


Abb. 1: Leuchtdichtemesskamera LMK5-5 Color mit einer OLED



Abb. 2: Softwareauswertung der vermessenen OLED



KALOTTENSCHLIFFGERÄT

Dr. Mohamed Mahmoud

SCHICHTDICKENMESSUNG UND VERSCHLEISSBESTÄNDIGKEIT

Das Kalottenschliffgerät ermöglicht in Kombination mit der Licht-/ Digitalmikroskopie eine Schichtdickenmessung. Mit einer Stahlkugel und einer Schleifsuspension wird eine Kalotte in die Schicht bis zum Grundmaterial geschliffen. Mittels Lichtmikroskopie wird anschließend der Durchmesser der entstandenen Kreise ausgewertet und in die Dicke der Schicht umgerechnet. Zusätzlich kann die Verschleißbeständigkeit von Schichten bestimmt werden. In diesem Fall wird eine Kalotte nicht bis in das Grundmaterial, sondern nur in die Schicht geschliffen. Anschließend wird das spezifische Abtragungsvolumen analysiert.

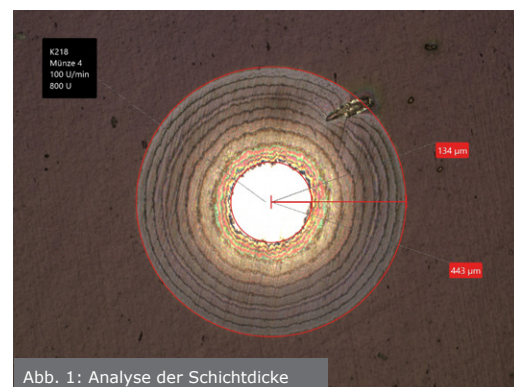
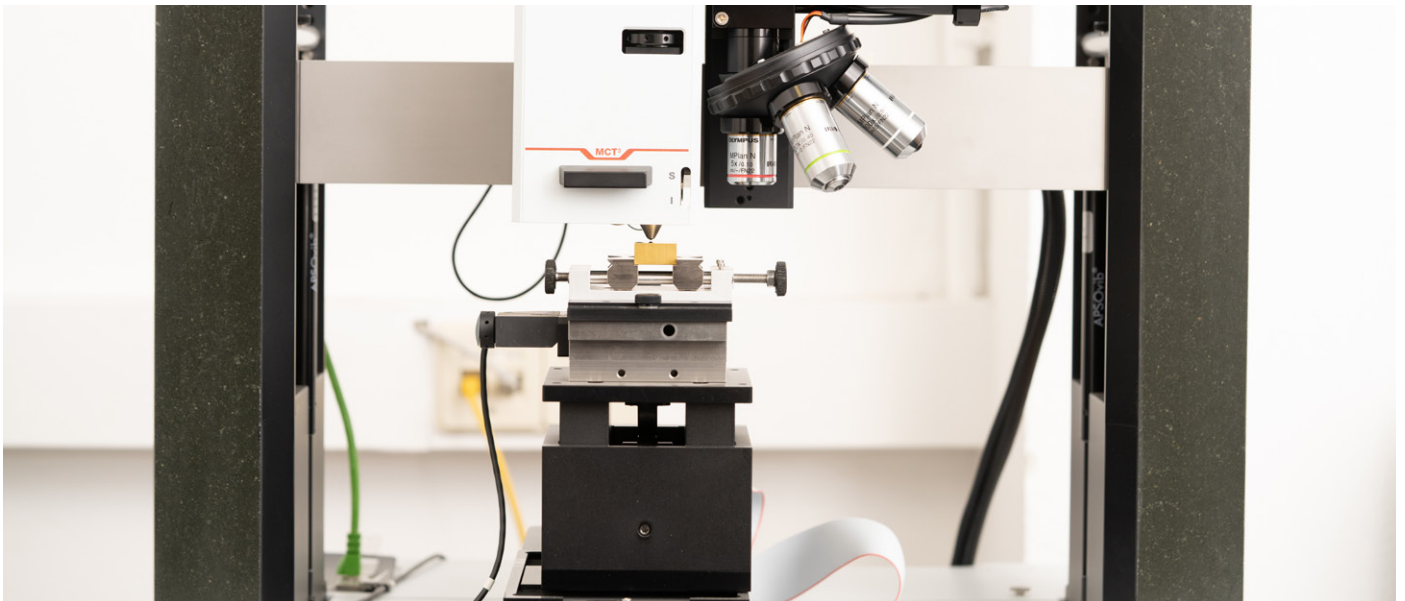


Abb. 1: Analyse der Schichtdicke



MCT

Dr. Mohamed Mahmoud

MIKRO-/NANO-MECHANISCHES MESSGERÄT

Das Mikro-/Nano-mechanische Messgerät ist mit einem universellen Messkopf zur vollständigen mechanischen Charakterisierung von Beschichtungen und Schüttgutproben ausgestattet, wobei Mikrohärtetester (MHT), Mikroscratchtester (Ritztest, MST) und Mikrotribologietester (MTT) in einem vereint sind.

Mittels MHT ist die Untersuchung der Härte und des Elastizitätsmodul von dünne Schichten (ab $1\text{ }\mu\text{m}$) möglich. Darüber hinaus kann die Schichthaftung mittel MST untersucht werden (Abb. 1). Dazu wird ein Diamantstift ($100\text{ }\mu\text{m}$ Radius) mit konstanter, stufenweiser oder kontinuierlich steigender Last über die Schicht gezogen und die entsprechende kritische Last, bei der die Schicht vom Substrat abplatzt, ermittelt. Durch Aufnahme von Postscans können beispielsweise die Rückstellung bei Polymeren oder bei Self-Healing-Lackierung nach dem Scratch nachverfolgt und dadurch elastische und plastische Eigenschaften quantifiziert werden.

MTT ermöglicht nicht nur die Bestimmung der Reibungskoeffizienten, es kann auch der Verschleiß von Oberflächen bei linearer Belastung mit einem Gegenkörper ausgewertet werden.

Technische Spezifikationen

- Lastbereich $10\text{ mN} - 30\text{ N}$
- Mikroskop und Okularen: 200, 800 und 4000-fach Vergrößerung (optisch + digital)
- Diamantspitze (Indenter):
 - o Vickers
 - o Berkovich
 - o Rockwell (Sphärokonische Indenter, $100\text{ }\mu\text{m}$ Radius)



Abb. 1: Auswertung eines Scratchtests



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen



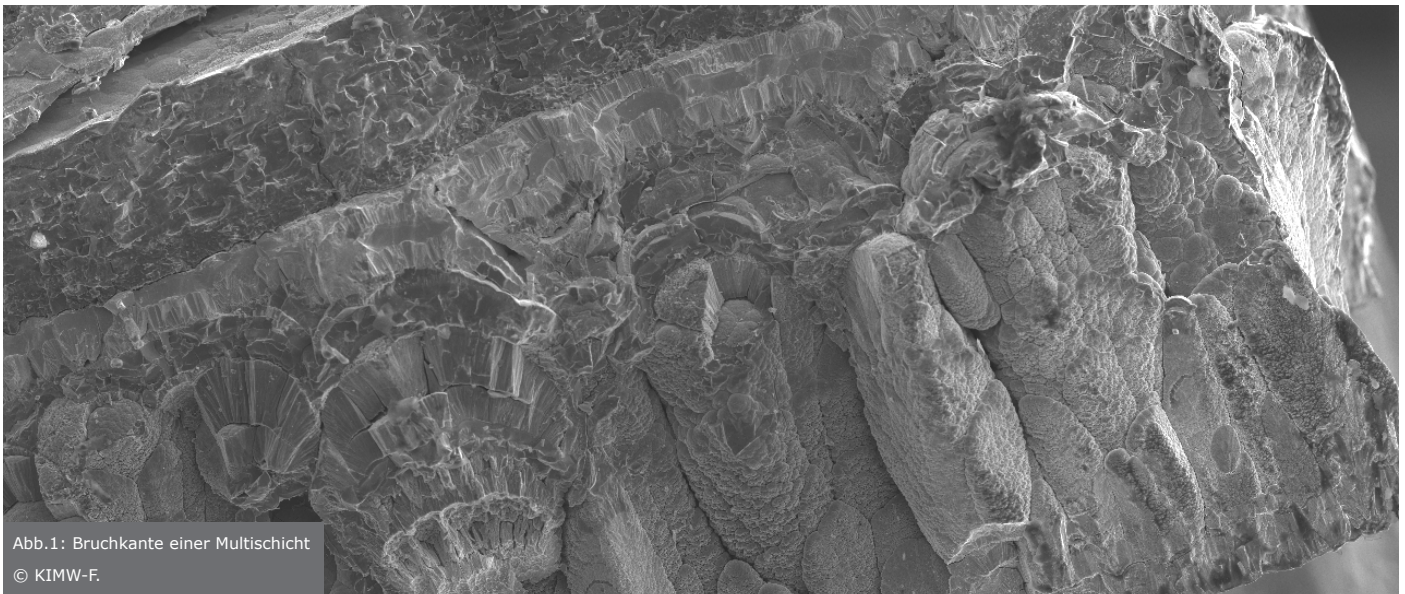


Abb.1: Bruchkante einer Multischicht
© KIMW-F.

RASTERELEKTRONENMIKROSKOP

Dr. Mohamed Mahmoud

REM-EDX IN DER SCHICHT- UND MATERIALANALYTIK

Das Rasterelektronenmikroskop (REM) ist ein vielseitiges Analysengerät, welches die Aufnahme von Oberflächen und Bruchkanten mit hoher Auflösung von 3 nm (bei 30 kV) und Vergrößerungen bis zu 100.000-fach ermöglicht. Durch die zur Verfügung stehenden Detektoren (SE, BSE, UVD) werden umfangreiche Analysemöglichkeiten geboten. Außerdem kann der Materialkontrast mittels des BSE-Detektors aufgenommen werden, wodurch die Verteilung von Elementen (z. B. Schwermetall-Partikeln) ermittelt werden kann (siehe Abb. 2). Die Kombination der Detektorsignale ermöglicht dabei ein breites Spektrum an Bildern, um jedes Detail einer Probe zu charakterisieren. Zudem sind 3D Messungen möglich, an denen zum Beispiel Stufenhöhen und Schichtdicken ermittelt werden können. Die hochaufgelöste Betrachtung der Oberfläche elektrisch leitfähiger und elektrisch isolierender Proben ist möglich. Durch den Einsatz eines UVD-Detektors im Niedervakuum ist die Besputterung von elektrisch isolierender Proben nicht notwendig. Eine störende Überbelichtung der Probenoberfläche und Aufladungserscheinungen durch den Elektronenstrahl werden bei dieser Messanordnung vermieden.

Mit der Energiedispersiven Röntgenspektroskopie (EDX) kann orts aufgelöst die Materialzusammensetzung

einer Probenoberfläche analysiert werden, was für die Schichtcharakterisierung oder die Schadenanalyse hilfreich ist.

Technische Spezifikationen

- Maximale Vergrößerung bis 100.000-fach (abhängig von der Probenart)
- Maximale Beschleunigungsspannung: 30 kV
- Maximaler Probendurchmesser: 300 mm
- Maximale Probenhöhe: 130 mm
- Probengewicht: bis 5 kg
- zur Verfügung stehenden Detektoren: SE, BSE, UVD, EDX

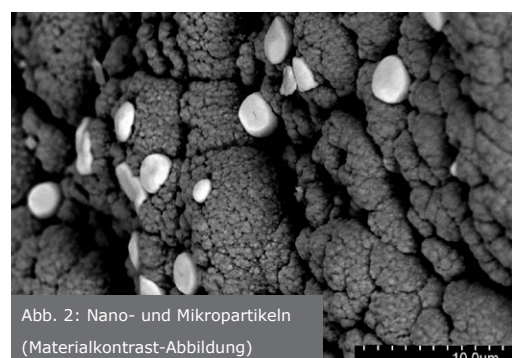


Abb. 2: Nano- und Mikropartikeln
(Materialkontrast-Abbildung)

RESTGASANALYSATOR (RGA)

Dr.-Ing. Anatoliy Batmanov

ANALYSE DER GASE MITTELS QUADRUPOLO- MASSENSPEKTROMETER

Das Massenspektrometer ermöglicht die Detektion und Analyse der Zusammensetzung von Restgasen/ Dämpfen in einem Vakuumsystem sowie die Echtzeitüberwachung von Partialdrücken in Gasgemischen. Im Hochvakuum ist oftmals ein Faraday-Cap-Detektor ausreichend, für Ultrahochvakuum werden oft Sekundärelektronenvervielfacher (EM, Electron Multiplier) als Detektoren eingesetzt. Der Restgasanalysator (RGA) hat eine exzellente Empfindlichkeit für Helium und Argon. Dadurch kann er auch für die Lecksuche an Vakuumbeschichtungsanlagen zum Einsatz kommen. Das Massenspektrometer an der KIMW Forschungs-gGmbH ist als mobile Messstation mit einem eigenen Vakuumsystem ausgestattet (Abb. 1). Der RGA wird über einen PC gesteuert und die Messergebnisse (z.B. als Massenspektren (Abb. 2)) können in Echtzeit vor Ort oder durch Integration des Gerätes in ein Netzwerk auch vom Schreibtisch aus überwacht werden.

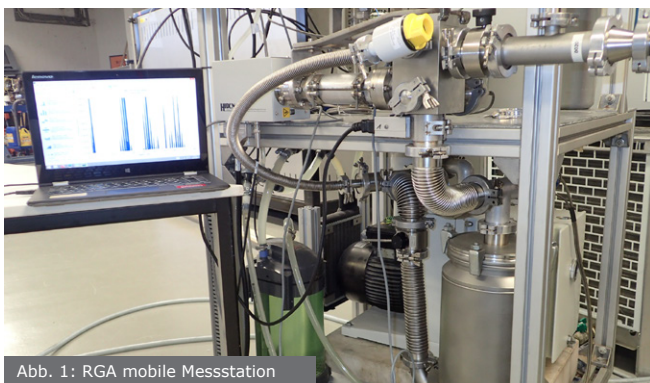


Abb. 1: RGA mobile Messstation

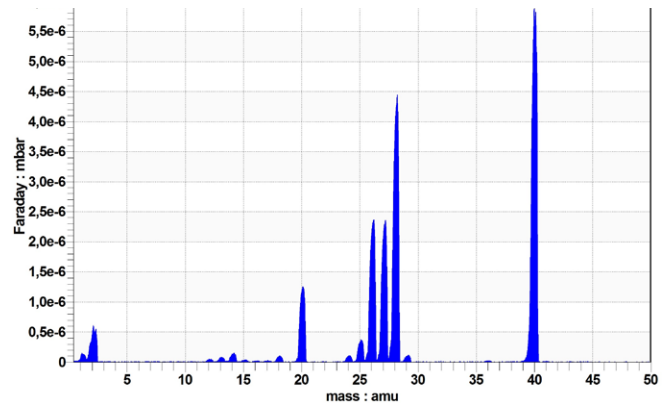


Abb. 2: Darstellung eines
Gas- Massenspektrums

Technische Charakteristika des RGAs der KIMW Forschungs-gGmbH:

- Massenbereich: 1-300 amu
- Detektor: EM/Faraday
- Betriebsdruck max.:
 - Faraday: 1×10^{-4} mbar
 - EM: 1×10^{-5} mbar
- Max. Messgeschwindigkeit: 650 Messungen/sec
- Minimaler nachweisbarer Partialdruck:
 - mit Faraday-Detector: 1×10^{-11} mbar
 - mit EM: 2×10^{-13} mbar
- Kathode: Iridium, Y2O3-beschichtet
- Ausheiztemperatur des Analysators ohne Elektronik: max. 250 °C

RÖNTGEN- FLUORESZENZANALYSE

Dr. Martin Ciaston

ZERSTÖRUNGSFREIE MATERIAL- UND SCHICHTDICKENANALYSE

Die Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) ermöglicht die Elementaranalyse von Metallen, Keramiken und anderen Materialien und somit eine zerstörungsfreie Messung von Schichtdicken galvanisierter Kunststoffe und beschichteter Werkzeugoberflächen. Mit dem Silizium-Drift-Detektor lassen sich auch dünnste Schichten gut analysieren. Zudem lässt sich bei aus mehreren Elementen bestehenden Schichten gleichzeitig die Schichtdicke und der prozentuale Anteil der einzelnen Elemente darstellen. So ist z. B. der Phosphoranteil in funktionellen NiP-Schichten direkt bestimmbar.

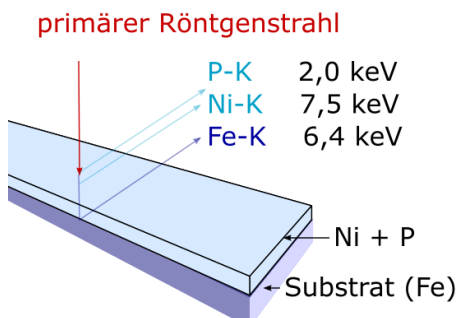


Abb. 1: direkte Bestimmung des
P-Anteils in NiP-Schichten

Den steigenden Anforderungen an Grenzwerte für Schwermetalle und Schadstoffe kann durch die Bestimmung der Gehalte mittels RFA begegnet werden. So ist eine Spurenanalyse von gefährlichen Substanzen wie Blei und Cadmium nach RoHS möglich. Durch wechselbare Primärfilter und Blenden lassen sich für jede Messung ideale Bedingungen schaffen.



Abb. 2: Röntgenfluoreszenzanalysegerät

- Detektor:
Silizium-Drift-Detektor mit Peltierkühlung
- Röntgenquelle:
Mikrofokus-Wolframanode mit Berylliumfenster
stufig einstellbar 10 kV, 30 kV, 50 kV
- Blende 4-fach wechselbar
- Primärfilter 6-fach wechselbar
- Kleinster Messfleck: Ø 0,25 mm
- Max. Probengröße: 300 x 350 x 140 mm
- Max. Probenmasse 25 kg

BESCHICHTUNGSTECHNIK

Dipl.-Ing. Frank Mumme,
Vanessa Frettlöh, M.Sc.

FUNKTIONELLE BESCHICHTUNGEN MITTELS MOCVD TECHNOLOGIE

Die Forschungsstelle verfügt mittlerweile über fünf CVD (chemical vapour deposition, chemische Gasphasenabscheidung) Beschichtungsanlagen unterschiedlicher Größe. Bei den Anlagen handelt es sich um Heißwandreaktoren. Das gesamte Reaktorvolumen wird dabei von einer externen Heizquelle auf die benötigte Temperatur gebracht.

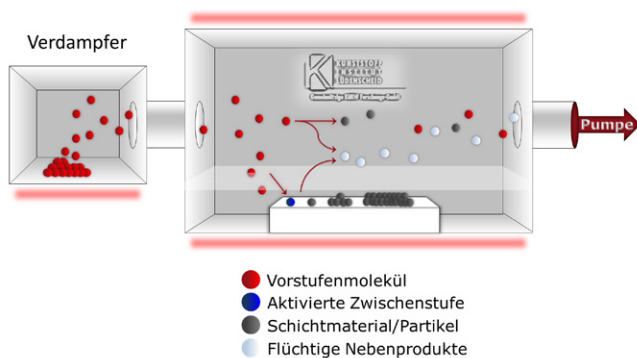


Abb. 1: Schematische Darstellung eines CVD Heißwandreaktors mit vorgeschaltetem Verdampfer

Die Peripherie wurde gezielt an die Reaktoren und die abzuscheidenden Schichten angepasst. Neben metalloxidischen Keramikbeschichtungen unterschiedlicher Morphologie und Kristallstruktur können an der KIMW-F auch metallische Kupfer- oder Nickelschichten sowie Hartstoffschichten auf Basis Wolfram- oder Chromcarbid abgeschieden werden. Tribologisch wirksame Schichten (WS_2) werden für Hochtemperatur Anwendungen genutzt. Durch den Einsatz von metallorganischen Vorläuferverbindungen (den sogenannten Precursoren), welche im Verdampfer in die Gasphase überführt werden und sich im Reaktor zersetzen (vergl. Abb. 1), können die Beschichtungen schon bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen von 200°C bis 500°C realisiert werden. So ist es möglich, auch komplexe und auf Maß gearbeitete (Spritzgieß-) Werkzeuge zu beschichten, ohne die Maßhaltigkeit und die mechanischen Eigenschaften zu verändern.

Die zur Schichtabscheidung notwendigen Reaktionspartner werden über geeignete Minimalmengen-Dosiergeräte zugeführt. Es werden vor allem gas- und pulverförmige Medien eingesetzt.

Die Schichteigenschaften (Schichtdicke, Kristallinität, Phase, Dichte) hängen von den Prozessparametern ab. Der Precursorzufuhr, der Reaktandenzufuhr, die Gaszufuhr, der Druck und die Temperatur im Reaktor sowie die Verdampfer Temperatur können präzise geregelt werden. Durch die Wahl der Prozessparameter kann die 3D-Konformität und Spaltgängigkeit der Beschichtungen gezielt variiert werden. Im Gegensatz zu Plasma basierten Prozessen, können im thermischen CVD Prozess auch sehr hohe Aspektverhältnisse (Tiefe einer Bohrung/ Durchmesser einer Bohrung) homogen beschichtet werden.

Durch den Einsatz von Reaktivgasen und die Zufuhr von Flüssigkeiten (Wasser, Ethanol) kann die Schichtzusammensetzung und die Morphologie der Beschichtungen beeinflusst werden.

Es steht eine Auswahl an unterschiedlichen Beschichtungsanlagen zur Verfügung. Kennzeichnend ist hier die unterschiedliche Größe des Rezipienten.

Anlagenabmessungen

Type	Abm. Ø x Länge [mm]
0	40x50
1	210x1300
2	100x2000
3	450x1000
4	210x3000

CVD 0

Der kleinste der fünf CVD Reaktoren dient in erster Linie der Schichtneuentwicklung und Erprobung der Schichtabscheidung. Mit Hilfe des kleinen Reaktors kann die Machbarkeit der Schichtabscheidung und die Parametrierung des CVD-Prozesses erprobt sowie die 3D-Fähigkeit der Beschichtungen in Abhängigkeit vom Precursorsystem bewertet werden.

CVD 1

Im Heißwandreaktor der CVD 1 werden diverse oxidische Schichtsysteme auf metallische Substrate appliziert. Der Reaktor hat ein Gesamtvolumen von 70 Litern. Die Vorläuferverbindungen werden in flüssiger Form vorgelegt und mittels Schlauchpumpe oder Flüssigkeitsreglern dosiert. Im Rezipienten kann durch eine Dreizonenheizung ein Temperaturgradient eingestellt werden. Durch eine integrierte Steuerung wird eine alternierende Ansteuerung der Flüssigkeitsregler ermöglicht. Auf diesem Weg können Monolagen- und Multilagenbeschichtungen vollautomatisiert realisiert werden.

CVD 2

In dieser Anlage werden neue Beschichtungen entwickelt und kleinere Werkzeuge beschichtet. Die Beschichtungstemperatur beträgt zwischen 200 °C und 500°C. Auch hier können durch drei separat steuerbare Heizzonen Temperaturgradienten innerhalb des Reaktors realisiert werden. An diesem Reaktor kommen feste Precursoren zum Einsatz, die mit einem an der KIMW-F entwickelten Pulverfördersystem dosiert werden. Durch Installation einer Steuereinheit können die Pulverdosierung, der Gasfluss, der Druck im Reaktor sowie die Verdampfer Temperatur zentral eingestellt, überwacht und aufgezeichnet werden.

CVD 3

Für die Abscheidung von Schichten im industriellen Maßstab steht eine Beschichtungsanlage mit einem Kammervolumen von 230 Litern zur Verfügung (Abb. 2). In dieser können auch größere Formabmessungen (z.B. 380x380x500mm) beschichtet werden. Die Anlage soll für alle im Vorfeld entwickelten Schichten eingesetzt werden. Dabei setzt die KIMW-F auf die Pulverförderung mittels Miniextrudern, welche für höhere Durchsatzmengen angepasst wurden.



Abb. 2: Reaktor der CVD 3 mit
angeschlossenem Pumpenstand

CVD 4

Die Anlage, dessen Rezipient mit fünf unabhängig arbeitenden Heizzonen ausgestattet ist, verfügt bereits mit einer Vakuumpumpe und einem Gasmesssystem ausgestattet. Die Steuerung der Anlage ist Computer basiert. Über diverse Regler lassen sich Gaszufuhr, Kühlwasser, Vakuumpumpe und Ofen zentral ansteuern. Zur Dosierung der pulverförmigen Precursoren kommt die bewährte Extrudertechnik zum Einsatz. Für die Entwicklung von plasmabasierten „Remote“- Reinigungs- und Beschichtungsprozessen ist in der Anlage eine Mikrowellenquelle installiert.



Abb. 3: Abgasseite der CVD 4 inkl. PC
basierter Steuerung



Abb. 4: Einlassseite der CVD 4 mit
installierter Mikrowellen-Plasmaquelle

TÄTIGKEITEN IN DER LEHRE

1. Vorlesungsveranstaltungen „Oberflächentechnik Kunststoff“ im Verbundstudiengang Bachelor Kunststofftechnik an der Fachhochschule Südwestfalen (FH-SWF); Durchführender: Dr.-Ing. Angelo Librizzi
2. Vorlesungsveranstaltungen „Spritzgussimulation“ im Verbundstudiengang Master Angewandte Kunststofftechnik an der Hochschule Schmalkalden; Durchführender: Dr. Ruben Schlutter
3. Laborveranstaltung „Werkstofftechnikum“ im Verbundstudiengang Master Angewandte Kunststofftechnik an der Hochschule Schmalkalden; Durchführender: Dr. Ruben Schlutter
4. Vorlesungsveranstaltungen „Spritzgussimulation“ im Zertifikatsstudiengang Produktionsmanager Kunststofftechnik an der Hochschule Schmalkalden; Durchführender: Dr. Ruben Schlutter
5. Laborveranstaltung „Werkstofftechnikum“ im Zertifikatsstudiengang Produktionsmanager Kunststofftechnik an der Hochschule Schmalkalden; Durchführender: Dr. Ruben Schlutter
6. Vorlesungsveranstaltungen „Konstruieren mit Kunststoffen“ im Verbundstudiengang Master Maschinenbau und Management an der Hochschule Schmalkalden; Durchführender: Dr. Ruben Schlutter
7. Vorlesungsveranstaltungen „Simulation in der Produktentwicklung“ im Verbundstudiengang Master Maschinenbau und Management an der Hochschule Schmalkalden; Durchführender: Dr. Ruben Schlutter
8. Vorlesungsveranstaltungen „Werkstoffkunde der Kunststoffe“ im Verbundstudiengang Bachelor Kunststofftechnik an der Fachhochschule Südwestfalen (FH-SWF); Durchführender: Dr. Andreas Balster
9. Praktikum „Schadensanalyse der Kunststoffe“ im Verbundstudiengang Bachelor Kunststofftechnik an der Fachhochschule Südwestfalen (FH-SWF); Durchführender: Dr. Andreas Balster
10. Vorlesungsveranstaltungen „Werkstoffe der Kunststofftechnik für PED“ im Präsenzstudiengang Produktentwicklung und Technisches Design der Fachhochschule Frankfurt; Durchführender: Dr. Andreas Balster
11. Vorlesungsveranstaltung „Methoden, Prozesse und Organisationsstrukturen – Sensorik“ im Verbundstudiengang Projektmanager (FH) für Werkzeug- und Formenbauer an der Hochschule Schmalkalden; Durchführender: Alexander Paskowski, B.Eng.

PUBLIKATIONEN UND FACHVORTRÄGE

1. Kulkarni, A.: Maßgeschneiderte Simulation. In: K-Profi Ausgabe 1, 02/2021, S. 25
2. Frettlöh, V.; Dietrich, K.: (In-Mold-Markierung) Elektronischer Lebenslauf für jedes Kunststoffprodukt. In: Kunststoffe, 03/2021, S. 56-58
3. Ciaston, M.; Batmanov, A.; Mumme, F.: Functionalisation of tool surfaces by chemical vapor deposition. In: 9th NRW Nano-Conference, online, 21.-23.04.2021
4. Frettlöh, V.; Mahmoud, M.; Zimbardi, C.; Albach, R.: Kreislaufwirtschaft aktuell - Chemie, Technologie, Ökonomie. In: CHEManager 05/2021
5. Gehlen, M.: Nanostrukturierung: Nanostrukturierung sorgt für Vorteile bei Entformung. In: K-Zeitung online, 05/2021
6. Frettlöh, V.: Stark gegen Verschleiß und Beläge - multifunktionale Werkzeugbeschichtungen. In: VDWF 11-Uhr-Loch, online, 30.06.2021
7. Militsch, M.; Leinwand, P.: Nanolight - Entwicklung einer blendfreien Scheinwerfereinheit. In: Fachtagung Lichtdesign 16, Lüdenscheid, 30.06.2021
8. Librizzi, A.: Technologie und Trends im Lichtdesign. In: SPEEDKongress Optik und Beleuchtung, online, 31.08.2021
9. Ciaston, M.: Neue MOCVD-Schichtsysteme zur elektrischen Isolierung von Werkzeugoberflächen. In: 5. Web-Treff EFDS, online, 07.09.2021
10. Frettlöh, V.: Für wirtschaftlichere Werkzeuge (Beschichtung der KIMW-F). In: DER KONSTRUKTEUR, 09/2021, S. 41
11. Militsch, M.: Hinterspritzte OLEDs für Beleuchtungen an Bedieneinheiten. In: photonics Flashlight, 09/2021, S. 16-19
12. Gehlen, M.: MOCVD ist der neue Verschleißschutz für Werkzeuge. In: FAPU - Fachmagazin für die Polyurethanindustrie, 11/2021, S. 38-40
13. Frettlöh, V.: Beschichtungen für fast jede Anwendung - Wirtschaftliche Werkzeuge. In: VDI-Z BD 163 (2021) Nr. 11/12
14. Frettlöh, V.; Kulkarni, A.: Die Realität simulieren - Mit maßgeschneiderten Simulationsdienstleistungen Kosten reduzieren. In: Isgatec Jahrbuch Dichten-Kleben-Polymer 2022
15. Frettlöh, V.: Diffusionsschweißen: Mehr Vielfalt bei der Fertigung von Werkzeugeinsätzen. In: Schweißen und Schneiden 73 (2021) Heft 12, Seite 874-876
16. Rust, C.: GLIM: Glas fabric Insert Molding. In: Fachtagung Folienhinterspritzen, Lüdenscheid, 03.11.2021

SCHUTZRECHT- ANMELDUNGEN

17. Rust, C.: GLIM: GLas fabric Insert Molding - Polymerhinterspritzen von Glasgeweben zu Steigerung der Festigkeit. In: TECHNOMER 2021, online, 08.12.2021
18. Paskowski, A.; Schlutter, R.: Entwicklung einer gasbasierten Temperierung für Spritzgießwerkzeuge – GasMold. In: TECHNOMER 2021, online, 08.12.2021
19. Frettlöh, V. et.al.: Diffusionsgeschweißte Werkzeugeinsätze erweitern das Portfolio des Spritzguss-Werkzeugbaus. In: TECHNOMER 2021 Tagungsband P1-10
20. Engemann, P.; Rath, I.: Passive Temperierung zum optischen Kaschieren von Bindenähten auf Formteilen. In: TECHNOMER 2021 Tagungsband P1-13
21. Schlutter, R.; Hins, S.: Verbesserung der Bauteileigenschaften beim Spritzgießen mit 3D-gedruckten Werkzeugeinsätzen aus Kunststoff durch innovative Werkzeugtemperierung. In: TECHNOMER 2021 Tagungsband P1-14
22. Batmanov, A; Kibet, I. K.; Ditjo, P.; Wieser, J.: Untersuchung zur Wirkung von thermischen Barriere-Schichten auf dünnwandigen Spritzgießanwendungen. In: TECHNOMER 2021 Tagungsband P1-20
23. Batmanov, A; Frettlöh, V.; Mumme, F.; Kibet, I. K.; Ditjo, P.; Wieser, J: Zirkoniumdioxid als thermoisolierende Beschichtung von Werkzeugen im Kunststoffspritzguss. In: TECHNOMER 2021 Tagungsband P1-21
24. Schlutter, R.; Paskowski, A. et.al.: Entwicklung einer zerstörungsfreien Messmethode zur Qualitätsbewertung geschäumter Kunststoffbauteile. In: TECHNOMER 2021 Tagungsband P8-7
25. Schlutter, R.: Überführung gemessener p-v-T-Daten von Spezialkunststoffen in die Schmidt-Gleichung. In: TECHNOMER 2021 Tagungsband P8-8
26. Schlutter, R.; Wiegand, C.; Tremel, W.: Funktionalisierung technischer Kunststoffe mit bioziden Nanopartikeln. In: TECHNOMER 2021 Tagungsband P8-9
27. Paskowski, A.; Schlutter, R.: Entwicklung einer gasbasierten Temperierung für Spritzgießwerkzeuge – GasMold. In: TECHNOMER 2021 Tagungsband V1.19
28. Rust, C.: GLIM: GLas fabric Insert Molding - Polymerhinterspritzen von Glasgeweben zur Steigerung der Festigkeit. In: TECHNOMER 2021 Tagungsband V4-11

1. Gebrauchsmusterschrift DE 20 2021 104 561 U1: „Flachbauende Beleuchtungseinrichtung“

GEMEINNÜTZIGE KIMW FORSCHUNGS-GMBH

Lutherstraße 7, 58507 Lüdenscheid

Telefon +49 (0) 23 51 67 99 9- 0

Fax +49 (0) 23 51 67 99 9- 66

E-Mail mail@kunststoff-institut.de

Website www.kimw-f.de

