

Oberflächentechnologien für die Energiewende

28. NDVaK zur

Oberflächentechnologien für die Energiewende

Prof. Gerhard Blasek

Das 28. Neue Dresdner Vakuumtechnische Kolloquium (NDVaK) hat am 05 und 06. Oktober 2022 in Dresden stattgefunden, diesmal erfreulicherweise als Präsenzveranstaltung. Neben den langjährigen Veranstaltern Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V. (Dresden), Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (Dresden) und Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e.V. (Neuss) wirkten die Creavac GmbH (Dresden) und Coating Consulting (Markkleeberg) wesentlich an der Gestaltung mit. Zur Basisthematik „Beschichtung, Modifizierung und Charakterisierung von Polymeroberflächen“ mit dem Schwerpunkt „Oberflächentechnologien für die Energiewende“ waren 20 Vorträge angekündigt, von denen aber vier ausfielen. Das haben die etwa 40 Teilnehmer für ausführliche Diskussionen genutzt.

Das Kolloquium will mit Vorträgen zur Materialeffizienz, Energieeinsparung, -umwandlung und -speicherung mit Hilfe von Oberflächentechnologien zur Gestaltung der Energiewende vorzugsweise hin zur Nutzung sich in natürlicher Weise erneuernden Energiequellen beitragen, was sich in der jüngsten Vergangenheit als noch dringender darstellt. Das betrifft sowohl atmosphärische als auch vakuumbasierte Prozesse.

Ausgehend von Ergebnissen von Studien, z. B. für den VCI, zeigt **Andreas Holländer** (Fraunhofer IAP, Potsdam) anhand des tatsächlichen und des bis 2050 zu erwartenden Energiebedarfs in Deutschland. Ihn zu decken und dabei die Treibhausgasemissionen entweder zu neutralisieren, zu senken oder überhaupt zu vermeiden, besonders die CO₂-Emission, ist von höchster wirtschaftlicher Relevanz. Er stellt die Frage: Was können Oberflächentechnologien dafür leisten und nennt Einsatzfelder wie Bauglasbeschichtung, Gewinnung und Speicherung regenerativer Energie, Verschleiß- und Korrosionsschutz, Energieeinsparung und Ressourcenschonung. Der CO₂-Fußabdruck vakuumtechnischer Verfahren wird

diskutiert.

Konstantin Livanow (OrelTech GmbH, Berlin) stellt das Leistungsspektrum des Unternehmens vor und beschreibt die Abscheidung von funktionalen rückstandslosen Metallschichten (Silber, Gold, Palladium, Iridium; ggf. auch andere) von 30 bis 2000 nm durch Plasmahärten von Schichten selbstentwickelter nanopartikelfreier Metallisierungsflüssigkeiten durch Argon-Niederdruckplasma. Dieses innovative Verfahren ist eine zukunftssträchtige Alternative zu elektrochemischen und vakuumtechnischen Verfahren nahezu beliebige Substratmaterialien und Substratausgestaltungen (z. B. auch Pulver und Schäume), insbesondere auch für temperaturempfindliche Substrate. Im Vergleich zu elektrochemischen und vakuumtechnischen Verfahren ist apparative und materielle Aufwand geringer und spart bis zu 95% Prozessenergie. Erfolgreiche Anwendungen betreffen u. a. gedruckte Elektronik, katalytische und antibakterielle Beschichtungen, Biochips und medizinische Sensoren und Beschichtung von Kunststoffen und Textilien.

Die Energiewende erfordert die Bereitstellung von grünem Wasserstoff aus regenerativen Quellen weit über das bisherige Maß hinaus. Für Wasserelektrolyse, die daran derzeit etwa 5 % beteiligt ist, müssen Gasdiffusions-, Elektroden- und ionenleitenden Membranschichten für die Stackkomponenten für Elektrolyseure schneller und kostengünstiger bereitgestellt werden. **Michael Rentzsch** (Papiertechnische Stiftung, Heidenau) berichtet über Entwicklungsergebnisse für Funktionskomponenten auf lignocellulosischer Basis für die PEM-Wasserelektrolyse. Die Substrate werden durch Imprägnieren, Beschichten und Laminieren funktionalisiert. Dafür wird das hoch produktiven Potential der Papierherstellung genutzt. Die Ergebnisse sind auch für Brennstoffzellen und Energiespeicherung (PtX, H₂tX) interessant.

Eine ähnliche Herausforderung ist die kostengünstige Fertigung von Bipolarplatten für Brennstoffzellen. Sie erfolgt teilweise noch in Einzelfertigung mit einem Kostenanteil bis 30 %. Ein Forschungsschwerpunkt im H₂GO – Nationaler Aktionsplan Brennstoffzellen-Produktion (Start 13. September 2022)-ist die Produktivitätssteigerung und die Kostenminimierung beim Beschichten, Umformen Fügen von des Edelstahlblechs (1.4404) im Rolle-zu-Rolle-Verfahren. **Teja Roch**

(Fraunhofer IWS, Dortmund) berichtet über Untersuchungen zur Eignung bekannter Rolle-zu-Verfahren auf ihre Eignung anstelle von Batchprozessen. Die mittels PVD-Bandbeschichtung mit GLC bzw. Chrom wurden anstelle von Gold vergleichbare Ergebnisse für den Kontaktwiderstand bzw. das Korrosionsverhalten wie bei Goldbeschichtung erreicht.

Alexander Pletting (Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg) stellt die Ergebnisse des umfangreichen Projekts „Prozessintegrative Herstellung und Integration von komplex geformten hybriden Mehrschichtverbunden mit hoher Funktionsdichte für den Schienenfahrzeugbau – HIKOM Pro“ vor. Im Fahrzeugbau kann durch die Reduzierung des Gewichts ein nachhaltiger Beitrag zur Energieeinsparung geleistet werden. Bei der Kombination von thermoplastischen Leichtbaukernen bzw. faserverstärkten Kunststoffen mit metallischen Dünnblechen zu funktionsintegrativen Leichtbauelementen ist eine Festigkeit des Verbundes erreicht worden, wie sie für die variable Formgebung und die spezifischen mechanischen Beanspruchungen (z. B. in Schienenfahrzeugen) erforderlich ist. Mittels funktionsintegrativer Sensorik im Verbund, lassen sich Konzepte zur Lokalisierung, der werkstoffgerechten Überwachung der Herstellung bzw. des Betriebszustandes umsetzen.

Einerseits ist die weltweite Zunahme des Kunststoffmüll ein Problem, andererseits ist wird nur ein Bruchteil des Mülls – in der EU sind es etwa 25 % – recycelt, also wieder zu Produkten verarbeitet. **Dirk Hegemann** (Empa, Dübendorf) zeigt, dass eine angepasste plasmabegleitete bzw. -gestützte Beschichtung von Erzeugnissen aus Recyclaten zur Wiederverwendung beitragen kann. Dann stellt sich sofort die Frage nach der Wiederverwendung recycelten Materials. Recycliertes PET kann in einem Ar/O₂-Plasma so vorbehandelt, dass es haftungsfest metallisierbar ist.

Plasmapolymerschichten können dabei als Haftvermittler wirken.

Verpackungsmaterial (z. B. aus Polypropylen) kann mit Diffusionsbarrieren auf SiO_x-Basis versehen und mit hydrophoben Plasmapolymerschichten versehen werden, wobei die Schichtdicke auch wegen der Recyclierbarkeit unter 50 nm bleiben soll. Es werden industrielle Anwendungen zusammen mit technologischen Informationen für atmosphärische und Niederdruckplasmabehandlungen für recycelte und sortenreine Kunststoffe diskutiert.

Estefania Arrazola Martínez stellt Standard- und kundenspezifische Niederdruck-Plasmaanlagen der Firma Pink GmbH, Wertheim vor. Nach einer kurzen Beschreibung der Wechselwirkung des Plasmas mit einer Festkörperoberfläche, hier mit Mikrowellenanregung, wird anhand von Beispielen der energiesparende Einsatz von Plasma als Ersatz oder Ergänzung zu anderen Behandlungen zur Reinigung und zum Ätzen behandelt. Abschließend werden der Betriebsmittelaufwand, der Gasverbrauch und die Kosten für einen Sauerstoffprozess abgeschätzt und die Vorteile der Plasmatechnologie zusammengestellt.

Um Energieeinsparung geht es auch im Zusammenhang mit dem Einsatz von Vakuumpumpen. **Martin Fischer** (Pfeiffer Vacuum GmbH). Er sieht Einsparpotential bei der Antriebstechnik, bei der Auswahl des Pumpprinzips und beim Betriebsmodus der Pumpen. Erstes zeigt er für die Wälzlagerpumpen der HiLobe-Reihe. Beim Pumpprinzip werden Öldiffusions- und Turbomolekularpumpe und Prozess-Schraubenpumpe und Multi-Stage Roots gegenübergestellt. Schließlich kann energiesparendes Standby eingerichtet werden, wenn hohe Pumpleistungen nicht mehr erforderlich sind.

Andreas Holländer (Fraunhofer IAP, Potsdam) widmete sich dem immer noch aktuellen Probleme einer klebstofffreien Verbindung von Kunststoffen. Durch Reinigung und Aktivierung der Verbindungspartner in einem Plasma (Corona, Niederdruck) gebildete funktionelle Gruppen werden die Druckanwendung soweit angenähert, dass sich durch Akzeptor-Donator-Wechselwirkungen kovalente Bindungen ausbilden können. Druck, Temperatur und elastische Eigenschaften bestimmen die erreichte Festigkeit des Verbunds. Prozessparameter, Ablauf und Ergebnisse werden für PMMA-PMMA diskutiert. Diese klebemittelfreie Bonden funktioniert auch für PE-PE, PE-PET, PET-ABS und PC-SiO₂.

Stefan Saatmann gibt einen Einblick in die Aktivitäten der Siemens AG, die Energieerzeugung in Deutschland bis 2050 treibhausfrei zu machen und die durch die Sanktionen bei der Erdgaslieferung aus Russland gefährdete Energieversorgung privater und industrieller Nutzer durch Dezentralisierung der Energieversorgung zu sichern und damit zur Energieunabhängig und nationalen Sicherheit Deutschlands

beizutragen. Deutschlands. Er beschreibt das zukunftsfähige Energiekonzept im Energiepark Blankenburg zur Erzeugung von grünem Wasserstoff mittels regenerativer Energie und Wasserelektrolyse und zur Batteriespeicherung. Die Siemens AG übernimmt als Technologie- und Umsetzungspartner die ganzheitliche Projektbegleitung von der Analyse und Planung über die Umsetzung bis hin zum Betrieb und zum Service. Die zu involvierenden Stakeholder reichen von Industrie und Stadtwerken bis hin zu kommunalen Entscheidungsträgern.

Einen Einblick in umfangreichen Arbeiten an Elektroden und Elektrolyten für vollständig polymerbasierte Batterien an der Friedrich-Schiller-Universität Jena gibt **Martin Hager**. Polymere Aktivmaterialien ermöglichen u.a. die Herstellung von dünnen und flexiblen Batterien, die auch über Drucktechniken herstellbar sind. Bei den Elektrolyten wurden beispielsweise ionische Flüssigkeiten untersucht und druckbare Gelpolymerelektrolyte entwickelt.

Schlee (Skeleton, Großröhrsdorf) informiert über laufende und zukünftige Aktivitäten des deutsch-estnischen Unternehmens Skeleton Technologies für Superkondensatoren zur Energiespeicherung. Die Superkondensatoren der ersten Generation (2017) mit Graphitelektroden haben Energiedichten von 9,3 Wh/kg bei Ladezeiten unter 1 s. Durch den Einsatz von gebogenem Graphen mit deutlich kleineren Poren (unter 1 nm) wird die Energiedichte fast verdoppelt (Superkondensatoren der zweiten Generation, ab 1923 in Markranstädt). Für 2024 werden Superbatterien mit 65 Wh/kg und Ladezeiten unter 60 s erwartet. Mit Energiespeichersystemen bis in den MWs-Bereich lässt sich das gesamte Verkehrs- und Transportwesen der Null-Emissionselektrifizierung des gesamten Verkehrs- und Transportwesens nahebringen.

Transparente leitende Oxide (TCO) wie Indiumoxid (In_2O_3), Zinnoxid (SnO_2), Zinkoxid (ZnO) oder Titanoxid (TiO_2) u. a. auch für Solarzellen von Interesse. **Klaus Ellmer** (OUT e. V., Berlin) beschreibt für In_2O_3 wie die Dotierung mit Wasserstoff (IO:H) und Tempern bei mehr als 160 °C die Elektronenbeweglichkeit auf über 100 cm^2/Vs erhöht werden kann. Die Abscheidung erfolgt durch Reaktives Magnetronspütern bei einem Wasserpartialdruck bis $8 \cdot 10^{-2}$ mbar. Wesentlich dafür ist die geringere Korngrenzenstreuung wegen der durch Rekristallisation des amorph

abgeschiedenen Indiumoxids durch Tempern bei mehr als 160 °C entstandenen Körner (laterale Abmessung bis 700 nm bei 100 nm Schichtdicke). Der Wasserstoff wirkt als Donator. Die hohen Beweglichkeiten werden bei einigen 10^{-2} mbar und einem Wasserstoffgehalt um 5 At-% erreicht.

Weltweit werde große Anstrengungen unternommen, perspektivisch die Lithium-Ionen-Batterien durch leistungsfähigere und sicherere Feststoffbatterien abzulösen.

Christoph Tammer (Fraunhofer IGCV, Braunschweig) erläutert das laufende Vorhaben Di-BATMA-pro. Es soll demonstrieren, dass mithilfe digitalisierter Prozessketten von der Synthese von Batteriematerialien über die Labor- und Pilotfertigung von Festkörperzellen, dem Hochdurchsatztesten der Zellen bis hin zum Recycling und mithilfe automatisierter Prozesse und einer ausgeklügelten digitalen Infrastruktur die Entwicklungszeiten von Batteriematerialien und neuen Zelltechnologien deutlich verkürzt werden können. Eine Pilotlinie zur Fertigung von Feststoffzellen mit polymerem Festelektrolyt wird ausführlich beschrieben.

Karsten Walzer stellt das Dresdner Unternehmen Heliatek mit seinen inzwischen 200 Mitarbeitern als Pionier auf dem Gebiet organischer Lösungen für die Solarenergie und als Innovationsführer bei Optischer Photovoltaik vor. Auf der Grundlage des eigenen Schichtaufbaus HeliaSol mit im Hochvakuum aufgedampften organischen Halbleitern werden dünne, flexible organische Solarfolien, die auch die perfekte Lösung für Nachrüstung und für integrierte Produkte sind, in kundenspezifischen Größen, Farben und Transparenzgraden angeboten. Abschließend werden weltweit realisierte Anwendungen der ersten wirklich sauberen Solartechnologie mit einem Kohlenstofffußabdruck unter 10 g CO₂e/kWh gezeigt.

In einer Abendveranstaltung begeistert **Claudia Hinz** („Wetterfee“ auf dem Wendelstein in Oberbayern) in liebenswert humorvoller Weise mit ihrem Vortrag „Vom Regenbogen zum Polarlicht“ mit einer Vielzahl auch eigener, in heimischer Umgebung aufgenommener Fotos atmosphärischer Lichterscheinungen.

Das 29. Neue Dresdner Vakuumtechnische Kolloquium wird voraussichtlich im Herbst 2024. Zum Konzept des Kolloquiums passende Themenvorschläge sind sehr willkommen.