

Dünne Schichten in Winterthur

Bereits zum sechsten Mal fand an der Züricher Hochschule für angewandte Wissenschaften (zhaw) in Winterthur ein Oberflächentag statt. Am 9. Juni 2016 ging es am Institute of Materials and Process Engineering (IMPE) der Hochschule um funktionale Dünnschichten. 71 Teilnehmer folgten den Vorträgen in einem Hörsaal.



Direkt an der zauberhaften Winterthurer Altstadt, auf dem Areal des früheren Viehmarktes, steht das Technikumsgebäude. Stadtbaumeister Theodor Gohl baute es in den Jahren 1877–1878 im Renaissance-Stil, damals mächtig en vogue vor allem bei Schulgebäuden (Alle Fotos: H. K.)

Dünne funktionale Schichten spielen in unserer Zeit eine omnipräsente Rolle. Obwohl wir sie meist nicht wahrnehmen, wird die Funktion vieler Teile nur mit einer solchen Beschichtung sichergestellt. So werden Werkzeuge gegen Verschleiß geschützt, die Reibung innerhalb mechanischer Uhren gezielt eingestellt, oder aber die Oberfläche eines Implantats biokompatibel gemacht. Zur Beschichtung kommen je nach Anwendungszweck unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Oft erfolgt eine solche Beschichtung im Vakuum, aber auch Beschichtungsverfahren aus Lösung sind bekannt. Am vergangenen Winterthurer Oberflächentag wurden die unterschiedlichen Technologien sowie deren Vor- und Nachteile anhand von konkreten Beispielen und Übersichtsvorträgen vorgestellt. Dabei kamen Experten aus Forschung und Industrie zu Wort.

Das IMPE im Überblick

Das IMPE Institute of Materials and Process Engineering der zhaw School of Engineering verfügt über umfassende Kompetenzen in Materialwissenschaften und Verfahrenstechnik, deren Kombination die Entwicklung von innovativen Materialien, Beschichtungen, Herstellungsverfahren sowie von Prozessen und Anlagen ermöglicht. Der Fokus der Aktivitäten der rund 40 Mitarbeitenden liegt auf den F&E-Schwerpunkten:

- Werkstoffe
- Oberflächentechnik
- Verfahrensentwicklung

Die Nanotechnik ist eine Querschnittstechnologie dieser Schwerpunkte.

Im Bereich der Oberflächentechnik beschäftigt sich das IMPE mit

- Polymeren Beschichtungen (Lacke, Farben)
- Sol-Gel-Beschichtungen
- Hybridbeschichtungen
- Haftvermittlung und Klebstofftechnologie
- Keramischen und metallischen Beschichtungen
- Funktionalisierung von Oberflächen
- Nanostrukturierung von Oberflächen (Katalysatoren)
- Tribologie

Nach Kaffee und einer kleinen Begrüßungsrede von Prof. Dr. Amrein, der die Winterthurer Oberflächentage initiiert und organisiert, begann der Vortragsblock mit dem Thema Anforderungen an funktionale Oberflächen für vaskuläre Interventionskatheter, gehalten von Dr. Alwin Schwitzer, Biotronik AG.

Aufgrund des Ablaufs der klinischen Prozedur weist ein Katheter unterschiedlichste Reibungspartner auf. Um die Reibung zu minimieren weisen daher vaskuläre Interventionskatheter unterschiedlichste funktionale Schichten auf, die die Reibung zu den Reibungspartnern, Führungsdrähten, Führungskathetern, Gefäßwänden und Stenosen reduzieren. Weitere funktionale Dünnschichten haben einen klinischen Nutzen und umfassen Ionenbarrieren der metallischen Stents, Schichten für die Medikamentenfreisetzung bei Drug Eluting Stents oder Drug Releasing Balloons oder ermöglichen neue Anwendungen und Behandlungsmöglichkeiten.

Neben den primären, funktionellen Erfordernissen müssen die Dünnschichten auch für Medizingeräte geeignet sein und z. B. folgende Bedingungen erfüllen: Die Biokompatibilität muss gemäß ISO 10993 sichergestellt sein; Sie müssen nationalen Auflagen für Medizingeräte, wie der Medical Device Regulation oder Code of Federal Regulations, Pharmacopeias, und nicht zuletzt Anforderungen nach REACH, evtl. RoHS und WEEE, nachkommen.

Die Ansprüche und Lösungen sind vielfältig: Reibungsminimierung zum Führungsdraht, Reibungsminimierung der Katheteroberflächen, Funktionale Schichten auf den Stents und Kombinationsprodukte werden so erreicht.

Um PVD-Oberflächen ging es im Vortrag von Dr. Heiko Plagwitz. Die physikalische Gasphasenabscheidung (engl. Physical Vapor Deposition, PVD) anorganischer Dünnschichten ermöglicht die Produktion hocheffizienter, optischer, optoelektronischer und Halbleiter-Bauelemente, welche die technologische Grundlage des Informationszeitalters darstellen. Vielfältige Anwendungen findet die Funktionalisierung von Oberflächen mittels PVD-Beschichtung etwa bei der Realisierung von mobilen Netzwerklösungen, Sensoren und Aktuatoren oder im Bereich der erneuerbaren Energien. Dieser Beitrag zeigt beispielhaft Lösungen für multifunktionale Oberflächenbeschichtungen, die zur Herstellung von Hochleistungs-LEDs, hocheffizienten Solarzellen sowie berührungsempfindlichen Bildschirmen genutzt werden.



71 Teilnehmer folgten den Vorträgen

Hohe Prozesskontrolle garantiert gute Schichteigenschaften

Nach einer kurzen Kaffeepause übernahm Dr. Dirk Hegemann, Empa, das Rednerpult. In seinem Beitrag ging es um funktionale Eigenschaften ultradünner Schichten.

Der trockene (im Gegensatz zu Nasschemie) und ressourcensparende Prozess der Plasmapolymerisation (Plasma CVD) basiert auf der Aktivierung einer organischen Ausgangssubstanz, dem Monomer, in einer



Dr. Dirk Hegemann

elektrischen Gasentladung, dem Plasma. Die resultierende Plasmapolymerbeschichtung unterscheidet sich von konventionellen Polymermaterialien durch ihre amorphe, irreguläre und vernetzte Struktur. Die Beschichtung wächst Lage für Lage aus der Aktivierung des Monomers in der Gasphase unter Beschuss energiereicher Partikel auf einer Materialoberfläche auf. Somit kann die chemische Zusammensetzung wie auch der Vernetzungsgrad während des Schichtwachstums auf der Nanometerskala kontrolliert werden. Dies eröffnet viele Möglichkeiten; der Einbau funktionaler (polarer) Gruppen in die Schichtstruktur führt allerdings zu Fragen der Schichtstabilität für anspruchsvolle Anwendungen, z. B. in wässriger Umgebung. Typischerweise ergeben sich Veränderungen und Umstrukturierungen an der Oberfläche bis hin zur teilweisen Auflösung der polymerähnlichen Schicht, d. h. somit auch während der Anwendung.

Um dennoch hochstabile und funktionale Oberflächen auf Basis von Plasmapolymerbeschichtungen zu erzeugen, werden vertikale Gradienten in den Schichteigenschaften untersucht. Hohe Prozesskontrolle während der Beschichtung ermöglicht Gradienten in den chemischen und mechanischen Eigenschaften über wenige Nanometer. Die Abscheidung einer stabilen und weniger funktionalen Basisschicht mit einem graduellen Übergang zu einer hochfunktionalen Oberflä-

che zeigt Stabilisierungseffekte der äußeren Schicht, die Umstrukturierungseffekte vermeidet. Somit können z. B. gut benetzbare, ultradünne Schichten auf unterschiedlichen Substraten (Metallen, Polymere) erzeugt werden. Auch funktionale Gruppen wie Aminogruppen können in biologischen Medien erhalten werden, wodurch die Wechselwirkung Oberfläche/Biomaterial genauer erforscht werden kann. Gemeinsam mit Hydrierungseffekten, d. h. der Anlagerung von Wassermolekülen innerhalb der oberen Schichtlage, ergeben sich auch Möglichkeiten, z. B. die Proteinadsorption an Oberflächen besser steuern zu können. Somit werden neue funktionale Eigenschaften durch Gradienten in ultradünnen Plasmapolymer-schichten ermöglicht.

Ist es Magie oder Alchemie? Diese Frage stellte Prof. Dr. Magnus Kristiansen im Zusammenhang von funktionalen Beschichtungen mittels Elektronenstrahl-grafting: Maßgeschneidertes Benetzungsverhalten, eingebaute Schutzmechanismen wie antimikrobielle oder antifouling Eigenschaften sowie adaptive Funktionalitäten, die auf äußere Stimuli wie pH, Licht, Spannung oder die Anwesenheit von biologischen Spezies reagieren. Dies sind nur einige Beispiele wie Kunststoffoberflächen mittels chemischer Modifikation auf der Mikro- und Nanometerskala funktionalisiert werden können.

Sogenannte grafting-from Reaktionen, d. h. die kontrollierte Polymerisation funktioneller Monomere ausgehend von aktivierten Kunststoffoberflächen, wurden in der wissenschaftlichen Literatur weitreichend untersucht. Trotz der großen Vielfalt an chemischen Funktionalitäten, die auf diesem Weg erzeugt werden können, ist die industrielle Umsetzung aufgrund der notwendigen Randbedingungen schwierig. Lange Reaktionszeiten, Notwendigkeit unter Sauerstoff-

ausschluss zu arbeiten und teils hohe Reaktionsexothermie behindern die Umsetzung in vielen möglichen Anwendungsgebieten.

Elektronenstrahl-unterstütztes Grafting (e-grafting) hat das Potential, diese Nachteile zu umgehen. Der Prozess



Prof. Dr. Magnus Kristiansen



Eindrücke aus der Industrieausstellung

ist schnell und sehr vielseitig in Bezug auf das Substrat und die anzubindenden funktionalen Polymere. Unter den richtigen Bedingungen, ermöglicht die Bestrahlung mit tiefeenergetischen Elektronen die kovalente Anbindung funktioneller Spezies auf eine Vielzahl von Substraten und ebnet dadurch den Weg in Richtung smarterer Oberflächen mit multifunktionalen, responsiven und adaptiven Eigenschaften.

Während der folgenden Mittagspause hatten die Teilnehmer dann noch Gelegenheit, sich in der dem Seminartag angeschlossenen kleinen Industrieausstellung in der Mensa der Hochschule über neue Produkte und Leistungen zu informieren.

Mit Anwendungsbeispielen aus Maschinenbau und Kunststoff-Spritzbereich ging es anschließend weiter.

Geringe Reibungskoeffizienten lassen Wälzlager und Skier leichter laufen

Funktionelle Oberflächenbeschichtungen sind auch heute noch im Bereich der Wälzlager ein hochaktuelles Thema. Das Interesse, durch Beschichtungen die Reibungseigenschaften eines Kugellagers zu verbessern, womit eventuell ganz auf eine Anwendung von

Fett verzichtet werden kann, ist groß. Es wurde das Potential von einigen Beschichtungen auf Tieftemperatur PVD, Lackbasis (mit eingebauten Schmierstoffen) sowie Galvanik getestet. Sämtliche Beschichtungen zeigten, dass der Reibungskoeffizient erniedrigt werden konnte; einige Lösungen auf Lackbasis wiesen sogar bessere Eigenschaften auf als ein gefettetes Kugellager. Allerdings zeigten die Schichten eine noch unzureichende Abriebfestigkeit. Kugellager werden geometrisch so ausgelegt, dass Kontaktdrücke zwischen Kugeln und Pisten von 2,5 GPa und mehr auftreten.



Dr. Stefan Hengsberger

Im Kunststoffspritzbereich ist eine funktionale Schicht zur Verbesserung der Entformung ein auch auf lange Sicht aktuelles Thema. Die Bauteile und Kunststoffmaterialien werden zunehmend komplexer. Systematische chemische Analysen haben gezeigt, dass die Additive der Polymere eine essentielle Rolle bei dem Belag spielen, der nach dem Kunststoffspritzen auf dem Werkzeug verbleibt. Diesen Vortrag hielt Dr. Stefan Hengsberger von der Hochschule für Technik und Architektur in Fribourg.

Dr. Hengsberger übergab den Stab dann an Dr. Samuele Tosatti von der SuSoS AG. Jener berichtete über maßgeschneiderte molekulare Schichten in der Sensorik.



Dr. Samuele Tosatti



Jan Inauen

Nach einer kurzen Kaffeepause startete der letzte Vortragsblock mit Jan Inauens (IMPE) Beitrag, in dem es um ein neuartiges Skiwachs ging, das hydrophob ist und eine Bindung zum Polyethylen des Skibelags eingeht. Dies verhindert, dass das Wachs (herkömmliches Wachs geht keine Bindung ein)

abgerieben wird. In der Tat wurde eine um den Faktor 2,5 verbesserte Abrasionsfähigkeit festgestellt.



Thomas Ramel

Thomas Ramel von der TSE-Troller AG beendete den Vortragsblock mit dem Thema Vordosierte Beschichtungstechnologie für funktionale Schichten. Die vordosierten Beschichtungsverfahren bilden eine Gruppe von Methoden, welche gegenüber den konventionellen, meist selbstdosierenden Verfahren Stärken aufweisen. So können z.B. chemisch reaktive Flüssigkeiten und mehrere Schichten in einem Arbeitsgang aufgetragen werden. Eine Veränderung der Flüssigkeitseigenschaften über Zeit bzw. die Verwendung von unterschiedlichen Massen führt nicht zu einer Veränderung des Auftragsgewichts. Hierfür kommt eine Beschichtungsdüse zum Einsatz, mit der die vordosierte Flüssigkeitsmenge auf die Arbeitsbreite verteilt wird.

Diese besteht aus einem sogenannten Zweikammer-Verteilsystem. Bei der Auslegung wird neben einer sehr guten Querverteilung der Beschichtungsmassen darauf geachtet, dass die Düse selbstreinigend betrieben werden kann. Durch dieses System lassen sich sowohl Kosten als auch Ressourcen einsparen.

Der Winterthurer Oberflächentag endete traditionell mit einem Grillapéro auf dem Campus. Bis dieser nach den Vortragsblöcken began, hatten die Teilnehmer die Möglichkeit, sich das Institut an- und sich nochmals in der Industrieausstellung umzusehen. Und später hieß es dann: Auf Wiedersehen im Juni 2017.

-H. K.-

**MANGAN-
PHOSPHATIEREN**

ZWEZ
Produkte für "Chemie auf Metall"

ZWEZ-CHEMIE GmbH · Schreinerweg 7 · D-51789 Lindlar · Tel. +49 (2266) 9001-0 · Fax 9001-33 · info@zwez.de · www.zwez.de