

## **Funktionsschichten auf biomedizinischen Werkstoffen – Medizinprodukte die Leben retten**

**Dr.-Ing. Jonathan Lentz, Lehrstuhl Werkstofftechnik, Ruhr-Universität Bochum,  
lentz@wtech.rub.de**

**Dr.-Ing. Hermann Monstadt, Geschäftsführender Gesellschafter, phenox GmbH,  
hermann.monstadt@phenox.info**

Schlaganfälle gehören derzeit zu einer der Haupttodesursachen in der westlichen Welt und sind dort der häufigste Grund für Invalidität. Trotz dessen gibt es einen hohen ungedeckten klinischen Bedarf an Produkten zur optimalen Behandlung von Schlaganfällen.

Der LWT<sup>1</sup> und die Firma phenox<sup>2</sup> arbeiten in zwei innovativen Forschungsprojekten zusammen an der Weiterentwicklung und Verbesserung von Produkten zur Schlaganfallbehandlung. Der Schwerpunkt beider Forschungsprojekte liegt hierbei auf neuartigen Beschichtungen, welche den Einsatz der Produkte erleichtern, die Risiken mindern und die Lebensqualität der Patienten steigern sollen. Dem LWT steht hierzu, insbesondere durch die Neuerrichtung des Zentrums für Grenzflächendominierte Hochleistungswerkstoffe (ZGH), ein breites Repertoire an Analysegeräten zur 3D-Charakterisierung bis hin zur Atomgröße zur Verfügung. Dazu gehören unter anderem ein TEM, FIB, APT, XRD und AFM.

Das erste Forschungsprojekt AntiThromb widmet sich dem Problem der unerwünschten Thrombozytenanhaftung auf dauerimplantierten Stents, welche zur Behandlung hämorrhagischer Schlaganfälle<sup>3</sup> verwendet werden. Diese Stents führen im direkten Blutkontakt zu einer Aktivierung der Blutplättchen (Thrombozyten) und in der Folge zu Thrombosen in dem behandelten Gefäß. Um die Thrombozytenaktivierung zu verhindern, werden die gerinnungshemmenden Medikamente Acetylsalicylsäure (ASS) und Clopidogrel eingesetzt (systemische duale Thrombozytenhemmung). Dem Nutzen der Behandlung mit Thrombozytenfunktionshemmern steht aber eine deutliche Zunahme von Blutungskomplikationen gegenüber. Außerdem reagieren nicht alle Patienten auf die verwendeten Medikamente, was immer wieder zu ischämischen Schlaganfällen<sup>4</sup> führt.

Der in dem Forschungsprojekt gewählte Ansatz ist die Entwicklung einer antithrombogenen Schicht. Die drei Hauptanforderungen an diese Schicht sind zum einen ihre blutgerinnungshemmenden und biokompatiblen Eigenschaften, zum anderen darf sie den eigentlichen Werkstoff nicht beeinflussen. Eine solche Schicht wurde von phenox entwickelt und am LWT im Hinblick auf ihre Hauptanforderungen charakterisiert. Unter dem Rasterelektronenmikroskop (REM) konnte eindeutig belegt werden, dass mit AntiThromb beschichteten Nitinol Plättchen eine stark reduzierte Thrombozytenanhaftung aufwiesen. Dieses Ergebnis wurde durch den Thrombozyten Adhärenztest von in Vollblut gelagerten Nitinol Stents bestätigt. Mittels AFM, welches Auflösungen bis in den atomaren Bereich ermöglicht, wurde der Einfluss der Beschichtung auf die Topographie der Oberfläche geprüft. Es waren keine Unterschiede in der Rauigkeit erkennbar. Der Einfluss der Beschichtung auf die für die Biokompatibilität relevante Passivschicht wurde mittels TEM untersucht. Hierbei konnte keine Veränderung der Passivschicht beobachtet werden. Zusätzlich wurde mittels XPS ein Tiefenprofil der von der Oberfläche ausgehenden Elemente erstellt. Ein XPS kann eine Auflösung von bis zu 3 nm, was 25 Eisenatomlagen entspricht, erreichen. Die beschichteten und unbeschichteten Proben wiesen dabei, bis auf einen leicht erhöhten Kohlenstoffgehalt auf der Oberfläche durch die Funktionalisierung,

---

<sup>1</sup> Lehrstuhl Werkstofftechnik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum, Germany

<sup>2</sup> phenox GmbH, Lise-Meitner-Allee 31, 44779 Bochum, Germany

<sup>3</sup> Gehirnblutung durch geplatzte Gefäße

keine Abweichungen zueinander auf. Somit konnte sowohl die Wirksamkeit der AntiThromb Beschichtung gezeigt werden, als auch bewiesen werden, dass sich die Beschichtung nicht negativ auf die Mikrostruktur des Grundwerkstoffes auswirkt.

Das zweite Forschungsprojekt beschäftigt sich mit der Charakterisierung von noble-alloy coatings (NAC). Durch diese Innovation wird die Röntgensichtbarkeit verbessert. Das Einsetzen von Stents, sowohl als Dauerimplantat als auch zur kurzzeitigen Einbringung beim Entfernen von Thromben, findet unter Röntgendurchleuchtung statt. Da die meisten Stents jedoch aus Nitinol bestehen, welches nur eine sehr geringe Röntgensichtbarkeit aufweist, wird in der Praxis auf röntgendichte Marker, beispielsweise aus Platin, zurückgegriffen. Dieser Methode sind jedoch Grenzen gesetzt, da durch die Marker oft lediglich Endpunkte sichtbar gemacht werden können. Zur Behandlung besonders komplexer Strukturen wäre es für den behandelnden Neuroradiologen von großer Hilfe, wenn das vollständige Implantat sichtbar wäre. An dieser Stelle setzt das Forschungsprojekt mit einer kompletten Beschichtung des Implantates mittels NAC an. Die hierzu entwickelte Schicht muss zum einen die Röntgensichtbarkeit verbessern, zum anderen jedoch zusätzlich den Anforderungen der hohen Flexibilität des Grundmaterials und der Biokompatibilität entsprechen und darf den Grundwerkstoff nicht negativ beeinflussen. Im REM konnte bereits die Homogenität der Beschichtung über die gesamte Grundwerkstoffoberfläche nachgewiesen werden. Des Weiteren wurde keine Interaktion zwischen dem Grundwerkstoff und dem NAC erkannt. Zudem wurde die Oberflächenstruktur der Beschichtung im REM und CLSM untersucht. Sie besteht aus vielen, kolumnar von der Oberfläche wegwachsenden, kleinen Kristallen. Die verbesserte Röntgensichtbarkeit wurde mittels Mikro-Computertomographie bewiesen. Zusammenfassend konnte auch in diesem Forschungsprojekt bereits die Wirksamkeit der Beschichtung, sowie ihre Nicht-Beeinflussung des Grundwerkstoffes gezeigt werden.

Abschließend ist die Relevanz von neuartigen und innovativen Beschichtungen, sowie die Möglichkeit zur Analyse dieser mittels hochauflösender Verfahren, hervorzuheben. Diese Vorgehensweise ist wichtig für die Qualifizierung und Weiterentwicklung von Medizinprodukten. Zusätzlich ist festzuhalten, dass diese Verfahren nicht nur auf den Life Science Bereich beschränkt sind, sondern sich auch in weitere zukunftsweisende Bereiche des Maschinenbaus übertragen lassen.