Themenstellungen der Physikalischen Chemie für Bachelorarbeit, Vertiefungspraktikum bzw. Projektarbeit und Masterarbeit
(Stand 11.2026)

Die nachfolgenden Themenstellungen eignen sich bevorzugt für Bachelorarbeiten, Vertiefungspraktika sowie Projektarbeiten

Entwicklung bikontinuierlicher Zeolith RHO-Kompositmembranen für die Gastrennung (M. Staubitzer)

Membranbasierte Trennverfahren gewinnen in der modernen Verfahrenstechnik und dem Umweltschutz zunehmend an Bedeutung, insbesondere für energieeffiziente Gaseinspar- und Aufbereitungsprozesse. Zeolith RHO bietet mit seiner definierten Porenstruktur hervorragende molekularsiebende Eigenschaften für präzise Gastrennprozesse. Um dieses Potenzial für technische Anwendungen zu nutzen, werden bikontinuierliche Kompositmembranen entwickelt, bei denen funktionalisierte Zeolithpartikel in eine polymere Matrix (z. B. auf Basis von UV-vernetzbaren Bismaleimid-Oligomeren wie BMI-1500) eingebettet sind. Die zentrale Hürde liegt in der Erzeugung einer defektfreien und dünnen Membranstruktur, bei der die Partikel als beidseitig herausragende Monolage vorliegen.

Im Fokus dieser Arbeit steht die systematische Entwicklung der Membranpräparation per Float-Casting unter Verwendung modifizierter Zeolith RHO-Partikel (nach hydrothermaler Synthese, Entfernung des Strukturtemplates, Austausch der Kationen mit Lithium und Oberflächenmodifikation der Partikel mit Organosilanen). Hierbei werden zentrale Prozessparameter experimentell ermittelt und optimiert. Die Charakterisierung der Membranen erfolgt umfassend mittels Pulverröntgendiffraktometrie (PXRD), Rasterelektronmikroskopie (REM) und energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX).

Synthese und Charakterisierung von Cyclohexantriylphosphat als möglicher Präkursor für die Anwendung in ALD-Prozessen. (M. Klapper)

Mit Atomlagenabscheidung hergestellten Beschichtungen finden unter andere Anwendung in der Mikroelektronik, als Katalysator oder als chemische Schutzschichten. Als Phosphor-Präkursoren werden dabei Phosphate ((MeO)3PO, (EtO)3P), Phosphite (((CH3)2N)3P) oder Phosphorhalogenide (PCl3, POCl3) genutzt. Für die Darstellung von Metallphosphaten müssen meist Co-Reaktoren (Wasser, Ozon) genutzt werden oder die Reaktion durch Plasma aktiviert werden. Wenn ein Co-Reaktor wie Wasser genutzt wird besteht jedoch die Gefahr, dass neben Metallphosphaten auch Metalloxide abgeschieden werden, welche die Eigenschaften der Beschichtung beeinflussen.

Zur Darstellung von möglichst chemisch reinen Metallphosphatbeschichtungen sind wir auf der Suche nach einem Phosphat-Präkursor, welcher ohne Co-Reaktor in einem thermischen ALD-Setup genutzt werden kann. Ein möglicher Kandidat dafür könnte Cyclohexantriylphosphat sein. Hierbei handelt es sich um eine Literatur bekannte Phosphatverbindung, welche jedoch in Kontext der ALD noch nicht als Präkursor genutzt wurde. Ziel der Arbeit ist die Synthese des

Cyclohexantriylphosphat und dessen Charakterisierung. Hierzu soll die Verbindung mittels TGA/DSC untersucht werden um ALD relevante Parameter wie: Siedepunkt, Dampfdruck und Zersetzungstemperatur zu bestimmen.

Die folgenden Themen eignen sich sowohl für Masterarbeiten, Projektarbeiten sowie Vertiefungspraktika

Atomlagenabscheidung von Kupfer/Kupferoxidschichten auf Fasern als Infiltrationshilfe für Metallmatrix-Verbundwerkstoffe (A. Przybylska)

Faserverstärkte Metallmatrix-Verbundwerkstoffe (MMCs), insbesondere kohlenstofffaserverstärktes Aluminium (CF/Al), bieten herausragende mechanische Eigenschaften bei gleichzeitig geringer Dichte für Leichtbauanwendungen in der Luft- und Raumfahrt sowie im Automobilbau. Die schmelzmetallurgische Herstellung über Flüssiginfiltrationsverfahren wird jedoch durch Grenzflächenreaktionen (z. B. Bildung spröder Carbide) sowie eine mangelnde Benetzbarkeit der Verstärkungsfasern durch die Metallschmelze stark erschwert. Um eine vollständige Infiltration der Faserstrukturen zu ermöglichen und eine Degradation zu verhindern, sind maßgeschneiderte Grenzschichten erforderlich. Ein vielversprechender Ansatz ist der Einsatz von Kupfer bzw. Kupferoxid als funktionale Benetzungshilfe, welche mittels Atomlagenabscheidung (ALD) als ultradünne und konforme Schicht auf den Fasern appliziert wird.

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung und Optimierung eines ALD-Prozesses zur Abscheidung von Kupfer- bzw. Kupferoxidschichten unter Verwendung eines Kupfer-Precursors auf Al_2O_3-Fasern. Hierbei sollen die relevanten Prozessparameter wie Abscheidungstemperatur, Puls- und Spülzeiten sowie das Wachstum pro Zyklus ermittelt werden. Die Charakterisierung der Schichten und Faserverbunde erfolgt unter anderem mittels Rasterelektronenmikroskopie und energiedispersiver Röntgenspektroskopie.

Atomlagenabscheidung von Titanphosphat/phosphit Beschichtungen. Ermittlung der Reaktionsparameter für die Abscheidung und Variation der Pulssequenzen (M. Klapper)

Keramische Faserverbundwerkstoffe finden beispielsweise Anwendung in Turbinen oder Scheibenbremsen. Durch die keramische Matrix können diese Verbundwerkstoffe bei hohen Temperaturen genutzt werden. Die Fasern sind in dem Verbund das Verstärkungsmaterial und sorgen für eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften der Keramik. Die Eigenschaften des Verbundes sind stark Abhängig von der Bindung zwischen Faser und Matrix. Die Oberflächeneigenschaften der Faser kann durch Beschichtungen beeinflusst werden. Als Fasern können beispielsweise Kohlenstofffasern genutzt werden. Hierbei dient die Beschichtung nicht nur Oberflächenmodifizierung für die Verbesserung der Faser-Matrix-Bindung, sondern auch zur Erhöhung der Oxidationstemperatur der Fasern. Die Beschichtung der Kohlenstoffaser kann mittels Atomlagenabscheidung erfolgen.

Ziel der Arbeit ist die Beschichtung von Kohlenstoffasern mittels Titanchlorid und einen Phosphitpräkursor (wie Triethylphosphit) unter Variation des Co-Reaktanten (Wasser, Sauerstoff/Wasser). Für die Abscheidung sollen die Parameter Abscheidungstemperatur,

Selbstlimitierung und Wachstum pro Zyklus ermittelt werden. Wenn die ALD-Parameter erfolgreich bestimmt wurden kann die chemische Zusammensetzung der Beschichtung durch Nutzung von Superzyklen (Variation der Anzahl der PO- und TiO-Zyklen) bei optimalen ALD-Parametern variiert werden

Die Charakterisierung der Schichten erfolgt unter anderem mittels nasschemischer Analyse (photometrisch), Thermogravimetrischer Analyse, Rasterelektronenmikroskopie und Energiedispersive Röntgenspektroskopie.

Herstellung und Charakterisierung von bikontinuierlichen Zeolithe-Kompositmembranen mittels Spritzgießen/Druckinfiltration (M. Klapper, Alexander Gruhle)

Bikontinuierliche Zeolit Kompositmembranen bestehen aus einem Matrixmaterial (Polymer), in welche Zeolithe so eingebettet sind, dass sie die Membran beidseitig durchdringen. Als Kompositmembran vereinigt diese so die Eigenschaften der Polymermatrix, wie mechanische Stabilität, mit den Eigenschaften der Zeolithe, wie hohe Selektivität. Der Stofftransport findet ausschließlich durch die Zeolith Partikel statt. Hergestellt werden können diese Bikontinuierliche Membranen über das Float-Casting-Verfahren. Die Zeolithe werden dafür in einer Monomer-Initiator-Lösung suspendiert und auf eine Wasseroberfläche aufgetragen. Nach Polymerisation erhält man anschließend ein Polymer mit inkorporierten Zeolithen. Die Funktionalität der Membran ist nur gewährleistet, wenn die Zeolithe die Membran auf beiden seiden durchdringen. Um die Lage der Zeolithe in der Polymermatrix zu beeinflussen können diese durch Funktionalisierung (z.B durch PFOTES). Dies ist jedoch nicht trivial und je nach Wechselwirkung der Zeolithe mit dem Lösungsmittel, Monomer und Initiator sind andere Oberflächenmodifikationen notwendig.

Die Kompositmembranen können auch hergestellt werden durch Spritzgießen/Druckinfiltration. Hierzu werden die Partikel zwischen zwei Platten fixiert. Im Anschluss wird eine 2 Komponenten Epoxid Gemisch zwischen die zwei Platten gedrückt. Dieses fließt zwischen die Partikel, wodurch nach Polymerisation einen bikontinuierliche Membran erhalten werden kann.

Durch dieses Verfahren konnten schon erfolgreich bikontinuierliche Kompositmembranen erhalten werden. Ziel der Arbeit ist es, dass Verfahren zu optimieren. Hierfür sollen unter anderem verschiedene Auftragungsmethoden der Partikel und unterschiedliche Anpressdrücke untersucht werden. Des Weiteren sollen unterschiedliche Partikelgrößen an Zeolithen getestet werden. Die hergestellten Membranen werden mittels Rasterelektronenmikroskopie charakterisiert. Defektfreie Membranen können des Weiteren durch Permeation verschiedener Gase wie N_2, O_2, SF_6 oder H_2O untersucht werden.