

Forschungsschwerpunkte – Jun.-Prof. Dr. Anna Schenk

Mit dem Rezeptbuch der Natur zu nanostrukturierten Materialien für die Wasserspaltung

Mein Forschungsprofil liegt interdisziplinär an der Schnittstelle von Physikalischer Chemie, Materialwissenschaften und Biomineralisation. Die Themengebiete meiner Arbeitsgruppe integrieren dabei die drei Aspekte Material, Struktur und Funktion. Primär arbeiten wir in den folgenden Bereichen:

1. Multiskalige Strukturcharakterisierung in biogenen und synthetischen (Hybrid-)Materialien
2. Entwicklung bio-inspirierter Synthesestrategien zur Erzeugung nanostrukturierter Funktionsmaterialien
3. Aufklärung von Kristallisations- und Assemblierungsmechanismen
4. Elektroabscheidung und Elektrokatalyse

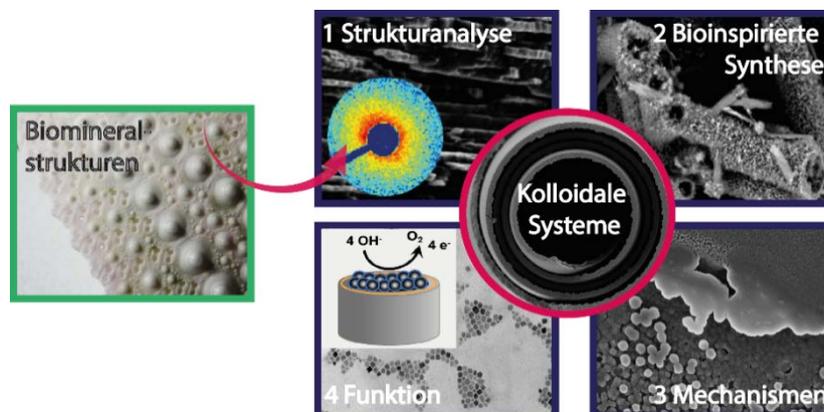


Abbildung 1. Übersicht zum Forschungsprogramm. Biominerale wie beispielsweise das Seeigelskelett (grüner Kasten) weisen komplexe hierarchische Strukturen auf (1) und stellen damit eine reichhaltige Quelle der Inspiration für die kontrollierte Mineralabscheidung im Labor dar (2). Neben der Etablierung nachhaltiger, bio-inspirierter Syntheseansätze von anorganischen Funktionsmaterialien und der multiskaligen Strukturcharakterisierung ist es stets auch Ziel unserer Arbeiten, die zugrunde liegenden Mechanismen der Mineralabscheidung aufzuklären (3) und diese mit den Funktionseigenschaften der Produkte zu korrelieren (4).

Lebende Organismen haben ausgeklügelte Mechanismen entwickelt, um komplexe, selbst-assemblierte organisch-anorganische (Nano-)Kompositstrukturen zu konstruieren, die auf mehreren Längenskalen von der makroskopischen bis hinunter zur molekularen Ebene organisiert und einer bestimmten Funktion (mechanisch, optisch, magnetisch) angepasst sind.

Dabei wird ein erstaunlicher Grad an Kontrolle über die Größe, Form, Textur und sogar die Polymorphie der Mineralphase erreicht.

Einen wesentlichen Schwerpunkt meiner Forschungsausrichtung bildet daher die multiskalige Charakterisierung biogener und bio-inspirierter Materialien unter Berücksichtigung aller relevanten Hierarchieebenen. In diesem Bereich haben sich in den vergangenen Jahren spannende Kooperationen auch über die Fachgrenzen hinweg etabliert, insbesondere mit Arbeitskreisen der Biologie. Meine Forschungsgruppe hat sich dabei verstärkt mit dem Einfluss von Prozessparametern bei der Magnetosomenbiosynthese (in Kooperation mit Prof. Dirk Schüler, UBT) sowie mit der strukturellen Basis für das ökologische Phänomen der phänotypischen Plastizität in heimischen Süßwasserschnecken (in Kooperation mit Prof. Christian Laforsch, UBT) beschäftigt. Instrumentell kommen zur Strukturanalytik vorwiegend Labor- und Synchrotron-basierte Techniken der Röntgenstreuung (Klein- und -weitwinkelstreuung, Ptychographische Tomographie), komplementiert durch Elektronenmikroskopie, zum Einsatz. Besonderer Fokus liegt auf der Untersuchung von Beschaffenheit und Orientierung nanoskaliger Grenzflächen, welche für die Eigenschaften der (Hybrid-)Materialien von zentraler Bedeutung sind.

Zur Herstellung kolloidaler Funktionsmaterialien mit komplexer Architektur auf der Mikro-, Meso- und Nanoebene verfolgen wir bio-inspirierte Synthesestrategien. Nachhaltige, ökologisch effiziente Ansätze zur Präparation und Strukturierung nach dem Vorbild der Natur werden dabei unter anderem durch Verwendung organischer Zusätze und Template sowie räumlich begrenzter Reaktionsumgebungen (Confinement) bei der Abscheidung realisiert. Auf diese Weise sollen perspektivisch die Struktur- und Bauprinzipien der Biomineralisation (unter anderem hierarchische Organisation, Selbstassemblierung) mit den inhärenten Funktionseigenschaften technologisch relevanter Materialien wie beispielsweise Katalysatoren kombiniert werden. Um dieses Ziel systematisch zu verfolgen, ist es jedoch auch von entscheidender Bedeutung, durch die Betrachtung von Modellsystemen ein fundamentales Verständnis von Kristallisations- und Assemblierungsphänomenen zu entwickeln und das Zusammenspiel zwischen Strukturmotiven und physikalischen beziehungsweise physikochemischen Eigenschaften aufzuklären.

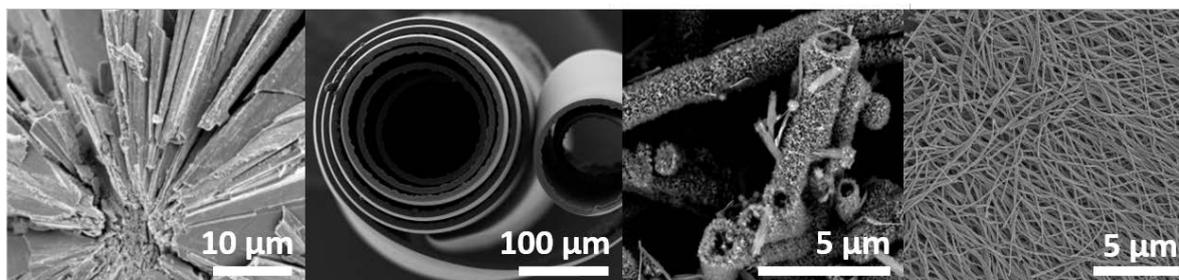


Abbildung 2. Kobaltdioxid-Strukturen, welche bei Raumtemperatur aus wässrigem Medium abgeschieden wurden und sich durch Calcinierung pseudomorph in Kobaltdioxid – ein Material mit vielfältigen Anwendungen im Bereich der heterogenen Katalyse – umwandeln lassen. a) Alterung einer amorphen Vorstufe; b) Grenzflächenorientierte Abscheidung in Gegenwart eines Polymeradditivs; c) Mineralisation dirigiert durch pflanzenvirale Nanostäbchen als Biotemplat; d) Präzipitation im Submikrometer-Confinement zylindrischer Membranporen.

Auf dem Gebiet der Funktionscharakterisierung hat sich meine Arbeitsgruppe in den vergangenen Jahren Kompetenz im Bereich der elektrochemischen Analytik von mesostrukturierten Übergangsmetalloxiden aufgebaut, gerade auch im Hinblick auf deren Potenzial als Elektrokatalysatoren für die Wasserspaltung, einer bedeutenden Reaktion im Bereich der nachhaltigen Energiekonversions- und -speichersysteme. Aktuelle Arbeiten zielen auf eine Kombination zwischen Elektroabscheidung und Röntgenkleinwinkelstreuung, um die Strukturdynamik elektrochemisch kontrollierter Prozesse auf der Nanoskala zu studieren.

Zusammenfassend ist das Ziel meiner Forschung, nachhaltige Strategien für die Herstellung nanostrukturierter Funktionsmaterialien, speziell im Bereich der Energieumwandlung und -speicherung, zu entwickeln.