

Oxide fürs Leben

Nanopartikel aus Oxiden sind robuste Alleskönner, die vielseitig eingesetzt werden können – bei der Energieversorgung oder der Virenbekämpfung. Die Chemikerin Greta Patzke erforscht die Grundlagen dazu. Von Felix Würsten

Oxide gelten als die Klassiker der Natur: Die Materialien, in denen sich Metallatome mit Sauerstoff zu vielfältigen, robusten Strukturen verbinden, prägen unseren Alltag. Ohne sie wäre die unbelebte Natur, wie wir sie kennen, schlicht undenkbar. So bestehen beispielsweise fast alle Gesteine aus Oxiden, und auch viele Alltagsgegenstände sind aus solchen Materialien aufgebaut. Genau in diese bewährte Gruppe von Verbindungen setzen Chemiker und Materialwissenschaftler heute grosse Hoffnungen, könnten diese Substanzen doch dazu beitragen, eine Reihe von wichtigen Problemen zu lösen – von der Energieversorgung über Umweltprobleme bis hin zur Bekämpfung von Viruserkrankungen.

Dass just Oxide als derart vielversprechend gelten, hat seine gute Gründe: Sie lassen sich kostengünstig herstellen, und man kann mit ihnen vergleichsweise einfach Strukturen mit unterschiedlichen chemischen Eigenschaften bis in den Nanometerbereich hinein erzeugen. «Die gesamte Bandbreite an möglichen Verbindungen werden wir wohl nie ganz erfassen», sagt Greta Patzke, Assistenzprofessorin für anorganische Chemie an der Universität Zürich. «Gerade diese unglaubliche Vielfalt macht diese Materialien für uns so reizvoll.»

Abwasser reinigen

Greta Patzkes Ziel ist es, Nanopartikel aus Oxidmaterialien für gesellschaftlich relevante Anwendungen herzustellen. «Oxides for life» ist das Leitmotiv, unter das die Chemikerin ihre Forschungstätigkeit stellt. «Mir genügt es nicht, die Eigenschaften von neuen Oxidverbindungen zu charakterisieren. Ich möchte mit meiner Arbeit einen konkreten Beitrag zur Lösung wichtiger Probleme leisten.» Deshalb geht sie mit ihrer Arbeit über die eigentliche Grundlagenforschung hinaus. An konkreten Anwendungen mangelt es in der Tat nicht. Denn so vielfältig die Familie der

Oxide ist, so vielfältig sind auch ihre möglichen Einsatzgebiete. Greta Patzke konzentriert sich deshalb auf drei Kernbereiche: die Erzeugung von Wasserstoff, die Reinigung von Abwasser sowie die Entwicklung von kleinen Gassensoren. Bei allen drei Anwendungen macht man sich die Tatsache zunutze, dass auf der Oberfläche von Oxiden chemische Reaktionen stattfinden können, bei denen diese als Katalysatoren wirken. Gerade aus diesem Grund versucht man, die Oxide in Form von Nanopartikeln zu nutzen, weisen solche Partikel doch eine vergleichsweise grosse Oberfläche auf und sind daher als Katalysatoren besonders effektiv.

Wasser aufspalten

Einige Oxide sind beispielsweise in der Lage, mit Hilfe von einfallendem Sonnenlicht Wasser in seine beiden Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff aufzuspalten. Wird der Wasserstoff aufgefangen, kann er als chemischer Energieträger gespeichert und später in Strom und Wärme umgewandelt werden. Im Gegensatz zur konventionellen Elektrolyse, bei der Wasser mit Hilfe von Strom aufgespalten wird, würde bei diesem Verfahren das Sonnenlicht auf viel direktere Weise genutzt. Allerdings wird es noch eine Weile dauern, bis solche Oxide tatsächlich im Alltag für die Energieerzeugung verwendet werden, räumt Greta Patzke ein. Immerhin hat sie kürzlich bereits mit Industrievertretern über mögliche Forschungspartnerschaften gesprochen.

Auch bei der Entwicklung von miniaturisierten Sensoren arbeitet sie bereits auf kommerziell einsetzbare Produkte hin. Mit Hilfe von halbleitenden Oxidmaterialien lassen sich nämlich in der Umgebungsluft gezielt Spurengase nachweisen. Dabei nutzt man dem Umstand, dass diese Gase Oberflächenreaktionen mit den Oxiden eingehen. Dabei entsteht ein elektrisches Signal, das zum Messen der Gaskonzentration verwendet



Die Chemikerin Greta Patzke will mit Hilfe von Oxiden Wasser



stoff herstellen.

werden kann. Im Rahmen des Nationalen Forschungsschwerpunkts MaNEP (Materialien mit neuartigen elektronischen Eigenschaften) will Greta Patzke nun Gassensoren aus Nanopartikeln herstellen, die bereits bei minimalen Betriebstemperaturen und mit kleinsten Mengen an Oxiden Spurengase nachweisen können. Dies würde es ermöglichen, tragbare Messgeräte zu bauen, die dem Träger jederzeit anzeigen, ob zum Beispiel an seinem Arbeitsplatz die Grenzwerte eingehalten werden.

Wie Nanopartikel entstehen

Bis Nanopartikel im Alltag tatsächlich für derartige Anwendungen eingesetzt werden, braucht es jedoch noch einiges an Grundlagenarbeit. So möchte Greta Patzke beispielsweise besser verstehen, wie solche Nanopartikel überhaupt entstehen. Das Herstellungsverfahren, das die Forscherin anwendet, ist im Hinblick auf spätere Anwendungen bewusst einfach gehalten: In einem kleinen druckfesten Behälter, einem sogenannten Autoklaven, werden metallhaltige Lösungen während ein bis zwei Tagen auf eine Temperatur von maximal 200 °C erhitzt. Während dieser Zeit entstehen im Behälter die gewünschten Partikel. «Wie sich die Teilchen formen, verstehen wir erst ansatzweise», erklärt die Forscherin. «Doch wenn wir gezielt Partikel herstellen wollen, müssen wir die Bildungsprozesse genau begreifen.»

Die dazu nötigen Untersuchungen seien sehr komplex, erläutert Greta Patzke. Unter anderem studiert sie mit ihrer Gruppe die Reaktionen in den Druckgefässen an verschiedenen europäischen Synchrotron-Anlagen. Dort kann sie direkt verfolgen, wie sich in den Lösungen Partikel bilden. Die Messdaten werden anschliessend anhand mathematischer Wachstumsmodelle interpretiert. «Die grundlegenden Modelle, die wir zur Beschreibung der Vorgänge nutzen, wurden teilweise bereits in den 1940er-Jahren entwickelt, also lange vor dem Aufkommen der Nanotechnologie», erklärt sie. «Das zeigt, wie wichtig es ist, ältere Forschungsergebnisse genau zu studieren.»

Eine besondere Schwierigkeit ist, dass verschiedene Faktoren die Entstehung der Partikel beeinflussen. Nicht nur die Zusammensetzung der Lösung und die Art, wie die Proben erhitzt werden, spielen eine wichtige Rolle, sondern auch die Form des Reaktionsbehälters und das Verfah-

ren, mit dem er gereinigt wurde. «Die Faktoren, die die Experimente beeinflussen, kann man in ihrer Gesamtheit nur schwer kontrollieren», meint Greta Patzke. «Doch die spätere Anwendung erfordert verlässliche und skalierbare Prozesse. Das macht unsere Arbeit sehr anspruchsvoll.»

Viren töten

Ein spezielles Feld ihrer Forschung sind die sogenannten Polyoxometallate, kurz POMs genannt. Dabei handelt es sich um Oxid-Cluster mit teilweise bis zu mehreren hundert Metallatomen. Ein einzelnes POM-Molekül kann derart gross sein, dass es eigentlich bereits als Nanopartikel bezeichnet werden müsste. «Die POMs bewegen sich auf der interessanten Grenze zwischen Molekül und Nanoteilchen», erklärt Greta Patzke. POMs gelten als hochkompetitives Forschungsgebiet, werden doch laufend neue Verbindungen hergestellt. «In meiner Anfangszeit waren POMs für mich eher unerwünschte Nebenprodukte, die ich möglichst vermeiden wollte», erinnert sich die Chemikerin. «Doch inzwischen habe ich sie als interessantes Forschungsgebiet entdeckt und stelle sie gezielt her.»

Besonders faszinierend findet sie, dass POMs Viren töten können. Tatsächlich wurden bereits in den 1980er-Jahren erste klinische Versuche mit POMs durchgeführt, um HI-Viren zu bekämpfen. Dabei zeigte sich, dass diese Substanzen zwar die Viren vernichten, bei den Probanden aber auch schwere Nebenwirkungen auslösen. Greta Patzke sucht nun gemeinsam mit anderen Forschungsgruppen an der Universität Zürich nach Wegen, wie man die Toxizität der POMs reduzieren könnte. Ein vielversprechender Ansatz ist, die grossen Moleküle mit einer Hülle aus organischem Material zu umgeben. In einer ersten Arbeit konnte sie zeigen, dass die POMs auf diese Weise in den Zellen tatsächlich weniger toxisch wirken. «Wenn es uns gelingen würde, spezifisch wirksame POMs herzustellen, die weniger starke Nebenwirkungen verursachen, könnte dies die Türen zu sehr flexiblen und kostengünstigen Therapieformen öffnen.»

Kontakt: Prof. Greta Patzke, greta.patzke@aci.uzh.ch