

## Forschungsschwerpunkte Ferdi Schüth, MPI für Kohlenforschung

Die Arbeiten der Arbeitsgruppe richten sich hauptsächlich auf die Synthese von funktionalen Festkörpern mit gezielt einstellbaren Eigenschaften, die in vielen Bereichen genutzt werden, besonders aber als Katalysatoren zum Einsatz kommen. Katalysatoren dienen dazu, chemische Reaktionen zu beschleunigen, so dass sie bei mildereren Reaktionsbedingungen stattfinden, d.h. bei niedrigeren Temperaturen und Drucken, und weniger unerwünschte Nebenprodukte gebildet werden. Neue, verbesserte Katalysatoren führen daher immer zu weniger energieintensiven und ressourcenschonenderen Prozessen.

Eine wichtige Voraussetzung dafür, die Synthese von Feststoffen und damit auch die von festen Katalysatoren kontrollieren zu können, ist das Verständnis der Prozesse, die zu ihrer Bildung führen. Die ersten Schritte bei der Bildung von Feststoffen aus Lösung (auch Nukleation genannt), werden seit langem untersucht, dennoch sind die Elementarprozesse kaum verstanden. Dies ist teilweise darauf zurückzuführen, dass die Spezies, die dabei wichtig sind, vermutlich aus mehreren zehn bis mehreren hundert Atomen bestehen, außerdem sind Nukleationsprozesse sehr kurz und daher schwer zu fassen. Zur schnellen Analyse der dabei auftretenden Spezies gibt es bisher kaum leistungsfähige analytische Methoden. Die Anwendung der wenigen geeigneten Methoden mit sehr hoher zeitlicher Auflösung bis in den Bereich einiger millionstel Sekunden auf Nukleationsvorgänge wird in der Gruppe an Beispielsystemen erprobt, um daraus zu lernen, wie sich technisch wichtige Feststoffe, besonders Katalysatoren, in Lösungen bilden.

Die Reaktionen, die an festen Katalysatoren beschleunigt werden, laufen an deren Oberfläche ab. Es ist daher unmittelbar einsichtig, dass normalerweise eine größere Oberfläche mit einer besseren katalytischen Aktivität einhergeht. Es gibt zwei Möglichkeiten, in einer gegebenen Menge an Material die Oberfläche zu erhöhen: Man kann die Partikel, aus denen der Feststoff besteht, möglichst klein machen, oder man kann Poren im Feststoff erzeugen, so dass dieser eine hohe „innere“ Oberfläche erhält. Beide Wege werden in unseren Forschungsarbeiten verfolgt. Zur Erzeugung kleiner Teilchen werden beispielsweise flüssige Vorläuferverbindungen in Aktivkohle mit kleinen Poren eingebracht, Anschließend wird die Aktivkohle verbrannt, worauf sehr kleine Partikel zurückbleiben, weil sie in den engen Hohlräumen der Aktivkohle nicht weiter wachsen konnten.

Feststoffe mit Poren werden mit Hilfe sogenannter „Template“ hergestellt, die man sich in sehr grober Näherung wie Schablonen vorstellen kann. Der Feststoff bildet sich bei der Synthese um diese Template herum. Ein von uns viel untersuchtes System ist Siliciumdioxid, das als Katalysatorträger und Adsorptionsmittel wichtig ist und das wir in unporöser Form als Sand kennen. Nach der Bildung des Feststoffs werden die Template ausgebrannt und Löcher in der Größe der Template bleiben zurück. Als Template können Moleküle dienen, durch die Poren in der Größe weniger Atome entstehen, die sogenannten Zeolithe oder Molekularsiebe. Werden als Template hingegen Flüssigkristalle (die man sich vereinfacht als sehr konzentrierte Seifenlösungen vorstellen kann) verwendet, bilden sich etwa zehnmal größere Poren. Unter geeigneten Bedingungen sind diese Poren sogar regelmäßig in den Feststoffen angeordnet. Auf diese Weise können poröse Materialien hergestellt werden, die in fünf Gramm eine innere Oberfläche in der Größe eines Fußballfeldes aufweisen. Zahlreiche unterschiedliche Festkörper lassen sich so in oberflächenreicher Form herstellen. Diese Materialien werden als Katalysatoren in einer Reihe von Reaktionen getestet, so etwa in der Autoabgasreinigung oder in Prozessen, bei denen aus Kohlenwasserstoffen, die derzeit häufig noch an Erdgasquellen nutzlos abgefackelt werden, Wertstoffe hergestellt werden. Bei der Testung auf katalytische Aktivität bedienen wir uns unter anderem der sogenannten Hochdurchsatzmethoden, die die Entwicklung enorm beschleunigen und die für Anwendungen in der Katalyse teils in der Gruppe entwickelt worden sind. Aus diesen

Forschungsaktivitäten ist ein Unternehmen (hite AG) hervorgegangen, das die Techniken kommerziell nutzt.

Materialien wie die oben beschriebene, insbesondere solche mit geordneten Porensystemen, lassen sich aber nicht nur als Katalysatoren nutzen, sondern können auch verwendet werden, um Moleküle in die Poren einzulagern und diese damit zu orientieren und zu stabilisieren.

Wenn Moleküle mit bestimmten Funktionen eingelagert werden, lassen sich diese Funktionen, etwa besondere optische Eigenschaften, in modifizierter Weise auch auf den Feststoff übertragen. Ein großer Erfolg der Gruppe auf diesem Gebiet war die Herstellung eines der kleinsten Farbstofflaser der Welt, indem Laserfarbstoffmoleküle in die Poren von Molekularsieben eingelagert wurden.

Letztendliches Ziel der Arbeiten der Gruppe ist es, durch ein vertieftes Verständnis der Systeme und die Entwicklung neuer Synthesemethoden Materialien zugänglich zu machen, die die Basis für verbesserte Katalysatoren sind, um damit die Effizienz chemischer Umsetzungen weiter zu steigern.