



Reactions at Solid Surfaces

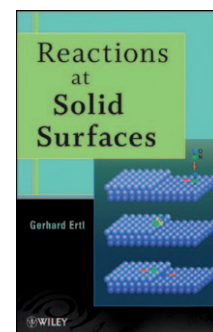
Stoffumwandlungen an Grenzflächen sind ein interessantes und immer mit einer gewissen geheimnisvollen Aura umgebenes Thema. Das Ankleben eines Hakens an eine Schrankwand, die Beobachtung der Bräunung einer Wurst auf dem Grill und die mit Sorgen verfolgte Korrosion einer Autokarosserie sind allgegenwärtige und leicht beobachtbare Beispiele aus dem Alltagsleben. Demgegenüber entziehen sich die komplexen Vorgänge an der Oberfläche eines Festkörperkatalysators, der chemische Reaktionen beschleunigt ohne sich selbst zu verändern, meist der direkten Beobachtung. Diese im Verborgenen ablaufenden und manchmal „zauberhaft“ erscheinenden Prozesse bilden eine der wesentlichen Grundlagen für moderne Industriegesellschaften, ihre Beherrschung ist der Schlüssel für die Wertschöpfung in der chemischen Industrie. Ein sehr wichtiges Beispiel ist der Haber-Bosch-Prozess, bei dem eine aus Stickstoff- und Wasserstoffmolekülen bestehende Gasmischung durch Reaktionen an der Innenseite eines Eisenrohrs in Ammoniak umgewandelt wird. Dichtbesiedelte, hochindustrialisierte Länder wären ohne den mit diesem Ammoniak hergestellten stickstoffhaltigen Dünger nicht in der Lage, ihre Bevölkerung zu ernähren. Dieses Produkt einer durch die Oberfläche eines Festkörpers katalysierten chemischen Reaktion ist damit heute fast so wertvoll wie das Gold, das die ersten Alchemisten zu Beginn der Neuzeit mit dem „Stein der Weisen“ aus unedlen Materialien erzeugen wollten – insofern birgt die Katalyse in sich auch immer eine Erinnerung an die Ursprünge der Chemie.

Professor Gerhard Ertl ist sicher national und international der Wissenschaftler, der für eine Einführung in das Feld der heterogenen Katalyse am besten qualifiziert ist. Das in Englisch geschriebene, gut 200 Seiten umfassende Buch *Reactions at Solid Surfaces* bietet eine durchdachte und vorzüglich zusammengestellte Einführung in die chemischen Aspekte der Oberflächenwissenschaft. Der Autor ist einer von ganz wenigen in diesem Feld aktiven Wissenschaftler, der es sich leisten kann, eine derartige Einführung nur mit den Erträgen seines eigenen „Gartens“ zu bestreiten. Er beschränkt sich im Wesentlichen auf Stationen seiner eigenen wissenschaftlichen Karriere – und gestattet dadurch auch gleichzeitig ein Nachvollziehen des von ihm etablierten oberflächenwissenschaftlichen Ansatzes zur heterogenen Katalyse („surface science approach to understanding heterogeneous catalysis“), für den er 2007 den Nobelpreis für Chemie erhielt.

Das Buch ist hervorgegangen aus einer Folge von acht Vorträgen, die Ertl Anfang 2007 während eines Gastaufenthaltes an der Cornell-Universität gehalten hat. Das für Leser ohne spezielle Vorkenntnisse geschriebene Einführungskapitel erleichtert mit der Vorstellung einfacher, aber grundlegender Prinzipien die ersten Schritte in die Welt der Oberflächenreaktionen. Das dort präsentierte Material vermittelt ein grundlegendes Verständnis der Oberflächenwissenschaften und speziell von chemischen Vorgängen an Oberflächen und bildet damit die Basis für die dann folgenden sieben Kapitel. Die straffe, sich auf das Wesentliche beschränkende Diskussion von Oberflächenstrukturen, Dynamik der Gas-Oberflächen-Wechselwirkung und Oberflächenchemie in den folgenden drei Kapiteln erfordert vom Leser allerdings dann eine etwas intensivere Beschäftigung mit der Materie. Die doch schon recht fortgeschrittene Erörterung oberflächenphysikalischer und -chemischer Aspekte erfolgt hier durch eine Reihe von Fallstudien aus der Arbeitsgruppe des Autors, die jeweils aus verschiedenen Schaffensperioden datieren. Falls möglich werden im Rahmen dieser Fallstudien auch immer kinetische Aspekte der chemischen Umwandlungen erörtert, hier zeigen sich grundlegende Unterschiede zu den Kinetiken in der Gasphase oder in Lösung ablaufender chemischer Prozesse. Für Nichtfachleute wird ein Erarbeiten des in diesen Kapiteln präsentierten Materials das Hinzuziehen der im Text angegebenen Originalarbeiten und Übersichtsartikel und in einigen Fällen die Kommentierung durch Spezialisten erfordern.

Es folgt eine etwas grundlegendere Einführung in die Grundprinzipien der heterogenen Katalyse (Kapitel 5), an die sich dann wieder eine etwas straffere Diskussion mechanistischer Aspekte anschließt. Kapitel 7 und 8 widmen sich abschließend nichtlinear verlaufenden chemischen Umwandlungen an Oberflächen. Zu diesem interessanten und komplexen Gebiet der Oberflächenchemie gehören insbesondere die sogenannten oszillierenden Reaktionen, ein Forschungsgebiet, das in besonderem Maße das Interesse des Autors gefunden hat.

Bei den zahlreichen für die in den verschiedenen Kapiteln des Buches enthaltenen Fallbeispiele ausgewählten Arbeiten wird zum einen der Einsatz herkömmlicher und im Bereich der Oberflächenwissenschaften gut etablierter experimenteller Techniken beschrieben. Dieser Zugang hat es in den vergangenen Jahrzehnten ermöglicht, eine „Datenbank“ zu erstellen, die heute eine entscheidende Grundlage für die derzeitige Blüte der Oberflächenwissenschaften bildet. Zum anderen werden aber auch einige sehr moderne, mit erst vor wenigen Jahren entwickelten experimentellen Techniken erzielte Ergebnisse diskutiert; die wis-



Reactions at Solid Surfaces
Von Gerhard Ertl. John Wiley & Sons, Hoboken 2009.
208 S., geb. 57.90 €. — ISBN 978-0470261019

senschaftliche Spannweite des Buches reicht somit bis hin zum aktuellen Stand der Technik (z. B. der Einsatz nichtlinear-optischer Methoden für das Verfolgen chemischer Reaktionen *in situ*). Die zahlreichen Bilder, die im fortlaufenden Text platziert sind und diesen gut ergänzen, stammen überwiegend aus Originalarbeiten. Hilfreich ist, dass in der Mitte des Buches nochmals farbige Versionen einiger Bilder zusammengestellt wurden.

Die vorliegende Monographie ist sicher kein Lehrbuch, das eine Grundlage für ein mehr in die Tiefe gehendes Selbststudium der Oberflächenwissenschaften schafft. Für Leser ohne Vorkenntnisse im Bereich der Grenzflächenchemie oder Studenten, die eine gute Einführung in dieses interessante Thema suchen, sind insbesondere Kapitel 1 und Kapitel 5 geeignet; die dort enthaltene, übersichtliche Darstellung der grundlegenden Prinzipien der heterogenen Katalyse wird den Appetit auf eine intensivere Beschäftigung mit diesem Thema wecken. Dafür werden dann allerdings die weiteren Kapitel allein nicht ausreichen, hier wird die Anleitung durch einen Lehrer mit einem entsprechenden Hintergrund erforderlich sein, der Hinweise auf ergänzende Literatur liefern kann. Die theoretische Beschreibung und Analyse oberflächenphysikalischer und -chemischer Vorgänge hat entscheidende Beiträge zu unserem heutigen Verständnis von Grenzflächenphänomenen geliefert – sie kommt in der hier besprochenen

Monographie vielleicht etwas zu kurz. Allerdings finden sich an den entsprechenden Stellen immer die Verweise auf weiterführende Literatur, sodass sich interessierte Leser auch diesen für ein vollständiges Verständnis wichtigen Bereich der Theorie erschließen können.

Das Buch enthält eine sehr gute und empfehlenswerte Zusammenstellung einiger der wichtigsten Meilensteine auf dem Weg der Entwicklung der Oberflächenwissenschaften – von der Suche nach dem Stein der Weisen zu einem modernen, für viele andere Wissenschaftsfelder, und insbesondere für die Materialwissenschaften, essenziellen Gebiet. Ein Beschreiten des vom Autor aufgezeichneten Wegs macht auch denjenigen Lesern, die mit dem Gebiet noch nicht so gut vertraut sind, klar, dass es sich bei den Oberflächenwissenschaften und insbesondere bei oberflächeninduzierten chemischen Reaktionen nicht um ein abgeschlossenes Kapitel handelt, sondern um ein Forschungsgebiet, in dem es noch eine ganze Reihe von Fragen zu klären gilt, das sich immer noch stürmisch weiterentwickelt – und sicher noch eine Reihe von Überraschungen bereithält.

Christof Wöll

Karlsruher Institut für Technologie, KIT
Institut für Funktionelle Grenzflächen, IFG

DOI: 10.1002/ange.201003288