

Fundamentals of Chemical Kinetics. Von S. R. Logan. Longman, Harlow, 1996. 264 S., Broschur £ 19.99. – ISBN 0-582-25185-0

Mit seinem Lehrbuch wendet sich S. R. Logan an Studenten der Chemie und verwandter Fächer. Zu einem moderaten Preis will er alle wesentlichen Aspekte der Untersuchung des Verlaufs chemischer Reaktionen auf ihrem Weg zum chemischen Gleichgewicht nahebringen. Sein Ziel ist eher die Vermittlung der zugrundeliegenden Konzepte als eine ausführliche Darstellung bis ins Detail. Herausgekommen ist dabei ein Buch nicht nur für Physikochemiker, sondern auch für anorganische und organische Chemiker, deren Arbeit zunehmend kinetische Studien einschließt. Logan behandelt Reaktionen in der Gasphase, in Lösung und an der Oberfläche fester Katalysatoren. Festkörperkinetik würde über den Rahmen des Buches hinausgehen und wird daher zu Recht ausgeklammert. Das Buch gliedert sich in zwölf Kapitel, von denen bis auf das letzte alle mit Übungsaufgaben abschließen, die das Gelernte vertiefen sollen. Der Praxisbezug wird dadurch hergestellt, daß das zugrundeliegende Datenmaterial meist aus der chemischen Literatur stammt.

Im ersten Kapitel wird der empirische Rahmen der chemischen Kinetik erläutert: Nach Einführung der Reaktionsgeschwindigkeit wird anhand einer allgemeinen Ratengleichung der Begriff der Reaktionsordnung verdeutlicht. Für verschiedene Reaktionsordnungen werden die Ratengleichungen integriert und Verfahren zur Bestimmung der Reaktionsordnung vorgestellt. Schließlich wird noch die Temperaturabhängigkeit der Geschwindigkeitskonstanten anhand der Arrhenius-Gleichung erklärt. Leider enthält dieses Kapitel einige ärgerliche Fehler: In der Definitionsgleichung (1.11) für die Reaktionsgeschwindigkeit fehlt ein Minuszeichen. Der Umgang mit Vorzeichen ist auch bei der Integration der Ratengleichung für die Reaktion 1. Ordnung (Gleichungen (1.14) und (1.15)) abenteuerlich. Bei der Integration der Raten gleichung für eine Reaktion zweiter Ordnung (je erster Ordnung in den beiden Edukten) wird der Student auf „simple Algebra“ verwiesen, statt ihm die Partialbruchzerlegung explizit vorzuführen. Hier wird der Autor seinem auf dem hinteren Buchdeckel ausgedrückten Anspruch, Studenten mit begrenzten mathematischen Fähigkeiten die mathematischen Gesichtspunkte sorgfältig zu erklären, nicht ganz gerecht. Auch das Weglassen von Einheiten bei der Berechnung der Ak-

tivierungsenergie aus der Steigung in einer Arrhenius-Auftragung (S. 19) ist didaktisch zweifelhaft.

Das zweite Kapitel behandelt praktische Aspekte bei der Planung und Durchführung kinetischer Experimente. Nach der Besprechung einiger Minimalanforderungen (Temperaturkontrolle, schnelle Durchmischung der Reaktionspartner, Eindeutigkeit des Reaktionsverlaufs) werden verschiedene Techniken zur Beobachtung des Reaktionsverlaufs in Lösung vorgestellt: die „Uhr-Methode“, Polarimetrie, Spektrophotometrie, Messung der elektrischen Leitfähigkeit und Dilatometrie. Für die Gasphasenreaktionen wird neben der klassischen Verfolgung des Gesamtdrucks auf den möglichen Einsatz der Massenspektrometrie hingewiesen. Nach der Beschreibung moderner Stopped-flow-Techniken wird die Bedeutung der Fehlerfortpflanzung bei der Bestimmung der Geschwindigkeitskonstanten an Hand einer fehlergewichteten linearen Regressionsrechnung verdeutlicht.

Das dritte Kapitel behandelt einige einfache Reaktionsmechanismen (unter anderem Folgereaktionen, Bildung intermedialer Komplexe, Parallel- und Gegenreaktionen) und das daraus folgende kinetische Verhalten. Auch der wichtige Unterschied zwischen Reaktionsmolekularität und -ordnung wird deutlich herausgearbeitet. Ebenso wird das im weiteren Verlauf häufig angewendete Stationaritätsprinzip eingeführt. Im vierten Kapitel werden Theorien der bimolekularen Reaktionen (Stoßtheorie, Theorie des Übergangszustands, Theorie der diffusionskontrollierten Reaktionen in Lösung) vorgestellt.

Das fünfte Kapitel befaßt sich mit der Interpretation bimolekularer Reaktionen in Lösung. Unter anderem wird die Marcus-Theorie zur Interpretation von Elektronen-Transfer-Reaktionen in Lösung erläutert. Nach der Behandlung unimolekularer Gasphasenreaktionen im Kapitel sechs werden im siebten Kapitel Kettenreaktionen besprochen. Das wichtige Thema Katalyse mit so interessanten Aspekten wie oszillierenden Reaktionen und Enzymkinetik füllt die Kapitel acht und neun. Die letzten drei Kapitel widmen sich der Untersuchung schneller Reaktionen mittels moderner Relaxationstechniken, der Reaktionskinetik von photochemisch angeregten Molekülen sowie der Untersuchung von Elementarreaktionen in gekreuzten Molekularstrahlen.

Nach zwei kurzen Anhängen folgen die Kurzlösungen der Übungsaufgaben, ein Stichwortverzeichnis und ein Verzeichnis der im Text besprochenen chemischen

Reaktionen. Trotz der kleinen in Kapitel eins auftretenden Schwächen überzeugt „Fundamentals of Chemical Kinetics“ durch die Breite, in der der Autor einen Eindruck von verschiedenen Aspekten der chemischen Kinetik in Gasphase, Lösung und an festen Katalysatoren vermittelt. Der Leser erhält einen umfassenden Überblick sowohl über die Geschichte der chemischen Kinetik als auch über neuere Entwicklungen auf diesem Fachgebiet.

Angesichts des moderaten Preises kann „Fundamentals of Chemical Kinetics“ den an chemischer Kinetik Interessierten, die einen ersten umfänglichen Einblick in dieses Gebiet erhalten wollen, guten Gewissens als Einstiegslektüre empfohlen werden.

Dirk Wilmer

Institut für Physikalische Chemie
der Universität Münster

Sensors. Vol. 8. (Micro- and Nano-sensor Technology/Trends in Sensor markets). Bandherausgeber: H. Meixner, R. Jones. Herausgeben von W. Göpel, J. Hesse, J. N. Zemel. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim/New York, 1995. 565 S., geb. 410.00 DM. – ISBN 3-527-26774-3

Endlich ist es so weit: Der letzte Band des umfassenden Nachschlagewerks über Sensoren ist erschienen. Entgegen den ursprünglichen Plänen der Verleger wurde das Werk erweitert, um die jüngsten Veränderungen im Sensorforschungsbereich zu berücksichtigen.

In den letzten Jahren hat sich der Bereich der Sensorik stark verändert. Die wichtigsten Gründe für diese Entwicklung waren die schnell wachsenden Kenntnisse in dreidimensionaler Mikroverarbeitung (Silicon Mikromachining, LIGA-Technik), der Durchbruch in den experimentellen Methoden zur Untersuchung physikalischer Prozesse im Nanometerbereich (STM, AFM, Nah-Feld-Spektroskopie) und die Synthese nanostrukturierter Materialien unterschiedlicher Funktionalität. Dies führt zu neuen Möglichkeiten in der Systemintegration (Mikrosystemtechnik), wodurch auch die Kontrolle der Objekte mit Abmessungen im Nanometerbereich möglich wurde (Nanotechnologie). Auch das Interesse der Forscher an den Bedürfnissen des Marktes für Sensoren ist stark gewachsen. Das veränderte Klima für Investitionen zeigt eine deutliche Tendenz, das hochtechnologische Know-how als unentbehrlich zur Verstärkung der Markt position der Firmen zu betrachten.

Das vorliegende Werk ist in die zwei Teile, Mikro- und Nanotechnologie (Kap. 1–11) sowie Sensormärkte (Kap. 12–18), gegliedert.

Kapitel eins ist eine Einführung in das Thema. Kapitel zwei gibt einen Überblick über die drei Hauptklassen der Mikrosystemtechnologien: beside-IC (Hybrid-Design), in-IC (integriertes Design) und above-IC (Design als eine Multischichtstruktur). Dabei werden auch einige relevante technische Lösungen präsentiert: Drucksensor und Beschleunigungssensor als Beispiele der beside-IC-Technologie sowie ein elektromagnetischer Aktuator als Beispiel für ein in-IC-Design. Die Technologien werden zum einen unter dem Aspekt der Marktansforderungen betrachtet, und zum anderen werden die Faktoren berücksichtigt, die einen entscheidenden Einfluß auf die erfolgreiche Entwicklung der innovativen Mikrosysteme haben sollen.

Kapitel drei beschreibt das Design und die Herstellung der Mikrosysteme im Rahmen integrierter Technologien, das heißt, es können nur industrielle IC-Verfahren mit oder ohne zusätzliche IC-kompatible sensorspezifische Schritte zur Herstellung der Mikrosysteme benutzt werden. Im einzelnen werden die CMOS-Sensoren für Feuchtigkeit und für magnetische sowie elektrische Felder beschrieben. Die Anwendungen der LIGA-Technik und einiger weiterer Herstellungstechnologien außerhalb der traditionellen Mikroelektronik für die Produktion der Mikrosysteme werden in Kapitel vier diskutiert. Beispiele für die LIGA-Technik sind Mikrospektrometer- und Beschleunigungssensoren sowie eine mit Hilfe von thermoplastischer Formpressung produzierte Mikropumpe und ein elektrochemisches Mikroanalysesystem. Dieses Kapitel zeigt deutlich, daß die Begriffe Mikrosystem- und Mikroelektroniktechnologie nicht identisch sind. Beliebige Herstellungsverfahren, die die Produktion miniaturisierter Sensoren und Aktoren ermöglichen, gehören zur Mikrosystemtechnologie. Thematisch gibt es Überschneidungen zwischen Kapitel fünf dieses Bandes und dem Kapitel über massensensitive Sensoren in Band zwei. Hier jedoch liegt

der Schwerpunkt auf dem Design und Anwendungen der SAW-Strukturen (SAW = Surface Acoustic Wave).

Die Probleme und Lösungskonzepte zur Herstellung miniaturisierter Gassensoren, die bei hohen Temperaturen eingesetzt werden, werden in Kapitel sechs zusammengefaßt. In der Autoindustrie ist der Bedarf an solchen Sensoren besonders groß. Das größte Problem liegt hier in der ungenügenden Standzeit der heute eingesetzten Sensoren. Das Kapitel beschreibt einige Versuche, dieses Problem durch die Anwendung neuer Materialien und die Optimierung der Funktionsweise der Sensoren zu lösen.

Kapitel sieben und acht geben einen Überblick über die neuesten Entwicklungen im Bereich integriert optischer und faseroptischer Sensoren und in den folgenden drei Kapiteln werden die grundlegenden Konzepte der Bereiche nanostrukturierter Materialien, molekularer Elektronik und Nanotechnologie abgehandelt. Kapitel acht beschreibt, recht knapp, das innovative Potential der jüngsten Entwicklungen im Bereich nanostrukturierter Materialien. Nur einige Aspekte der Materialsynthese und Dünnschichtherstellung werden hier beschrieben. Beispiele für Sensoranwendungen werden nicht aufgeführt. Die Diskussion über die Bedeutung der Analyse der molekularen und atomaren Prozesse für leistungsfähige chemische Sensoren bilden den Schwerpunkt des Kapitels zehn. Als Paradebeispiele dienen hier Gassensoren auf der Basis von anorganischen, gassensitiven Schichten mit unterschiedlichen Mechanismen der Ladungsübertragung, aber auch solche auf der Basis von molekularen Wirt-Gast-Wechselwirkungen sowie von Funktions- und Erkennungsprinzipien von Enzymen, Antikörpern und zellulären Membranen (Biosensoren). Darüber hinaus werden die Konzepte der Molekular- und Bioelektronik und die Anwendung mustererkennender Algorithmen in der Chemosensorik beschrieben. Kapitel elf behandelt etwas spekulativ die Nanosensoren. Gemäß der angegebenen Definition liegen folgende Eigenschaften eines Nanosensors im Nanomaßstab: die Empfindlichkeit oder Oberflä-

che, mit der die Wechselwirkung mit dem zu untersuchenden Objekt stattfindet sowie die charakteristischen Abmessungen. Die angegebenen Beispiele sind Verschiebungsfühler für Untersuchungen im Nano- und Picometerbereich, thermische Sensoren, Kraftmeßfühler (diese Sensoren sind auf dem STM-Konzept aufgebaut), optische Nah-Feld-Nanosensoren und Hall-Nanosensoren. Außer optischen Sensoren werden alle beschriebenen Strukturen durch Silicium Mikrotechniken hergestellt.

Im zweiten Teil des Bandes werden fundierte Marktinformationen gegeben. Die Marktanalyse für innovative Sensoren und Mikrosysteme ist in sechs Schlüsselbereiche gegliedert: Luft- und Raumfahrtindustrie (Kap. 13), industrielle Prozesskontrolle (Kap. 14), medizinische und klinische Bereiche (Kap. 15), Umwelt (Kap. 16), Autoindustrie (Kap. 17), Fertigung und Qualitätsicherung (Kap. 18). Die Autoren dieser Kapitel beschreiben grundlegende Meßanforderungen sowie technische und kommerzielle Grenzen, die für unterschiedliche Bereiche spezifisch sind. Dazu kommt auch die Information über die Marktanteile und über die kommerzielle Bedeutung der erhältlichen Produkte. Es werden die Anforderungen an neue Produktarten im Bereich Sensorik und potentielle neue Märkte beschrieben.

Das gesamte Buch ist übersichtlich und systematisch aufgebaut und mit einem ausführlichen Register versehen. Es ist allen Fachleuten zu empfehlen, die sich einen Überblick über den Stand der Technik in den Bereichen Sensorik und Mikrosystemtechnik verschaffen wollen, auch wenn zu befürchten ist, daß in einem sich so schnell entwickelnden Forschungsbereich, das in Form eines Buches dargestellte Material rasch veraltet. Auch jene, die sich an der Universität oder Fachhochschule mit Sensorik und Mikrosystemtechnik beschäftigen, sollten in einer Bibliothek Zugang zu diesem Werk haben.

Alexandre Choulga
Institut für Chemo- und Biosensorik
Münster