

anhand thermodynamischer Modelle, so wie ihr Einfluß auf die Durchtrittsreaktion der Metallionen aus dem Elektrolyten beschrieben. Alle wesentlichen Mechanismen, die sich auf den Zusammenhang zwischen Oberflächenstruktur und Abscheidungskinetik beziehen, werden ausführlich dargestellt.

Einen breiten Raum nimmt die Darstellung der Unterpotentialabscheidung ein, also der Adsorption von Metallen auf Fremdmetalunterlagen. Auf diesem Gebiet gibt es in jüngster Zeit eine Fülle neuer experimenteller Ergebnisse, vor allem wegen der Verwendung der Rastertunnelmikroskopie. Thermodynamische Modelle zur Beschreibung der Adsorptionsisothermen unter Berücksichtigung der Struktur werden vorgestellt. Dabei wird allerdings der Einfluß des Adsorbats auf die thermodynamischen Eigenschaften der Unterlage vernachlässigt. Die Adsorptionskinetik und die Reaktionsmechanismen einschließlich zweidimensionaler Phasenübergänge und zweier- oder dreidimensionaler Legierungsbildung werden ausführlich behandelt.

Das Kapitel über die Anfangsstadien der Abscheidung dreidimensionaler Kristalle befaßt sich mit Gleichgewichtsformen, klassischen und atomistischen Theorien der Keimbildung nach verschiedenen Mechanismen mit und ohne Unterpotentialabscheidung sowie mit den entsprechenden experimentellen Ergebnissen. Ein bemerkenswertes Resultat ist die gute Übereinstimmung der Keimgrößen, die aus beiden Theorien berechnet werden, obwohl die Keime viel zu klein für die Anwendung der klassischen Theorie sind.

In dem Abschnitt „Wachstumskinetik kristalliner Oberflächen“ werden zunächst die Ergebnisse der Budevski'schen Schule über Keimbildung und Wachstum zweidimensionaler Silberschichten auf praktisch versetzungsfreien Silberoberflächen dargestellt. Hier wird nicht nur die mittlere Geschwindigkeit der Keimbildung betrachtet, sondern auch ihre zeitliche und räumliche Statistik. Es zeigt sich, daß sich das Silber ohne Umweg über Adatome überwiegend direkt an den atomaren Stufen abscheidet, so wie dies auch von höher schmelzenden Metallen bekannt ist. Aus der Wachstumskinetik von Pyramiden an Schraubenversetzungen ergeben sich die gleichen spezifischen Randenergien wie aus der Keimbildungskinetik.

Zum Schluß werden praktische Aspekte der Elektrokristallisation betrachtet. Hier finden sich auch kurze Hinweise auf die Metallabscheidung auf Halbleitern und Polymeren und auf die Abscheidung von Legierungen, Halbleitern und Oxiden. Verschiedene moderne Techniken,

wie Impuls- und laserinduzierte Abscheidung, sowie zur Nanostrukturierung von Oberflächen werden neben konventionellen Verfahren beschrieben.

Der Anhang enthält ein Verzeichnis der Systeme, an denen die Unterpotentialabscheidung studiert wurde, und theoretische Betrachtungen unter anderem zur ideal polarisierbaren Elektrode (allerdings ohne Rücksicht auf deren Festkörpereigenschaften) und zur Berechnung von Adsorptionsisothermen. Das Literaturverzeichnis enthält über 800 Zitate, abgesehen von den gut 250 Zitaten im Verzeichnis der Unterpotential-Systeme. Einige Zitate kommen allerdings mehrfach vor. Angesichts der im Text reichlich verwendeten Abkürzungen und der zahlreichen Symbole ist das Verzeichnis der Abkürzungen und Symbole hilfreich. Leider gibt es bedeutende Abweichungen von der IUPAC-Symbolik. Danach müßten z. B. die Stromdichte mit j und die spezifische Oberflächenenergie mit γ bezeichnet werden, nicht mit i und σ , die für Strom und spezifische Oberflächenladung reserviert sind. Neben Druckfehlern, leider auch bei Gleichungen und im Literaturverzeichnis, gibt es gelegentliche Nachlässigkeiten in der Wortwahl, z. B. „energy“ statt „Gibbs energy“, oder: „The exchange current density is a thermodynamically well defined quantity“.

Das Buch gibt eine exzellente Einführung in die Theorie und die experimentellen Untersuchungen zur Elektrokristallisation reiner Metalle. Die Abscheidung von Legierungen, Element- und Verbindungshalbleitern, Oxiden, Sulfiden, etc., die praktisch nicht behandelt wird, läßt sich ausgehend von den für Metalle etablierten Theorien verstehen. Auf diesen Gebieten gibt es allerdings noch einen großen Forschungsbedarf. „Electrochemical Phase Formation and Growth“ sollte jeder lesen, der sich über die neuesten Fortschritte auf dem Gebiet der Elektrokristallisation informieren möchte.

Konrad E. Heusler

Institut für Metallkunde und
Metallphysik der Technischen Universität
Clausthal

Directory of Solvents. Herausgegeben von B. P. Whim und P. G. Johnson. Blackie Academic & Professional – An Imprint of Chapman & Hall, London, 1996. 612 S., geb. 149.00 £.— ISBN 0-7514-0245-1

Steht man vor der Aufgabe, für eine bestimmte chemische Reaktion oder einen bestimmten technologischen Prozess ein

geeignetes Lösungsmittel aus dem mittlerweile recht großen Angebot von Solventen nach objektiven Kriterien auszuwählen, ist es oft sehr mühsam, aus der Literatur die hierzu nötigen vergleichenden Angaben über die chemischen, physikalischen, toxikologischen und sonstigen Eigenschaften der in Frage kommenden Lösungsmittel herauszusuchen. Hierbei ist das 1996 erschienene Handbuch eine große Hilfe – insbesondere für die technische Anwendung organischer Lösungsmittel.

Im ersten Teil (*Part One – Solvents*) werden in acht allgemein gefaßten Kapiteln von insgesamt neun Autoren die Kriterien für die richtige Auswahl und den besten Einsatz von Lösungsmitteln erörtert. In einem kurzen einführenden Kapitel (*Introduction to solvents*) beschreibt P. Davison die Klassifizierung, die Produktion, den Verbrauch, die Umweltverträglichkeit und die Humantoxizität von Lösungsmitteln. Es folgt ein Kapitel von W. C. Aten über *Solvent action and measurement*, das im wesentlichen von den intermolekularen Lösungsmittel/Lösungsmittel-Wechselwirkungen, den Löslichkeitsparametern von Hildebrand und Hansen und dem Lösungsvermögen, der Verdampfbarkeit und der Viskosität von Lösungsmitteln handelt. Aten gibt im nachfolgenden Kapitel mit dem Titel *Choosing a solvent – practical advice* wertvolle Hinweise für die gezielte Auswahl von Lösungsmitteln und Lösungsmittelgemischen zur Herstellung von lösungsmittel- und wasserhaltigen Anstrichfarben. Im vierten Kapitel (*Solvent flammability and reactivity hazards*) beschreibt R. L. Rogers die vor allem beim Umgang mit größeren Mengen an Lösungsmitteln zu beachtenden Maßzahlen für ihre Entflammbarkeit (z.B. Flammpunkte und Explosionsgrenzen) und die dabei einzuhaltenden gesetzlichen Vorschriften. Im nachfolgenden Kapitel *Protection of health* werden von A. M. Moses mögliche Gesundheitsrisiken beim Umgang mit Lösungsmitteln zusammengestellt, und aufgezeigt, wie man diese Gefahren minimieren kann. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Humantoxizität einzelner Lösungsmittel und Lösungsmittelgruppen, auf die korrekte Abfassung von Sicherheitsdatenblättern, auf die Richtwerte der Inhalationstoxizität (z.B. MAK- und TRK-Werte) sowie auf die damit verbundenen gesetzlichen Regelungen in der Europäischen Union, im Vereinigten Königreich und in den Vereinigten Staaten gerichtet. Im Kapitel *Solvents in the environment* von I. D. Dobson, A. S. McCormick, und D. A. King werden vor allem die Auswirkungen von Lösungsmitteln

auf die Erdatmosphäre (z.B. den Ozon-Abbau in der Stratosphäre durch Chlorfluorkohlenwasserstoffe) sowie die noch wenig untersuchte aquatische und terrestrische Toxizität betrachtet. Im Kapitel *Solvent transport, storage, recovery and disposal* werden von G. P. Howe die Klassifizierungen der Lösungsmittel und die internationalen gesetzlichen Vorschriften hinsichtlich ihres Transportes, ihrer Lagerung, ihrer Wiedergewinnung und ihrer Entsorgung zusammengestellt, wobei auch die wichtigsten Techniken ihrer Wiedergewinnung und Entsorgung besprochen werden. Schließlich faßt J. R. Kelsey im letzten Kapitel *Major solvent applications overview* die wichtigsten technischen Anwendungen organischer Lösungsmittel zusammen. Häufigste Anwendungsgebiete in Europa (ohne Lösungsmittel als chemische Zwischenprodukte) sind 1994: alle Arten von Anstrichfarben > Pharmazeutische und agrochemische Produkte > alle Arten von Druckfarben, Klebstoffe > chemische Reinigungsmittel > Haushaltsprodukte.

Ca. 70% des Umfangs dieses Handbuchs nimmt jedoch der zweite Teil ein (*Part Two – Solvent Data*), in dem über 350 organische Lösungsmittel, nach chemischen Stoffklassen geordnet, mit ihren für den technischen Einsatz wichtigen Kennzahlen (in SI-Einheiten) zusammengestellt sind. Diese Angaben stammen zu meist von den Herstellern und Lieferanten. Zusammen mit den üblichen physikalischen Kennzahlen findet man hier für jedes Lösungsmittel bis zu 37 Einzelangaben, darunter Löslichkeit in und von Wasser, Löslichkeitsparameter, Oberflächenspannung, Verbrennungswärme, TLV- und MAK-Werte. In sieben sog. *Key parameter tables* findet man alle Lösungsmittel nochmals, nunmehr geordnet nach aufsteigenden Werten von Siedepunkt, Schmelzpunkt, Verdunstungszahl, Dampfdruck, Flammpunkt, Löslichkeitsparameter und Selbstentzündungstemperatur. Listen mit den chemischen Namen, den Handelsnamen und den genauen Adressen der Hersteller bzw. Lieferanten sowie ein Sachregister beschließen das umfangreiche Werk. Merkwürdigerweise werden die auf der Basis Linearer-Freier-Energie-Beziehungen leicht zugänglichen und bereits in umfangreichem Maße publizierten empirischen Parameter der Lösungsmittelpolarität im gesamten Buch nicht erwähnt, obwohl diese Parameter bei der quantitativen Beurteilung des Lösungsmiteleinflusses auf die Geschwindigkeit und die Gleichgewichtslage chemischer Reaktionen sowie auf das spektrale Verhalten gelöster Substanzen von großem Nutzen sein können.

Insgesamt liegt mit diesem Handbuch eine sehr nützliche, zuverlässige und aktuelle Sammlung aller jener Eigenschaften, Daten und Kennzahlen organischer Lösungsmittel vor, die ein Chemiker in Industrie und Hochschule benötigt, um das für einen bestimmten Zweck passende Solvens aus der Vielzahl der kommerziell erhältlichen schnell auszuwählen. Es sollte in keiner Bibliothek fehlen; wer viel mit Lösungsmitteln zu tun hat, sollte es auch an seinem Arbeitsplatz zur Verfügung haben.

Christian Reichardt
Fachbereich Chemie der
Universität Marburg

Basic Principles of Membrane Technology. (2. Aufl.) Von M. Mulder. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1996. 564 S., geb. 174.00 £.—ISBN 0-7923-4247-X

„If you are tired of membranes, you are tired of life“. Dieser Ausspruch von Richard Bowen, zitiert im Vorwort des Buches von M. Mulder, spiegelt die Bedeutung von Membranen und ihrer Funktionen für lebende Zellen wider. Die Eigenschaft der Membran als hochselektive Permeabilitätsschranke wird auch bei technischen Prozessen genutzt. Dies reicht von einfachen Partikelfiltrationen über Ultrafiltration zur Rückhaltung von Makromolekülen bis zur Rückgewinnung von Lösungsmitteln aus der Gasphase. Das jetzt in der zweiten Auflage vorliegende Buch gibt einen umfassenden Überblick über existierende Membranverfahren und beschreibt deren Grundlagen. Das Buch ist klar gegliedert und sehr gut verständlich. Die Abbildungen sind klar und informativ. Gegenüber der ersten Auflage hat der Umfang um knapp 200 Seiten zugenommen, was auf drei Gründe zurückzuführen ist: Erstens sind neuen Entwicklungen Rechnung tragend neue Abschnitte hinzugekommen, beispielsweise über Nanofiltration oder Membranreaktoren. Zweitens ist der Zeilenabstand etwas größer, was die Lesbarkeit und Übersichtlichkeit deutlich verbessert. Der dritte Grund ist zugleich der interessanteste: Es sind knapp 80 Seiten Übungsaufgaben mit z. T. ausführlichen Antworten hinzugekommen, in denen die erläuterten Grundprinzipien aufgegriffen werden. Dies umfaßt einfache Rechnungen zur Auslegung von Membranmodulen oder Überlegungen zur Auswahl geeigneter Membranen bis hin zu komplizierten Rechnungen zur Beschreibung des Transportes durch eine Membran mit Hilfe verschiedener Modelle. Auch Beispiele mit

einem direkten Bezug zum täglichen Leben sind zu finden: „Wie lange hält ein Fahrradreifen maximal die Luft?“ oder „Wie hoch ist die Wasserdampfdurchlässigkeit von Goretex- oder Sympatex-Membranen?“

Das Buch ist in acht Kapitel unterteilt, deren Umfang zwischen 20 und 130 Seiten liegt. Jedes Kapitel enthält eigene Übungsaufgaben und Literaturzitate, wovon einige wenige von 1995 stammen, die meisten sind deutlich älter. Hier wären mehr und z. T. aktuellere Hinweise wünschenswert, zumal beim Text selbst mehr Wert auf Grundlagen und allgemeine Übersichten gelegt wird, aber – mit Ausnahme der Übungen – weniger konkrete Beispiele diskutiert werden. Kapitel 1 beschreibt die historische Entwicklung und gibt die wesentlichen Definitionen. In Kapitel 2 werden die verwendeten Materialien und in Kapitel 3 die Verfahren zur Membranherstellung beschrieben. Kapitel 4 gibt einen Überblick über Methoden zur Charakterisierung von Membranen. In Kapitel 5 werden der Transport durch Membranen sowie die verschiedenen Modelle zur Beschreibung behandelt. Diese Kapitel machen die erste Hälfte des Buches aus. Kapitel 6, mit 130 Seiten das längste, gibt einen Überblick über verschiedene Membranprozesse, wobei diese anhand der Triebkräfte klassifiziert werden. Hier finden sich Prozesse wie Partikel- und Ultrafiltration, Pervaporation, Membrankontaktoren oder Elektrodialyse. Auch Membranreaktoren werden kurz beschrieben. In Kapitel 7 wird das Problem des Membranfouling behandelt. Kapitel 8 schließlich stellt verschiedene Modulformen sowie Aspekte der Auslegung (Strömungsführung, Energiebedarf etc.) vor.

Fazit: Das Buch ist ein hervorragendes Lehrbuch und Nachschlagewerk für alle, die sich intensiv mit Membranverfahren beschäftigen. Es dürfte auch für jeden, der ein Trennproblem hat und nach neuen Lösungsansätzen sucht, wichtige Anregungen liefern. Allerdings ist es nötig, sich mit den einzelnen Kapiteln auseinanderzusetzen. Es liefert nicht die Lösung „von der Stange“. Dazu sind zu wenige konkrete Beispiele enthalten, zumal die Übungen nicht durch das Sachwortregister erschlossen werden. Hier sind auch einige Fehler passiert: Beispielsweise werden bipolare Membranen auf Seite 390 statt, wie angegeben, auf Seite 277 beschrieben. Wer sich für Membranhersteller interessiert, wird vergeblich suchen. Aber eine Suche im Internet unter dem Stichwort „membrane“ fördert genügend Hilfreiches zu Tage. Hinderlich für eine weite Verbreitung des Buches ist sicherlich der