

Lösung die Doktrin der fünf Kategorien aufweichte.

Vorrangiges Ziel von Mi Gyung Kim ist es, die Entwicklung der Chemischen Revolution neu zu bewerten. Während sich Historiker meistens mit Lavoisiers überragender Persönlichkeit und mit der Phlogiston-Thematik beschäftigen, sieht Kim in dem meist geringschätzend abgetanen Konzept der chemischen Affinität den Kernpunkt der Chemie des 18. Jahrhunderts. Nach Kim waren zwei auslösende Momente prägend für die Chemie in der französischen Aufklärung: Zum einen waren es die Arbeiten von Wilhelm Homberg, Nicolas Lemery, Louis Lemery und Etienne-François Geoffroy in der neuorganisierten Académie Royale des Sciences de Paris 1699, die sich unter Verwendung neuer Analysegeräte wie Brennglas und Hydrometer intensiv mit der Frage der chemischen Zusammensetzung befassen. Zum anderen waren es Louis-Bernard Guyton de Morveau, Antoine-Laurent Lavoisier, Antoine Fourcoy und Claude-Louis Berthollet mit ihren umfangreichen Forschungen zur chemischen Affinität Ende des 18. Jahrhunderts. Diese hatten versucht, die Affinität durch thermometrische Messungen zu quantifizieren und mathematisch zu erfassen, aber die Ansätze verliefen erfolglos.

Dank eines sorgfältigen und neu bewertenden Studiums der Schriften der Académie und zeitgenössischer chemischer Abhandlungen gelingt Kim eine präzise Beschreibung der sich ändernden Identität der Chemie dieser Zeit. Drei Bereiche waren im chemischen Diskurs des 18. Jahrhunderts überlappt: Praxis, Theorie und Philosophie. Die chemische Theorie sammelte und organisierte die verstreuten Daten aus der laboratorien Praxis. Die chemische Philosophie brachte die Theorien in Einklang mit den herrschenden philosophischen Grundüberzeugungen, was die pädagogische Einflusskraft der Chemie steigerte und ihr eine soziale Legitimation gab. Die chemische Gemeinschaft spaltete sich so in zwei Hauptgruppen: Apotheken-Chemiker, die über das Labormaterial regierten, und Philosophen-Chemiker, die vertraut mit der Philosophie der Aufklärung, die chemischen Theorien in eine zeitgemäße Form brachten. Lemery

und Geoffroy fielen in die erste Kategorie, Guyton de Morveau und Lavoisier eindeutig in die zweite. Kim schildert präzise das Aufkommen dieses neuen Typus des Chemikers, verkörpert durch Guyton de Morveau und Lavoisier, und den Wandel der Chemie von einer medizinisch-pharmazeutischen Zunft zu einer öffentlichen Wissenschaft.

Einige wenige Vorbehalte gegen Kims scharfsinnige Analyse müssen wir indes vorbringen. Trotz ihrer Absicht, ihre Schilderung auf der Laborpraxis des 18. Jahrhunderts zu entwickeln, bezieht sie sich zu oft auf theoretische Abhandlungen und ignoriert unveröffentlichtes Material, vor allem unveröffentlichte Vorlesungsnotizen. Sie übernimmt das Öffentlichkeitskonzept von Habermas, dessen Anwendung auf die Chemie hätte aber der Erläuterung bedurft. Speziell die Ausbreitung von Chemie in die Öffentlichkeit müsste genauer dargestellt sein.

Trotz dieser Kritik ist Mi Gyung Kim eine bemerkenswerte Synthese der Literatur der chemischen Revolution gelungen. Dank ihrer mutigen Neubewertung der Studien zur chemischen Affinität als eine konsistente und erfolgreiche Forschung, verbunden mit der Würdigung zu Unrecht vernachlässigter Persönlichkeiten wie Homberg und Guyton de Morveau, wurde *Affinity, That Elusive Dream* zu einer ausgewogenen und überzeugenden Darstellung der Entwicklung der Chemie in der Aufklärung.

Sacha Tomic, Pierre Michel Vauthelin  
Université de Paris X (Frankreich)

## Brennstoffzellentechnik



Grundlagen, Komponenten, Systeme, Anwendungen. Von Peter Kurzweil. Vieweg Verlag, Wiesbaden 2003. 248 S., geb., 39.90 €.—ISBN 3-528-03965-5

Mit diesem Buch von Peter Kurzweil liegt eine kompakte Darstellung der Grundlagen und Entwicklungen der Brennstoffzellentechnik vor. Ziel ist es, den Leser in Anbetracht einer mittel- bis langfristig veränderten Energieträgerstruktur in eine für zukünftige Energiewandlungstechniken wichtige Technologie einzuführen. Grundlagen sowie Stand der Technik werden gezielt formuliert und anschaulich dargestellt. Zur besseren Orientierung sind wichtige Definitionen von Begriffen, Formeln und Zusammenhängen sowie entsprechende Zahlen- und Literaturangaben deutlich hervorgehoben.

Eingangs findet der Leser einen Überblick über Konstanten und Formelzeichen, die für das Verständnis der Zusammenhänge erforderlich sind. Auf eine kurze Einführung (Kapitel 1) folgt eine sorgfältige Erläuterung der elektrochemischen Grundlagen (Kapitel 2). Die nachfolgenden Kapitel beschreiben die unterschiedlichen Brennstoffzellensysteme der Nieder- und Hochtemperaturtechnik (Kapitel 3–8) sowie Hybrid- und Redoxsysteme (Kapitel 9) und bieten einen verständlichen Überblick über die unterschiedlichen Techniken zur Brenngasbereitstellung (Kapitel 10).

Schwerpunkt des Buches ist in den Kapiteln 3–8 die Analyse der sechs unterschiedlichen Brennstoffzellensysteme (AFC, PEFC, DMFC, PAFC, MCFC und SOFC). Die Brennstoffzellentechnik mit ihren wesentlichen Kenndaten und die Funktionsbeschreibung der Bausteine eines Brennstoffzellenstapels (Elektrolyt, Elektroden, bipolare Platten) sowie Aufbau und Betriebsverhalten des gesamten Brennstoffzellenstapels werden detailliert erörtert.

Das System der Niedertemperatur-Brennstoffzelle AFC (alkaline fuel cell) geht aus einer langen Entwicklung hervor und liefert von allen Systemen die höchste Spannung im Reingasbetrieb – bei einfachem Aufbau, aber hohen Reinheitsanforderungen an den Wasserstoff als Brenngas und den Sauerstoff als Oxidans.

Die Entwicklungslinien der Niedertemperatur-Brennstoffzelle PEFC (polymer electrolyte fuel cell) für unterschiedliche Anwendungen (Stromerzeugung in der Gemini-Raumkapsel, mobile Anwendung zu Wasser und zu Lande, stationäre und tragbare Anlagen) werden aufgezeigt und mit entsprechenden Kenndaten und Literaturhinweisen veranschaulicht, wobei der Autor für PEFC-Systeme auf der Basis von Wasserstoff oder wasserstoffreichen Gasen die Bedeutung der mobilen Anwendung hervorhebt. Ein gesondertes Kapitel ist der Niedertemperatur-Brennstoffzelle DMFC (direct methanol fuel cell) gewidmet. Es handelt sich dabei um ein System, bei dem, mit einem dem PEFC-System vergleichbaren Elektrolyten an der Anode, Methanol direkt eingesetzt wird, ohne dass – wie beim PEFC-System – der Anode ein wasserstoffreiches Brenngas bereitgestellt werden muss.

Bei der Diskussion der Mitteltemperatur-Brennstoffzelle PAFC (phosphoric acid fuel cell) werden insbesondere die amerikanischen und japanischen Entwicklungen in der stationären Stromerzeugung (bis 11 MW) hervorgehoben, wobei neben Erdgas auch Benzin und Biogas als Energieträger eine Rolle spielen können. Stromerzeugungsanlagen auf der Basis der Hochtemperatur-Brennstoffzelle MCFC (molten carbonate fuel cell) werden als besondere Möglichkeit der internen

Brenngaserzeugung beispielsweise bei Einsatz von Erdgas (aber auch von Bio-, Klär- und Grubengas) unter Nutzung edelmetallfreier Elektroden behandelt. Unter anderem wird die „Direktbrennstoffzelle“ der MTU Friedrichshafen beschrieben.

Edelmetallfreie Elektroden finden auch in der Hochtemperatur-Brennstoffzelle SOFC (solid oxide fuel cell) Anwendung (bei gegenüber der MCFC noch höheren Betriebstemperaturen von 800–1000 °C). Der Autor unterscheidet zwischen dem Röhrenkonzept von Siemens-Westinghouse und dem Flachzellenkonzept anderer Entwickler und verweist weiterführend auf die Möglichkeit, SOFC-Systeme in Fahrzeugen zur bordeigenen Stromerzeugung einzusetzen.

Da Vor- und Nachteile der Brennstoffzellensysteme nur im Zusammenhang mit der Energieträgerfrage diskutiert werden können, stellt der Autor abschließend Möglichkeiten zur Bereitstellung von Brenngas für Brennstoffzellensysteme vor (Kapitel 10). Die Diskussion beschränkt sich auf kurze verfahrenstechnische Übersichten von der Wasserstoffherstellung aus Erdgas in großen Anlagen bis hin zur Erzeugung synthetischer Kraftstoffe aus Biomasse und der Wasserstoffherzeugung mit regenerativem Strom in der Elektrolyse. Energetische, ökologische und ökonomische Aspekte der Brennstoffzellensysteme im Zusammenhang mit der Energieträgerbereitstellung werden nicht behandelt.

Das vorliegende Buch zeichnet sich durch eine knappe und dennoch verständliche Darstellung der elektrochemischen Grundlagen und durch die hervorragende Aufarbeitung der technischen Fortschritte bei Brennstoffzellensystemen in ihrer historischen Entwick-

lung aus. Die Charakterisierung der Entwicklungslinien mit ausführlichen Kennangaben sowie zahlreiche Hinweise auf noch in der Entwicklung befindliche Bausteine und Systementwicklungen ermöglichen dem Leser eine gute Orientierung zum Stand der Technik. Für den Studierenden wären Übungsaufgaben zur Vertiefung seines Fachwissens sicher hilfreich gewesen.

Die übersichtliche Struktur des Buches ermöglicht dem Leser eine schnelle Einarbeitung in die Thematik und ein solides Verständnis von Aufbau und Funktion von Brennstoffzellen. Dazu trägt nicht nur die umfassende Darstellung der verwendeten Literatur in direkter Zuordnung zu den einzelnen Fachkapiteln bei, sondern auch ein ausführliches Register am Ende des Buches.

Wünschenswert wäre ein ausführlicher systemanalytischer Vergleich gewesen: Die Bewertung des Gesamtsystems (Brennstoffzellenstapel und periphere Einheiten in Verbindung mit der Energieträgerbereitstellung) gegenüber konkurrierenden Systemen hätte dem Buch – in einem Schlusskapitel kurz zusammengefasst – größeren Nachdruck verliehen. Als Sachbuch für den interessierten Leser und als Lehrbuch für den Studierenden bietet der Band jedoch auch in der vorliegenden Form eine sehr gute Quelle nicht nur für verständliche und übersichtliche Problemdarstellungen, sondern auch für weiterführende Anregungen.

*Bernd Höhle*

Fachhochschule Aachen, Abteilung Jülich  
Energie- und Umweltschutztechnik  
Forschungszentrum Jülich GmbH

DOI: 10.1002/ange.200385165