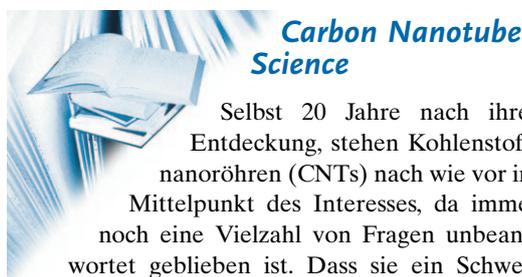


kondensierten und fortgeschrittenen Überblick über verschiedene Aspekte und Anwendungen biomolekularer Wechselwirkungen mit synthetischen und biomimetischen Strukturen suchen. Die Betonung wird in diesem Zusammenhang auf biomedizinische Anwendungen und auf die Biosensorik gelegt. Die einzelnen Kapitel des Buchs können jeweils als gute Ausgangspunkte für das weitere Studium dienen und bieten dafür auch gute Referenzlisten.

Friedrich Simmel

Physik Department, Technische Universität München



Selbst 20 Jahre nach ihrer Entdeckung, stehen Kohlenstoffnanoröhren (CNTs) nach wie vor im Mittelpunkt des Interesses, da immer noch eine Vielzahl von Fragen unbeantwortet geblieben ist. Dass sie ein Schwerpunkt der aktuellen Forschung sind, spiegelt sich auch in einer Reihe von Büchern und Übersichtsartikeln wider. Das hier vorgestellte Buch von Peter J. F. Harris beschäftigt sich sehr breit gefächert mit der Herstellung und dem Wachstum, der Reinigung und Prozessierung sowie der Struktur und den physikalischen Eigenschaften von mehrwandigen (MWCNTs) und einwandigen Kohlenstoffnanoröhren (SWCNTs). Des Weiteren erhält der Leser einen Überblick über deren exohedrale und endohedrale Funktionalisierung, die Herstellung von Kompositmaterialien und die Anwendungsmöglichkeiten dieses neuen Kohlenstoffallotrop. Ein klarer Fokus dieses Buchs liegt auf den verschiedenen Herstellungsmethoden, dem Wachstum von CNTs und deren Strukturaufklärung mithilfe von Transmissionselektronenmikroskopie (TEM).

Das sehr gut strukturierte Buch schließt jedes Kapitel mit einer kurzen Zusammenfassung ab, und die Kernaussagen werden am Ende des Buchs in einem Gesamtzusammenhang dargestellt. Obwohl jedes Kapitel mit einer großen Vielzahl von Literaturzitatzen ausgestattet ist, wird eine tiefergehende Betrachtung der Materialfülle vermieden. Somit erscheint das Buch auf den ersten Blick als geeignete Einstiegslektüre für junge Wissenschaftler und eine breite interessierte Leserschaft. Allerdings nimmt es wohl etwas zu detailliert Bezug auf die Herstellung. Das Buch ist sehr ansprechend mit einer Reihe von TEM-Aufnahmen illustriert, was jedoch teilweise den Ein-

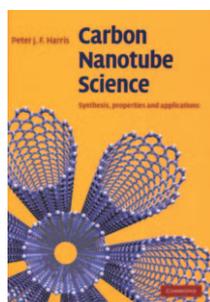
druck vermittelt, dass diese Form der Mikroskopie die wichtigste Charakterisierungsmethode für CNTs darstellt. Eine solche Sichtweise ist nach heutigem Kenntnisstand jedoch nicht haltbar.

Das Buch beginnt mit einer hervorragenden Betrachtung der zahlreichen Produktionstechniken von SWCNTs und MWCNTs, wobei auch aktuelle Entwicklungen mit einfließen. Die teilweise in der Literatur widersprüchlich diskutierten Wachstumsmechanismen werden ebenfalls sehr gut dargestellt und umsichtig gegeneinander abgewogen. Darüber hinaus erfolgt eine sehr gute Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der jeweiligen Herstellungsverfahren, und der Leser erhält eine vortreffliche Quelle für vertiefende Literatur.

In den folgenden Kapiteln wird auf die Reinigung und Prozessierung von SWCNTs und MWCNTs eingegangen. Der Autor legt hierbei den Fokus auf wegweisende, aber nicht zwangsläufig neuere Entwicklungen. Im Abschnitt über die CNT-Prozessierung wird auf deren Ausrichtung, sowie auf die gezielte Bildung bestimmter Architekturen eingegangen. Die im Anschluss erwähnten Trennverfahren nach der Synthese werden nur sehr knapp abgehandelt, obwohl diesen in Fachkreisen eine sehr hohe Bedeutung beigemessen wird, da nach wie vor ein selektives CNT-Wachstum nicht realisiert werden kann. So werden beispielsweise auch neuere Schlüsseltechniken, wie die durch Hersam et al. im Jahr 2006 etablierte Trennung von CNT-Spezies durch Dichtegradienten-Ultrazentrifugieren^[1] nicht berücksichtigt. Da sich der Autor insgesamt sehr bemüht, die Erforschung von CNTs in möglichst allen Facetten darzulegen, wäre eine höhere Gewichtung dieser Selektionsmethoden wünschenswert gewesen.

Bei dem im Anschluss behandelten Thema, Struktur von Kohlenstoffnanoröhren, wird auch die Architektur der Nanoröhrenden in die Diskussion einbezogen. Die theoretische Betrachtung wird durch eine Reihe von experimentellen Befunden auf der Basis von TEM-Bildern gestützt. Obwohl die Beobachtungen mit Sicherheit sehr anschaulich sind, erscheint der experimentelle Teil etwas zu ausführlich für eine eher allgemein interessierte Leserschaft.

Im Folgenden werden kurz die physikalischen und elektronischen Eigenschaften von CNTs zusammengefasst. Eine detaillierte Beschreibung der theoretischen Grundlagen der elektronischen Eigenschaften wird zwar vermieden, doch erhält der Leser einen geeigneten Verweis auf die Originalliteratur. Die mechanischen Eigenschaften von einwandigen und mehrwandigen CNTs werden sowohl theoretisch als auch experimentell betrachtet, jedoch wird nur sehr knapp auf die spektroskopischen Eigenschaften dieser Systeme eingegangen. Da diese für die Untersuchung entscheidend sind, entsteht wiederum eine leicht verzerrte Darstel-



Carbon Nanotube Science
Synthesis, Properties and Applications. Von Peter J. F. Harris. Cambridge University Press 2009. 314 S., geb., 45,00 £.—ISBN 978-0521828956

lung der Standardcharakterisierungsmethoden für CNTs.

Im Teilabschnitt über exohedrale Funktionalisierung schließt der Autor auch die Immobilisierung von Biomolekülen ein. Wie explizit erwähnt, liegt der Fokus des Buchs nicht auf Funktionalisierungen, sodass lediglich bahnbrechende Untersuchungen beschrieben werden. Weder im weiten Feld der kovalenten, noch im wachsenden Feld der nichtkovalenten Funktionalisierung werden somit neuere Entwicklungen abgedeckt.

Das Kapitel über Kompositherstellung beinhaltet hauptsächlich Untersuchungen an Polymermatrixsystemen. Die Einbettung von CNTs in Keramiken, anderen Kohlenstoffspezies und Metallen als Matricelement wird zusätzlich kurz evaluiert.

Die endohedrale Funktionalisierung von SWCNTs und MWCNTs mit Wasser, Fullerenen, Gasen und anorganischen Materialien wird zusammen mit der Herstellung von Bor- und Stickstoff-CNTs im folgenden Kapitel zusammengefasst. Dieses Gebiet wird wesentlich detaillierter abgehandelt als die exohedrale Funktionalisierung, obwohl das Anwendungspotenzial wohl weit hinter dem der kovalenten und nichtkovalenten exohedralen Derivatisierung zurücksteht.

Der letzte Buchabschnitt beschäftigt sich mit der Anwendung von CNTs in der Sensorik. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Verwendung von CNTs als Spitzen in der Rasterkraftmikroskopie. Weitere Anwendungsgebiete sind nicht explizit in einem eigenständigen Kapitel zusammengefasst, wie durch den Titel des Buchs suggeriert, sondern sind in die vorhergehenden

Kapitel über CNT-Eigenschaften mit eingeflossen. Somit erscheint der Untertitel – *Synthesis, Properties and Applications* – leicht irreführend.

Insgesamt hat das Buch sehr wohl die Möglichkeit und das Potenzial, sich aus der Reihe anderer Publikationen auf diesem Gebiet herauszuheben, da das große Forschungsfeld in seiner ganzen Bandbreite dargestellt wird. Dies schließt auch Randgebiete ein, die meist nicht in allgemeinen Übersichtsartikeln abgehandelt werden, so zum Beispiel Hetero-CNTs, CNT-Kompositmaterialien auf der Basis von Keramiken oder Metallen und die sehr ausführlichen Betrachtungen der mehrwandigen Nanoröhren. Mit Ausnahme der Gebiete Herstellung, Wachstum und TEM-Charakterisierung bleibt das Buch allerdings leider weitgehend auf dem Niveau einer Literaturübersicht. Teilweise bietet es somit einen eher subjektiven Blick auf die Kohlenstoffnanoröhren-Forschung. Mit geringen Einschränkungen kann das Buch demnach Neueinsteigern und Lesern, die sich besonders für Herstellung und TEM-Charakterisierung interessieren, empfohlen werden.

Andreas Hirsch, Claudia Backes

Institut für Organische Chemie und Interdisciplinary Center for Molecular Materials (ICMM)
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

DOI: 10.1002/ange.201000314

-
- [1] M. S. Arnold, A. A. Green, J. F. Hulvat, S. I. Stupp, M. C. Hersam, *Nat. Nanotechnol.* **2006**, *1*, 60.