

Vorwort

Nanostrukturforschung und Nanotechnologie sind zu einem dynamischen und viel beachteten Feld des wissenschaftlichen und technischen Fortschritts geworden. Die Begriffe sind Sammelbegriffe für multidisziplinäre Grundlagen und Anwendungen der unterschiedlichsten Art und damit naturgemäß nicht sonderlich präzise definitorisch zu erfassen. Von Bedeutung ist die grundlegende Erkenntnis, dass Nanoskaligkeit der Materie und daraus erschaffenen natürlichen und artifiziellen Objekten ganz besondere Eigenschaften verleiht, die teils Folgen eines Skalierungsverhaltens, teils Resultate eines vielfältigen und komplexen Wechselspiels zwischen klassischen und quantenphysikalischen Phänomenen sind. Damit umfassen aber die Grundlagen der Nanotechnologie zum einen fast alle naturwissenschaftlichen Erkenntnisse zum Verhalten kondensierter Materie und zum andern a priori praktisch alle bekannten analytischen, Präparations-, Herstellungs- und Bearbeitungsverfahren, die teils konventionellen Ursprungs sind, teils im Rahmen nanotechnologischer Ansätze neu entwickelt wurden.

So vielfältig die Grundlagen und Anwendungen der Nanotechnologie sind, so vielfältig ist auch der Bestand an einführenden, weiterführenden und hochgradig spezialisierten Lehrbüchern. Hinzu kommt eine beträchtliche Fülle populärwissenschaftlicher Darstellungen eines jeden Komplexitätsgrads. Je nach Interessenslage und Sichtweise von Autoren und Herausgebern haben die meisten Werke, die einen Überblick über das riesige Gebiet der Nanotechnologie geben wollen, mehr oder weniger stark ausgeprägte Schwerpunkte, etwa in den Bereichen nanostrukturierte Materialien, Nanoelektronik, Nanoanalytik, chemische Nanotechnologie oder auch Nanobiotechnologie. Zusätzlich gibt es in der spezialisierten Literatur ein umfangreiches Angebot an Werken, die von vornherein nur einzelne Bereiche behandeln. Einführungen in das Gebiet, die in ausgewogener Weise die multidisziplinären Grundlagen mit einem hinreichenden wissenschaftlichen und quantifizierenden Anspruch würdigen und die vielfältigen Anwendungen in angemessener Breite ohne spezifische Schwerpunktsetzung behandeln, sind die große Ausnahme, gleichzeitig aber unerlässlich im Rahmen der akademischen Ausbildung, in der Nanotechnologie entweder eine zentrale Rolle spielt oder für die eigene Kerndisziplin von erheblicher Bedeutung ist. Dieses Werk möchte die bestehende Lücke schließen und einen umfassenden Überblick über die naturwissenschaftlichen Grundlagen und die ingenieurwissenschaftlichen Anwendungen der Nanotechnologie bieten. Dabei werden elementare mathematisch-naturwissenschaftliche Kenntnisse – insbesondere grundlegender physikalischer Konzepte – zwar vorausgesetzt, aber die sich aus den Grundlagen ergebenden nanotechnologischen Implikationen ausführlichst und unter Betonung ihres Querschnittscharakters behandelt. Damit ist das Buch bestens geeignet für die universitäre Ausbildung im Rahmen von Bachelor- und Masterstudiengängen der Natur- und Ingenieurwissenschaften. Auch Doktoranden und forschende Wissen-

schaftler dürften von der umfassenden Darstellung profitieren. Darüber hinaus ist das Buch sicherlich für Lehrende im Bereich der Nanotechnologie und auch für die berufsbegleitende Weiterbildung industriell arbeitender Wissenschaftler nützlich.

Das Lehrbuch umfasst vier Bände. Band 1 beinhaltet eine ausführliche Diskussion der multidisziplinären Grundlagen und es werden die disziplinären Bezüge verschiedener wissenschaftlich-technischer Felder zur Nanotechnologie diskutiert. Es wird verdeutlicht, in welchen spezifischen Eigenschaften das Skalierungsverhalten klassischer Systeme resultiert und wie kritische Dimensionen dieses Skalierungsverhalten beeinflussen. Die relevanten quantenmechanischen Grundlagen unter Einbeziehung neuer Entwicklungen wie der Quanteninformationsverarbeitung oder der Spinelektronik werden ausführlich behandelt. Von großer Bedeutung für die Entstehung und Stabilität nanoskaliger Systeme sind einerseits Intermolekular- und Oberflächenwechselwirkungen und andererseits spezifische thermodynamische Eigenschaften, die nicht immer auf Gleichgewichtszustände beschränkt sind. Das Zusammenspiel zwischen Wechselwirkungen und Thermodynamik führt zu äußerst interessanten Selbstorganisations- und Strukturbildungsphänomenen, die eingehend dargestellt werden. Viele der behandelten Grundlagen der Nanostrukturforschung und Nanotechnologie werden in festkörperbasierten Systemen beobachtet, erforscht und zu Anwendungen entwickelt. Aus diesem Grund werden neben den „konventionellen“ ein-, poly- und quasikristallinen sowie amorphen Konfigurationen auch Festkörper mit nanoskaligen Gitterbausteinen oder Poren als Gitterbausteine diskutiert.

Band 2 umfasst Materialien und Systeme, die in der Nanostrukturforschung und der Nanotechnologie relevant sind. Zu diesen Materialien und Systemen zählen die sehr vielfältige weiche kondensierte Materie inklusive der biologischen Materie und nanoskalige Grundbausteine in Form von monolagigen Filmen, Nanoröhrchen, Clustern oder bestimmten Molekültypen. Die behandelten Materialien und Systeme sind quasi Manifestationen vieler Grundlagen, die in Band 1 der Buchreihe diskutiert werden. So spielen Skalierungseffekte, kritische Dimensionen und Quanteneffekte, aber auch thermodynamische Aspekte und Wechselwirkungen eine dominante Rolle. Die Kenntnis dieser Grundlagen ermöglicht daher einen Zugang zu den teilweise spektakulären Eigenschaften der Materialien und Grundbausteine der Nanotechnologie. Neben physikalischen sind auch chemische und biologische Aspekte im Kontext dieses Bands von Bedeutung und der disziplinübergreifende Charakter von Nanostrukturforschung und Nanotechnologie wird besonders deutlich.

Der zweigeteilte Band 3 komplettiert die nanoskaligen Materialien durch Nanopartikel, niedrigdimensionale Systeme und Metamaterialien. Metamaterialien unterscheiden sich von den „gewöhnlichen“ Materialien dadurch, dass sie quasi aus einer Aneinanderreihung von Bauelementen oder funktionellen Einheiten konstituiert sind und damit völlig neue Eigenschaften aufweisen können. Eine solche Eigenschaft ist beispielsweise eine negative effektive Permittivität. Dabei weisen Metamaterialien nicht zwingend eine Nanostrukturierung auf. Die weiterhin behandelten Methoden und Verfahren umfassen sowohl theoretische Konzepte zur Beschreibung der spezi-

fischen Eigenschaften von Nanosystemen als auch experimentelle nanoanalytische Verfahren, unter denen die Rastersondenverfahren als *die* Wegbereiter der Nanotechnologie einen besonderen Stellenwert einnehmen.

Band 4 stellt weitere analytische Verfahren vor, die von besonderer Bedeutung für die Nanostrukturforschung und Nanotechnologie sind. Lithographische und Strukturierungsverfahren bilden hingegen in gewisser Weise das präparative Pendant zu den analytischen Verfahren und werden im Hinblick auf ihren Stellenwert ausführlich und vergleichend diskutiert. Darüber hinaus gibt Band 4 einen Überblick über die heute konkret existierenden Anwendungen der Nanotechnologie sowie über vielversprechende Anwendungspotentiale. Die Kategorisierung orientiert sich dabei einerseits an präparatorischen Kategorien, wie Oberflächen, Partikeln und Massivmaterialien. Diese können in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen eingesetzt werden. Andererseits liefern Nanostrukturforschung und Nanotechnologie in Anwendungsbereichen wie der Elektronik, der miniaturisierten elektromechanischen Systeme, der Fluidik, der Optik oder der Biotechnologie neuartige Problemlösungsstrategien, Materialien und Bauelemente, welche einen beachtlichen Einfluss auf die zukünftige Entwicklung dieser Gebiete haben dürften. Nanotechnologische Konzepte werden daher in Bezug auf jedes der genannten Anwendungsfelder diskutiert. Komplettiert wird diese Diskussion durch eine Darstellung der spezifischen Bedeutung der Nanotechnologie für einzelne Branchen, wie Werkstoff- und chemische Industrie, Pharmaindustrie, Automobilindustrie oder Informations- und Kommunikationsindustrie. Abschließend werden Gefahrenpotentiale, die mit der Nanotechnologie verbunden sind oder sein könnten, auf der Basis unseres derzeitigen Wissens diskutiert. Dies wiederum ist die Grundlage ethischer Implikationen, deren gegenwärtige Diskussion zusammenfassend dargestellt wird.

Saarbrücken, im April 2019

U. Hartmann

