



WILEY-VCH

Gerd Ganteför

Alles **NANO** oder was?

Nanotechnologie
für Neugierige

ERLEBNIS
wissenschaft



Gerd Ganteför
Alles NANO oder was?

Weitere interessante und aktuelle Titel aus dem Sachbuchprogramm und der Reihe Erlebnis Wissenschaft – von Wiley-VCH

Synwoldt, C.

Umdenken

Clevere Lösungen für die Energiezukunft

2013

ISBN: 978-3-527-33392-9

Krause, M.

Wo Menschen und Teilchen aufeinanderstoßen

Begegnungen am CERN

2013

ISBN: 978-3-527-33398-1

Heering, A.

Jule und der Schrecken der Chemie

2013

ISBN: 978-3-527-33487-2

Schwedt, G.

Plastisch, elastisch, fantastisch

Ohne Kunststoffe geht es nicht

2013

ISBN: 978-3-527-33362-2

Böddeker, K. W.

Denkbar, machbar, wünschenswert?

Wie Technik und Kultur die Welt verändern

2013

ISBN: 978-3-527-33471-1

Kricheldorf, H. R.

Menschen und ihre Materialien

Von der Steinzeit bis heute

2012

ISBN: 978-3-527-33082-9

Gross, M.

Von Geckos, Garn und Goldwasser

Die Nanowelt lässt grüßen

2012

ISBN: 978-3-527-33272-4

Heuer, A.

Der perfekte Tipp

Statistik des Fußballspiels

2012

ISBN: 978-3-527-33103-1

Lutzke, D.

Surfen in die digitale Zukunft

2012

ISBN: 978-3-527-32931-1

Ganteför, G.

Klima – Der Weltuntergang findet nicht statt

2012

ISBN: 978-3-527-32863-5

Booker, R. D., Boysen, E.

Nanotechnologie für Dummies

2006

ISBN: 978-3-527-70299-2

Gerd Ganteför

Alles NANO oder was?

Nanotechnologie für Neugierige

WILEY-VCH
Verlag GmbH & Co. KGaA

Autor

Prof. Gerd Ganteför
Universität Konstanz
FB Physik
Universitätsstr. 10
78457 Konstanz

Bildnachweis

Das Umschlagbild wurde aus Bildern von Fotolia erstellt.

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2013 Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Umschlaggestaltung Simone Benjamin
Satz inmedialo
Digital- und Printmedien UG, Plankstadt
Druck und Bindung Ebner & Spiegel GmbH, Ulm

Print ISBN: 978-3-527-32961-8

ePDF ISBN: 978-3-527-65087-3

ePub ISBN: 978-3-527-65086-6

Mobi ISBN: 978-3-527-65085-9

Gedruckt auf säurefreiem Papier.

Der Autor



© Stephan Wagner, mit freundlicher Unterstützung des Deutschen Museums in München

Gerd Ganteför ist Physikprofessor an der Universität Konstanz. Er forscht im Bereich Clusterphysik und Nanotechnologie. Weiterhin ist er Research Professor im Department of Chemistry an der Johns Hopkins University in Baltimore, USA. In Konstanz hat er erfolgreiche Vorlesungen über Nanotechnologie sowie über Energie und Klima aufgebaut. Er ist Autor zahlreicher Fachartikel und hält öffentliche Vorträge zu vielfältigen Themen, insbesondere zur Energie- und Klimaproblematik und zu Chancen und Gefahren der Nanotechnologie. In der Reihe Erlebnis Wissenschaft erschien 2010 sein Buch »Klima – der Weltuntergang findet nicht statt«.

Inhalt

Danksagung IX

Vorwort XI

1 Einleitung 1

- 1.1 Eine Mücke ist Nanotechnologie 1
- 1.2 Was ist Nano? 3
- 1.3 Milli–Mikro–Nano 5
- 1.4 Es gibt viel Platz nach unten 6
- 1.5 Bottom-up und top-down 7
- 1.6 Die seltsamen Naturgesetze der Nanowelt 9
- 1.7 Nanotechnologie heute 11
- 1.8 Gefahren 13
- 1.9 Medizinische Anwendungen 14
- 1.10 Zukunftsvisionen 16

2 Die Geschichte 19

- 2.1 Die Idee einer kontinuierlichen Entwicklung 21
- 2.2 Die Steinzeit 23
- 2.3 Ägypter und Römer 25
- 2.4 Das Mittelalter 27
- 2.5 Die industrielle Revolution 28
- 2.6 Mikrotechnologie 30
- 2.7 Nanotechnologie 32
- 2.8 Die historische Entwicklung im Überblick 33

3 Die Natur 37

- 3.1 Kopfüber an der Decke umhergehen 37
- 3.2 Selbstreinigende Oberflächen 40
- 3.3 Alle Lebewesen bestehen aus Zellen 42
- 3.4 Ein Blick in das Innere der Zelle 44

3.5	Die Zelle als Nanofabrik	47
3.6	Der Vorsprung der Natur	48
3.7	Der Mensch baut top-down, die Natur bottom-up	49
3.8	Die Bausteine der Zelle	49
3.9	Die Zellwand	50
3.10	Das Zellgerüst	51
3.11	Proteine	52
3.12	Die Erbsubstanz	53
3.13	Die Synthese von Proteinen	54
3.14	Wie eine Zelle Nanomaschinen baut	56
3.15	Was ist Leben?	56
3.16	Gefährliche Nanomaschinen: Viren	58
4	Die Gesetze	61
4.1	Was ist ein Atom?	61
4.2	Das Oberfläche-zu-Volumen-Verhältnis	62
4.3	Die Temperatur	65
4.4	Die Nanowelt der Quanten	69
4.5	Teilchen und Wellen	70
4.6	Was ist Licht?	71
4.7	Teilchen sind Wellen	74
4.8	Reale Science Fiction: Wahrscheinlichkeitswellen	75
4.9	Der Tunneleffekt	76
4.10	Die Unschärferelation	78
4.11	Neue Eigenschaften in der Nanowelt	80
4.12	Wellen sind Teilchen	80
5	Werkzeuge	83
5.1	Das Lichtmikroskop	86
5.2	Das Elektronenmikroskop	91
5.3	Das Rastertunnelmikroskop	97
5.4	Die Geschichte der Photolithographie	103
5.5	Fertigung von Bauelementen mit Photolithographie	108
5.6	Der Waferstepper	109
5.7	Elektronenstrahl-Lithographie	114
5.8	Materialbearbeitung mit Ionenstrahlen	115
6	Nanopartikel	119
6.1	Die Herstellung von Nanopartikeln	121
6.2	Neue Materialien	122

- 6.3 Feinstaub 124
 - 6.4 Sulfat-Aerosole 129
 - 6.5 Kolloide 131
 - 6.6 Cluster: Neue Eigenschaften im 1-Nanometer-Bereich 135
 - 6.7 Drei Ursachen für neue Eigenschaften 138
 - 6.8 Neue Eigenschaften: 1. Die geometrische Struktur 138
 - 6.9 Fullerene 144
 - 6.10 Nanotubes 147
 - 6.11 Neue Eigenschaften: 2. Reaktive Oberflächenatome 151
 - 6.12 Neue Eigenschaften: 3. Quanteneffekte 154
 - 6.13 Magische Zahlen 156
- 7 Anwendungen 161**
- 7.1 Nanopartikel in Verbundmaterialien 161
 - 7.2 Nanoton in PET-Flaschen 165
 - 7.3 Sonnencremes mit hohen Schutzfaktoren 166
 - 7.4 Antibakterielle Silber-Nanopartikel 167
 - 7.5 Selbstreinigende Oberflächen 168
 - 7.6 Superkondensatoren 169
 - 7.7 Fasern aus Kohlenstoff-Nanotubes 172
 - 7.8 Nanosiebe 173
 - 7.9 Krebstherapie 176
 - 7.10 Drug-Delivery 178
 - 7.11 Molekulare Elektronik 178
- 8 Computer 181**
- 8.1 Digitalisierung 181
 - 8.2 Der Grundbaustein eines Computers 182
 - 8.3 Die gute alte Zeit: Analoge Datenverarbeitung 186
 - 8.4 Analog-Digital-Wandler 187
 - 8.5 Digital-Analog-Wandler 188
 - 8.6 Speichermedien: CD, Festplatte und USB-Stick 189
 - 8.7 Die Datenauswertung 195
 - 8.8 Wie real ist Feynmans Vision heute? 195
 - 8.9 Vergleich Computer – Gehirn 197

8.10	Das Mooresche Gesetz	198
8.11	Was kommt als Nächstes?	200
8.12	Was können Computer?	201
9	Gefahren	203
9.1	Unrealistische Gefahren	203
9.2	Reale Gefahren	205
9.3	Konventionelle Schadstoffe	206
9.4	Risikoabschätzung	209
9.5	Eintrittspforten in den Körper	210
9.6	Die Lunge	211
9.7	Ein neues Fachgebiet: Nanotoxikologie	214
9.8	Untersuchungsmethoden	216
9.9	Die Pionierzeit der Nanotoxikologie	217
9.10	Der Stand des Wissen: Eine Übersicht	218
9.11	Siliziumdioxid	218
9.12	Titandioxid	220
9.13	Zinkoxid	222
9.14	Aluminiumoxid	223
9.15	Silber	224
9.16	Gold	225
9.17	Industrieruß (Carbon Black)	227
9.18	Fullerene	228
9.19	Kohlenstoff-Nanotubes	229
9.20	Zusammenfassung	231
10	Visionen	233
10.1	Produktivität und Ressourcen	234
10.2	Medizin	234
10.3	Computer	240
10.4	Militärische Nanovisionen	244
10.5	Die technologische Singularität	246
10.6	Nanoassembler	247
10.7	Klimakontrolle	248
11	Zusammenfassung	251
12	Referenzen	255
	Stichwortverzeichnis	263

Danksagung

Das Buch konnte ich nur schreiben, weil die sehr guten Arbeitsbedingungen an der Universität Konstanz es erlaubt haben und meine Kollegen mir die Zeit dazu eingeräumt haben. Daher möchte ich dem Fachbereich Physik und der Universität Konstanz als Ganzes dafür danken. Aber die wichtigste Person, die dieses Buch ermöglicht hat, ist meine Frau. Alle Kapitel gingen durch ihre Endkontrolle und mussten lesbar, interessant und verständlich sein. Einige Kapitel musste ich ein zweites Mal schreiben, um diese Hürde zu nehmen.

Vorwort

Das Buch richtet sich an Schüler, Studenten, Lehrer, Politiker und interessierte Bürger, die sich über das Thema »Nanotechnologie« informieren wollen. Es soll Fragen wie »Was ist Nanotechnologie?«, »Wo wird Nanotechnologie heute angewendet?«, »Was kommt in der Zukunft auf uns zu?« und »Was sind die Gefahren dieser neuen Technologie?« beantworten.

Die Nanotechnologie ist tief in den Naturwissenschaften verwurzelt. Auf Formeln habe ich zwar gänzlich verzichtet, aber einige Aspekte der Nanotechnologie sind – vorsichtig formuliert – fremdartig und unverständlich. Trotzdem habe ich versucht, dem Leser einen Eindruck von der Nanowelt zu vermitteln. Das Buch ist ein Balanceakt zwischen der Vermittlung von Wissen und dem Verstehen auf der einen Seite und einer leichten Lesbarkeit für naturwissenschaftliche Laien auf der anderen Seite. Jedes Kapitel beginnt mit verständlichen und manchmal unterhaltsamen Aspekten und führt den Leser dann immer tiefer in die jeweilige Thematik ein. Je nach Interessenslage genügt es dem Leser vielleicht, nur die erste Hälfte eines Kapitels zu lesen, um die wichtigsten Aussagen zu erfassen.

Die Kapitel bauen nicht aufeinander auf. Für Leser, die sich zum Beispiel nur über die heutigen Anwendungen oder über mögliche Gefahren informieren wollen, genügt es, die betreffenden Kapitel zu lesen.

Konstanz, Mai 2013

Gerd Ganteför