

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