
Reinhard Renneberg · Darja Süßbier
Viola Berkling · Vanya Loro

BIOTECHNOLOGIE FÜR EINSTEIGER

5. Auflage



Springer Spektrum

INHALT

VORWORT

Vorwort von Tom A. Rapoport
Frieder W. Scheller, mein Lehrer in der Analytischen Biotechnologie
Einige Gedanken zum Einstieg von Ernst Peter Fischer

XIV

XVI

XVIII

XXI

BIER BROT KÄSE – schmackhafte Biotechnologie

1

Kapitel 1

1.1 Im Anfang waren Bier und Wein: die Muttermilch der Zivilisation 2 • 1.2 Hefen sind die Arbeitspferde der Alkoholgärung 9 • 1.3 Auch heute werden zum Bierbrauen Hefe, Wasser, Malz und Hopfen verwendet 9 • 1.4 Zellen funktionieren mit Sonnenenergie 9 • 1.5 Alkohol ist nicht Genuss, sondern eine Notmaßnahme für Hefen 15 • 1.6 Hoch konzentrierter Alkohol entsteht durch Brennen 16 • 1.7 Bakterienprodukte: Sauer macht haltbar! 17 • 1.8 Kaffee, Kakao, Vanille, Tabak – Fermentation für den Genuss 21 • 1.9 Schimmelpilze kooperieren mit Bakterien und produzieren Käse 24 • 1.10 Sake und Sojasauce 26 • 1.11 Was ist eigentlich Gärung? 31

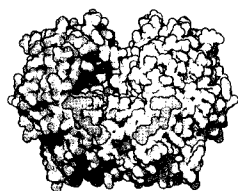


ENZYME – molekulare Superkatalysatoren für Haushalt und Industrie

35

Kapitel 2

2.1 Enzyme sind leistungsstarke und spezifische Biokatalysatoren 36 • 2.2 Lysozym: das erste Enzym, dessen Anatomie und Funktion in molekularen Details verstanden wurden 37 • 2.3 Cofaktoren dienen komplexen Enzymen als Handwerkszeuge 41 • 2.4 Enzyme können aus Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen gewonnen werden 42 • 2.5 Extrazelluläre Hydrolasen bauen Biopolymere in kleine verwertbare Einheiten ab 44 • 2.6 Amylasen brauen, backen und entschlichten 46 • 2.7 Pektinasen pressen mehr Saft aus Obst und Gemüse 46 • 2.8 Biowaschmittel sind die wichtigste Anwendung hydrolytischer Enzyme 47 • 2.9 Proteasen machen Fleisch mürbe und gerben Leder 48 • 2.10 Immobilisierung: Wenn man Enzyme wiederverwenden will 50 • 2.11 Glucose-Isomerase und Fructosesirup: Zucker mit verstärkter Süßkraft 51 • 2.12 Nahrungs- und Futtermittel durch immobilisierte Enzyme 56 • 2.13 Enzymmembranreaktoren nutzen Cofaktor-Regenerierung 67 • 2.14 Immobilisierte Zellen 68



DIE WUNDER DER GENTECHNIK

71

Kapitel 3

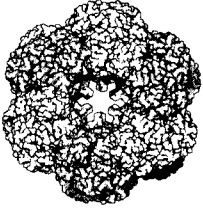
3.1 DNA: Die Doppelhelix ist der materielle Träger der Erbsubstanz 72 • 3.2 DNA-Polymerasen katalysieren die Replikation des DNA-Doppelstrangs 72 • 3.3 Nicht alle Gene bestehen aus DNA: RNA-Viren benutzen einzelsträngige RNA 73 • 3.4 Die Aufklärung des genetischen Codes 73 • 3.5 Das Humangenom – eine 23-bändige Riesen-Enzyklopädie 74 • 3.6 Der DNA-Code wird geknackt: Synthetische RNA entschlüsselt die Codons 75 • 3.7 Den Strukturgenen benachbarte DNA-Abschnitte steuern die Expression der Gene 80 • 3.8 Ribosomen – die Proteinfabrik der Zelle: Riesenmoleküle aus RNA und Proteinen 81 • 3.9 Rekombination: Die genetischen Karten werden neu gemischt 86 • 3.10 Plasmide sind ideale Vektoren für genetisches Material 86 • 3.11 Molekulare Scheren und Kleber: Restriktionsendonucleasen und DNA-Ligasen 87 • 3.12 Die ersten Gentechnikexperimente: Quakende Bakterien? 92 • 3.13 Wie Gene gewonnen werden 95 • 3.14 Humaninsulin aus Bakterien? 97 • 3.15 Wie Insulin im Menschen synthetisiert wird: vom Präproinsulin über Proinsulin zum aktiven Insulin 98 • 3.16 Der gentechnische Start mit Ratten-Proinsulin 99 • 3.17 DNA-Hybridisierung: Wie man Bakterien mit DNA-Sonden findet 102 • 3.18 Ein kleiner Umweg: Somatostatin – das erste menschliche Eiweiß aus Bakterien 103 • 3.19 Wie man enzymatisch aus Schweine-Insulin Humaninsulin fertigt 112 • 3.20 Endlich geschafft! Das erste gentechnisch hergestellte menschliche Insulin 115 • 3.21 Asilomar: Wie gefährlich ist die neue Gentechnik? 115 • 3.22 Menschliches Proinsulin aus einem einzigen *E. coli*-Stamm 117 • 3.23 Bäckerhefen als Proinsulin-Produzenten 117 • 3.24 Künstliche Insulin-Varianten (Muteine) durch Protein-Engineering 122 • 3.25 Genmanipulierte Säugerzellen produzieren modifizierte komplexe Proteine 122



Kapitel 4

WEISSE BIOTECHNOLOGIE – Zellen als Synthesefabriken

127

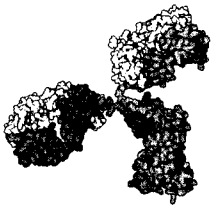


4.1 Das Problem der Übersicht 128 • **4.2** Taktische Anpassung: Regulation durch Rückkopplung 130 • **4.3** Strategische Anpassung: Enzymproduktion nach Bedarf 131 • **4.4** Ein allosterischer molekularer Computer: die Glutamin-Synthetase 134 • **4.5** Katabolit-Repression oder: Wie angelt man sich eine Polymerase? 134 • **4.6** Schimmelpilze statt Zitronen! 134 • **4.7** Lysin im Überfluss: Die Feedback-Hemmung der Aspartat-Kinase wird in Mutanten überlistet 135 • **4.8** L-Glutamat: „links-drehende“ Suppenwürste im Überfluss 138 • **4.9** Müssen es immer Mikroben sein? Chemische Synthese contra Fermentation 139 • **4.10** L-Ascorbinsäure, das Vitamin C 142 • **4.11** Aspartam – der Siegeszug eines süßen Dipeptidesters 147 • **4.12** Immobilisierte Zellen produzieren Aminosäuren und organische Säuren 147 • **4.13** Mutationen – ein Weg zur gezielten Programmierung von Mikroben 148 • **4.14** *Penicillium notatum*: der Wunderpilz des Alexander Fleming 152 • **4.15** Screening: Biotechnologen auf Pilzjagd 153 • **4.16** Die Speisekarte der Mikroben 156 • **4.17** Die moderne Biofabrik 156 • **4.18** Hitze, Kälte und Trockenheit halten uns Mikroben vom Hals 160 • **4.19** Produktaufarbeitung: *downstream processing* 161 • **4.20** Streptomycin und Cephalosporine – die nächsten Antibiotika nach dem Penicillin 161 • **4.21** Der Wettlauf mit den Mikroben: Resistenzen 166 • **4.22** Cyclosporin – ein Mikrobenprodukt für Transplantationen 166 • **4.23** Steroidhormone: Cortison und Wunschkindpille 168

Kapitel 5

VIREN, ANTIKÖRPER UND IMPFUNGEN

171

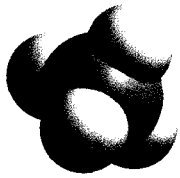


5.1 Viren – das geborgte Leben 172 • **5.2** Wie Viren Zellen befallen 172 • **5.3** Wie der Körper Infektionen abwehrt: humorale Immunantwort durch Antikörper 176 • **5.4** Zelluläre Immunantwort: Killer-T-Zellen 179 • **5.5** Die erste Impfung: mit Kuhpocken gegen echte Pocken 182 • **5.6** Moderne Impfungen 187 • **5.7** Lebendimpfstoffe 193 • **5.8** Monoklonale Antikörper: hochspezifische und einheitliche Zauberkugeln aus dem Bioreaktor 193 • **5.9** Katalytische Antikörper 195 • **5.10** Rekombinante Antikörper 200 • **5.11** Kombinatorische Antikörper-Bibliotheken 201 • **5.12** „Huckepack“ oder Phagen-Display – die nächste Revolution 202 • **5.13** Phagen-Display für hochaffines Wachstumshormon 202 • **5.14** Neue Hoffnung bei Krebs: Rituximab, ein rekombinanter Antikörper 207

Kapitel 6

UMWELT-BIOTECHNOLOGIE – Weg von Einbahnstraßen, hin zu Kreisläufen!

211

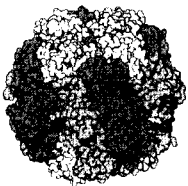


6.1 Sauberes Wasser – ein Bioprodukt 212 • **6.2** Aerobe Abwasserreinigung: Rieselfelder, Tropfkörper und Belebtschlamm 214 • **6.3** Biogas 215 • **6.4** Biogas kann Wälder retten! 218 • **6.5** Biogas in Industrieländern: Gülleverwertung 219 • **6.6** Spirit, der auf den Feldern wächst 221 • **6.7** Die Ölfresser des Ananda Chakrabarty 226 • **6.8** Zucker und Alkohol aus Holz 226 • **6.9** Chemierohstoffe aus Biomasse? 228 • **6.10** Lautloser Bergbau 234 • **6.11** Neues Leben für müde Ölquellen? 235 • **6.12** Bioplastik: Kreisverkehr statt Einbahnstraße! 238

Kapitel 7

GRÜNE BIOTECHNOLOGIE

245



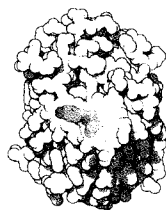
7.1 Mikroben sind essbar! 246 • **7.2** Algen und Cyanobakterien 246 • **7.3** *Single cell*-Protein: Hoffnung auf billige Eiweißquellen 250 • **7.4** Mycoprotein ist als pflanzliches Eiweiß beim britischen Verbraucher erfolgreich 252 • **7.5** „Grüne“ Biotechnologie *ante portas*! 254 • **7.6** Felder im Reagenzglas: *in vitro*-Pflanzenzucht 256 • **7.7** Meristemkultur 257 • **7.8** Haploidenkulturen: Staubbeutel und Fruchtknoten 258 • **7.9** Kallus- und Suspensionskulturen 258 • **7.10** Pflanzenzellen im Bioreaktor produzieren Wirkstoffe 262 • **7.11** Welche Pflanzenwirkstoffe werden dem Shikonin folgen? 263 • **7.12** *Agrobacterium* – ein Schädling als Gentechniker 263 • **7.13** Biolistischer Gentransfer: DNA-Schuss aus dem Revolver 267 • **7.14** Transgene Pflanzen: Herbizidresistenz 267 • **7.15** Biologische Insektentöter 268 • **7.16** Blaue Nelken und Anti-Matsch-Tomaten 272 • **7.17** Gefahr durch Gen-Food? 276 • **7.18** Soll man Gen-Food kennzeichnen? 277 • **7.19** Gen-Pharming 277 • **7.20** Transgene Pflanzen – eine hitzige Debatte 281 • **7.21** Tropische Palmen in Deutschland? 285 • **7.22** Bakterien in Schneekanonen sichern den Skiurlaub 290

EMBRYONEN, KLONE UND TRANSGENE TIERE

293

Kapitel 8

8.1 Künstliche Besamung 294 • **8.2** Embryotransfer und künstliche Befruchtung 294 • **8.3** Aussterbende und bedrohte Arten können durch Embryonentransfer gerettet werden 295 • **8.4** Chimäre Tiere haben mindestens vier genetische Eltern 296 • **8.5** Transgene Tiere: von der Riesenmaus zum Riesenrind? 297 • **8.6** Wachstumshormone für Rinder und Schweine 298 • **8.7** Gen-Pharming: hochwertige Humanproteine aus Milch und Ei 299 • **8.8** Transgene Fische: von *GloFish*® zur Riesenforelle 301 • **8.9** Knockout-Mäuse 306 • **8.10** Xenotransplantation 307 • **8.11** Klonen – massenhafte Zwillingsproduktion 310 • **8.12** Klonen von Salamandern und Fröschen 311 • **8.13** Dolly – der Durchbruch beim Klonen 311 • **8.14** Schwierigkeiten beim Klonen 315 • **8.15** Katzenklonen – die verschiedenen Elternvarianten 316 • **8.16** ... und der Mensch? Klonen, IVF und PID 321 • **8.17** Der gläserne Embryo und das Humangenomprojekt 324



HERZINFARKT, KREBS UND STAMMZELLEN – Rote Biotechnologie als Lebensretter

327

Kapitel 9

9.1 Herzinfarkt und Antikoagulanzen 328 • **9.2** Fibrinolyse nach Herzinfarkt: Thromben werden enzymatisch aufgelöst 328 • **9.3** Schlaganfall: Vampir-Enzym hilft 329 • **9.4** Gentechnischer Faktor VIII – sichere Hilfe für Hämophile 331 • **9.5** EPO für Nierenpatienten und Sportler 333 • **9.6** Interferone gegen Viren und Krebs 333 • **9.7** Interleukine 334 • **9.8** Krebs: anormales unkontrolliertes Zellwachstum 335 • **9.9** Neue Krebstherapien 341 • **9.10** Paclitaxel gegen Krebs 341 • **9.11** Menschliches Wachstumshormon 344 • **9.12** Epidermales Wachstumshormon – Falten verschwinden, und diabetische Füße heilen 345 • **9.13** Stammzellen, der ultimative Jungbrunnen? 351 • **9.14** Gentherapie 355 • **9.15** Diamanten im Müll? RNAi, die interferierende RNA 359



ANALYTISCHE BIOTECHNOLOGIE UND DAS HUMANGENOM

365

Kapitel 10

10.1 Enzymtests für Millionen Diabetiker 366 • **10.2** Biosensoren 368 • **10.3** Mikrobielle Sensoren: Hefen messen die Abwasserbelastung in fünf Minuten statt fünf Tagen 369 • **10.4** Immunologische Schwangerschaftstests 371 • **10.5** AIDS-Tests 372 • **10.6** Herzinfarkttests 373 • **10.7** *Point of Care* (POC)-Tests 374 • **10.8** Wie man DNA analysiert: Die Gelelektrophorese trennt DNA-Fragmente nach ihrer Größe auf 375 • **10.9** Leben und Tod: genetische Fingerabdrücke zur Aufklärung von Vaterschaft und Mord 376 • **10.10** DNA-Marker: kurze Tandemwiederholungen und SNPs 377 • **10.11** Die Polymerase-Kettenreaktion: der DNA-Kopierer 379 • **10.12** Werden Saurier und Mammut zu neuem Leben erweckt? 382 • **10.13** Wie Gene sequenziert werden 382 • **10.14** Southern Blotting 383 • **10.15** Automatische DNA-Sequenzierung 387 • **10.16** FISH: Chromosomenlokalisierung und Zahl der Genkopien 388 • **10.17** Die Krönung der Biotechnologie: das Humangenomprojekt 389 • **10.18** Genetische Genomkarten 393 • **10.19** Physische Genomkarten 394 • **10.20** Der Methodenstreit: Contig contra Schrotschuss 394 • **10.21** Wie geht es weiter mit dem Humangenom? 400 • **10.22** ... und wie kann man die Sequenz des Genoms verstehen? 400 • **10.23** Pharmakogenomik 401 • **10.24** DNA-Chips 404 • **10.25** Krankheitsursachen finden: Genexpressionsprofile 404 • **10.26** Proteomik 406 • **10.27** MALDI: Ein Gas von Proteinionen 410 • **10.28** Aptamere und Protein-Chips 410 • **10.29** *Quo vadis*, Biotech? 414

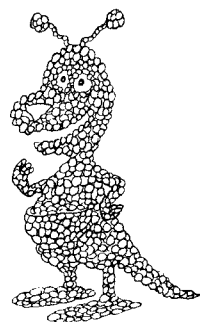


DAS NANORU – Die unglaubliche Geschichte seiner Isolierung, Aufreinigung und Charakterisierung

421

Kapitel 11

11.1 Der Fundort 422 • **11.2** Aufzucht und Reinkultur 423 • **11.3** Biomassegewinnung 424 • **11.4** Aktivitätstest 425 • **11.5** Gel- und Ionenaustauschchromatografie 426 • **11.6** Affinitätschromatografie 427 • **11.7** Isoelektrische Fokussierung 427 • **11.8** Gelelektrophorese 428 • **11.9** Massen- und Sequenzanalyse 429 • **11.10** Wie das Gen „gefischt“ wurde 430 • **11.11** Röntgenstrukturanalyse und NMR 431 • **11.12** Die Sensation: Das Nanoru – plötzliche Klarheit 432 • **11.13** Wie geht es weiter mit dem Nanoru? 433



GLOSSAR

439

BILDNACHWEIS

448

PERSONENVERZEICHNIS

451

SACHVERZEICHNIS

454

BOXEN

KAPITEL 1



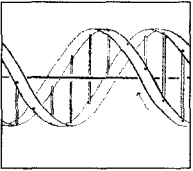
Box 1.1 Biotech-Historie: Leeuwenhoek 3 • **Box 1.2** Wichtige Biomoleküle und Strukturen 4 • **Box 1.3** Die Proteindatenbank 6 • **Box 1.4** Bierbrauen heute 8 • **Box 1.5** Weine und Spirituosen 13 • **Box 1.6** Wie Glucose umgebaut wird 14 • **Box 1.7** Sauermilchprodukte und Käse 18 • **Box 1.8** Sake, Sojasauce und andere fermentierte asiatische Produkte 19 • **Box 1.9** Expertenmeinung: Brot 22 • **Box 1.10** Nicht nur das Pulver haben die Chinesen erfunden 25 • **Box 1.11** Biotech-Historie: Vom Jäger zum Bauern – wie Vorratshaltung, Ackerbau und Viehzucht den Lauf der Geschichte bestimmten 26 • **Box 1.12** Biotech-Historie: Pasteur, Liebig und Traube – was ist Fermentation? 30

KAPITEL 2



Box 2.1 Wie GOD Zucker hochspezifisch erkennt und umwandelt 37 • **Box 2.2** Biotech-Historie: Wie die Enzyme entdeckt wurden 38 • **Box 2.3** Die sechs Enzymklassen 40 • **Box 2.4** Biotech-Historie: Flemings Schnupfen und seine enzymologischen Folgen 43 • **Box 2.5** Der Trick der Enzyme 45 • **Box 2.6** Wie Waschmittelenzyme produziert werden 48 • **Box 2.7** Expertenmeinung: Phytase – Chefmanger Nummer eins für Phosphor 49 • **Box 2.8** Immobilisierte Enzyme 51 • **Box 2.9** Expertenmeinung: Protein-Engineering: Maßgeschneiderte Enzyme 52 • **Box 2.10** Fructosesirup 56 • **Box 2.11** Expertenmeinung: Enzymsuche – eine Entdeckungsreise? 58 • **Box 2.12** Biotech-Historie: Der Enzym-membranreaktor und Designer-Bakterien 62 • **Box 2.13** Expertenmeinung: BioÖkonomie 64

KAPITEL 3



Box 3.1 Biotech-Historie: DNA 76 • **Box 3.2** Biotech-Historie: Das Basispaar und seine Basenpaare, Francis H.C. Crick und James D. Watson 82 • **Box 3.3** Biotech-Historie: Werner Arber und die Entdeckung der „molekularen DNA-Scheren“ 88 • **Box 3.4** Nützliche Vektoren, Transportmittel für Gene 93 • **Box 3.5** Biotech-Historie: Insulinherstellung 98 • **Box 3.6** Expertenmeinung: Epigenetik – die unerwartet komplexe Wechselwirkung von Umwelt und Genom 100 • **Box 3.7** Biotech-Historie: Die Erfindung der rekombinanten DNA-Technologie und ihr erstes Unternehmen, Genentech 104 • **Box 3.8** Max Raabe – Klonen kann sich lohnen ... 109 • **Box 3.9** Expertenmeinung: Kann man künftig Alter und Aussehen aus der DNA ablesen? 111 • **Box 3.10** Insulin und Diabetes 112 • **Box 3.11** Gene aus dem Reagenzglas: DNA-Syntheseautomaten 113 • **Box 3.12** Expertenmeinung: Biowaffen unter Kontrolle? 114 • **Box 3.13** Expertenmeinung: Eine neue Ära? Ethische Fragen zur Genomchirurgie 118

KAPITEL 4



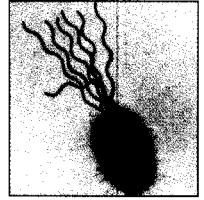
Box 4.1 Biotech-Historie: *Aspergillus niger* – das Ende eines italienischen Monopols 132 • **Box 4.2** Expertenmeinung: Hochwertiges Cystein wird nicht mehr aus Haaren oder Federn gewonnen 136 • **Box 4.3** Biotech Historie: Kinoshita und die Anfänge von Japans Bioindustrie 140 • **Box 4.4** Biotech-Historie: Reichsteins Fliege und das Vitamin C 146 • **Box 4.5** Warum UV-Licht Mikroben tötet 148 • **Box 4.6** Screening, Mutagenese und Selektion schaffen potente Antibiotikaproduzenten 149 • **Box 4.7** Biotech-Historie: Fleming, das Penicillin und der Start der Antibiotikaindustrie 150 • **Box 4.8** Wie Penicillin funktioniert: Enzyminhibitoren als molekulare Neidhammel 153 • **Box 4.9** Biotech-Historie: Hitze, Luftabschluss oder Kälte – sterile Konserven 154 • **Box 4.10** Biotechnologisch hergestellte Antibiotika, wie und wo sie wirken 157 • **Box 4.11** Bioreaktoren: Raum zum Leben und Schaffen für Mikroben 158 • **Box 4.12** Primäre und sekundäre Stoffwechselprodukte 160 • **Box 4.13** Biotech-Historie: Mexiko, die Mutter der Pille und das Rennen um Cortison 163 • **Box 4.14** Pro- und eukaryotische Zellen: gigantische Synthesefabriken 167

KAPITEL 5



Box 5.1 Medikamente gegen HIV 174 • **Box 5.2** Expertenmeinung: Tests auf HIV-Infektion 177 • **Box 5.3** Antikörper 181 • **Box 5.4** Biotech-Historie: Jared Diamond: Tödliche Mikroben 183 • **Box 5.5** Biotech-Historie: Impfungen 186 • **Box 5.6** Expertenmeinung: Warum gibt es immer noch keinen Impfstoff gegen HIV? 188 • **Box 5.7** Wie man Antikörper gewinnt 190 • **Box 5.8** Biotech-Historie: Monoklonale Antikörper 192 • **Box 5.9** Expertenmeinung: Frances S. Ligler: Mit Antikörpern tödliche Substanzen aufspüren 196 • **Box 5.10** Expertenmeinung: Ein Superorganismus mit vielen Facetten: Das Bienenvolk und sein Immun-Verteidigungssystem 203 • **Box 5.11** Wie man einen Labortest beurteilt 206 • **Box 5.12** Weiterentwicklung von humanisierten/synthetischen zu komplett humanen Antikörpern 207

KAPITEL 6



KAPITEL 7



KAPITEL 8



KAPITEL 9



KAPITEL 10



Box 6.1 Biotech-Historie: Rieselfelder und Abwasserentsorgung in Berlin 213 • **Box 6.2** Expertenmeinung: Regenwälder, flüchtige Antibiotika und Endophyten für die industrielle Mikrobiologie 216 • **Box 6.3** Der Biochemische Sauerstoffbedarf (BSB₅) – ein Maß für bioabbaubare Substanzen im Abwasser 220 • **Box 6.4** Expertenmeinung: Ananda Chakrabarty – Patente auf Lebewesen? 222 • **Box 6.5** Biotech-Historie: Eine Bakterie als Staatsgründer 229 • **Box 6.6** Expertenmeinung: Nobelpreisträger Alan MacDiarmid 2006 prophetisch über Agarenergie 231 • **Box 6.7** Expertenmeinung: Pack den Panda in den Tank? Cellulasen 235 • **Box 6.8** Expertenmeinung: Von Biomasseumwandlung hin zu nachhaltiger Bioproduktion: Kraftstoffe, Bulk-, Fein- und Spezialchemikalien 236 • **Box 6.9** Kann uns Biomasse helfen, die Energieprobleme zu lösen? 239

Box 7.1 Photosynthese 247 • **Box 7.2** Biotech-Historie: Einzellerprotein 248 • **Box 7.3** Expertenmeinung: Marine Biotechnologie 251 • **Box 7.4** Biotech-Historie: Tomoffel und Biolippenstift 255 • **Box 7.5** Expertenmeinung: Zahlen und Fakten: Anbau gentechnisch veränderter Pflanzen und Kennzeichnung der daraus hergestellten Lebensmittel 260 • **Box 7.6** Insekten gegen Insekten: alternative Methoden der Schädlingsbekämpfung 264 • **Box 7.7** Expertenmeinung: Ingo Potrykus, „Golden Rice“ und der Konflikt zwischen guten Absichten und dem Misstrauen der Bürger gegenüber genetisch modifizierten Organismen 265 • **Box 7.8** Expertenmeinung: Rekonstruktion des Stammbaums des Lebens 270 • **Box 7.9** Expertenmeinung: Baroness Susan Greenfield über die Auswirkungen der Technologie des 21. Jahrhunderts auf unser Leben: Ernährung und Altern 273 • **Box 7.10** Expertenmeinung: Pflanzliches Expressionssystem – eine „reife“ Technologieplattform 278 • **Box 7.11** Expertenmeinung: Menschliches Blutprotein aus dem Reiskorn 280 • **Box 7.12** Biotech-Historie: Antifrostbakterien – die Freisetzungsgeschichte 281 • **Box 7.13** Expertenmeinung: Biotechnologie an Kulturpflanzen in den USA – eine Erfolgsgeschichte 282 • **Box 7.14** Biotech-Historie: Lackmustest 286 • **Box 7.15** Expertenmeinung: Moos wirkt Wunder 287

Box 8.1 Die Riesenmaus 301 • **Box 8.2** Biotech-Historie: *GloFish*® – das erste transgene Haustier 302 • **Box 8.3** Expertenmeinung: Alzheimer im Aquarium – Wie Zebrafische bei der Demenz für Durchblick sorgen 304 • **Box 8.4** Expertenmeinung: Klonen in Deutschland 308 • **Box 8.5** Biotech-Historie: „Klonologie“ 310 • **Box 8.6** Biotech-Historie: Das Klonschaf Dolly 313 • **Box 8.7** *In vitro*-Befruchtung beim Menschen 317 • **Box 8.8** Wie ich zum Analytischen Biotechnologen wurde 318 • **Box 8.8** Fleisch ohne Schlachthaus! 322

Box 9.1 FABP-Geschichte – wie der schnellste Herzinfarkttest der Welt entstand 330 • **Box 9.2** Was sind Interferone? 332 • **Box 9.3** Eiben, Taxol-Synthese und Pilze 336 • **Box 9.4** Statine oder: Wie Akira Endo Millionen Menschen vor dem drohenden Infarkt rettete 338 • **Box 9.5** Glivec® – das erste maßgeschneiderte Krebsmedikament 342 • **Box 9.6** Auch Bakterien altern 345 • **Box 9.7** Expertenmeinung: Die Suche nach der „Wunderwaffe“. Ist sie beendet? Antikörper contra niedermolekulare Pharmazeutika 346 • **Box 9.8** Expertenmeinung: Fötale Gentherapie 353 • **Box 9.9** Pulitzer-Preis-Gewinner Siddharta Mukherjee über das Postgenom und den Reiseführer durch eine postgenomische Welt 356 • **Box 9.10** Expertenmeinung: Analytische Biotechnologie zur Risikoeinschätzung für Herzerkrankungen und Diagnose von Herzinfarkten 360

Box 10.1 Expertenmeinung: Diabetes! „Wie Biotech mein Leben veränderte“ 367 • **Box 10.2** RFLP und Vaterschaftstest 370 • **Box 10.3** Biotech-Historie: DNA-Profile und der Fall Colin Pitchfork 376 • **Box 10.4** Biotech-Historie: Craig Venter's Ungeduld oder: Sequenz-Etiketten 380 • **Box 10.5** *DNA-Wanderkarte 1*: Was das *Genographic Project* über die Wanderung meiner DNA von Afrika aus herausgefunden hat 384 • **Box 10.6** Biotech-Historie: Nachts auf dem kalifornischen Highway 387 • **Box 10.7** PCR: der DNA-Kopierer *par excellence* 388 • **Box 10.8** Finde die Nadel im Heuhaufen! Kann Supernova die PCR ergänzen? 390 • **Box 10.9** Biotech-Historie: Das Humangenomprojekt 392 • **Box 10.10** *DNA-Wanderkarte 2*: Die Wanderung der weiblichen mitochondrialen DNA 396 • **Box 10.11** Die PCR im heißesten Wissenschaftskrimi der letzten Jahre 402 • **Box 10.12** DNA-Chips 403 • **Box 10.13** Expertenmeinung: Alan Gutmacher über den Anbruch der genomischen Ära 405 • **Box 10.14** Expertenmeinung: David Goodsell über die Zukunft der Nanobiotechnologie 407 • **Box 10.15** Biotech-Historie: CRISPR – Ein einfaches und erstaunlich effektives Werkzeug zur zielgerichteten Änderung des Erbguts 411 • **Box 10.16** Expertenmeinung: Microbiology Infects Art (MIA) und Bunte Biotechnologie 415