

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . . .	IX
<b>Teil I. Naturwissenschaftliche Zusammenhänge zur Biotechnologie . . . . .</b>	<b>1</b>
Einleitung: Biologie – allgemeine Naturwissenschaft – Technik . . . . .	1
1. Biologie, eine Einführung für Ingenieure . . . . .	11
1.1 Die biologische Zelle . . . . .	20
1.2 Energieverwertung . . . . .	26
1.2.1 Energiespeicher . . . . .	27
1.2.2 Energieübertragung . . . . .	29
1.2.3 Energie und Entropie . . . . .	31
1.3 Informationsverarbeitung . . . . .	34
1.3.1 Information in der Biologie . . . . .	37
1.3.2 Die molekulare Struktur der DNS . . . . .	37
1.3.3 DNS als Träger der Erbinformation . . . . .	41
1.3.4 Übertragung genetischer Informationen . . . . .	44
<b>Teil II. Technisch-industrielle Anwendung der Biotechnologie . . . . .</b>	<b>48</b>
2. Nutzung der Biologie im technisch-industriellen Maßstab . . . . .	48
2.1 Bionik: die Anwendung biologischer Erkenntnisse . . . . .	49
2.2 Ernährung . . . . .	51
2.3 Gesundheit . . . . .	54
2.4 Moderne Biotechnologie . . . . .	56
2.4.1 Anwendung der Mikrobiologie . . . . .	56
2.4.1.1 Einführung in die Mikrobiologie . . . . .	57
2.4.1.2 Einführung in die Biochemie . . . . .	71
2.4.1.2.1 Katabolismus . . . . .	77
2.4.1.2.2 Anabolismus . . . . .	78
2.4.1.2.3 Stoffwechselregulation . . . . .	80
2.4.1.3 Wachstum . . . . .	97
2.4.1.3.1 Das Monod-Modell . . . . .	103
2.4.1.3.2 Erhaltungsenergie . . . . .	107
2.4.1.4 Mikrobielle Produktion . . . . .	108

2.4.2 Züchtung von Gewebezellen in Suspensionskulturen . . . . .	115
2.4.2.1 Züchtung pflanzlicher Zellen . . . . .	120
2.4.2.2 Züchtung tierischer Zellkulturen . . . . .	122
<b>3. Überproduktion der Zelle: die industrielle Biotechnologie . . . . .</b>	<b>129</b>
3.1 Physiologische Manipulationen . . . . .	133
3.1.1 Überproduktion von Primärmetaboliten . . . . .	134
3.1.2 Überproduktion von Sekundärmetaboliten . . . . .	134
3.2 Genetische Manipulation . . . . .	136
3.3 Technische Manipulation . . . . .	139
3.3.1 Fermentationstechnik . . . . .	143
3.3.1.1 Vorbereitende Arbeiten zur Fermentation . . . . .	143
3.3.1.2 Der Bioreaktor . . . . .	148
3.3.1.3 Turmreaktoren und Blasensäulen . . . . .	164
3.3.1.4 Reaktorbetrieb . . . . .	166
3.3.1.5 Stichwortverzeichnis für Bioreaktoren . . . . .	170
3.3.4 Ausblick zur mikrobiologischen Überproduktion . . . . .	171
<b>4. Prozeßführung von Fermentationen . . . . .</b>	<b>172</b>
4.1 Betriebsweisen in der biologischen Produktion . . . . .	172
4.1.1 Chemostat – die kontinuierliche Kultur . . . . .	174
4.1.1.1 Grundlagen der kontinuierlichen Prozeßführung . . . . .	174
4.1.2 Anmerkungen zum Chemostaten . . . . .	183
4.1.2.1 Übergangsverhalten zwischen stationären Zuständen . . . . .	183
4.1.2.2 Anwendung der Chemostat-Formalismen auf Mischkulturen . . . . .	184
4.1.2.3 Berücksichtigung der Erhaltungsenergie im Chemostat . . . . .	185
4.1.2.4 Auswirkung einer Sauerstofflimitierung . . . . .	185
4.1.3 Fed-Batch-Kultur (semikontinuierliche Kultur) . . . . .	187
4.1.4 Anwendung unterschiedlicher Betriebsweisen . . . . .	188
4.1.5 Mediumsoptimierung durch die turbidostatische Prozeßführung . . . . .	189
4.1.6 Gewinnung von Hochleistungsstämmen durch Selektionsdruck in der kontinuierlichen Kultur (Evolution im Labor) . . . . .	189
4.1.7 Allgemeine Betrachtungen zur kontinuierlichen Kultur .	190
4.2 Meßtechnik . . . . .	192
4.2.1 Systematisierung der Prozeßgrößen . . . . .	192
4.2.2 Meßwerterfassung und Meßwertbildung . . . . .	195
4.2.2.1 Beispielhafte Meßtechniken . . . . .	196
4.2.2.2 Biologische Sensoren . . . . .	209
4.2.3 Biologische Testsysteme . . . . .	217

---

4.3 Regelungstechnik . . . . .	218
4.3.1 Struktur eines Regelkreises . . . . .	218
4.3.2 Eingesetzte Regler . . . . .	219
4.3.3 Beispiel der Entwicklung eines Regelungssystems in der Biotechnologie: der Po2-Regler . . . . .	220
4.4 Einsatz von Digitalrechnern zur Kontrolle von Fermentationsprozessen . . . . .	223
Verzeichnis der Symbole . . . . .	244
5. Aufarbeitungstechnik, eine Übersicht . . . . .	245
5.1 Übersicht über Grundoperationen in der Biotechnologie . . . . .	246
5.2 Abtrennung der Zellen . . . . .	247
5.3 Zellaufschluß . . . . .	248
5.4 Abtrennung der unlöslichen Zellrümmer . . . . .	249
5.5 Produktanreicherung . . . . .	249
5.6 Feinreinigung . . . . .	250
5.7 Konzentrierung . . . . .	250
6. Technisch-industrielle Prozesse . . . . .	252
6.1 Der Biotechnologemarkt . . . . .	253
6.2 Produktionsprozesse . . . . .	254
6.2.1 Biomasse . . . . .	254
6.2.2 Alkohol . . . . .	256
6.2.2.1 Bierherstellung . . . . .	258
6.2.3 Spezielle primäre Biosyntheseprodukte . . . . .	260
6.2.4 Sekundäre Biosyntheseprodukte . . . . .	267
6.2.5 Biotransformationen . . . . .	269
6.3 Abbauprozesse (Umweltbiotechnologie) . . . . .	270
6.3.1 Abwassertechnik . . . . .	270
6.3.2 Biologische Abgasreinigung . . . . .	275
6.3.3 Umwandlung von Abfall . . . . .	276
Teil III. Perspektiven und Risiken . . . . .	283
7. Perspektiven der Biotechnologie . . . . .	283
7.1 Einführung in gesellschaftspolitische Aspekte der Biotechnologie . . . . .	283
7.1.1 Schwellen zur Einführung neuer Technologien . . . . .	284
7.1.2 Vergleich Kernphysik – Gentechologie . . . . .	285
7.1.3 Gesellschaftliche Interessengruppen . . . . .	287
7.2 Bewertungsmöglichkeiten der Biotechnologie . . . . .	289
7.2.1 Auswirkungen biotechnologischer Anwendungen . . . . .	293
7.2.1.1 Eingesetzte Organismen . . . . .	293
7.2.1.2 Produkte . . . . .	294
7.2.1.3 Methoden und Verfahren . . . . .	295

7.3 Anwendungsgebiete zur Untersuchung von Auswirkungen der Biotechnologie . . . . .	295
7.3.1 Risiko- und Sicherheitsfragen . . . . .	297
7.3.1.1 Gefahren, Richtlinien, Gesetze . . . . .	297
7.3.1.1.1 Gefahren durch gentechnische Experimente . . . . .	298
7.3.1.1.2 Richtlinien, Verordnungen, Gesetze . . . . .	300
7.3.1.1.3 Bisherige Gesetzgebung . . . . .	301
7.3.1.2 Tierische Zellen . . . . .	302
7.3.1.3 Pflanzenzellen . . . . .	303
7.3.1.4 Ausblick zur Diskussion der Risiko- und Sicherheitsfragen . . . . .	304
7.3.2 Nutzen durch die moderne Biotechnologie . . . . .	305
7.3.2.1 Biotechnologie und Umweltschutz . . . . .	306
7.3.2.2 Biotechnologie und Informatik . . . . .	309
7.3.2.3 Biotechnologie und Landwirtschaft, Forst- und Meerewirtschaft . . . . .	312
7.3.2.4 Auswirkungen der Biotechnologie auf den Arbeitsmarkt . . . . .	326
7.4 Schlußbetrachtung zu den soziopolitischen Aspekten mit „Blick über den Zaun“ . . . . .	336
7.4.1 Manipulationen am Menschen . . . . .	336
7.4.2 Ethische und religiöse Fragen zur Biotechnologie . . . . .	338
<b>Glossar . . . . .</b>	<b>341</b>
<b>Literatur . . . . .</b>	<b>342</b>
<b>Sachwort- und Namensverzeichnis . . . . .</b>	<b>346</b>