

# Inhaltsverzeichnis

1	<b>Eine Einführung in die Genetik</b> .....	1
2	<b>Die chemischen Grundlagen</b> .....	5
2.1	<b>Was ist DNA?</b> .....	6
2.1.1	Bausteine der DNA .....	6
2.1.2	Struktur der DNA und ihre Entdeckung .....	9
2.2	<b>Was ist RNA?</b> .....	11
2.2.1	Unterschiede zur DNA .....	12
2.2.2	Funktionen der RNA .....	12
2.3	<b>Proteine</b> .....	13
2.3.1	Proteine bestehen aus Aminosäuren .....	13
2.3.2	Peptide .....	15
2.3.3	Strukturen der Proteine .....	15
2.3.4	Was können Proteine alles? .....	16
	<b>Literatur</b> .....	17
3	<b>Das Genom</b> .....	19
3.1	<b>Die Zelle – Grundlage des Lebens</b> .....	20
3.1.1	Die Zellbiologie der Eukaryoten .....	21
3.1.2	Die Zellbiologie der Prokaryoten .....	22
3.2	<b>Die grundlegende Struktur eines Genoms</b> .....	22
3.2.1	Das Ploidie-Level .....	23
3.2.2	Die Domänen des Lebens und ihre Genome .....	25
3.3	<b>Von Genomriesen und -zwerge</b> .....	29
3.3.1	Das C-Wert-Paradoxon .....	31
3.3.2	Vor- und Nachteile großer Genome .....	33
3.4	<b>Der Aufbau und die Organisation eukaryotischer Genome (am Beispiel Mensch)</b> .....	33
3.4.1	Codierende DNA-Bereiche .....	34
3.4.2	Nichtcodierende, nichtrepetitive DNA-Bereiche .....	35
3.4.3	Nichtcodierende, repetitive DNA-Bereiche .....	35
3.5	<b>Prokaryotische Genome im Vergleich</b> .....	39
3.6	<b>Die Morphologie und der Aufbau von Chromosomen</b> .....	40
3.6.1	Eukaryotische Chromosomen .....	40
3.6.2	Prokaryotische Chromosomen .....	44
3.6.3	Besondere Chromosomen .....	45
3.7	<b>Grundstruktur von Genen – Was ist ein Gen überhaupt?</b> .....	47
3.7.1	Prokaryotische Gene .....	47
3.7.2	Eukaryotische Gene .....	49
3.8	<b>Genome sind dynamisch und entsprechen nicht dem Proteom</b> .....	50
	<b>Literatur</b> .....	54
4	<b>Der Zellzyklus</b> .....	55
4.1	<b>Die Abschnitte des Zellzyklus</b> .....	56
4.1.1	Die Interphase .....	57
4.1.2	Die Mitose .....	59
4.1.3	Cytokinese .....	61
4.1.4	Die Meiose .....	61
4.1.5	Ein Vergleich von Meiose und Mitose .....	64
4.2	<b>Die Zellzykluskontrolle</b> .....	65
4.2.1	Zykline und Zykin-abhängige Kinasen .....	65
4.3	<b>Die Rekombination durch Crossing-over</b> .....	67
	<b>Literatur</b> .....	69

5	<b>Die Replikation</b> .....	71
5.1	<b>Die Theorien zum Mechanismus der DNA-Replikation.</b> .....	72
5.1.1	Die konservative Replikation .....	72
5.1.2	Die semi-konservative Replikation .....	73
5.1.3	Die dispersive Replikation .....	73
5.1.4	Die Bestätigung des semi-konservativen Mechanismus .....	73
5.2	<b>Der Ablauf der DNA-Replikation.</b> .....	74
5.2.1	Die Replikation bei Eukaryoten .....	74
5.2.2	Eukaryotische DNA-Polymerasen .....	77
5.2.3	Die Replikation bei Prokaryoten – die Theta ( $\theta$ )-Replikation .....	80
5.2.4	<i>Die Rolling circle/Sigma (<math>\sigma</math>)-Replikation.</i> .....	82
	<b>Weiterführende Literatur.</b> .....	84
6	<b>Die Transkription</b> .....	85
6.1	<b>Orientierung und wichtige Begriffe der Transkription.</b> .....	86
6.2	<b>Die Transkription bei Prokaryoten</b> .....	90
6.2.1	Der Aufbau prokaryotischer Promotoren .....	91
6.2.2	Die RNA-Polymerase und ihre Interaktion mit der DNA .....	91
6.2.3	Der Ablauf der Transkription bei Prokaryoten .....	92
6.2.4	Die Regulation der Transkription bei Prokaryoten .....	92
6.2.5	Das Operon-Modell .....	93
6.3	<b>Die Transkription bei Eukaryoten.</b> .....	95
6.3.1	Der Aufbau eukaryotischer Promotoren .....	95
6.3.2	Die Transkriptionsfaktoren .....	96
6.3.3	Der Ablauf der Transkription bei Eukaryoten .....	97
6.3.4	Die Prozessierung der Prä-mRNA .....	98
6.3.5	Die Regulation der Transkription bei Eukaryoten .....	105
6.4	<b>Ein Vergleich der Transkription bei Pro- und Eukaryoten</b> .....	105
	<b>Literatur</b> .....	107
7	<b>Die Translation</b> .....	109
7.1	<b>Das Ablesen der mRNA.</b> .....	110
7.1.1	Die mRNA wird in Basentriplets decodiert .....	111
7.1.2	Die Code-Sonne .....	111
7.1.3	Das Leseraster .....	112
7.2	<b>tRNAs bringen die benötigten Aminosäuren zur mRNA</b> .....	113
7.2.1	Transfer-RNAs .....	113
7.2.2	Aminoacyl-tRNA-Synthetasen beladen die tRNAs mit Aminosäuren .....	114
7.2.3	Die Bindung von tRNAs an die mRNA .....	116
7.2.4	Die Wobble-Position .....	117
7.3	<b>Ribosomen als Werkbänke der Translation</b> .....	117
7.3.1	Der Aufbau von Ribosomen – Unterschiede bei Pro- und Eukaryoten .....	118
7.4	<b>Der Ablauf der Translation</b> .....	120
7.4.1	Die Initiation: Start der Translation .....	120
7.4.2	Die Elongation: Aminosäuren werden zu einer Polypeptidkette verknüpft .....	125
7.4.3	Die Termination: Stoppcodons und <i>Release</i> -Faktoren .....	129
7.5	<b>Vom Leben und Sterben der Proteine.</b> .....	130
	<b>Literatur</b> .....	133
8	<b>Die Regulation der Genexpression</b> .....	135
8.1	<b>Die Genregulation bei Prokaryoten.</b> .....	136
8.1.1	Die Regulation dauerhaft aktiver und induzierbarer Gene .....	138
8.1.2	Das Operon-Modell am Beispiel des Laktose-Operons .....	138
8.1.3	Der Attenuationsmechanismus des Tryptophan-Operons .....	141
8.1.4	Weitere Mechanismen der Genregulation: <i>Untranslated regions</i> und kleine RNAs .....	142

8.2	<b>Die Genregulation bei Eukaryoten</b> .....	146
8.2.1	Die transkriptionelle Regulation .....	146
8.2.2	Die Regulation auf der Ebene der Prä-mRNA: die alternative Prozessierung .....	154
8.2.3	Lange nichtcodierende eukaryotische RNAs .....	164
8.2.4	Kleine nichtcodierende eukaryotische RNAs: RNA-Interferenz .....	166
8.3	<b>Signalkaskaden, Netzwerke und Zellkommunikation</b> .....	167
8.3.1	Die Chemotaxis und <i>Quorum Sensing</i> bei Einzellern .....	168
8.3.2	Die Entwicklung und Organisation vielzelliger Körper .....	170
	<b>Literatur</b> .....	175
9	<b>Evolution, Mutationen und Reparatur</b> .....	177
9.1	<b>Die Mechanismen der Evolution</b> .....	178
9.1.1	Die natürliche Selektion .....	179
9.1.2	Die Umwelt beeinflusst die Evolution .....	180
9.1.3	Der horizontale Gentransfer .....	182
9.1.4	Die genetischen Faktoren: Was Gene mit der natürlichen Selektion verbindet .....	184
9.2	<b>Mutationen sind die Grundlage der genetischen Veränderung</b> .....	186
9.2.1	Die induzierten Mutationen .....	188
9.2.2	Die Genommutationen .....	191
9.2.3	Die Chromosomenmutationen .....	196
9.2.4	Genmutationen .....	203
9.2.5	Mutationen und ihr Phänotyp .....	207
9.2.6	Mutationen in somatischen Zellen und in Keimbahnzellen .....	208
9.3	<b>Die Reparaturmechanismen von Zellen</b> .....	208
9.3.1	Die direkte Einzelstrangreparatur .....	209
9.3.2	Die Doppelstrangbruchreparatur .....	212
9.4	<b>Künstliche Mutagenese</b> .....	214
	<b>Literatur</b> .....	216
10	<b>Die Klassische Genetik</b> .....	219
10.1	<b>Die Erb(s)en Mendels</b> .....	220
10.2	<b>Die Mendel'sche Genetik</b> .....	221
10.2.1	Die 1. und 2. Mendel'sche Regel: der monohybride Erbgang .....	221
10.2.2	Das Punnet-Quadrat – und wie man eins macht .....	224
10.2.3	Die 3. Mendel'sche Regel: der dihybride Erbgang .....	225
10.3	<b>Ausnahmen von Mendels Regeln – oder schlicht die etwas realere Welt</b> .....	227
10.3.1	Der intermediäre Erbgang oder das Prinzip der unvollständigen Dominanz .....	227
10.3.2	Die Penetranz und die Expressivität .....	229
10.3.3	Die Epistasie .....	230
10.3.4	Die Polygenie und die Pleiotropie .....	232
10.3.5	Die Kodominanz und die Blutgruppen .....	232
10.3.6	Verschiedene Alleltypen .....	233
10.4	<b>Stammbaumanalysen und die verschiedenen Erbgänge</b> .....	234
10.4.1	Einige Tipps und Tricks .....	235
10.4.2	Bekanntere Beispiele für Erbkrankheiten .....	238
10.5	<b>Die Populationsgenetik</b> .....	241
10.5.1	Das Hardy-Weinberg-Gleichgewicht .....	241
10.5.2	Von der Gendrift .....	243
	<b>Literatur</b> .....	246
11	<b>Die Bakterien- und Phagengenetik</b> .....	247
11.1	<b>Das bakterielle Genom</b> .....	248
11.1.1	Plasmide – extrachromosomale Elemente .....	248
11.1.2	Die Konjugation .....	252
11.1.3	Die Transformation .....	254
11.1.4	Die Transduktion .....	256

11.2	<b>Die Genetik von Bakteriophagen</b> .....	257
11.2.1	Das Vermehrungsprinzip von Phagen .....	258
11.2.2	Der Aufbau eines Bakteriophagen .....	259
11.2.3	Die Mutation, Komplementation und Rekombination bei Bakteriophagen .....	260
	<b>Literatur</b> .....	265
12	<b>Molekularbiologische Methoden im Labor</b> .....	267
12.1	<b>Die Klonierung von DNA</b> .....	268
12.1.1	Die Vektoren .....	268
12.1.2	Von Plasmiden .....	269
12.1.3	Die Restriktionsenzyme .....	271
12.1.4	Die DNA-Ligation durch DNA-Ligasen .....	274
12.1.5	Die Identifikation klonierter DNA .....	274
12.2	<b>Die Polymerasekettenreaktion</b> .....	277
12.2.1	Das Prinzip der PCR .....	277
12.2.2	Das Protokoll einer Standard-PCR .....	279
12.2.3	Der Anwendungsbereich der PCR .....	280
12.3	<b>Die Reverse-Transkriptase-Polymerasekettenreaktion</b> .....	280
12.3.1	Die quantitative Reverse Transkriptase-PCR .....	281
12.4	<b>Die Synthese von Oligonukleotiden</b> .....	282
12.5	<b>Die Konstruktion von DNA-Bibliotheken</b> .....	283
12.5.1	Das Anlegen einer genomischen DNA-Bank .....	284
12.5.2	Von cDNA-Bibliotheken .....	284
12.6	<b>Die Agarosegelelektrophorese</b> .....	285
12.6.1	Die Durchführung der Agarosegelelektrophorese .....	285
12.7	<b>Die Sequenzierung von DNA</b> .....	287
12.7.1	Das Prinzip der Sanger-Sequenzierung .....	288
12.7.2	Das <i>Next Generation Sequencing</i> .....	291
12.8	<b>Transfersysteme für Nukleinsäuren</b> .....	294
12.8.1	Der Transfer von DNA – der <i>Southern Blot</i> .....	294
12.8.2	Der Transfer von RNA – der <i>Northern Blot</i> .....	295
12.9	<b>In-situ-Hybridisierung</b> .....	296
	<b>Weiterführende Literatur</b> .....	298
13	<b>Die Epigenetik</b> .....	299
13.1	<b>Die Rolle der Epigenetik in der Genexpression</b> .....	301
13.1.1	Epigenetik und Stammzellen .....	301
13.2	<b>Die Werkzeuge der Epigenetik</b> .....	302
13.2.1	Methylierung von DNA .....	303
13.2.2	Modifizierung von Histonen .....	305
13.2.3	RNA-Interferenz .....	308
13.3	<b>Umwelteinfluss und Vererbung der Epigenetik</b> .....	312
13.3.1	Einfluss der Umwelt auf den epigenetischen Code .....	312
13.3.2	Imprinting .....	315
13.4	<b>Weitere Beispiele und Bedeutung der Epigenetik</b> .....	318
13.4.1	Abwehr viraler DNA/RNA .....	318
13.4.2	Aufrechterhaltung der Chromosomenstruktur .....	319
13.4.3	Einfluss auf DNA-Reparatur-Mechanismen .....	320
13.4.4	Epigenetik und Krebs .....	321
13.4.5	Dosiskompensation: X-Chromosom-Inaktivierung .....	323
	<b>Literatur</b> .....	327
14	<b>Genetik in der Kontroverse: Gentechnik, Biotechnologie und Ethik</b> .....	329
14.1	<b>Die Öffentlichkeit – eine Bestandsaufnahme</b> .....	330
14.1.1	Die Genetik in den Medien .....	330

14.2	<b>Ein Überblick über die Anwendungen der Genetik</b> .....	331
14.2.1	Die Methoden der Gentechnik: von der Mutagenese zum <i>genome-editing</i> .....	332
14.2.2	Die Gentechnik in der Biotechnologie .....	334
14.2.3	Weitere Genetik-basierte Verfahren .....	340
14.3	<b>Die Genetik und die (Gen)-Ethik</b> .....	344
14.3.1	Das Problem mit dem Klonen .....	345
14.3.2	Ethische Bedenken bei genetischen Analyseverfahren .....	345
14.3.3	Ethische Bedenken an der Gentechnik .....	346
14.4	<b>Schlusswort – Die Zukunft der Genetik</b> .....	351
	<b>Literatur</b> .....	353
	<b>Serviceteil</b>	
	Glossar .....	356
	Stichwortverzeichnis .....	375