

Inhaltsverzeichnis

1	Eine Einführung in die Genetik	1
2	Die chemischen Grundlagen	5
2.1	Was ist DNA?	6
2.1.1	Bausteine der DNA	6
2.1.2	Struktur der DNA und ihre Entdeckung	9
2.2	Was ist RNA?	11
2.2.1	Unterschiede zur DNA	12
2.2.2	Funktionen der RNA	12
2.3	Proteine	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
	Literatur	17
3	Das Genom	19
3.1	Die Zelle – Grundlage des Lebens	20
3.1.1	Die Zellbiologie der Eukaryoten	21
3.1.2	Die Zellbiologie der Prokaryoten	22
3.2	Die grundlegende Struktur eines Genoms	22
3.2.1	Das Ploidie-Level	23
3.2.2	Die Domänen des Lebens und ihre Genome	25
3.3	Von Genomriesen und -zwerge n	29
3.3.1	Das C-Wert-Paradoxon	31
3.3.2	Vor- und Nachteile großer Genome	33
3.4	Der Aufbau und die Organisation eukaryotischer Genome (am Beispiel Mensch)	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	Prokaryotische Genome im Vergleich	39
3.6	Die Morphologie und der Aufbau von Chromosomen	40
3.6.1	Eukaryotische Chromosomen	40
3.6.2	Prokaryotische Chromosomen	44
3.6.3	Besondere Chromosomen	45
3.7	Grundstruktur von Genen – Was ist ein Gen überhaupt?	47
3.7.1	Prokaryotische Gene	47
3.7.2	Eukaryotische Gene	49
3.8	Genome sind dynamisch und entsprechen nicht dem Proteom	50
	Literatur	54
4	Der Zellzyklus	55
4.1	Die Abschnitte des Zellzyklus	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	Die Zellzykluskontrolle	65
4.2.1	Zykline und Zyklin-abhängige Kinasen	65
4.3	Die Rekombination durch Crossing-over	67
	Literatur	69

5	Die Replikation	71
5.1	Die Theorien zum Mechanismus der DNA-Replikation	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	Der Ablauf der DNA-Replikation	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 (θ)-Replikation	80
5.2.4	Die <i>Rolling circle</i> /Sigma (σ)-Replikation	82
	Weiterführende Literatur	84
6	Die Transkription	85
6.1	Orientierung und wichtige Begriffe der Transkription	86
6.2	Die Transkription bei Prokaryoten	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	Die Transkription bei Eukaryoten	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	Ein Vergleich der Transkription bei Pro- und Eukaryoten	105
	Literatur	107
7	Die Translation	109
7.1	Das Ablesen der mRNA	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	tRNAs bringen die benötigten Aminosäuren zur mRNA	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	Ribosomen als Werkbänke der Translation	117
7.3.1	Der Aufbau von Ribosomen – Unterschiede bei Pro- und Eukaryoten	118
7.4	Der Ablauf der Translation	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	Vom Leben und Sterben der Proteine	130
	Literatur	133
8	Die Regulation der Genexpression	135
8.1	Die Genregulation bei Prokaryoten	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	Die Genregulation bei Eukaryoten	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	Signalkaskaden, Netzwerke und Zellkommunikation	167
8.3.1	Die Chemotaxis und <i>Quorum Sensing</i> bei Einzellern	168
8.3.2	Die Entwicklung und Organisation vielzelliger Körper	170
	Literatur	175
9	Evolution, Mutationen und Reparatur	177
9.1	Die Mechanismen der Evolution	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	Mutationen sind die Grundlage der genetischen Veränderung	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	Die Reparaturmechanismen von Zellen	208
9.3.1	Die direkte Einzelstrangreparatur	209
9.3.2	Die Doppelstrangbruchreparatur	212
9.4	Künstliche Mutagenese	214
	Literatur	216
10	Die Klassische Genetik	219
10.1	Die Erb(s)en Mendels	220
10.2	Die Mendel'sche Genetik	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	Ausnahmen von Mendels Regeln – oder schlicht die etwas realere Welt	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	Stammbaumanalysen und die verschiedenen Erbgänge	234
10.4.1	Einige Tipps und Tricks	235
10.4.2	Bekannte Beispiele für Erbkrankheiten	238
10.5	Die Populationsgenetik	241
10.5.1	Das Hardy-Weinberg-Gleichgewicht	241
10.5.2	Von der Gendrift	243
	Literatur	246
11	Die Bakterien- und Phagengenetik	247
11.1	Das bakterielle Genom	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	Die Genetik von Bakteriophagen	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
	Literatur	265
12	Molekularbiologische Methoden im Labor	267
12.1	Die Klonierung von DNA	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	Die Polymerasekettenreaktion	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	Die Reverse-Transkriptase-Polymerasekettenreaktion	280
12.3.1	Die quantitative Reverse Transkriptase-PCR	281
12.4	Die Synthese von Oligonukleotiden	282
12.5	Die Konstruktion von DNA-Bibliotheken	283
12.5.1	Das Anlegen einer genomischen DNA-Bank	284
12.5.2	Von cDNA-Bibliotheken	284
12.6	Die Agarosegelelektrophorese	285
12.6.1	Die Durchführung der Agarosegelelektrophorese	285
12.7	Die Sequenzierung von DNA	287
12.7.1	Das Prinzip der Sanger-Sequenzierung	288
12.7.2	Das <i>Next Generation Sequencing</i>	291
12.8	Transfersysteme für Nukleinsäuren	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	In-situ-Hybridisierung	296
	Weiterführende Literatur	298
13	Die Epigenetik	299
13.1	Die Rolle der Epigenetik in der Genexpression	301
13.1.1	Epigenetik und Stammzellen	301
13.2	Die Werkzeuge der Epigenetik	302
13.2.1	Methylierung von DNA	303
13.2.2	Modifizierung von Histonen	305
13.2.3	RNA-Interferenz	308
13.3	Umwelteinfluss und Vererbung der Epigenetik	312
13.3.1	Einfluss der Umwelt auf den epigenetischen Code	312
13.3.2	Imprinting	315
13.4	Weitere Beispiele und Bedeutung der Epigenetik	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
	Literatur	327
14	Genetik in der Kontroverse: Gentechnik, Biotechnologie und Ethik	329
14.1	Die Öffentlichkeit – eine Bestandsaufnahme	330
14.1.1	Die Genetik in den Medien	330

14.2 **Ein Überblick über die Anwendungen der Genetik** 331

14.2.1 Die Methoden der Gentechnik: von der Mutagenese zum *genome-editing* 332

14.2.2 Die Gentechnik in der Biotechnologie 334

14.2.3 Weitere Genetik-basierte Verfahren 340

14.3 **Die Genetik und die (Gen)-Ethik** 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 **Schlusswort – Die Zukunft der Genetik** 351

Literatur 353

Serviceteil

 Glossar 356

 Stichwortverzeichnis 375