

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Entwicklung und Reproduktion: Wesenszüge des Lebendigen</b>	
1.1	Entwicklung als Selbstkonstruktion . . . . .	1
<b>Box K1 Von der Seele zur Information: Geschichte der Entwicklungsbiologie . . . . .</b>		
		<b>4</b>
1.2	Reproduktion: Sex versus natürliches Klonen . . . . .	15
	Zusammenfassung des Kapitels 1 . . . . .	24
<b>2</b>	<b>Etappen und Prinzipien der Entwicklung</b>	
2.1	Etappen der Entwicklung, Fachausdrücke, Prinzipien . . . . .	27
2.2	Allgemeine Prinzipien in Kurzfassung . . . . .	36
	Zusammenfassung des Kapitels 2 . . . . .	39
	Anhang: allgemeine Regeln zur Schreibweise . . . . .	40
<b>3</b>	<b>Entwicklung bedeutsamer Modellorganismen I: Wirbellose</b>	
3.1	Der Seeigel-Keim: Modell für tierische Entwicklung schlechthin und Objekt historisch bedeutsamer Experimente . . . . .	41
3.2	<i>Dictyostelium discoideum</i> : Wechsel von Zuständen . . . . .	52
3.3	<i>Hydra</i> : der unsterbliche Süßwasserpolymp . . . . .	56
3.4	<i>Caenorhabditis elegans</i> : ein Beispiel für invariante Zellstammbäume . . . . .	64
3.5	Spiralier: ein in der Natur oft benutztes Furchungsmuster . . . . .	70
3.6	<i>Drosophila melanogaster</i> : Referenzorganismus der genetischen und molekularbiologischen Entwicklungsbiologie . . . . .	72

3.7	Tunikaten: „Mosaikentwicklung“ im Stamm der Chordaten? .....	102
	Zusammenfassung des Kapitels 3 .....	105
<b>4</b>	<b>Entwicklung bedeutsamer Modellorganismen II: Wirbeltiere</b>	
4.1	<i>Xenopus</i> : Referenzmodell der Wirbeltierentwicklung .....	107
4.2	Ein neuer Liebling der Entwicklungsgenetiker: der Zebrafisch <i>Danio rerio</i> .....	137
4.3	Hühnchen, Wachtel und Chimären von beiden .....	143
4.4	Die Maus: Stellvertreter für den Menschen .....	148
	Zusammenfassung des Kapitels 4 .....	156
<b>5</b>	<b>Anwendungsorientierte Experimente an Frühkeimen der Wirbeltiere: Klonen, Chimären, Teratome, transgene Tiere</b>	
5.1	Klonen: die Herstellung genetisch identischer Kopien .....	159
5.2	Versuche mit Chimären und Teratomen – und was solche Versuche (nicht) bringen .....	168
5.3	Genetische Manipulationen an Mausembryonen: k.o.-Mutanten und transgene Tiere .....	170
	Zusammenfassung des Kapitels 5 .....	175
<b>6</b>	<b>Die Embryonalentwicklung des Menschen</b>	
6.1	Der Mensch und Modellorganismen .....	177
6.2	Von den Urkeimzellen bis zur Befruchtung .....	178
6.3	Von der Befruchtung bis zum phylotypischen Stadium ....	182
	<b>Box K6A Verantwortung gegenüber dem werdenden Kind .....</b>	<b>183</b>
	<b>Box K6B Einige neue Aspekte der Reproduktionsmedizin des Menschen .....</b>	<b>194</b>
	<b>Box K6C Gesetzliche Regelungen in Deutschland .....</b>	<b>197</b>
6.4	Schnittstelle Mutter/Kind: die Plazenta .....	190
	Zusammenfassung des Kapitels 6 .....	199

<b>7</b>	<b>Ein vergleichender Rückblick: Gemeinsames, Trennendes, Aspekte der Evolution</b>	
7.1	Die phylotypische Periode der Wirbeltiere . . . . .	201
7.2	Das „biogenetische Grundgesetz“ . . . . .	210
7.3	Konservative Wege versus Neuerungen in der Entwicklung der Wirbeltiere . . . . .	211
7.4	Konservative Wege versus Neuerungen in der Entwicklung von Wirbellosen . . . . .	219
7.5	Homologe, orthologe und paraloge Organe und Gene . . . . .	224
	Zusammenfassung des Kapitels 7 . . . . .	226
<b>8</b>	<b>Gametogenese: das Herstellen von Ei und Spermium und deren Ausstattung mit einer Mitgift</b>	
8.1	Keimbahn und Urkeimzellen . . . . .	229
8.2	Die Oogenese: Herstellung und Bevorratung der Eizelle . . .	234
8.3	Die Spermatogenese: das Herstellen von Spermien . . . . .	240
8.4	Weitere Mitgift: maternale und paternale Prägung . . . . .	243
8.5	Genetische Konsequenzen der Soma-Keimbahn-Trennung . .	244
	Zusammenfassung des Kapitels 8 . . . . .	244
<b>9</b>	<b>Der Start: Befruchtung und Aktivierung des Eies</b>	
9.1	Die Befruchtung . . . . .	247
9.2	Aktivierung des Eies . . . . .	252
9.3	Selbstbefruchtung und Parthenogenese . . . . .	255
	<b>Box K9 Geboren von einer Jungfrau?</b> . . . . .	<b>258</b>
	Zusammenfassung des Kapitels 9 . . . . .	260
<b>10</b>	<b>Furchung und MPF-Oszillator</b>	
10.1	Das zeitliche Muster der Furchungsteilungen, MPF . . . . .	261
10.2	Zum räumlichen Muster der Zellteilungen . . . . .	264
	Zusammenfassung des Kapitels 10 . . . . .	265

<b>11</b>	<b>Frühe Determinationsereignisse: Spezifikation der Körperachsen und das Starten ortsgerechter Entwicklungsprogramme</b>	
11.1	Das Problem: ortsgerechte Entwicklung bei genomischer Äquivalenz .....	267
11.2	Festlegung der Raumkoordinaten .....	270
11.3	Determination als Prozess alternativer Entscheidungen und der Aufspaltung von Entwicklungswegen .....	275
11.4	Progression, Stabilität und Heredität der Determination ...	278
	Zusammenfassung des Kapitels 11 .....	281
<b>12</b>	<b>Positionsinformation, Musterbildung und embryonale Induktion</b>	
12.1	Positionsinformation und epigenetische Erzeugung neuer Muster .....	283
12.2	Musterbildung durch Signalaustausch zwischen direkten Nachbarn: laterale Inhibition und laterale Hilfe .....	287
12.3	Embryonale Induktion .....	292
12.4	Induktion von Köpfen und Rümpfen im Wirbeltierembryo mit transplantiertem Organisatorgewebe .....	293
12.5	Proteine als Induktionsfaktoren .....	296
12.6	Das Herz am rechten Fleck: links-rechts-Asymmetrien ...	305
12.7	Morphogene, morphogenetische Felder und Gradiententheorie .....	307
12.8	Modellfelder: die Knospen für Vogelflügel und Mäusebein .	313
<b>Box K12 Modelle zur biologischen Musterbildung .....</b>		<b>319</b>
12.9	Musterkontrolle und Positionsgedächtnis bei <i>Hydra</i> .....	325
12.10	Musterkorrektur durch Interkalation .....	330
12.11	Periodische Muster .....	333
	Zusammenfassung des Kapitels 12 .....	336

<b>13</b>	<b>Entwicklung und Gene</b>	
<b>Box K13 Genetische und molekularbiologische Methoden der Entwicklungsbiologie . . . . . 340</b>		
13.1	Differentielle Genexpression als Basis der Differenzierung .	356
13.2	Gene zur Programmierung von Zelltypen . . . . .	359
13.3	Gene zur Spezifikation von Körperregionen und Organen ..	363
13.4	Entwicklungssteuernde Gene und Transkriptionskontrolle: ein Resumee . . . . .	372
13.5	Das epigenetische zelluläre Gedächtnis . . . . .	376
	Zusammenfassung des Kapitels 13 . . . . .	382
<b>14</b>	<b>Irreversible Veränderungen und programmierter Zelltod</b>	
14.1	Reversible und irreversible Differenzierungszustände . . . . .	385
14.2	Verlust der vollständigen Verfügbarkeit genetischer Information . . . . .	386
14.3	Apoptose: der programmierte Zelltod . . . . .	389
	Zusammenfassung des Kapitels 14 . . . . .	391
<b>15</b>	<b>Gestaltbildung durch Zellbewegung und differentielle Zelladhäsion</b>	
15.1	Aktive Zellbewegung und Ortsveränderung . . . . .	393
15.2	Faltung, Invagination und konvergente Extension von epithelialen Zellverbänden . . . . .	395
15.3	Zelladhäsionsmoleküle und Zellerkennung . . . . .	398
	Zusammenfassung des Kapitels 15 . . . . .	401
<b>16</b>	<b>Zellen auf Wanderschaft</b>	
16.1	Urkeimzellen und Blutzellen . . . . .	403
16.2	Neuralleisten-Abkömmlinge . . . . .	405
	Zusammenfassung des Kapitels 16 . . . . .	408

<b>17</b>	<b>Zur Entwicklung des Nervensystems: wandernde Zellen, Zielfindung und Selbstorganisation bei der Synapsenbildung</b>	
17.1	Ursprung und Gliederung des Nervensystems . . . . .	409
17.2	Positionsabhängige genetische Programmierung der neuronalen Zellen . . . . .	418
17.3	Das wachsende ZNS: eigenartige Produktion und Migration der sekundären Neuroblasten . . . . .	422
17.4	Das periphere Nervensystem und Zellmigration über weite Strecken . . . . .	427
17.5	Navigation der Nervenfortsätze und Vernetzung der Nervenzellen . . . . .	430
17.6	Hinaus in die Peripherie: Innervation der Muskulatur . . . .	435
17.7	Retinotaktale Projektion: die Verkabelung des Auges mit dem Gehirn . . . . .	438
17.8	Plastizität: Korrekturen, Ausbau, Reserven . . . . .	444
	Zusammenfassung des Kapitels 17 . . . . .	446
<b>18</b>	<b>Herz und Blutgefäße</b>	
18.1	Vom scheinbaren Chaos zur Ordnung . . . . .	449
18.2	Das Herz . . . . .	450
18.3	Blutgefäße: Vasculogenese und Angiogenese . . . . .	454
18.4	Anpassung des Kreislaufs vor und nach der Geburt . . . . .	457
	Zusammenfassung des Kapitels 18 . . . . .	461
<b>19</b>	<b>Stammzellen</b>	
19.1	Stammzellen: Reservoir für Wachstum und Erneuerung . . .	463
19.2	Unipotente und pluripotente Stammzellen . . . . .	464
19.3	Die hämatopoietischen (blutbildenden) Stammzellen . . . . .	466
19.4	Medizinisches: Stammzellen für Gewebeersatz und „therapeutisches Klonen“ . . . . .	471
	Zusammenfassung des Kapitels 19 . . . . .	475

<b>20</b>	<b>Signalsubstanzen und Signaltransduktion</b>	
20.1	Morphogene, Induktoren, Wachstumsfaktoren	477
<b>Box K20 Wie Zellen miteinander kommunizieren und interagieren</b> ..... 478		
20.2	Hormone	488
20.3	Signaltransduktion und Steuerung der Genaktivität	491
	Zusammenfassung des Kapitels 20	496
<b>21</b>	<b>Wachstumskontrolle und Krebs</b>	
21.1	Wachstumskontrolle	499
21.2	Krebs: Wesenszüge, Vorkommen, Begriffe	500
21.3	Besondere Eigenschaften von Krebszellen und Tumoren	502
21.4	Ursachen einer Cancerogenese	504
	Zusammenfassung des Kapitels 21	510
<b>22</b>	<b>Metamorphose und ihre hormonale Steuerung</b>	
22.1	Metamorphose: ein zweiter Phänotyp aus einer „zweiten Embryogenese“	511
22.2	Hormonale Steuerung der Metamorphose	516
22.3	Auslösung der Metamorphose	520
	Zusammenfassung des Kapitels 22	523
<b>23</b>	<b>Determination und Entwicklung des Geschlechts</b>	
23.1	Geschlechtsbestimmung	525
23.2	Die Sexualentwicklung bei Säugern und dem Menschen	530
<b>Box K23 Störungen der Sexualentwicklung beim Menschen und mögliche Ursachen</b> ..... 539		
	Zusammenfassung des Kapitels 23	544

<b>24</b>	<b>Erneuerung und Regeneration</b>	
24.1	Die stetige Grunderneuerung des Organismus . . . . .	545
24.2	Reparative Regeneration und Rekonstitution . . . . .	546
24.3	Fallbeispiel <i>Hydra und andere Wirbellose</i> . . . . .	548
24.4	Regeneration und Transdifferenzierung bei Wirbeltieren . . .	553
	Zusammenfassung des Kapitels 24 . . . . .	558
<b>25</b>	<b>Unsterblichkeit oder Altern und Tod: Was will die Natur?</b>	
25.1	Möglichkeit und Unmöglichkeit einer Immortalität . . . . .	561
25.2	Der Tod als genetisch vorprogrammiertes Ereignis . . . . .	563
	Zusammenfassung des Kapitels 25 . . . . .	567
	<b>Literatur</b> . . . . .	569
	<b>Glossar</b> . . . . .	627
	Abkürzungen, die den Charakter von Fachausdrücken tragen . . . . .	627
	Fachausdrücke der Entwicklungsbiologie . . . . .	631
	Deutsch-Englisch . . . . .	631
	Englisch-Deutsch . . . . .	646
	<b>Sach- und Namensverzeichnis</b> . . . . .	649