

Werner A. Müller · Monika Hassel

# Entwicklungsbiologie und Reproduktionsbiologie von Mensch und Tieren

Ein einführendes Lehrbuch



4., vollständig überarbeitete Auflage

Mit 240 meist zweifarbigen Abbildungen  
und 1 Farbtafel

Universitäts- und Landes-  
bibliothek Darmstadt  
Bibliothek Biologie

 Springer

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Entwicklung und Reproduktion: Wesenszüge des Lebendigen</b>	<b>1</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>	<b>27</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>	<b>41</b>
3.1	Der Seeigel-Keim: Basismodell für tierische Entwicklung und Objekt historisch bedeutsamer Experimente .....	41
3.2	<i>Dictyostelium discoideum</i> : Wechsel von Zuständen .....	53
3.3	<i>Hydra</i> : der unsterbliche Süßwasserpolyt .....	58
3.4	<i>Caenorhabditis elegans</i> : ein Beispiel für invariante Zellstammbäume .....	69
3.5	Spiralier: ein in der Natur oft benutztes Furchungsmuster .	75
3.6	<i>Drosophila melanogaster</i> : Referenzorganismus der geneti- schen und molekularbiologischen Entwicklungsbiologie ...	79

3.7	Tunikaten: „Mosaikentwicklung“ im Stamm der Chordaten? .....	109
	Zusammenfassung des Kapitels 3 .....	112
<b>4</b>	<b>Entwicklung bedeutsamer Modellorganismen II: Wirbeltiere</b> ■■■	
4.1	<i>Xenopus</i> : Referenzmodell der Wirbeltierentwicklung .....	115
4.2	Ein neuer Liebling der Entwicklungsgenetiker: der Zebrafisch <i>Danio rerio</i> .....	147
4.3	Hühnchen, Wachtel und Chimären von beiden .....	153
4.4	Die Maus: Stellvertreter für den Menschen .....	160
	Zusammenfassung des Kapitels 4 .....	168
<b>5</b>	<b>Anwendungsorientierte Experimente an Frühkeimen</b> ■■■ <b>der Wirbeltiere: Klonen, Chimären, Teratome, transgene Tiere</b>	
5.1	Klonen: die Herstellung genetisch identischer Kopien .....	171
5.2	Versuche mit Chimären und Teratomen – und was solche Versuche (nicht) bringen .....	181
5.3	Genetische Manipulationen an Mausembryonen: k.o.-Mutanten und transgene Tiere .....	183
	Zusammenfassung des Kapitels 5 .....	188
<b>6</b>	<b>Die Embryonalentwicklung des Menschen</b> ■■■	
6.1	Der Mensch und Modellorganismen .....	189
6.2	Von den Urkeimzellen bis zur Befruchtung .....	190
6.3	Von der Befruchtung bis zum phylotypischen Stadium ....	198
6.4	Schnittstelle Mutter/Kind: die Plazenta .....	210
6.5	Hormonale Beziehungen zwischen Kind und Mutter .....	216
	<b>Box K 6A1 Verantwortung gegenüber dem werdenden Kind</b> .....	195
	<b>Box K 6A2 Pränataldiagnostik: Möglichkeiten und Konflikte</b> .....	199
	<b>Box K 6B Einige neue Aspekte der Reproduktionsmedizin</b> <b>des Menschen</b> .....	216
	<b>Box K 6C Gesetzliche Regelungen in Deutschland</b> .....	218
	Zusammenfassung des Kapitels 6 .....	225

<b>7</b>	<b>Ein vergleichender Rückblick: Gemeinsames, Trennendes, Aspekte der Evolution</b>	
7.1	Die phylotypische Periode der Wirbeltiere .....	227
7.2	Das „biogenetische Grundgesetz“ .....	236
7.3	Konservative Wege versus Neuerungen in der Entwicklung der Wirbeltiere .....	237
7.4	Konservative Wege versus Neuerungen in der Entwicklung von Wirbellosen .....	245
7.5	Homologe, orthologe und paraloge Organe und Gene .....	251
7.6	Evo-Devo: Evolution of Development .....	253
	Zusammenfassung des Kapitels 7 .....	260
<b>8</b>	<b>Gametogenese: das Herstellen von Ei und Spermium und deren Ausstattung mit einer Mitgift</b>	
8.1	Keimbahn und Urkeimzellen .....	263
8.2	Die Oogenese: Herstellung und Bevorratung der Eizelle ...	269
8.3	Die Spermatogenese: das Herstellen von Spermien .....	275
8.4	Weitere Mitgift: maternale und paternale Prägung .....	277
8.5	Genetische Konsequenzen der Soma-Keimbahn-Trennung ..	279
	Zusammenfassung des Kapitels 8 .....	279
<b>9</b>	<b>Der Start: Befruchtung und Aktivierung des Eies</b>	
9.1	Die Befruchtung .....	281
9.2	Aktivierung des Eies .....	286
9.3	Selbstbefruchtung und Parthenogenese .....	289
<b>Box K9 Geboren aus einer Jungfrau?</b> .....		<b>292</b>
	Zusammenfassung des Kapitels 9 .....	295
<b>10</b>	<b>Furchung und MPF-Oszillator</b>	
10.1	Das zeitliche Muster der Furchungsteilungen .....	297
10.2	Zum räumlichen Muster der Zellteilungen .....	300
	Zusammenfassung des Kapitels 10 .....	301



<b>13</b>	<b>Entwicklung und Gene</b>	
<b>Box K13 Genetische und molekularbiologische Methoden der Entwicklungsbiologie . . . . . 380</b>		
13.1	Differentielle Genexpression als Basis der Differenzierung .	402
13.2	Gene zur Programmierung von Zelltypen . . . . .	406
13.3	Gene zur Spezifikation von Körperregionen und Organen ..	409
13.4	Entwicklungssteuernde Gene und Transkriptionskontrolle: ein Resumé . . . . .	420
13.5	Das epigenetische zelluläre Gedächtnis . . . . .	424
	Zusammenfassung des Kapitels 13 . . . . .	431
<b>14</b>	<b>Irreversible Veränderungen und programmierter Zelltod</b>	
14.1	Reversible und irreversible Differenzierungszustände . . . . .	435
14.2	Verlust der vollständigen Verfügbarkeit genetischer Information . . . . .	436
14.3	Apoptose: der programmierte Zelltod . . . . .	439
	Zusammenfassung des Kapitels 14 . . . . .	442
<b>15</b>	<b>Gestaltbildung durch Zellbewegung und differentielle Zelladhäsion</b>	
15.1	Aktive Zellbewegung und Ortsveränderung . . . . .	443
15.2	Faltung, Invagination und konvergente Extension von epithelialen Zellverbänden . . . . .	445
15.3	Zelladhäsionsmoleküle und Zellerkennung . . . . .	448
	Zusammenfassung des Kapitels 15 . . . . .	451
<b>16</b>	<b>Zellen auf Wanderschaft</b>	
16.1	Urkeimzellen und Blutzellen . . . . .	453
16.2	Neuraleisten-Abkömmlinge . . . . .	455
	Zusammenfassung des Kapitels 16 . . . . .	460

<b>17</b>	<b>Zur Entwicklung des Nervensystems: wandernde Zellen, Zielfindung und Selbstorganisation bei der Synapsenbildung</b>	
17.1	Ursprung und Gliederung des Nervensystems .....	461
17.2	Positionsabhängige genetische Programmierung der neuronalen Zellen .....	470
17.3	Das wachsende ZNS: eigenartige Produktion und Migration der sekundären Neuroblasten .....	474
17.4	Das periphere Nervensystem und Zellmigration über weite Strecken .....	480
17.5	Navigation der Nervenfortsätze und Vernetzung der Nervenzellen .....	483
17.6	Hinaus in die Peripherie: Innervation der Muskulatur ....	488
17.7	Wegfindung der Axone vom Auge und den Riechzellen ins Gehirn .....	491
17.8	Plastizität: Korrekturen, Ausbau, Reserven .....	500
	Zusammenfassung des Kapitels 17 .....	502
<b>18</b>	<b>Herz und Blutgefäße</b>	
18.1	Vom scheinbaren Chaos zur Ordnung .....	505
18.2	Das Herz .....	506
18.3	Blutgefäße: Vasculogenese und Angiogenese .....	510
18.4	Anpassung des Kreislaufs vor und nach der Geburt .....	513
	Zusammenfassung des Kapitels 18 .....	517
<b>19</b>	<b>Stammzellen</b>	
19.1	Stammzellen: Reservoir für Wachstum und Erneuerung ...	519
19.2	Unipotente und pluripotente Stammzellen .....	521
19.3	Die hämatopoietischen (blutbildenden) Stammzellen .....	522
19.4	Medizinisches: Stammzellen für Gewebeersatz und „therapeutisches Klonen“ .....	529
	Zusammenfassung des Kapitels 19 .....	535

<b>20</b>	<b>Signalsubstanzen und Signaltransduktion</b>										
20.1	Morphogene, Induktoren, Wachstumsfaktoren, Chemokine .	537									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>Box K20</b></td> <td><b>Wie Zellen miteinander kommunizieren und interagieren</b> . . . . .</td> <td style="text-align: right;"><b>538</b></td> </tr> </table>			<b>Box K20</b>	<b>Wie Zellen miteinander kommunizieren und interagieren</b> . . . . .	<b>538</b>						
<b>Box K20</b>	<b>Wie Zellen miteinander kommunizieren und interagieren</b> . . . . .	<b>538</b>									
20.2	Hormone . . . . .	554									
20.3	Signaltransduktion und Steuerung der Genaktivität . . . . .	556									
	Zusammenfassung des Kapitels 20 . . . . .	564									
<b>21</b>	<b>Wachstumskontrolle und Krebs</b>										
21.1	Wachstumskontrolle . . . . .	567									
21.2	Krebs: Wesenszüge, Vorkommen, Begriffe . . . . .	568									
21.3	Besondere Eigenschaften von Krebszellen und Tumoren . . .	570									
21.4	Ursachen einer Cancerogenese . . . . .	572									
	Zusammenfassung des Kapitels 21 . . . . .	579									
<b>22</b>	<b>Metamorphose und ihre hormonale Steuerung</b>										
22.1	Metamorphose: ein zweiter Phänotyp aus einer „zweiten Embryogenese“ . . . . .	581									
22.2	Hormonale Steuerung der Metamorphose . . . . .	586									
22.3	Auslösung der Metamorphose . . . . .	592									
	Zusammenfassung des Kapitels 22 . . . . .	596									
<b>23</b>	<b>Determination und Entwicklung des Geschlechts</b>										
23.1	Wesen der Sexualität . . . . .	597									
23.2	Geschlechtsbestimmung . . . . .	599									
23.3	Die Sexualentwicklung bei Säugern und dem Menschen . . .	602									
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 10%;"><b>Box K23A</b></td> <td><b>Störungen der Sexualentwicklung beim Menschen und mögliche Ursachen</b> . . . . .</td> <td style="text-align: right;"><b>616</b></td> </tr> <tr> <td><b>Box K23B</b></td> <td><b>Störungen der Sexualentwicklung und Fertilität durch Hormon-ähnliche Fremdsbstanzten</b> . . . . .</td> <td style="text-align: right;"><b>621</b></td> </tr> <tr> <td><b>Box K23C</b></td> <td><b>Männer: ein aussterbendes Geschlecht?</b> . . . . .</td> <td style="text-align: right;"><b>624</b></td> </tr> </table>			<b>Box K23A</b>	<b>Störungen der Sexualentwicklung beim Menschen und mögliche Ursachen</b> . . . . .	<b>616</b>	<b>Box K23B</b>	<b>Störungen der Sexualentwicklung und Fertilität durch Hormon-ähnliche Fremdsbstanzten</b> . . . . .	<b>621</b>	<b>Box K23C</b>	<b>Männer: ein aussterbendes Geschlecht?</b> . . . . .	<b>624</b>
<b>Box K23A</b>	<b>Störungen der Sexualentwicklung beim Menschen und mögliche Ursachen</b> . . . . .	<b>616</b>									
<b>Box K23B</b>	<b>Störungen der Sexualentwicklung und Fertilität durch Hormon-ähnliche Fremdsbstanzten</b> . . . . .	<b>621</b>									
<b>Box K23C</b>	<b>Männer: ein aussterbendes Geschlecht?</b> . . . . .	<b>624</b>									
	Zusammenfassung des Kapitels 23 . . . . .	625									

<b>24</b>	<b>Erneuerung und Regeneration</b>	
24.1	Die stetige Grunderneuerung des Organismus	627
24.2	Reparative Regeneration und Rekonstitution	628
24.3	Fallbeispiel <i>Hydra</i> und andere Wirbellose	631
24.4	Regeneration und Transdifferenzierung bei Wirbeltieren	638
	Zusammenfassung des Kapitels 24	644
<b>25</b>	<b>Unsterblichkeit oder Altern und Tod: Was will die Natur?</b>	
25.1	Möglichkeit und Unmöglichkeit einer Immortalität	647
25.2	Theorien des Alterns	649
25.3	Der Tod als genetisch vorprogrammiertes Ereignis	652
	Zusammenfassung des Kapitels 25	655
	<b>Literatur</b>	657
	<b>Glossar</b>	733
	– <b>Abkürzungen, die den Charakter von Fachausdrücken tragen</b>	733
	– <b>Wichtige Genfamilien für entwicklungssteuernde Transkriptionsfaktoren</b>	735
	– <b>Adjektive, Orte und Richtungen anzeigend</b>	736
	– <b>Fachausdrücke der Entwicklungsbiologie</b>	737
	– <b>Deutsch-Englisch</b>	737
	– <b>Englisch-Deutsch</b>	752
	<b>Sach- und Namensverzeichnis</b>	755