

Inhaltsverzeichnis

1	Entwicklung und Reproduktion:	
	Wesenszüge des Lebendigen in der Übersicht	1
1.1	Entwicklung als Selbstkonstruktion	1
1.2	Reproduktion: Sex versus natürliches Klonen	10
2	Etappen und Prinzipien der Entwicklung	19
2.1	Etappen der Entwicklung in der Übersicht	19
2.2	Allgemeine Prinzipien in Kurzfassung	28
3	Der Start: Befruchtung, Aktivierung des Eies und erste Zellteilungen (Furchung)	35
3.1	Die Befruchtung	35
3.2	Aktivierung des Eies	41
3.3	Nicht-chromosomal Informationsträger	44
3.4	Erste Zellteilungen: die Furchung und der MPF-Oszillator	46
4	Entwicklung bedeutsamer Modellorganismen I: Wirbellose	53
4.1	Der Seeigel-Keim: Basismodell für tierische Entwicklung und Objekt historisch bedeutsamer Experimente	53
4.2	Ein Außenseiter: <i>Dictyostelium discoideum</i>	64
4.3	<i>Hydra</i> und weitere Cnidarier: Unsterbliche Polypen und historische Pioniermodelle der Entwicklungsbiologie	69
4.4	<i>Caenorhabditis elegans</i> : ein Beispiel für invariante Zellstammbäume	78
4.5	Spiralier: ein in der Natur oft benutztes Furchungsmuster	82
4.6	<i>Drosophila melanogaster</i> : Referenzorganismus der genetischen und molekulobiologischen Entwicklungsbiologie	84
4.7	Tunikaten: „Mosaikentwicklung“ im Stamm der Chordaten?	107
5	Entwicklung bedeutsamer Modellorganismen II: Wirbeltiere	111
5.1	<i>Xenopus</i> : Referenzmodell der Wirbeltierentwicklung	111
5.2	Zebrabärbling <i>Danio rerio</i> und der Medaka <i>Oryctias latipes</i>	133
5.3	Amnioten: Hühnchen, Wachtel und Chimären von beiden	137
5.4	Die Maus: Stellvertreter für den Menschen	142
6	Die Embryonalentwicklung des Menschen	151
6.1	Der Mensch und Modellorganismen	151
6.2	Von den Urkeimzellen bis zur Befruchtung	152
6.3	Von der Befruchtung bis zum phylotypischen Stadium	154

6.4	Schnittstelle Mutter/Kind: die Plazenta	162
6.5	Hormonale Beziehungen zwischen Kind und Mutter	166
6.6	Die Entwicklung des Menschen im Vergleich zu anderen Wirbeltieren: Gemeinsames, Trennendes, Aspekte der Evolution .	180
6.7	Konservative Wege versus Neuerungen in der Entwicklung der Wirbeltiere und des Menschen	186
7	In Vorbereitung auf neues Leben I: Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsentwicklung	195
7.1	Wesen der Sexualität	195
7.2	Geschlechtsbestimmung	196
7.3	Die frühe Sexualentwicklung bei Säugern und dem Menschen .	199
7.4	Das psychische Geschlecht und postnatale Sexualentwicklung .	208
8	In Vorbereitung auf neues Leben II: Gametogenese: Die Entstehung von Ei und Spermium und deren Ausstattung mit einer Mitgift . . .	219
8.1	Keimbahn und Urkeimzellen	219
8.2	Die Oogenese: Herstellung und Bevorratung der Eizelle	225
8.3	Die Spermatogenese: das Herstellen von Spermien	230
8.4	Weitere Mitgift: maternale und paternale Prägung	232
8.5	Genetische Konsequenzen der Soma-Keimbahn-Trennung	232
9	Positionsinformation, Musterbildung I: Spezifikation der Körperkoordinaten und erste Schicksalsbestimmung durch maternale Faktoren	235
9.1	Das Starten ortsgerechter Differenzierungsprogramme	235
9.2	Festlegung der Körperachsen	236
9.3	Frühe Determination von Zelltypen durch maternale Faktoren .	242
9.4	Autonome versus abhängige Entwicklung, asymmetrische Zellteilung versus Zell-Zell-Interaktion	243
10	Positionsinformation, Musterbildung II: Embryonale Induktion und Musterbildung durch Zell-Zell-Kommunikation	247
10.1	Positionsinformation und die Erzeugung neuer Muster	247
10.2	Musterbildung durch Signalaustausch zwischen Nachbarn über direkten Zellkontakt: laterale Inhibition und laterale Hilfe .	249
10.3	Embryonale Induktion und der Spemann-Organisator	252
10.4	Induktionskaskaden und Identifizierung der Signale	257
10.5	Musterbildung: Morphogene und Gradiententheorie	262
10.6	Das Herz am rechten Fleck: Links-rechts-Asymmetrie	267
10.7	Morphogenetische Felder	270
10.8	Modellfelder: die Knospen für Vogelflügel und Mäusebein . .	271
10.9	Musterkontrolle und Positionsgedächtnis bei Hydra	280
10.10	Musterkorrektur durch Interkalation	285
10.11	Periodische Muster	286
11	Entwicklungssteuernde Signale und Signaltransduktion	293
11.1	Signalsysteme und Mechanismen der Signalweiterleitung: ein Überblick	293

11.2	Wie Zellen miteinander kommunizieren: Signal-Transmission und Propagation	296
11.3	Signalsubstanzen und die von ihnen aktivierten Transduktionssysteme	303
11.4	Lipophile Signalsubstanzen und Steuerung der Genaktivität	315
12	Entwicklung und Gene	321
12.1	Differentielle Genexpression als Basis der Differenzierung	339
12.2	Gene zur Spezifikation von Körperregionen und Organen: <i>Hox</i> -Gene	344
12.3	Gene zur Programmierung von Augen und Zelltypen	351
12.4	Entwicklungssteuernde Gene und Transkriptionskontrolle: ein Resümee	355
12.5	Epigenetik: Reversible Veränderungen in der Zugänglichkeit von Genen	359
12.6	Irreversible Veränderung des Genoms und damit des Zelltyp-spezifischen genetischen Programms	364
13	Anwendungsorientierte Experimente an Frühkeimen der Wirbeltiere: Klonen, Chimären, Teratome, transgene Tiere	369
13.1	Klonen: die Herstellung genetisch identischer Kopien	369
13.2	Versuche mit Chimären und Teratomen – und was solche Versuche (nicht) bringen	376
13.3	Genetische Manipulationen an Embryonen: K.o.-Mutanten und transgene Tiere	378
14	Morphogenese: Gestaltbildung durch aktive Zellbewegung, differenzielle Zelladhäsion und Zelltod	385
14.1	Aktive Zellbewegung und Ortsveränderung	385
14.2	Gleitvorgänge und Zellsortierung kraft differenzieller Zelladhäsion	386
14.3	Zelladhäsionsmoleküle und Zellerkennung	388
14.4	Die Bildung verzweigter tubulärer Strukturen: Tracheen, Lungen, Blutgefäße, Nierentubuli	390
14.5	Gestaltbildung durch Entfernen von Zellen: Apoptose, der programmierte Zelltod	392
15	Fernwanderer und die vielfältigen Schicksale der ausgewanderten Neuralleistenzellen	395
15.1	Urkeimzellen und Blutzellen	395
15.2	Neuralleisten-Abkömmlinge	397
16	Das Nervensystem und zentrale Sinnesorgane	403
16.1	Vorbereitung im frühen Embryo	403
16.2	Morphologische Entwicklungsgeschichte des Nervensystems	406
16.3	Die genetische Programmierung des Zentralnervensystems	417
16.4	Direkt ans Gehirn angeschlossene Sinnesorgane des Kopfes	422
16.5	Das periphere Nervensystem und Zellmigration über weite Strecken	423
16.6	Navigation der Nervenfortsätze und Vernetzung der Nervenzellen	426

16.7	Der Anschluss des Auges und Riechepithels an das Gehirn	429
16.8	Im Rückenmark und vom Rückenmark in die Peripherie	438
16.9	Plastizität: Korrekturen, Ausbau, Reserven	440
17	Herz und Blutgefäße	445
17.1	Vom scheinbaren Chaos zur Ordnung	445
17.2	Das Herz	445
17.3	Blutgefäße: Vasculogenese und Angiogenese	447
17.4	Anpassung des Kreislaufs vor und nach der Geburt	453
18	Stammzellen, Regeneration, regenerative Medizin	457
18.1	Die stetige Grunderneuerung des Organismus; Stammzellen des Menschen	457
18.2	Die hämatopoietischen (blutbildenden) Stammzellen	462
18.3	Regenerative Medizin: Gewebe- und Organersatz aus Stammzellen	469
18.4	iPSC: Reprogrammierung differenzierter Zellen zu pluripotenten Stammzellen	475
18.5	Regeneration ganzer Körperteile und von Organen: Wirbellose und Wirbeltiere im Vergleich	479
18.6	Die zellulären Grundlagen eines hohen Regenerationsvermögens .	480
18.7	Kontrollsysteme	485
19	Wachstumskontrolle und Krebs	493
19.1	Wachstumskontrolle	493
19.2	Krebs: Wesenszüge, Vorkommen, Begriffe	494
19.3	Besondere Eigenschaften von Krebszellen und Tumoren	495
19.4	Ursachen einer Cancerogenese	497
20	Metamorphose und ihre hormonale Steuerung	503
20.1	Metamorphose: ein zweiter Phänotyp aus einer „zweiten Embryogenese“	503
20.2	Hormonale Steuerung der Metamorphose	506
20.3	Auslösung der Metamorphose	511
20.4	Reverse Entwicklung	514
21	Unsterblichkeit oder Altern und Tod: Was will die Natur?	517
21.1	Möglichkeit und Unmöglichkeit einer Immortalität	517
21.2	Theorien des Alters	518
21.3	Der Tod als genetisch vorprogrammiertes Ereignis	520
22	Evolution von Entwicklungsprozessen („Evo-Devo“, Evolution and/of Development)	525
22.1	Ein Rückblick auf Klassisches	525
22.2	Neue Möglichkeiten des Erkenntnisgewinns – Evo-Devo Biologie und ihre Grundlagen	526
22.3	Neues aus Überkommenem im genetischen Programm	531
22.4	Der gemeinsame Satz molekularer Werkzeuge (<i>molecular tool kit</i>) .	534
22.5	Variationen von Bauplänen innerhalb von Tierstämmen	538
22.6	Rekonstruktion der großen Entwicklungsreihen und phylogenetischer Stammbäume	541

22.7	Evolution der Augen – Darwins Dilemma	552
22.8	Zur Evolution des Menschen	557
Glossar		561
Literaturverzeichnis		573
Sachverzeichnis		613

Liste der Boxen

1.1	Von der Seele zur Information:	
	Zur Geschichte der Entwicklungsbiologie	4
2.1	Zu den Begriffen Determination, Spezifikation, Commitment	30
3.1	Selbstbefruchtung und Parthenogenese	40
6.1	Einige neue Aspekte der Reproduktionsmedizin des Menschen	169
6.2	Geboren aus einer Jungfrau?	170
6.3	Verantwortung gegenüber dem werdenden Kind	171
6.4	Pränataldiagnostik: Möglichkeiten und Konflikte	174
6.5	Gesetzliche Regelungen in Deutschland	178
7.1	Störungen der Sexualentwicklung beim Menschen und mögliche Ursachen	209
7.2	Störungen der Sexualentwicklung und Fertilität durch Hormon-ähnliche Fremdsubstanzen	212
7.3	Männer: Ein aussterbendes Geschlecht?	215
9.1	Wo ist vorn, wo hinten, wo ist oben, wo unten? Quellen primärer Positionsinformation	236
10.1	Wie können Gradienten erkannt und sichtbar gemacht werden?	263
10.2	Modelle zur biologischen Musterbildung	277
12.1	Zur Nomenklatur von Genen und Proteinen	321
12.2	Genetische und molekularbiologische Methoden der Entwicklungsbiologie	322
16.1	Genetische Netzwerke in der Entwicklung des Nervensystems	416
19.1	Die Hypothese der Mehrstufen-Carcinogenese	501
22.1	Die Sage von den drei Keimblättern – Ungereimtheiten und irreführende Terminologien in der vergleichenden Entwicklungsbiologie	544
22.2	Ungelöste Rätsel: Urmund, Mund und primäre Körperachsen – homolog oder nicht?	546
22.3	Wie sahen die Urbilateria aus?	549
22.4	Sind bei Wirbeltieren und Arthropoden Bauch- und Rückenseite vertauscht?	551