

EMBRYOLOGIE

EIN LEHRBUCH
AUF ALLGEMEIN BIOLOGISCHER GRUNDLAGE

VON

DIETRICH STARCK

o. ö. Professor der Anatomie an der Universität,
Direktor des Dr. Senckenbergischen Anatomischen Institutes
der Universität Frankfurt am Main

Mit 522 zum Teil mehrfarbigen Abbildungen
und einem Tabellenanhang

19



55

GEORG THIEME VERLAG · STUTTGART

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten
Copyright 1955 by Georg Thieme Verlag, Stuttgart. Printed in Germany
Gesamtherstellung Union Druckerei GmbH Stuttgart

EMBRYOLOGIE

IN DANKBARKEIT GEWIDMET
MEINEN LEHRMEISTERN H. BLUNTSCHLI, O. VEIT
UND DEM ANDENKEN AN J. VERSLUYS

Vorwort

Es mag vermessen erscheinen, die Zahl der vorliegenden Lehrbücher der Embryologie durch ein neues Werk zu vermehren. Ein derartiges Vorhaben bedarf einer Begründung.

Während im deutschsprachigen Schrifttum kein Mangel an Lehrbüchern herrscht, welche die spezielle Organentwicklung des Menschen behandeln, fehlt ein Buch, das die neueren Ergebnisse der biologisch orientierten Entwicklungsgeschichte, insbesondere auch der Säugetiere, berücksichtigt. Entwicklungsgeschichtliche und entwicklungsphysiologische Fragestellungen gewinnen in ständig steigendem Ausmaß Bedeutung für allgemein biologische Fragestellungen, für Pathologie und Klinik. Dabei ist nicht in erster Linie an den erklärenden Wert der deskriptiven Embryologie für das Verständnis der formalen Genese gedacht. Eine dynamische Betrachtungsweise in Biologie und Medizin erkennt, daß letzten Endes alle Lebenserscheinungen Ausdruck morphogenetischer Prozesse sind oder mit solchen eng verknüpft sind. Entwicklungsgeschichte kann aber nie sinnvoll als Entwicklung einer einzigen Organismenform betrieben werden. Die wesentlichen morphogenetischen Prozesse sind nur mit experimentellen Methoden erforschbar. Derartige Untersuchungen sind nur an niederen Wirbeltieren durchzuführen. Der Vergleich der Ontogeneseabläufe zahlreicher Formen ergab, daß ungeahnt verschiedenartige Modalitäten vorkommen. Die Ontogenesen selbst sind in der Stammesgeschichte abändernden Einflüssen unterworfen. Es gibt eine Evolution des Ontogeneseablaufes. Damit zusammenhängend sind zahlreiche Einzelvorgänge in der Ontogenese als Anpassungserscheinungen an bestimmte Bedingungen des Embryonallebens deutbar. Will man die Ontogenese einer Spezies, des Menschen, verstehen, so wird man diesen Tatbeständen Rechnung tragen müssen. Andererseits dürften aus einer derartigen Betrachtungsweise auch mannigfache Anregungen für die Entwicklungsphysiologie entspringen.

Die Entwicklungsphysiologie — so wie dieser Ausdruck heute meist verstanden wird — hat unter Führung von Roux, Spemann, Harrison u. v. a. vor allem die Bedingungen der Embryonalentwicklung, die Prozesse, welche zur Ausbildung eines Embryonalkörpers führen, in bewundernswerter Detailarbeit an Amphibien- und Seeigelkeim aufgeklärt. Es wird aber häufig übersehen, daß neben der Analyse der Frühentwicklung zahlreiche andere Probleme echte Entwicklungsphysiologie sind, Probleme, die neben eigener Fragestellung auch eine eigene Methodik entwickelt haben.

In diesem Zusammenhang sei vor allem auf das in den letzten Jahren so erfolgreich bearbeitete Gebiet der Beziehungen zwischen Keim und mütterlichem Organismus beim Säugetier hingewiesen. Es ist keine Frage, daß diese Probleme ebenfalls nur durch vergleichende und experimentelle Studien wirklich gefördert werden können. Das zunehmende Interesse an vergleichend embryologischen Forschungen an Säugetieren und die erfreulichen Ergebnisse derartiger Untersuchungen bestätigen diese Auffassung. Andererseits darf nicht übersehen werden, daß der Entwicklungsphysiologe, wenn er am Tritonkeim experimentiert, nicht die lebende Masse schlechthin untersucht. Jede Organismenart ist das Produkt eines langen evolutiven Prozesses, der sich in jeder Einzelontogenese manifestiert. Die Ausdehnung entwicklungsphysiologischer Untersuchungen auf zahlreiche Tierformen hat bereits mehrfach interessante und überraschende Ergebnisse gezeigt.

Dennoch sind wir weit davon entfernt von einer vergleichenden Entwicklungsphysiologie als einem abgeschlossenen Lehrgebäude reden zu können.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß in vorliegendem Buch die allgemeine Entwicklungsgeschichte im Vordergrund steht. Dabei wurde der Versuch unternommen, vergleichende Embryologie und Entwicklungsphysiologie als Einheit zu behandeln. Der Nachdruck liegt überall auf den Forschungsergebnissen, die für allgemeine Fragestellungen von besonderer Bedeutung sind. Spezielles wurde soweit eingefügt, daß eine Übersicht über die Grundzüge der Primitiventwicklung der Wirbeltiere im Ganzen möglich ist. Besonderer Wert wurde auf eine moderne Bearbeitung der Frühentwicklung der Säugetiere und des Menschen gelegt. Hierbei stand eine Berücksichtigung der entwicklungsphysiologischen Gesichtspunkte, besonders bei der Bearbeitung der fetomaternalen Beziehungen, im Vordergrund. Dies machte notwendig, zahlreiche Fragen der Fortpflanzungsbiologie, die im allgemeinen kaum in den Lehrbüchern der Embryologie berücksichtigt werden, einzubeziehen.

Die Betrachtung des Ontogeneseablaufes als eines einheitlichen Prozesses fordert weiterhin, einiges über die Ontogenesetypen, ihre evolutive Bedeutung und über die Postembryonalentwicklung einzufügen. Verf. hofft, daß dieser Abschnitt (A VIII) manchem Benutzer erwünscht sein wird. Ebenso mußten die Beziehungen zwischen Ontogenese und Stammesgeschichte (A VII) kurz analysiert werden. Wenn heute in Klinik und Pathologie Probleme wie Retardation, Fetalisation usw. Beachtung finden, kann auf eine kritische Stellungnahme hierzu in einem Lehrbuch der Embryologie nicht verzichtet werden.

Im zweiten Teil des Buches (spezielle Organentwicklung) stehen Kapitel, welche in besonderer Weise der entwicklungsphysiologischen Erforschung zugänglich sind (Nervensystem, Sinnesorgane) stark im Vordergrund. Demgegenüber beschränkt sich die Darstellung auf anderen Gebieten mehr auf eine allgemeine Übersicht. Aber auch bei der Besprechung der Organentwicklung wurde neuen Forschungsergebnissen weitgehend Rechnung getragen (periphere Gefäße, Skeletsystem). Neu dürfte eine eingehende Berücksichtigung des wichtigen Problems der Pigmentzellen sein.

Die Bearbeitung der Entwicklung des Zentralnervensystems basiert auf den klassischen Untersuchungen, führt aber zu einer von der üblichen Lehrbuchdarstellung stark abweichenden Auffassung über Gliederung und Organisation des nervösen Zentralorgans (Aufgabe des 3-Bläschen-Stadiums usw.), welche mit den entwicklungsphysiologischen Gegebenheiten (regionale Gliederung) in bestem Einklang steht.

Die Einbeziehung der Entwicklungsphysiologie führt von selbst zu einer Berücksichtigung der Mißbildungslehre. Auch auf diesem Gebiet wurde keine Vollständigkeit erstrebt, wohl aber eine sinnvolle Einordnung in das Gesamtbild. Es bedarf wohl kaum einer ausführlichen Begründung, daß die heute noch so häufig traditionell berücksichtigte Lehre von der spezifischen Bedeutung der „Keimblätter“ endgültig eliminiert wurde. Die Beschreibung der Tatbestände der Organentwicklung sagt wenig aus über die Gesamtorganisation des Wirbeltierkörpers. Daher wurde zum Abschluß ein kurzes Kapitel über grundsätzliche Fragen der Organisation des Wirbeltierkörpers, besonders über das Kopfproblem, eingefügt. Naturgemäß muß ein derartiger Beitrag stark hypothetischen Charakter tragen. Trotzdem glaubte Verf., auf diesen Abschnitt nicht verzichten zu können, da in ihm nicht nur eine Zusammenfassung der Einzelbefunde gegeben wird, sondern gleichzeitig besonders klar gezeigt werden kann, wie die verschiedenen Disziplinen, experimentelle Forschungen und vergleichend embryologische Studien sich harmonisch zu einem Gesamtbild zusammenfügen lassen.

In vorliegendem Werk wird der Versuch unternommen, vergleichende und experimentelle Entwicklungsgeschichte zu einem Gesamtbild des Ontogeneseablaufes zu verbinden.

Dabei scheute sich der Verf. nicht, auf offene Fragen hinzuweisen. Eine synthetische Arbeit kann nicht darauf verzichten, Hypothesen und persönliche Ansichten des Verf. wiederzugeben. Hypothetische Aussagen wurden stets als solche gegenüber den Tatsachen gekennzeichnet. Vollständigkeit konnte nicht erstrebt werden. Dem Interessierten ist am Ende des Buches ein Quellenverzeichnis geboten, das den Zugang zum Schrifttum erleichtern mag. Das Buch wendet sich nicht nur an den Studenten, sondern darüber hinaus an alle interessierten Mediziner und Biologen, denen an einer wissenschaftlichen Einführung in die Problematik der Entwicklungsgeschichte, nicht an einer Summation von Einzeltatsachen, gelegen ist.

Mein Dank gilt allen, die mich bei der Arbeit an diesem Buch unterstützt haben. In erster Linie habe ich dem Verlag und seinem tatkräftigen Leiter, Herrn Dr. h. c. Bruno Hauff, zu danken für die Geduld, die er bewiesen hat und für alle Sorgfalt und Mühe, die er dem Werk angedeihen ließ. Ich danke weiterhin meinen Mitarbeitern, Herrn Prof. Dr. Ortman für die Überlassung zahlreicher Abbildungen und für kritische Hinweise, Herrn Priv.-Doz. Dr. Frick für zahlreiche Hinweise und für Hilfe bei der Durchsicht des Manuskriptes, Herrn Dr. Schneider für die Anfertigung zahlreicher Photographien, Herrn Institutszeichner Poike für die Herstellung der Zeichnungen. Für Hilfe beim Lesen der Korrektur habe ich zu danken Herrn Priv.-Doz. Dr. Frick, Dr. Kummer und Fräulein O. Kornmüller.

Folgenden Kollegen und Freunden habe ich zu danken für Überlassung von Abbildungen oder für Erlaubnis zur Reproduktion von Originalabbildungen: Beadle, Pasadena, Boyd, Cambridge, Breiting, Frankfurt a. M., Corner, Baltimore, Dziallas, München, Frick, Frankfurt a. M., Goerttler, Freiburg i. B., Hamilton, London, Hediger, Zürich, Hochstetter †, Wien, Holtfreter, Rochester, Lehmann, Bern, Mahler, Frankfurt a. M., Nager, Zürich, Patzelt, Wien, Pollister, New York, Portmann, Basel, Rotmann †, Köln, Seidel, Marburg, Shumway, Hoboken, Stone, New Haven, Töndury, Zürich, Weber, Tübingen, Weiss, Chicago.

Für die Erlaubnis, Abbildungen aus ihren Verlagswerken übernehmen zu dürfen, bin ich folgenden Verlegern sehr verpflichtet: Carnegie Institution Washington, Baltimore; G. Fischer, Jena; Heffer and Sons, Cambridge; Hubrecht Laboratorium, Utrecht; Springer Verlag, Heidelberg; Urban und Schwarzenberg, Wien; The Wistar Institute, Philadelphia.

Frankfurt am Main, im Juni 1955

D. Starck

INHALTSÜBERSICHT

A. ALLGEMEINER TEIL

Die Bedingungen der Embryonalentwicklung und die Bildung des Wirbeltierkörpers

I. Keimzellen und Keimzellbildung, Befruchtung, Chromosomentheorie der Vererbung, Geschlechtsbestimmung, Sexualität	
1. Bau und Bildung der Keimzellen	1
a) Bau der Eizelle	1
Dotter (S. 3); Dottermenge, Dotterverteilung, Dotterbildung (S. 4); Bilaterale Symmetrie der Eizelle (S. 6)	
b) Oogenese	6
Keimbahn (S. 6); Oogenese (S. 9); Follikelatresie, Ovulation und Bildung des Corpus luteum (S. 12); Weiteres Schicksal des Follikels und Corpus-luteum-Bildung (S. 14)	
c) Bau der Spermien	19
Form und Struktur des Spermiums (S. 19); Atypische Spermienformen (S. 22); Biologie der Spermien (S. 22); Übertragungsmechanismen der Spermien (S. 24)	
d) Spermatogenese	24
Spermiohistogenese (S. 27)	
2. Die Reifungsvorgänge in Ei- und Samenzellen (Meiosis)	28
Chromosomenzahlen (S. 28); Reifungsteilungen (S. 29); Synapsis (S. 31); Vergleich zwischen Eireifung und Samenreifung (S. 34)	
3. Befruchtung	35
a) Der Befruchtungsvorgang	35
b) Entwicklungsanregung, Parthenogenese und Merogonie	37
4. Chromosomentheorie der Vererbung	40
a) Die Chromosomen als Träger der Erbsubstanz	40
b) Feinbau der Chromosomen. Riesenchromosomen	41
c) Trennung und Neukombination der Chromosomen und Gene	41
d) Faktorenkoppelung, Geschlechtsgebundene Vererbung	41
e) Topographie der Gene im Chromosom	42
f) Veränderungen des Erbgutes	46
Abänderungen der Chromosomenzahl (S. 47); Veränderung des Feinbaus der Chromosomen; Chromosomenmutationen (S. 48); Genmutationen (Punktmutationen) (S. 48)	

g) Wirkungsmechanismus der Gene	49
Polygenie, Heterogenie (S. 50); Polyphaenie, Pleiotropie (S. 51); Analyse der Genwirkung (S. 52); Natur der Gene (S. 57)	
h) Anteil von Kern und Plasma an der Vererbung. Plasmatische Vererbung . . .	57
5. Die Gamone und ihre Bedeutung für Besamung und Befruchtung . .	60
a) Gynogamone	61
b) Androgamone	62
c) Die Bedeutung der Gamone für die Physiologie des Befruchtungsvorganges . .	63
Gamone der Forelle (<i>Salmo irideus</i>) (S. 64)	
6. Geschlechtsbestimmung und Sexualität	64
a) Genotypische Geschlechtsbestimmung	64
Sexualproportion (S. 67); Geschlechtsrealisatoren (S. 67); Quantitative Wirkung der Geschlechtsrealisatoren (S. 68); Lymantria-Untersuchungen (S. 69); Geschlechtsbestimmung bei Wirbeltieren (S. 70); Amphibien (S. 71); Biddersches Organ (S. 72); Vögel (S. 72); Säuger (S. 73); Natur der geschlechtsbestimmenden Wirkstoffe bei Wirbeltieren (S. 73); Intersexualitätserscheinungen beim Menschen (S. 75)	
b) Phaenotypische Geschlechtsbestimmung	75
Dinophilus (S. 76); Ophryotrocha (S. 76); Bonellia (S. 76)	
c) Theorie der Befruchtung und der Sexualität	78
Amphimixis, Verjüngungshypothese, Sexualitätshypothese	

II. Die Furchung

1. Allgemeines, Furchungstypen	80
2. Holoblastier, totale adaequale Furchung. Spezielles Verhalten . . .	82
a) Branchiostoma	82
b) Totale inaequale Furchung. Amphibienei	84
Formaler Ablauf der Furchung bei Amphibien (S. 87)	
c) Bedeutung der Furchung	89
Evolution und Epigenese (S. 89); Hemiembryonen (S. 91); Polyembryonie, Doppelbildungen (S. 91); Furchung beim Seeigel (S. 92); Induktion, Determination (S. 95)	
d) Furchung bei Ganoiden und Dipnoern	97
3. Meroblastier	97
a) Teleostei (Knochenfische)	97
b) Elasmobranchii	98
c) Sauropsida	98
4. Säugetiere	99
5. Superfizielle Furchung	101

III. Gastrulation und Embryobildung der Holoblastier

1. Gastrulation Branchiostoma	102
Gastracatheorie (S. 103)	

2. Gastrulation bei Amphibien	103
a) Formaler Ablauf der Gastrulation bei Amphibien, Vitalmarkierung	104
b) Analyse des Gastrulationsvorganges. Gestaltungsbewegungen	105
Blastoporuschluß (S. 107); Mechanik der Gastrulation (S. 107) Oberflächen-	
mantel (S. 110); Gastrulation am ungefurchten Ei (S. 112)	
c) Mesodermbildung. Coelomtheorie. Neurulation. Embryobildung	114
d) Keimblattlehre	117
e) Bildung des caudalen Körperendes	118
3. Das Determinationsgeschehen	120
a) Begriff der Determination. Organisator	120
b) Wirkung abnormer und abgetöteter Induktoren	125
c) Stoffwechselphysiologische Analyse des Induktionsgeschehens	128
d) Zusammenwirken verschiedener Induktionssysteme. Regionalspezifische Induk-	
tion	128
e) Entwicklungsphysiologie und menschliche Mißbildungen	131
f) Weiteres zur Analyse von Anteil des Aktions- und Reaktionssystems an der In-	
duktion. Kompetenz	134
4. Übersicht über Mehrlingsbildungen und die wichtigsten Mißbildungs-	
typen beim Menschen	137
a) Mehrlinge	137
b) Doppelbildungen	138
c) Mißbildungen einzelner Körperteile	141
d) Ursache von Mißbildungen	141
5. Gastrulation und Frühentwicklung der Cylostomen	143
IV. Primitiventwicklung der Meroblastier	
1. Allgemeines	143
2. Primitiventwicklung der Gymnophionen	144
3. Primitiventwicklung der Reptilien	145
4. Primitiventwicklung des Vogels	148
Entodermbildung (S. 149); Primitivstreifen (S. 151); Mesodermbildung (S. 152);	
Bedeutung des Primitivstreifens (S. 154); Determination (S. 157)	
Weitere Entwicklungsvorgänge am Vogelkeim. Abfaltung der Embryonalanlage.	
Embryonalhüllen (S. 158)	
5. Primitiventwicklung der Fische, Allgemeines	165
a) Chondrichthyes	166
b) Teleostei	170
V. Die erste Entstehung von Blut und Blutgefäßsystem	
Mesenchymdifferenzierung	
1. Blut- und Gefäßbildung bei Amphibien	172
Herzentwicklung der Amphibien (S. 173)	

2. Erste Entwicklung der Gefäßsysteme beim Vogel	175
Dottersackkreislauf (S. 176)	
3. Mesenchymdifferenzierung	179
VI. Die Primitiventwicklung der Säugetiere	
1. Allgemeines	182
2. Primitiventwicklung der Monotremen	183
Entodermbildung (S. 184)	
3. Primitiventwicklung der Marsupialia (Beuteltiere)	184
4. Primitiventwicklung der Eutheria (Placentalia)	186
Zeit und Ort der Befruchtung des Säugetieres (S. 186); Tubenwanderung des Eies (S. 186); Blastocyste, Trophoblast und Embryoblast (S. 188); Entypie des Keimfeldes (S. 192); Die einzelnen Typen (S. 192)	
a) Carnivoren, Kaninchen	192
b) Ungulata, Talpa, Tupaia, Prosimiae	192
c) Kleine Nager mit Keimblattumkehr	193
d) Igel, Flughunde	197
e) Kleinfledermäuse	197
f) Elephantulus (Rüsselspitzmaus)	198
5. Primitiventwicklung der Primaten	201
a) Primitiventwicklung der Affen	201
Dottersackbildung, Exocoel (S. 202)	
b) Primitiventwicklung des Menschen	205
Blastocyste, frühe Stadien (S. 205)	
Dottersackbildung (S. 209); Mesenchymbildung (S. 214); Äußere Form der Embryonalanlage (S. 215); Primitivstreifen (S. 215); Chorda (S. 216); Medullarplatte (S. 216); Asymmetrien (S. 216); Nabelstrang, Abfaltung der Embryonalanlage (S. 217); Bildung der äußeren Körperform des menschlichen Embryos (S. 221); Altersbestimmung menschlicher Keime (S. 226); Reifezeichen (S. 227)	
6. Die Beziehung zwischen Keim und mütterlichem Organismus bei den Eutheria. Allgemeine Placentationslehre	227
a) Allgemeines	227
b) Die zyklischen Vorgänge am Genital (Oestruszyklus) der Säugetiere und des Menschen und ihre hormonale Steuerung	229
Übersicht über die Geschlechtshormone (S. 229); Gonadotrope Hypophysenhormone (S. 229); Gonadenhormone (Keimdrüsenhormone) (S. 230); Synergismus der Ovarialhormone, „Ovarialhormonquotient“ (S. 232); Spezielles über den Oestruszyklus, Menstruation (S. 232); Anovulatorische Blutungen (S. 235); Gravidität (S. 236); Ovulationstermin und Konzeptionsoptimum (S. 236); Alternde Tätigkeit der beiden Ovarien? (S. 237); Sexualzyklus der Laboratoriumsnager (S. 237); Zusammenwirken heterologer Sexualhormone (S. 238); Prachtgefieder der Vögel (S. 238); Hormonale Schwangerschaftsreaktionen (S. 238)	
c) Superfecundatio und Superfetatio	241

d) Implantation	242
Brutpflege bei niederen Tieren (S. 243); Implantationsmechanismen (S. 245); Implantationsort (S. 297); Das Problem der verzögerten Implantation und der verlängerten Tragzeit (S. 248); Das Eindringen des Keimes in die Uterusmucosa (S. 248); Erste Differenzierung des Trophoblasten beim Menschen (S. 249)	
e) Vergleichende Placentationslehre	250
Placentation bei Reptilien (S. 250); Die Formen der Placentation bei den Säugetieren, Marsupialia (Metatheria) (S. 252); Eutheria (Placentalia) (S. 253); Grob- sers Placentartypen (S. 254); deren evolutive Wertigkeit (S. 255); Äußere Form der Placenta (S. 258); Labyrinth- und Zottenplacenta (S. 259); Kreislauf in der Placenta, Mossmansche Regel (S. 260); Stoffaustausch in der Placenta (S. 261); Histochemie der Placenta (S. 262); Embryotropie (S. 262); Deciduazellen (S. 263); Funktion der Deciduazellen (S. 263); Ektoplacenta (S. 264); Riesenzellen (S. 265); A. Riesenzellen mäterner Herkunft (S. 265); B. Riesenzellen trophoblastischer Herkunft (S. 266)	
7. Spezielle Placentationslehre	266
a) Semiplacentae (nicht invasive Formen), epitheliochoriale Placenta	266
b) Syndesmochoriale Placenta	267
c) Placentae verae (invasive Placenten)	269
Endotheliochoriale Placenta der Carnivoren (S. 269); Massige Placenta mit kleiner oder rudimentärer Allantois (S. 271); Fledermäuse (S. 271); Kaninchen (S. 271); Muriden (S. 273); Cavia (S. 275); Massige Placenta mit großem oder mittelgroßem Dottersack und gut ausgebildeter Allantois (Insectivora, Galeopithecus, Tupaia) (S. 279); Placenta der Insectivora (S. 279)	
8. Die Placentation der Primaten	282
a) Allgemeines	282
b) Phylogenie der Primaten	283
c) Placenta der Lemuren	284
d) Tarsius	285
Haftstiel bei Tarsius (S. 285)	
e) Placenta der Affen	286
f) Die Placentation des Menschen, Allgemeines	289
a) Lakunäres Stadium (S. 289); b) Zottenstadium (S. 291); c) Stadium der Sekundärzotten (S. 291); Die weitere Ausgestaltung der Placenta und der Bau der reifen menschlichen Placenta (S. 297); Zottenanastomosen (S. 300); Kreislauf in der Placenta (S. 300); Kreislauf im intervillösen Raum (S. 301); Materne und fetale Placenta (S. 301); Fibrinoid (S. 302); Zellinseln (S. 303); Zur Funktion der Placenta (S. 303); 1. Hormonbildung in der Placenta (S. 303); 2. Stoffwechsel- funktionen der menschlichen Placenta (S. 304); Abnormer Sitz und abnorme Form der Placenta (S. 306)	
VII. Ontogenese und Phylogenese	
Über die funktionelle Anpassung in der Embryonalzeit	308
VIII. Der Ontogenesetyp und seine evolutive Beurteilung	
Die Postembryonalentwicklung, besonders bei Vögeln und Säugetieren	312
Ontogenesetyp bei Anamniern (S. 313); Ontogenesetyp der Amnioten. Reptilien (S. 313); Über die Beziehungen zwischen Körpergröße, Eigröße, Gelegegröße und Brutdauer bei Vögeln (S. 315); Nesthocker und Nestflüchter (S. 316); Verhaltens- weisen im Dienste der Brutpflege bei Vögeln (S. 318); Ontogenesetyp und post- embryonale Entwicklung der Säugetiere (S. 319); Ontogenesetyp bei Primaten und Mensch (S. 321)	

B. SPEZIELLER TEIL

Die Entwicklung der Organsysteme

I. Nervensystem und Sinnesorgane

1. Allgemeines. Erste Formbildung und Gliederung des Zentralnervensystems, Histogenese	323
Diffuses Nervensystem (S. 323); Enteropneusta (S. 324); Tunicata (S. 325); Branchiostoma (S. 325); Histogenese (S. 326); Gliagewebe (S. 326); Neuroblasten (S. 326); Nervenfasern (S. 328); Neurotropismus, Chemotaxis (S. 330); Galvanotropismus (S. 331); Stereotropismus (S. 331); Einflüsse der Körperperipherie allgemeiner Art (S. 331); Segmentierung (S. 334); Markscheidenbildung und Schwannsche Zellen (S. 334)	
2. Entwicklung des Zentralnervensystems	335
a) Entwicklung des Rückenmarkes	335
Längenausdehnung und Topogenese des Rückenmarkes (S. 338)	
b) Bauplan und erste Gliederung des Gehirnes	339
Gliederung des Zentralnervensystems der Wirbeltiere (S. 342); Weitere Ausbildung der groben Form (S. 342)	
c) Entwicklung der Rhombencephalons	343
Tegmentum (S. 344); Cerebellum (S. 345); Tectum (S. 347)	
d) Entwicklung des Prosencephalons	347
Boden des Diencephalons (S. 349); Epithalamus (S. 349); Epiphyse (S. 349); Telencephalon (S. 350); Furchen und Windungen (S. 353); Cortex (S. 354); Gliederung des Telencephalons (S. 354); Hemisphärenblasenstiel und Basalganglion (S. 356); Gliederung der Basalganglien (S. 357); Cortex (S. 358); Kommissuren (S. 360)	
e) Entwicklung der Hypophyse	361
f) Entwicklung der Hirn- und Rückenmarkshäute	363
3. Peripheres Nervensystem, Neuralleiste, Plakoden	364
a) Die Neuralleiste und ihre Derivate	364
Mesektoderm (S. 365); Schwannsche Zellen (S. 368)	
b) Pigmentzellen	369
Herkunft der Pigmentzellen (S. 370); Neuralleistentheorie (S. 370); Farbmusterbildung (S. 373); Pigment und Pigmentmuster beim Vogel (S. 374); Pigmentbildung beim Säugetier (S. 375)	
c) Bildung neuronaler Strukturen aus Neuralleiste und Plakoden. Kopfnerven und Ganglien	376
Sinnesorgane der Seitenlinie und Geschmacksknospen (S. 382)	
d) Entwicklung der Neurone des vegetativen Nervensystems, Sympathicus, Nebenniere, Paraganglien	383
Entwicklung der Neurone des Parasympathicus (S. 384)	
e) Paraganglien und Nebennieren	386
4. Entwicklung des Auges und seiner Hilfsorgane	389
Differenzierung der Augenbecherwände (S. 391); Linsenbildung (S. 393); Linsenregeneration (S. 394); Weitere Differenzierung der Linse (S. 395); Glaskörper, Corpus vitreum (S. 397); Differenzierung der mesenchymalen Anteile des Auges (S. 397);	

Hilfsorgane des Auges (S. 399); Entwicklung der Augenlider (S. 399); Tränenwege (S. 399); Regenerationsfähigkeit des Auges, besonders der Retina (S. 399)

5. Die Entwicklung des Ohres und seiner Hilfsorgane	401
a) Die Entwicklung des Labyrinthorganes	401
Ganglion und Nervus VIII (S. 404); Differenzierung der Sinnesendstellen (S. 404); Differenzierung der mesenchymalen Hüllen des Labyrinthorgans (S. 405); Perilymphatisches Gewebe und perilymphatische Räume (S. 406)	
b) Mittelohr	406
Gehörknöchelchen (S. 408); Lagebeziehungen des Nervus facialis und Bildung der knöchernen Wand der Paukenhöhle (S. 410); Facialiskanal (S. 410)	
c) Äußeres Ohr	411
Die Entwicklung der Ohrmuschel (S. 411); Entwicklung des äußeren Gehörganges und des Trommelfells (S. 411)	
6. Integument und Anhangsorgane	412
Haut (S. 412); Haare (S. 413); Haarwechsel (S. 414); Schuppe und Feder (S. 414); Nägel (S. 415); Entwicklung der Mammarorgane (S. 415)	
II. Entwicklung des Darmkanals und der Respirationsorgane, einschließlich Coelom	
1. Allgemeines über Gliederung des Darmrohres	417
2. Mundbildung und Gesichtsentwicklung, Entwicklung der Nase . . .	418
Nase (S. 419); Gaumenentwicklung (S. 424); Entwicklungsstörungen und Mißbildungen des Gesichtes und des Gaumens (S. 425)	
3. Bildung der Lippen, des Vestibulum oris und des Cavum oris	427
Entwicklung der Speicheldrüsen (S. 429); Die Entwicklung der Zunge (S. 430); Die Entwicklung der Zähne (S. 431); Histogenese (S. 433); Zahndurchbruch und Zahnwechsel (S. 434)	
4. Rachen, Kiemendarm, branchiogene und hypobranchiale Organe . .	435
Entwicklung der Schilddrüse (S. 439); Histogenese der branchiogenen Organe und der Schilddrüse (S. 440)	
5. Die Entwicklung der Respirationsorgane und des Oesophagus . . .	441
a) Weitere Ausdifferenzierung der Nasenhöhle	441
Larynx, Trachea und Lungen (S. 444); Entwicklung der Lungen (S. 445); Speiseröhre (S. 447); Mißbildungen, Oesophageotrachealfistel (S. 447)	
6. Magen- und Darmentwicklung	448
Die Entwicklung des Magens (S. 448); Die Entwicklung des Darmes (S. 448); Nabelschleife (S. 449); Differenzierung der Darmwand (S. 455)	
7. Entwicklung von Leber und Pankreas	455
Pankreasentwicklung (S. 456); Die Entwicklung der Leber (S. 459)	
8. Entwicklung von Coelom, Mesenterien und Zwerchfell	462
Die Entwicklung der Mesenterien (S. 462); Veränderungen am Mesenterium ventrale (S. 465); Mißbildungen des Darmsitus und der Mesenterien, Variationen (S. 466); Ausbildung und Aufteilung des Coeloms, Zwerchfellentwicklung (S. 468); Coelom (S. 468); Zwerchfell (S. 470)	

III. Die Entwicklung des Urogenitalsystems

1. Allgemeine Einleitung und Entwicklung der Harnorgane 472
Ausbildung der Harnorgane bei Wirbeltieren (S. 474); Die Entwicklung der Harnorgane beim Menschen (S. 477); Die Vorniere (S. 477); Die Urniere (S. 477); Die Entwicklung der menschlichen Nachniere (Metanephros) (S. 479); Differenzierung des metanephrogenen Gewebes (S. 481)
2. Entwicklung der Gonaden und ihre Ableitungswege 484
Die Entwicklung der ableitenden Geschlechtswege (S. 486); Schicksal des Wolffschen Ganges (Urnierengang) (S. 486); Schicksal des Müllerschen Ganges (S. 487); Abgrenzung des Uterus gegen die Vagina und Entwicklung derselben (S. 491); Der Descensus der Gonaden (S. 492); Die sogenannten Keimdrüsenligamente (S. 493); Die Ursachen des Descensus der Gonaden (S. 496)
3. Entwicklung der Kloake und ihrer Derivate. Harnblase, Urethra, Sinus urogenitalis, akzessorische Geschlechtsdrüsen, Damm 497
4. Entwicklung der äußeren Geschlechtsorgane 500
Entwicklung der weiblichen äußeren Geschlechtsorgane (S. 501); Entwicklung der männlichen äußeren Geschlechtsorgane (S. 502); Die Diagnose des Geschlechtes bei jungen Keimlingen nach äußeren Merkmalen (S. 503)

IV. Entwicklung der Organe des Kreislaufes

1. Allgemeine Übersicht 503
2. Entwicklung des Herzens 508
Herzmißbildungen (S. 520)
3. Entwicklung der peripheren Gefäße 521
Entwicklung der Arterien; Aorta und Kiemenbogenarterien (S. 521); Die Entwicklung der Kopfarterien (S. 525); Die Entwicklung der Äste der Aorta descendens (S. 527); a) Ventrale Äste (S. 527); b) Dorsale Äste (S. 528); c) Laterale Äste (S. 528); Die Entwicklung der Arterien des Armes (S. 529); Die Arterien des Beines (S. 530); Die Venae vitellinae (omphalomesentericae) und umbilicales (S. 532); Die Venen der Leibeswand. Venae cardinales, Ductus Cuvieri, Venae cavae (S. 534); Der fetale Kreislauf und die Veränderungen am Gefäßsystem kurz nach der Geburt (S. 538)
4. Entwicklung des Lymphgefäßsystems, der lymphatischen Organe und der Milz 541
5. Die Entwicklung der Blutzellen 542

V. Entwicklung von Skeletsystem und Muskulatur

1. Allgemeines, Histogenese der Stützsubstanzen 543
2. Allgemeines über Gelenkentwicklung 547
3. Entwicklung der Wirbelsäule, der Rippen und des Sternums 549
Regionenbildung der Wirbelsäule und Variationen (S. 552); Entwicklung von Rippen und Sternum (S. 553)

4. Die Entwicklung des Schädels	554
Entwicklung und Morphologie des menschlichen Chondrocraniums (S. 556); Die visceralen Elemente des Chondrocraniums (S. 563); Entwicklung des Osteocraniums (S. 565); Entwicklung der einzelnen Knochen (S. 566); Os occipitale (S. 566); Os sphenoidale (S. 568); Übersicht über die Ossifikationen im Os sphenoidale (S. 568); Ossifikationen der Ohrregion (S. 569); Verknöcherungen der Nasenkapsel (S. 570); Os parietale (S. 570); Os frontale (S. 570); Maxilla (S. 570); Palatinum (S. 571); Nasale, Lacrimale, Zygomaticum (S. 571); Vomer (S. 571); Mandibula (S. 572); Wachstumsvorgänge (S. 573)	
5. Die Entwicklung der Extremitäten	575
Die Entwicklung der äußeren Form und des Skeletes der menschlichen Gliedmaßen (S. 579); Die Determination der Extremitäten und Extremitätenmißbildungen (S. 582)	
6. Die Entwicklung des Muskelsystems	585
Somatische Muskulatur (S. 586); Differenzierung der autochthonen Rückenmuskulatur (dorsale Muskeln) (S. 587); Differenzierung der ventralen Rumpfmuskulatur (S. 587); Die Extremitätenmuskulatur (S. 588); Viscerale Muskulatur (S. 590); Übersicht über Entwicklung und Gliederung des Muskelsystems (S. 591); Die Augenmuskeln (S. 592); Die Muskulatur der Zunge (S. 592); Die Muskeln des Beckenbodens (S. 592)	
VI. Der Bauplan des Wirbeltierkörpers und das Kopfproblem	593
Anhang 1: System der Wirbeltiere	602
Anhang 2: Weitere taxonomische Gliederungen	606
Anhang 3: Tabellen zur Fortpflanzungsbiologie der Wirbeltiere	606
Literatur	613
Verzeichnis der im Text erwähnten Tier- und Pflanzennamen	659
Autorenregister	666
Sachregister	670