

Der Embryoblast bildet 2 Zellschichten (Epiblast = Ektoderm und Hypoblast = Entoderm) aus, sodass eine zweiblättrige Keimscheibe entsteht. Über dem Ektoderm entsteht die Amnionhöhle als Spalt zwischen dem Trophoblast und dem Embryoblast. Die Entodermzellen kleiden die Blastozystenhöhle aus und bilden so den primitiven **Dottersack**. Die Trophoblasthöhle vergrößert sich durch die starke Ausdehnung des Trophoblasten. Am 13. Tag entsteht am verdickten kaudalen Pol der Keimscheibe Mesoderm, das sich als extraembryonales Mesoderm in die Trophoblasthöhle hinein ausbreitet. Der primitive Dottersack platzt und wandelt sich in den kleineren, definitiven „sekundären“ Dottersack um. So entsteht die von Mesoderm ausgekleidete **Chorionhöhle** (extraembryonales Zölom), in der die Embryonalanlage mit **Amnionhöhle** und Dottersack am mesodermalen Haftstiel aufgehängt ist (► Abb. 2.9).

### 2.3

## Dreiblättrige Keimscheibe

Zu Beginn der 3. Woche bildet sich kaudal der **Primitivstreifen** mit dem Primitivknoten an seinem kranialen Ende. Er wächst auf die **Prächordalplatte** am kranialen Ende des Keimes zu. In seiner Mitte bildet der Primitivstreifen die Primitivrinne, in deren Bereich Zellen aus dem Ektoderm in die Tiefe und dort nach lateral wandern (**Invagination**) und so das intraembryonale Mesoderm bilden. An den Rändern der Keimscheibe trifft das intraembryonale auf das extraembryonale Mesoderm und verschmilzt mit diesem. Dieser Prozess wird als **Gastrulation** bezeichnet (► Abb. 2.9). Bleiben Reste des Primitivknotens in der Sakrokokzygealregion zurück, bilden sie häufig Tumoren (Sakrokokzygealteratome) aus Geweben aller 3 Keimblätter, die aus pluripotenten Zellen bestehen. Dies ist der häufigste Tumor des Neugeborenen (1:37 000 Geburten).

Das primitive Achsenorgan (**Chorda dorsalis**) entsteht aus dem Chordafortsatz, der sich aus invaginierten Zellen zwischen Primitivknoten und Prächordalplatte bildet. Das intraembryonale Mesoderm trennt Ektoderm und Entoderm völlig voneinander, mit Ausnahme zweier Stellen: erstens den Bereich kranial der Prächordalplatte (Kopfbereich) und zweitens den kaudalen Bereich der späteren Kloakenmembran. Vorübergehend verschmilzt der Boden des Chordafortsatzes mit dem darunterliegenden Entoderm und ist somit als **Chordaplatte** in das Entoderm eingebunden, um die Amnionhöhle mit dem Dottersack zu verbinden. Später gliedert sich die Chordaplatte wieder aus dem Entoderm aus und bildet die Chorda dorsalis, während sich die Entodermischiebt wieder schließt (► Abb. 2.10).

### Osteopathischer Aspekt

Die Chorda dorsalis bildet die zentrale embryologische Struktur, aus der heraus und um die herum sich das gesamte menschliche Wachstum induziert: Nervensystem, Achsenorgan (Wirbelsäule mit Bandscheiben), Organsysteme, Rumpf und Extremitäten.

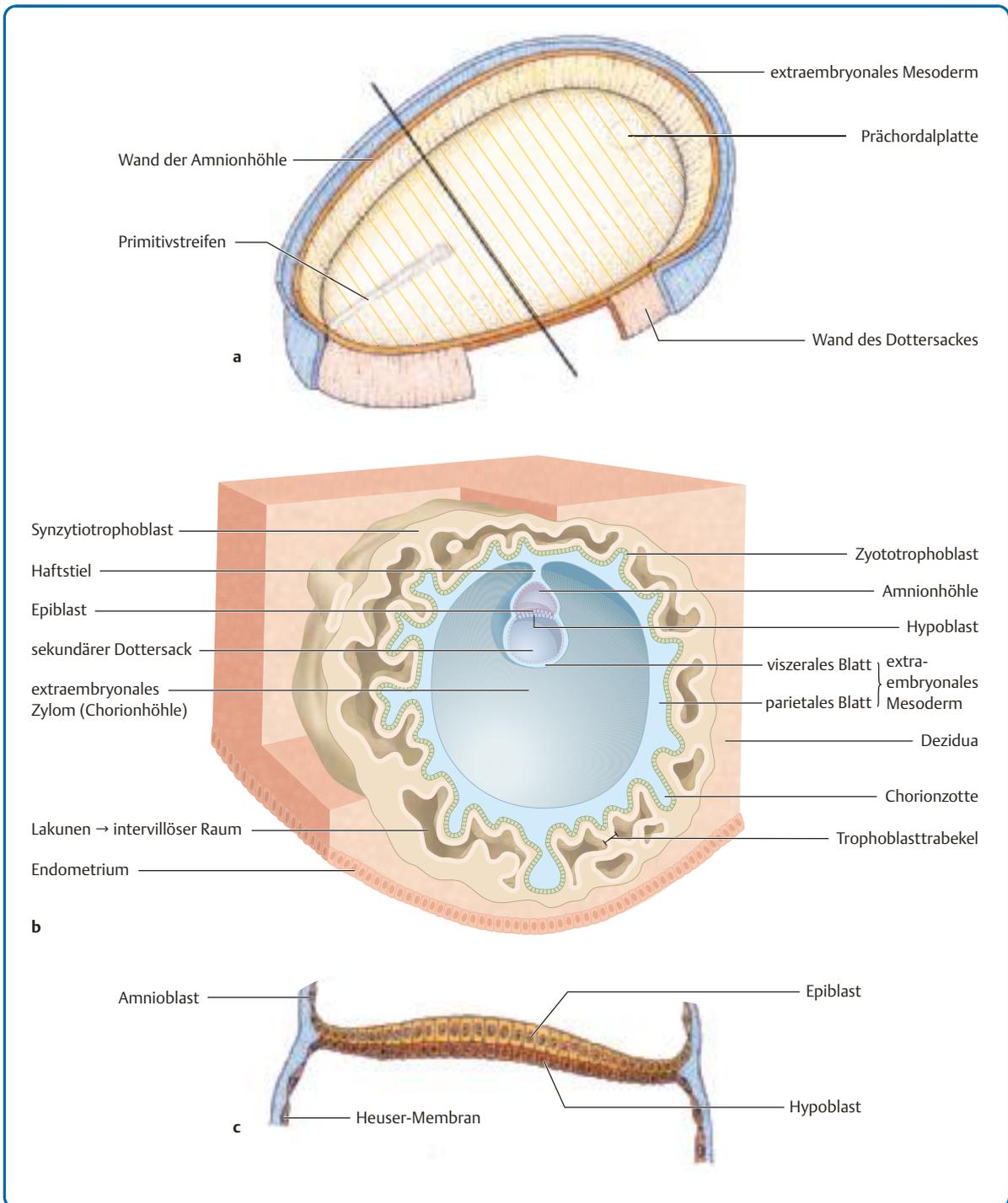
Der osteopathische Begriff der „Zentralsehne“ hat keinerlei Relationen zur Chorda dorsalis, die osteopathische „Zentralsehne“ ist ein Sammelbegriff für verschiedene myofasziale Strukturen, die sich in einer bestimmten anatomischen Region befinden und denen von einigen Osteopathen ein funktioneller Zusammenhang zugeschrieben wird. Die fehlende embryologische Funktionseinheit sowie die abweichende Innervation und Vaskularisierung der Bestandteile dieser „Zentralsehne“ machen eine funktionelle Einheit mehr als unwahrscheinlich. Allenfalls könnte man Zusammenhänge darin sehen, dass sich alles aus einer einzigen befruchteten Eizelle entwickelt.

Die Chorda dorsalis und das paraxiale Mesoderm induzieren eine Verdickung des darüber gelegenen Ektoderms zur Neuralplatte, aus der sich das Zentralnervensystem (ZNS) entwickelt. Am 18. Tag faltet sie sich zu den Neuralwülsten auf, sodass die **Neuralrinne** entsteht. Gegen Ende der 3. Woche bewegen sich die Neuralwülste aufeinander zu und verschmelzen, wodurch das **Neuralrohr** entsteht. Hierbei wandern einige Ektodermzellen mit dem Neuralrohr in den Mesoblasten ein und bilden die zwischen Ektoderm und Neuralrohr gelegene **Neuralleiste**. Diese teilt sich bald in eine linke und rechte Neuralleiste, die dorsolateralwärts wandert und sich ausdifferenziert. Das Neuralrohr löst sich dann vom Ektoderm ab, das später zur Epidermis differenziert. Das Neuralrohr ist an seinen Enden zunächst offen (Neuroporus anterior und posterior). In der 4. Woche (Neuroporus anterior = 24. Tag und posterior = 26. Tag) schließen sich diese, wobei der kraniale breite Abschnitt die Gehirnbläschen als Gehirnanlage und der kaudale schmale Abschnitt die Anlage des Rückenmarks entwickelt (► Abb. 2.11, ► Abb. 2.12).

Damit ist die **Neurulation** abgeschlossen, die Differenzierung dauert weit in die Kindheit hinein. Ab Anfang der 3. Woche, wenn sich der **Primitivstreifen** bildet, bis zum Abschluss der Embryonalperiode (Ende 8. Woche) ist der Embryo für eine teratogene Schädigung (Kap. 5.2) sehr empfindlich.

### ! Merke

**Das empfindliche Stadium beginnt 2 Wochen nach der Befruchtung, also etwa 4 Wochen nach der letzten Regel. Häufig hat die Mutter ihre Schwangerschaft zu diesem Zeitpunkt noch nicht bemerkt und verhält sich daher gegenüber Noxen nicht so vorsichtig, als wenn sie bereits von ihrer Schwangerschaft wüsste, und gefährdet somit unbewusst ihr Embryo.**

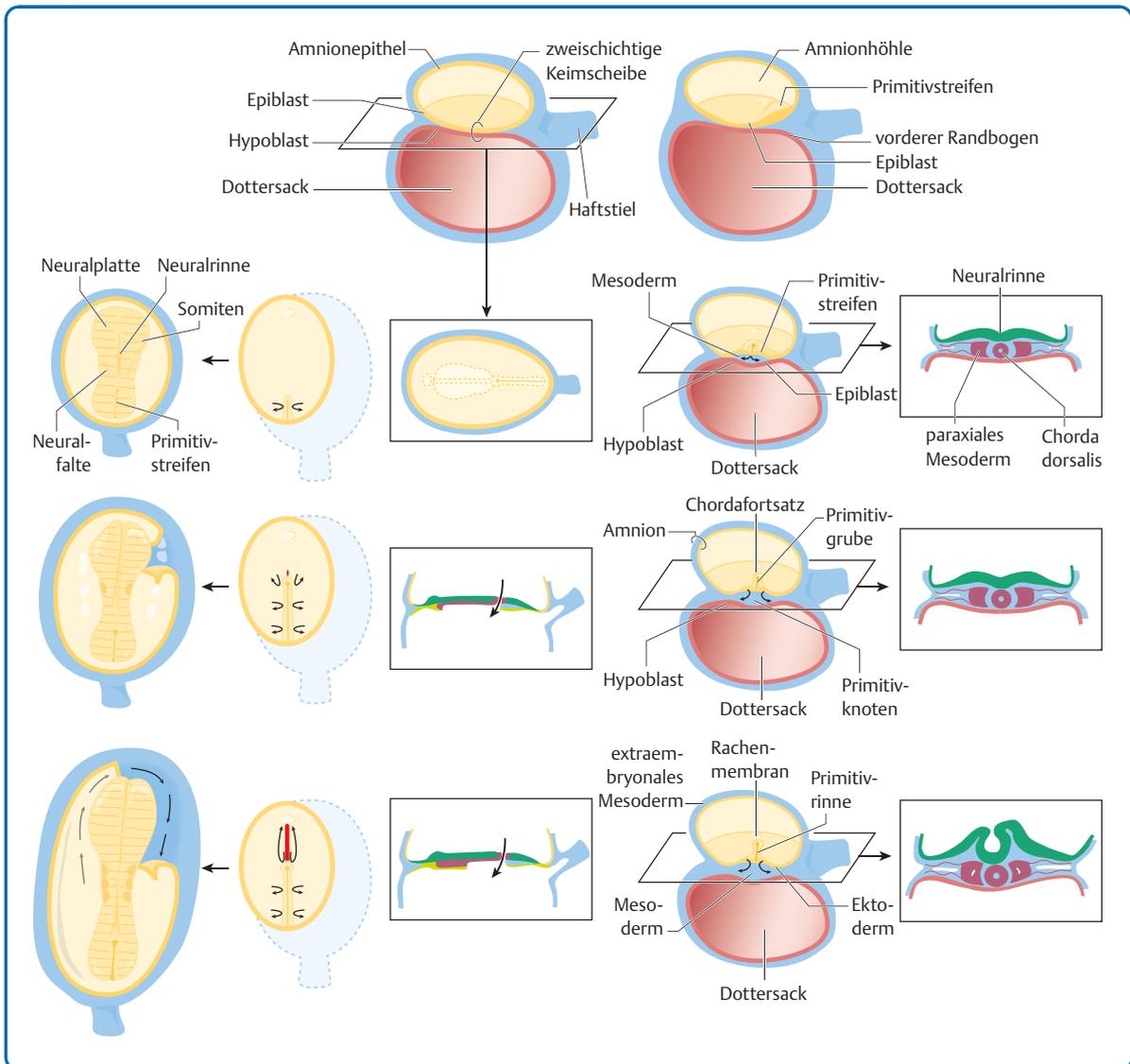


► **Abb. 2.9 Dreiblättrige Keimscheibe.**

- a Dorsalansicht der Keimscheibe nach Entfernung des Amnions (Anfang 3. Woche): Bildung des Primitivstreifens. (Quelle: Ulfig N, Brand-Saberi B, Hrsg. Kurzlehrbuch Embryologie, 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017)
- b Extraembryonales Mesoderm und Chorionhöhle, der sekundäre Dottersack ist ausgebildet [12]. (Quelle: Kirsch J. Bildung der extraembryonalen Hohlräume und des extraembryonalen Mesoderms. In: Aumüller G, Aust G, Conrad A, Engele J, Kirsch J, Maio G, Mayerhofer A, Mense S, Reißig D et al., Hrsg. Duale Reihe Anatomie. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2020. doi:10.1055/b-007-170976)
- c Querschnitt durch die Keimscheibe. (Quelle: Ulfig N, Brand-Saberi B, Hrsg. Kurzlehrbuch Embryologie, 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017)

Hohe Dosen **Alkohol** in dieser Phase schädigen die Zellen in der kranialen Hälfte der Keimscheibe, wodurch Mittelliniendefekte der kraniofazialen Strukturen entstehen (Kap. 5.10). Zur **Sirenomelie** kommt es, wenn nicht genug

Mesoderm in der kaudalen Hälfte des Embryos gebildet wird, was zu Fehlbildungen der unteren Extremitäten, des Urogenitalsystems bzw. lumbosakraler Wirbel führt.



► Abb. 2.10 Entwicklung und Differenzierung der dreiblättrigen Keimscheibe.

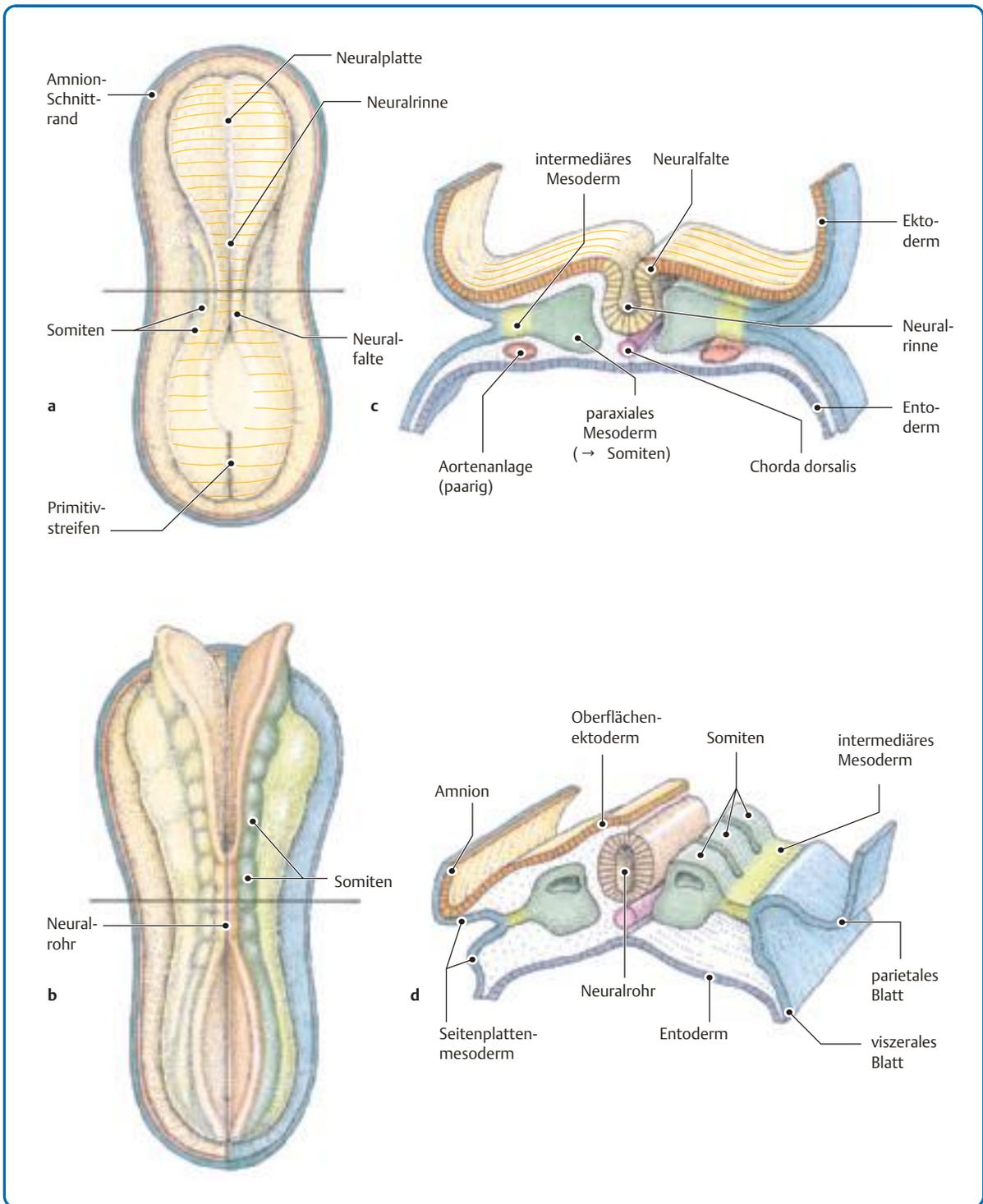
Am 16. Tag tritt im kaudalen Abschnitt des Dottersacks die **Allantois** auf, die als Reservoir für Harnflüssigkeit dient. Sie ist an der Frühentwicklung der Blutgefäße und Harnblase beteiligt. Mit Vergrößerung der Harnblase wird sie zum Urachus und ihre Blutgefäße zu den Umbilikalgefäßen.

Während der Neurulation proliferiert das intraembryonale Mesoderm und bildet 2 längs neben der Chorda verlaufende Säulen, das paraxiale Mesoderm. Dieses geht seitwärts ins intermediäre Mesoderm (Somitenstiel) und weiter ins Seitenplattenmesoderm über (► Abb. 2.13). Das paraxiale Mesoderm teilt sich von Ende der 3. Woche an in kraniokaudaler Richtung in würfelförmige Gebilde, die sog. **Somiten** (Urwirbel), auf, aus denen sich Wirbel, Rippen, Rumpfmuskulatur und Hautbindegewebe entwickeln. Vom 20.–30. Tag (Somitenperiode) entstehen so 42–44 Somitenpaare (4 okzipitale, 8 zervikale, 12 thorakale, 5 lumbale, 5 sakrale, 8–10 kokzygeale), von

denen das erste okzipitale und die letzten 5–7 kokzygealen wieder verschwinden.

Aus dem ventromedialen Teil der Somiten (**Sklerotom**) entstehen Knorpel-, Knochen- und Bindegewebe, während aus dem dorsolateralen Teil (**Dermomyotom**) Skelettmuskulatur und die Kutislamelle der Haut hervorgehen:

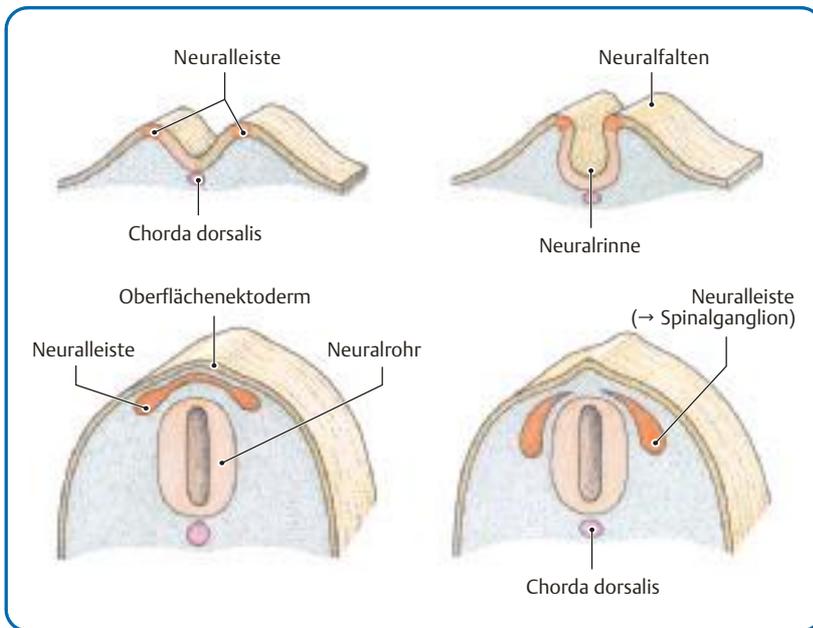
Anfang der 4. Woche beginnen die Somiten, sich wieder aufzulösen. Als Erstes löst sich der ventromediale Wandabschnitt (Sklerotom) auf und bildet einen lockeren, netzartigen Gewebeverband, das embryonale Bindegewebe (Mesenchym), das sich zu Fibroblasten (Bindegewebsfasern), Chondroblasten (Knorpel) oder Osteoblasten (Knochen) differenzieren kann. Die aus dem Sklerotom stammenden Mesenchymzellen wandern nach ventromedial und bilden das Anlagematerial für die Wirbelsäule.



► **Abb. 2.11 Neurulationsstadien in der 4. Entwicklungswoche.** (Quelle: Ulfig N, Brand-Saberi B, Hrsg. Kurzlehrbuch Embryologie, 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017)  
 a Dorsalansicht.  
 b Dorsalansicht.  
 c Querschnitt zu ► Abb. 2.11a.  
 d Querschnitt zu ► Abb. 2.11b.

Die laterodorsale Wand (**Dermatom**) bleibt zurück und die freien Enden der Somitenwand vereinigen sich zu einer neuen Zellplatte, dem **Myotom**. Danach breiten

sich die Dermatomzellen unter dem Ektoderm aus und entwickeln sich später zu Dermis und subkutanem Bindegewebe.



► **Abb. 2.12 Bildung der Neuralleiste während der Neurulation (4. Woche).** (Quelle: Ulfig N, Brand-Saberi B, Hrsg. Kurzlehrbuch Embryologie, 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017)

Die einkernigen Myoblasten verschmelzen zu vielkernigen Muskelschläuchen, die innerhalb eines Segments parallel zum Neuralrohr angeordnet sind.

Zu jedem Myotom und Dermatome entwickelt sich ein segmentaler Spinalnerv.

Die viszeralen (Organ-) und parietalen (Haut-) Afferenzen im Bereich des Spinalnervs werden gemischt. Daher kommt es zur Projektion von Schmerzen innerer Organe auf entsprechende hyperalgische Zonen der Haut

(**Head'sche Zonen**) durch einen viszerokutanen Reflex sowie von Schmerzen des Bindegewebes (**Bindegewebszonen nach Teirich-Leube**) oder der Muskulatur (**Mackenzie-Zonen**) durch einen viszeromuskulären Reflex (muskuläre Maximalpunkte nach Kohlrausch). Wichtig zur Diagnostik ist ferner die eigenständige orthosympathische Innervation der Hautanhangsdrüsen, die nach Schlick eine eigene segmentale Gliederung besitzen.

### Osteopathischer Aspekt

#### Segmentale Ordnung

Am 20.–30. Tag, in der embryonalen Phase während der Somitenperiode, findet eine wesentliche Gliederung des Körpers statt, die „segmentale Beziehung“. Sie ordnet alle Strukturen des Körpers einem (oder mehreren) Somiten bzw. – im Kopf-/Halsbereich – den jeweiligen Kiemenbögen zu, die ebenfalls als Funktionsabschnitte fungieren. Aus jedem Somiten bilden sich:

- Dermatome
- Myotome
- Sklerotome (Gelenkkapsel, Bänder, Knochen-Knorpel-Teile, seröse Häute)
- Viszerotome (C 8–L 2)
- Angiotome (arterielle und Lymphgefäßperistaltik, sensible Gefäßinnervation)

Dabei werden *alle* Strukturen eines Somiten (des gleichen „...-toms“) vom gleichen Rückenmarkssegment innerviert. Somit haben auch alle von diesem Segment innervierten Strukturen ihren Einfluss auf den Fazilitätszustand dieses Segments.

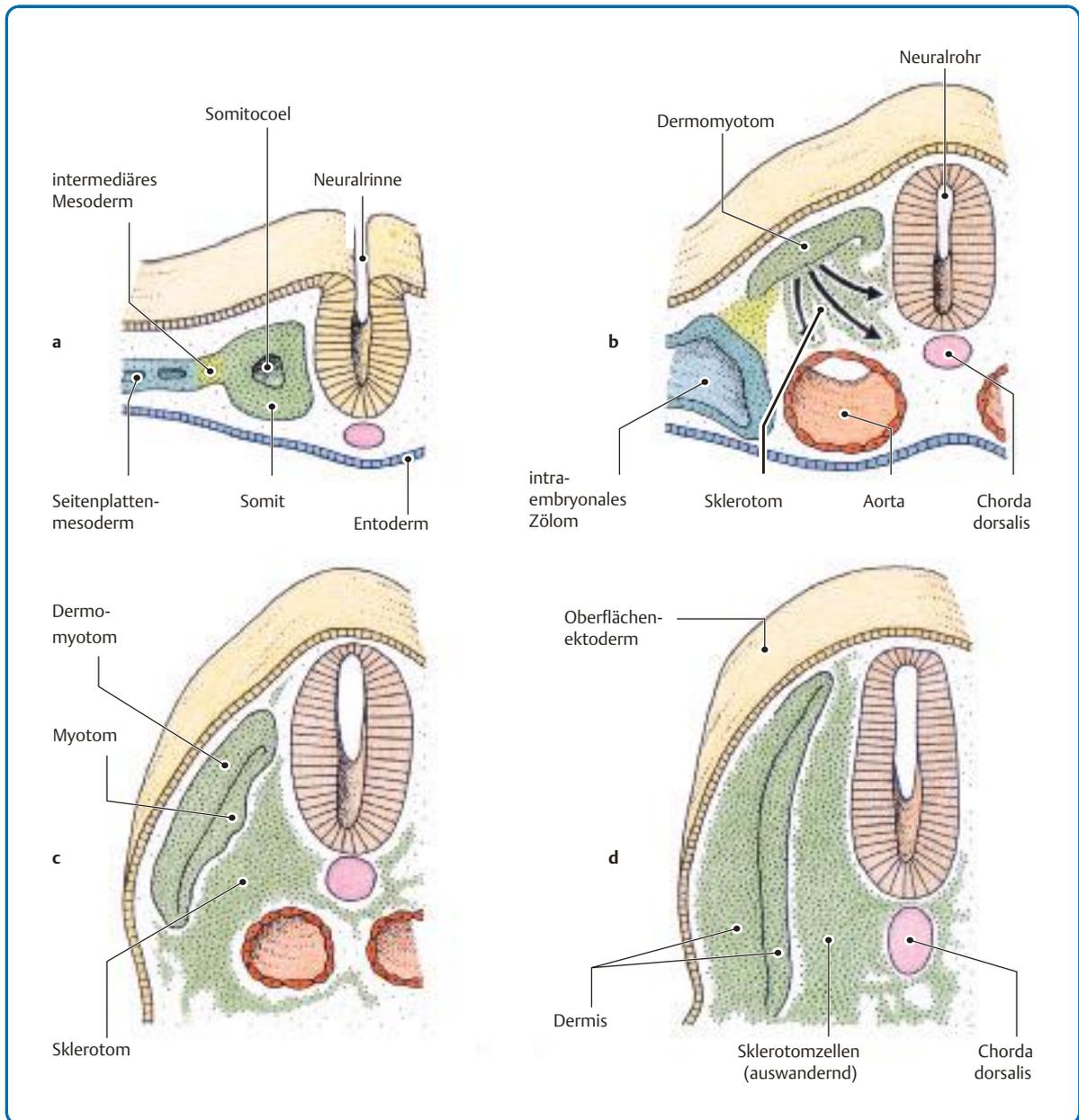
#### Beispiel Badezimmer

In älteren Häusern ist oft ein ganzes Stockwerk über nur eine Sicherung für diesen Stromkreis abgesichert. Mittlerweile hat man gelernt und sichert z. B. das Badezimmer se-

parat ab, und dort auch noch einmal Waschmaschine und Trockner mit Extrasicherung(en). In einem älteren Badezimmer laufen – auf einer einzigen Sicherung – sowohl die Waschmaschine, der Wäschetrockner, ein Lüfter und der Föhn. Laufen alle Geräte gemeinsam zur gleichen Zeit, benötigen sie zu viel Strom, die Sicherung löst aus und alle Geräte stehen still. Schaltet man vor dem Föhnen erst einmal den Lüfter und/oder Trockner aus, reicht die Stromlast aus, es gibt keine Probleme. Fazit: Es ist egal, welches Gerät die Sicherung ausgelöst hat, alle Geräte stoppen ihre Funktion. Wie in diesem Beispiel kann ein Rückenmarkssegment „überlastet“ sein und gibt dann eine „Fehlermeldung“ an das Gehirn weiter, unabhängig davon, welches „...-tom“ die Überlastung erzeugt hat. Es kann bei körperlicher Anstrengung der Darm sein, der die Überlastung einleitet, es kann eine Gelenkblockade oder eine Kapselreizung (z. B. auch rheumatischer Genese) auslösend sein, in jedem Fall reagiert der Körper, indem *alle* über das Segment verschalteten Systeme gebremst werden, um den Körper zu schützen.

#### Untersuchung der Wirbelsäule

Aus dieser segmentalen Ordnung resultiert auch, dass mit Untersuchung der Wirbelsäule (C 8–L 2 sowie C 0–2 [für den N. vagus] und S 2–4) das gesamte viszerale System getestet wird:



► **Abb. 2.13 Somitendifferenzierung, intermediäres Mesoderm und Seitenplattenmesoderm.** Querschnitte. Das Endoderm kennzeichnet die ventrale Seite des Embryos. (Quelle: Ulfig N, Brand-Saberi B, Hrsg. Kurzlehrbuch Embryologie, 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017)

a 21. Tag.

b 26. Tag.

c 28. Tag.

d 30. Tag.

Eine viszerale Ursache (die Viszera sind plurisegmental verschaltet) erzeugt eine Gruppendysfunktion der zugehörigen Segmente (Kap. 5.8), während die Blockade eines dem Organ zugehörigen Wirbels eine mechanische Ursache hat, sich aber störend auf das Organ auswirkt!

#### Beispiel Elektroherd

- Hat der Herd ein (elektrisches) Problem, springen alle 3 Sicherungen des Herdes heraus (Gruppendysfunktion).
- Hat jemand eine der 3 Sicherungen des Herdes abgeschaltet (mechanische Ursache), ist der Herd noch teilweise funktionsfähig, aber nicht vollständig.

Innerhalb des Seitenplattenmesoderms treten kleine Spalten auf, die zum hufeisenförmigen intraembryonalen Zöлом zusammenfließen. Dadurch wird das Seitenplattenmesoderm aufgeteilt in ein **parietales Blatt (Somatopleura)**, das mit dem extraembryonalen Mesoderm des Amnions verbunden ist, und ein **viszerales Blatt (Splanchnopleura)**, das mit dem extraembryonalen Mesoderm des Dottersacks verbunden ist.

Das parietale Blatt formt mit dem Ektoderm die embryonale Körperwand, während das viszerale Blatt mit dem Entoderm die Wand des primitiven Darmrohrs bildet.

Im 2. Monat gliedert sich das embryonale Zöлом in 3 Körperhöhlen auf, und zwar in **Perikard-, Pleura- und Peritonealhöhle**. Die Perikardhöhle bildet sich aus dem vorderen Teil des hufeisenförmig gekrümmten Zöloms, während die beiden seitlichen geraden Teile später zur Pleura- und Peritonealhöhle werden.

### Osteopathischer Aspekt

Aufgrund des gemeinsamen embryologischen Ursprungs beeinflussen sich die Spannungen und die Intrazellulärsubstanz (Matrix) von Pleura, Perikard und Peritoneum ständig gegenseitig, was im Idealfall für Homöostase sorgt, bei Störungen aber fortgeleitete myofasziale und viszerosomatische Probleme erzeugt. Deshalb muss der Osteopath bei Dysfunktionen in einem der 3 Systeme stets auch die anderen beiden kontrollieren und ggf. korrigieren.

Alle 3 Höhlen bestehen aus jeweils einem (sich der Umgebung anlagernden) parietalen Blatt und einem (sich den enthaltenen Organen anlagernden) viszeralen Blatt. Also müssen bei Störungen der Pleura auch Perikard und Peritoneum untersucht und ggf. korrigiert werden. Es gibt auch zahlreiche Fälle, wo die Symptomatik sich nicht im ursächlich gestörten System zeigt. Ein Beispiel hierfür sind Atembeschwerden infolge einer Milzdysfunktion.

Funktionell gehören auch die Meningen in dieses System, wenngleich sie wegen ihrer Umhüllung des Nervensystems – das aus Neuroektoderm entsteht – einen anderen embryologischen Ursprung haben.

Die Dura mater bildet die Abgrenzung zu den umliegenden (Schädel-/Wirbelkanal-) Knochen, die Pia mater umhüllt das empfindliche Nervensystem. Der Spannungszustand der Meningen wird vom R. meningeus n. spinalis kontrolliert und bei Bedarf dann über die segmental organisierten Spinalnerven und die autochtone Rückenmuskulatur bzw. die kranialen Muskeln reguliert, so wie die Spannung von Pleura, Perikard und Peritoneum vom sensiblen Teil (80 %) des N. phrenicus kontrolliert und ggf. über seinen efferenten Teil (20 %) und das Zwerchfell korrigiert wird.

- Dura mater entspricht: Pleura, Perikard, Peritoneum parietale (PP)
- Pia mater entspricht: Pleura, Perikard, Peritoneum viszerale (PV)
- R. meningeus n. spinalis entspricht: N. phrenicus

Am Dottersack, im Chorion und an der Allantois entstehen die ersten Blutgefäße: In mesenchymalen Zellhaufen (**Blutinseln**) treten endothelial ausgekleidete Hohlräume auf, die sich miteinander verbinden und so das **primitive Gefäßsystem** bilden. Aus den Mesenchymzellen der **kardiogenen Region** entstehen 2 Herzschräuche, die verschmelzen und das primitive Herzrohr bilden, das am 21. Tag Verbindung mit den primitiven Blutgefäßen bekommt, sodass ein **primitiver Kreislauf** entsteht.

Ende der 3. Woche setzt die **Zirkulation des Blutes** ein und das Herz beginnt zu schlagen. Das Kreislaufsystem ist somit das erste funktionierende Organsystem des Embryos.

### ! Merke

#### Funktionen von Dottersack und Allantois

**Der Dottersack ist bei Nicht-Säugetieren das Ernährungsorgan des Embryos, bei Säugern wird er durch die Plazenta ersetzt. Aus dem Dottersack gehen aber die Keimzellen sowie die Stammzellen für die Blutbildung hervor. Vor Ausbildung der Leber ist er das entsprechende Stoffwechselorgan des Embryos. Die Allantois ist bei den Nicht-Säugetieren extraembryonales Speicherorgan für harnpflichtige Substanzen. Bei Säugern ist der entodermale Teil rudimentär, der mesodermale Teil bildet den Haftstiel mit den Nabelgefäßen sowie die Gefäße der Chorionzotten und der Plazenta. Bei Bildung der Schwanzfalte entsteht aus der Allantois der ventrale Anteil der Kloake, aus der die Harnblase hervorgeht. Der distale Anteil der Allantois verbleibt in Haftstiel.**

Die primären Chorionzotten werden durch Ausbildung eines Mesenchymkerns zu Sekundärzotten, die durch Eindringen von Kapillaren zu Tertiärzotten werden. Diese **Zottengefäße** anastomosieren mit den embryonalen Blutgefäßen, sodass ein Stoffaustausch zwischen Mutter (Uterus) und Embryo (Chorion) erfolgt, ohne dass die Kreisläufe sich mischen (Kap. 5.1). Stirbt der Embryo ab, bevor die Tertiärzotten gebildet wurden, kann es durch zystische Auftreibungen der Chorionzotten unter Beibehaltung der Proliferationstendenz zu Resten der Trophoblasten (**Blasenmole**) kommen, die große Mengen an HCG produzieren. Etwa 2 % dieser Blasenmolen entarten bösartig und werden zu Chorionkarzinomen der Mutter.

### ! Merke

**Chorionkarzinome bei der Mutter können sowohl nach Spontanaborten als auch nach Spontangeburt auftreten. Sie sind sehr bösartig und wachsen rasch invasiv und destruierend, wobei sie auf dem Blutwege in verschiedene Organe metastasieren.**

Eihäute und Plazenta schützen den Embryo und sorgen für seine Ernährung, Atmung und Exkretion (**Homöostase**).