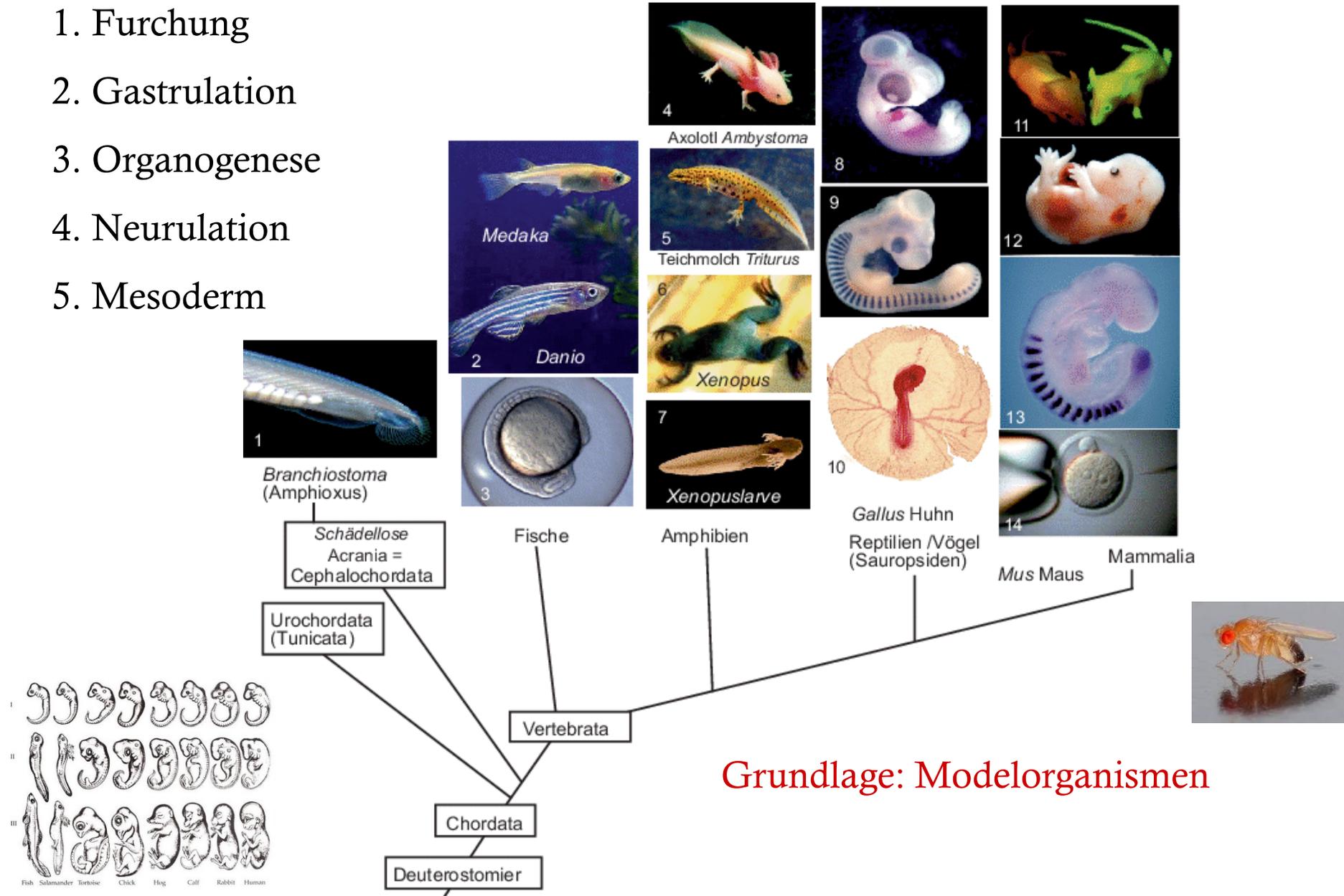


Einführung in die Entwicklungsbiologie (I)

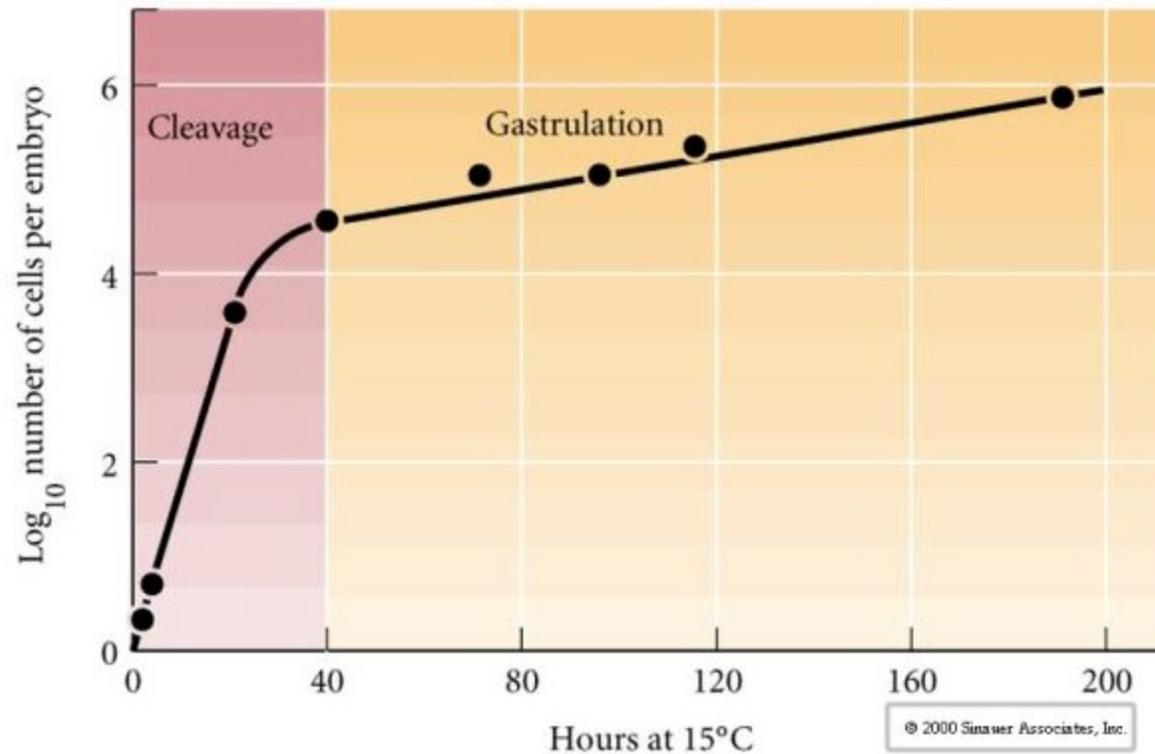
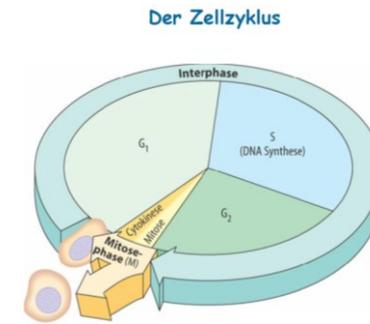
1. Furchung
2. Gastrulation
3. Organogenese
4. Neurulation
5. Mesoderm



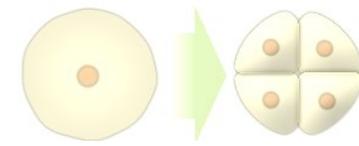
Grundlage: Modelorganismen

Furchung

- schnelle mitotische Teilung der Zygote
- Zellzyklus ist auf zwei Phasen verkürzt: S- und M-Phase
- keine Transkription, nur Replikation
- Embryo wird nicht vergrößert, sondern nur segmentiert
- beeinflusst von der geordneten Struktur der Eizelle



Furchungstypen

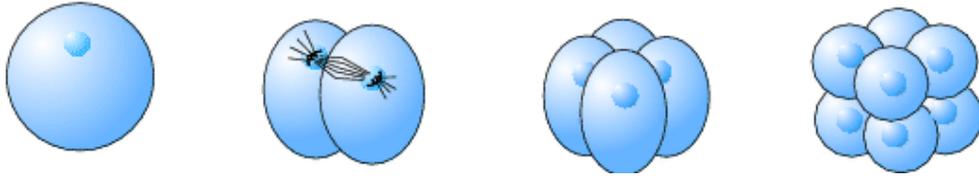


Dottergehalt: oligo- meso- polyolecithal

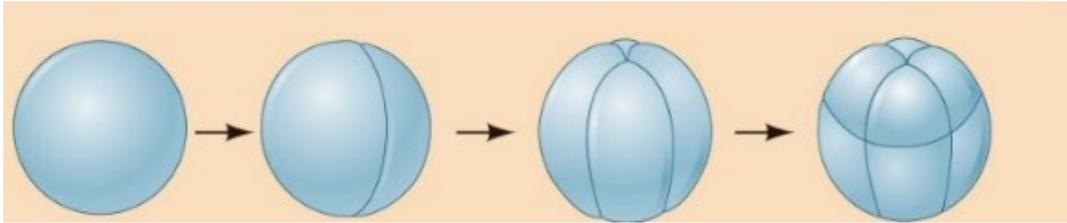
Dotterverteilung: iso- oder anisolecithal (-> telolecithal, centrolecithal)

Zellteilungsebene: Anordnung der mitotischen Spindel

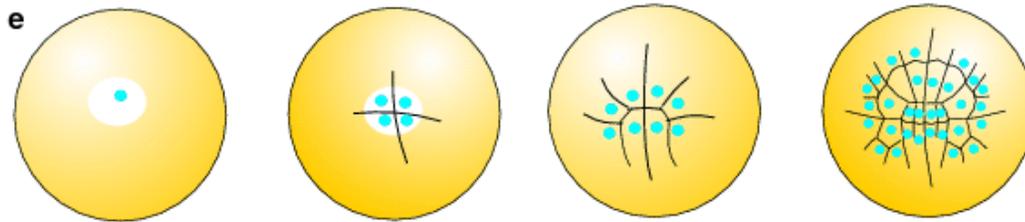
Blastula (holoblastisch oder meroblastisch)



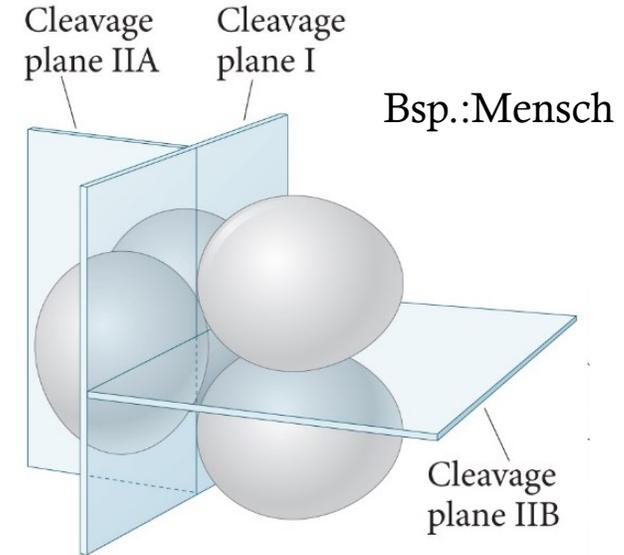
oligolecithal, total, äqual, radiär Bsp.: Echinodermen, Seeigel



mesolecithal, total, äqual, radiär Bsp.: Amphibien, Frosch



polyolecithal, partiell, discoidal, Bsp.: Reptil, Vogel



Bsp.: Mensch

holoblastisch, rotational, Ei sehr klein
 sekundär dotterarm, 2. Furchungsebene
 partiell gedreht, extrem langsame, asynchrone
 Teilungen (ca. 12h/Teilung)

Ergebnis der Furchungsteilungen

Blastozyste: befruchtete Eizelle; je nach Organismus ein 2-6 alter Embryo; das Blastozystenstadium ist das Entwicklungsstadium vor der Einnistung des Embryos z.B in die Gebärmutter (Säuger).

Blastomere: einzelne Zellen der ersten mehrzelligen Entwicklungsstadien.

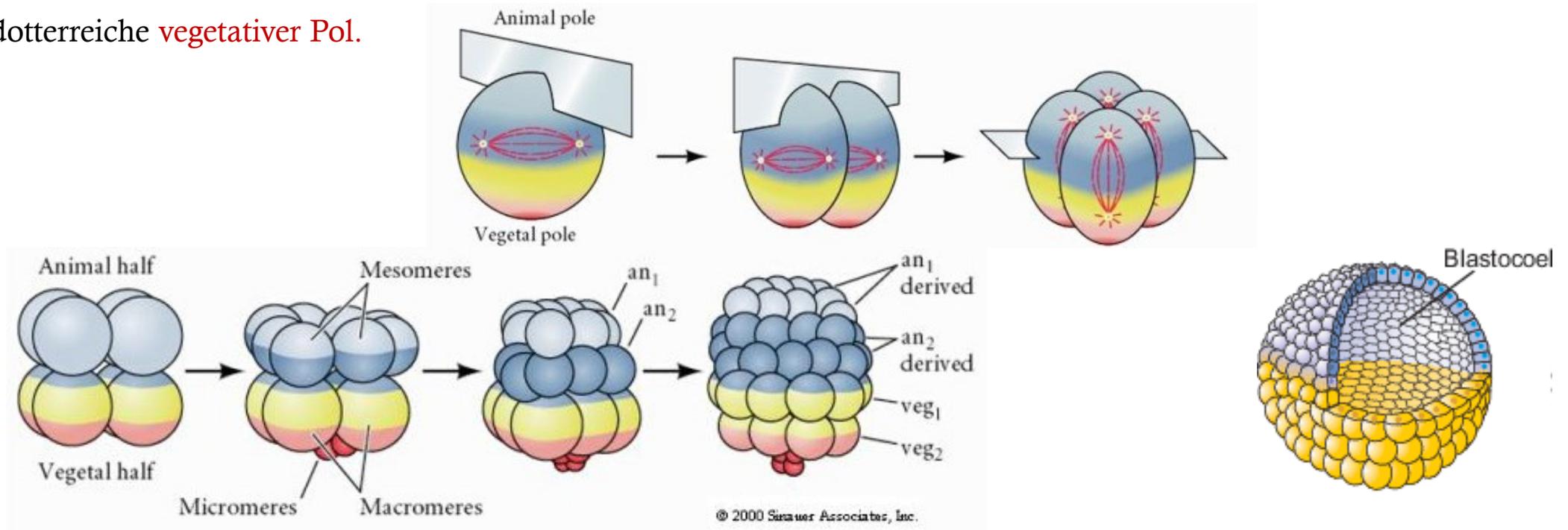
Morula: kompakter „Zellhaufen“ (Maulbeerkeim) aus Blastomeren.

Blastula: vielzellige „Hohlkugel“.

Blastocoel: innerer Blastularaum (primäre Leibeshöhle)

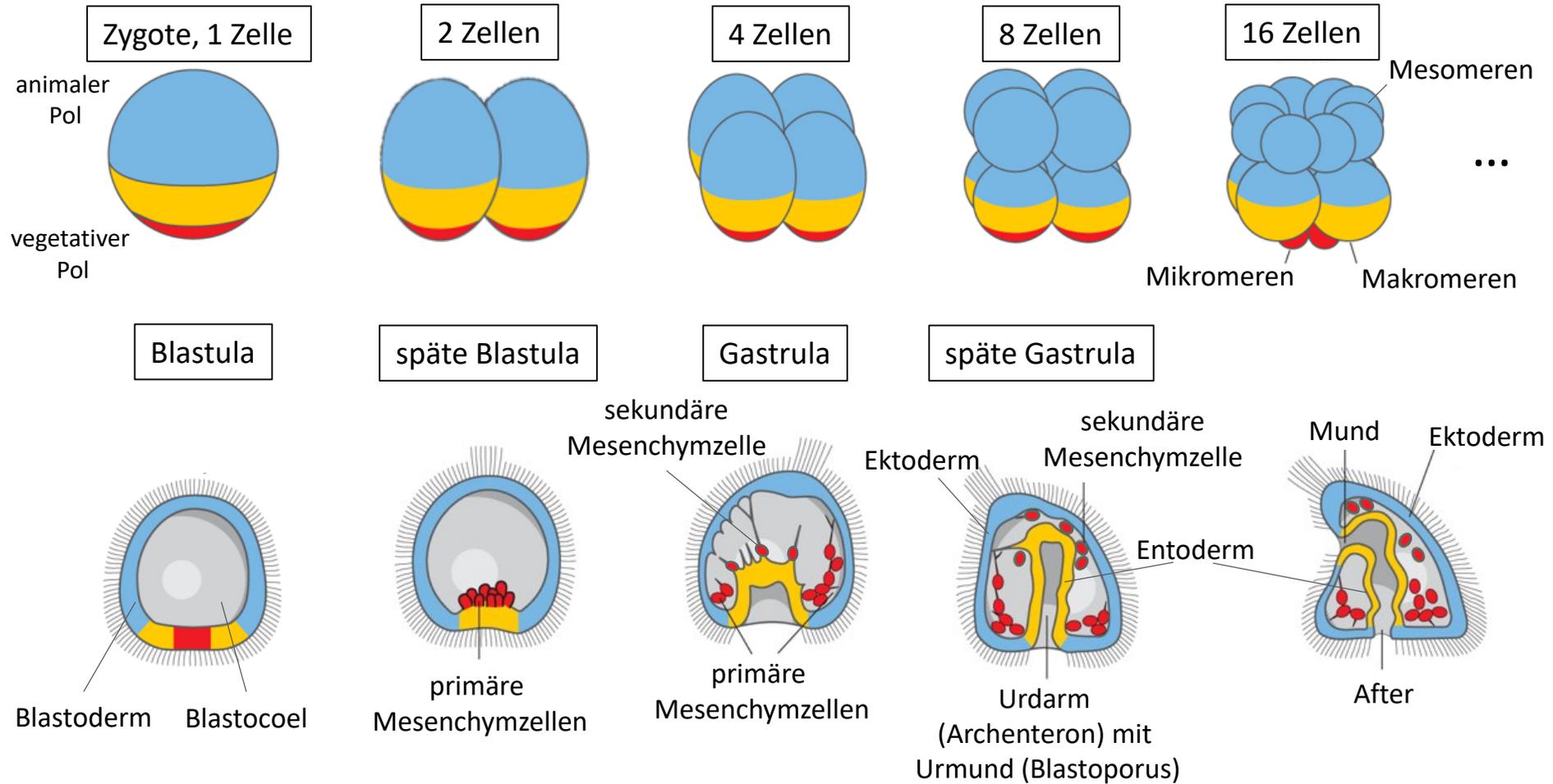
Zellkern liegt in der polarisierten Eizelle meist am **animalen Pol**, gegenüber befindet

sich der dotterreiche **vegetativer Pol**.

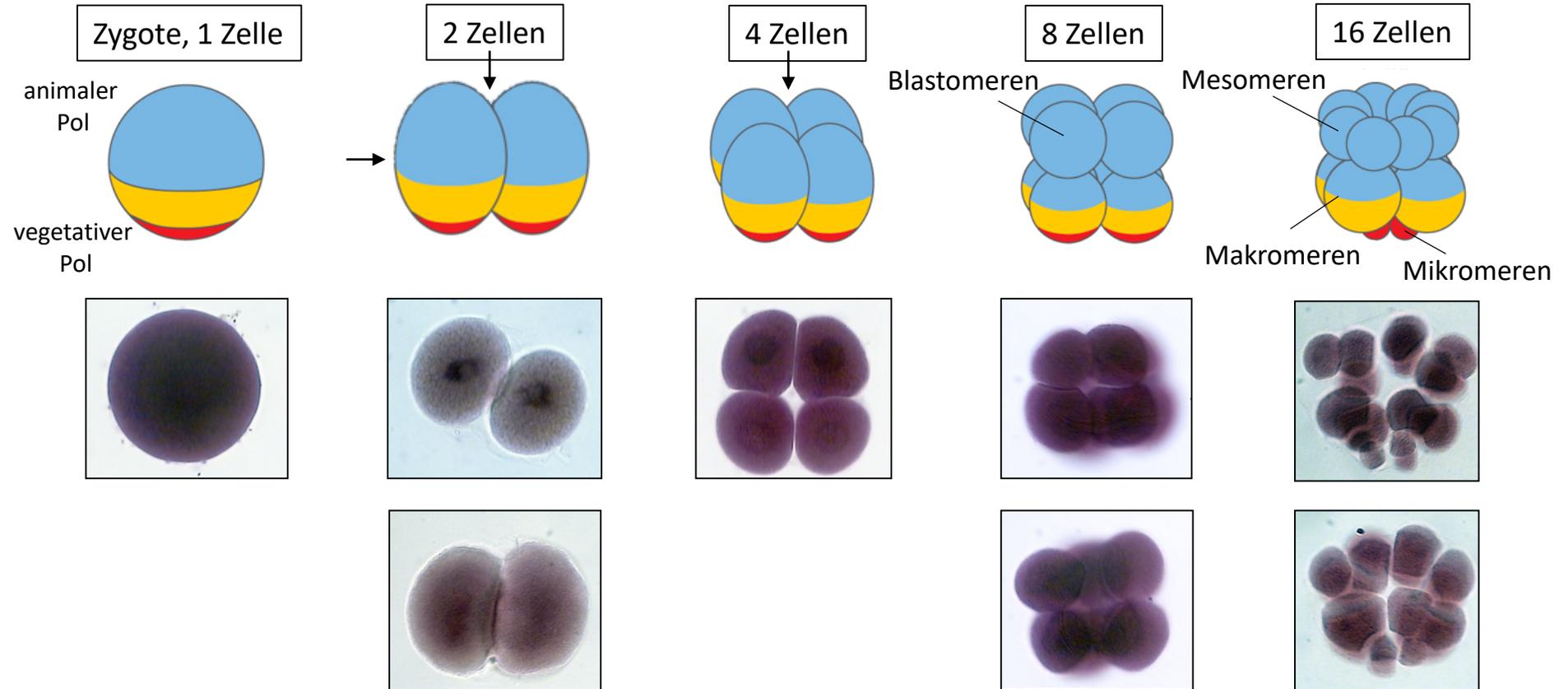


Eintritt in die **Gastrulation** und Ausbildung der **Keimblätter**, verbunden mit morphogenetischen Bewegungen/Morphogenese

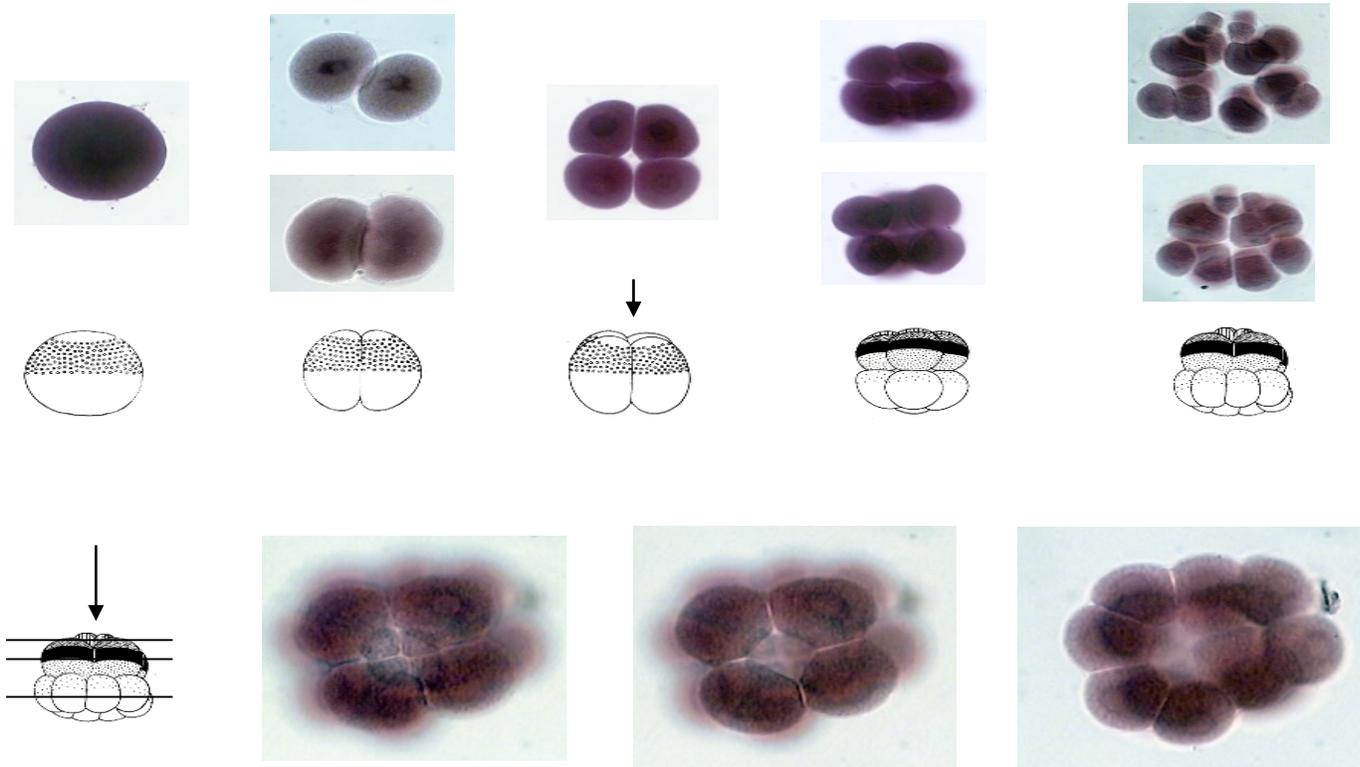
Frühe Seeigel-Entwicklung



Furchung beim Seeigel: radiär holoblastisch



Aufgabe 1: Erarbeitung der Grundkonzepte /Stadien früher Entwicklungsphasen mithilfe von Seeigel-Präparaten: **Furchung**



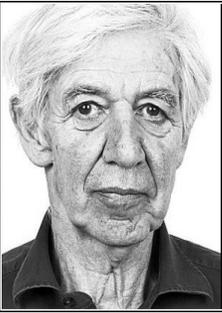
- ~ 40 min nach Befruchtung beginnt die erste meridiane Teilung
- Zellteilung bis zur Blastula: alle 20-30 min
- ~ zum 10. Teilungszyklus entwickelt die Blastomere Cilien
- nach ca. 7 h sprengt die Blastula die Befruchtungsmembran -> Schwimmblastula tritt in die Gastrulation ein
- Entwicklung zu einer (Pluteus) Larve-> sinkt auf den Meeresboden - Seeigelmetamorphose

Lernziele:

Begriffe:

- 1a) Was versteht man unter einer Furchung? (einzellig -> mehrzellig)
- 1b) Welche Furchungstypen gibt es und warum unterscheiden sich diese in unterschiedlichen Organismen.
- 1c) Blastula ist ein „Zellhaufen“, entstanden durch Zellteilungen (siehe Folie 3)
- 1d) **Beispiel Seeigel (Echinodermata/Stachelhäuter)**

1. Kurspräparat



It is not birth, marriage, or death,
but gastrulation which is truly the
most important time in your life.

— Lewis Wolpert —

AZ QUOTES

Gastrula

Becherförmiges Entwicklungsstadium

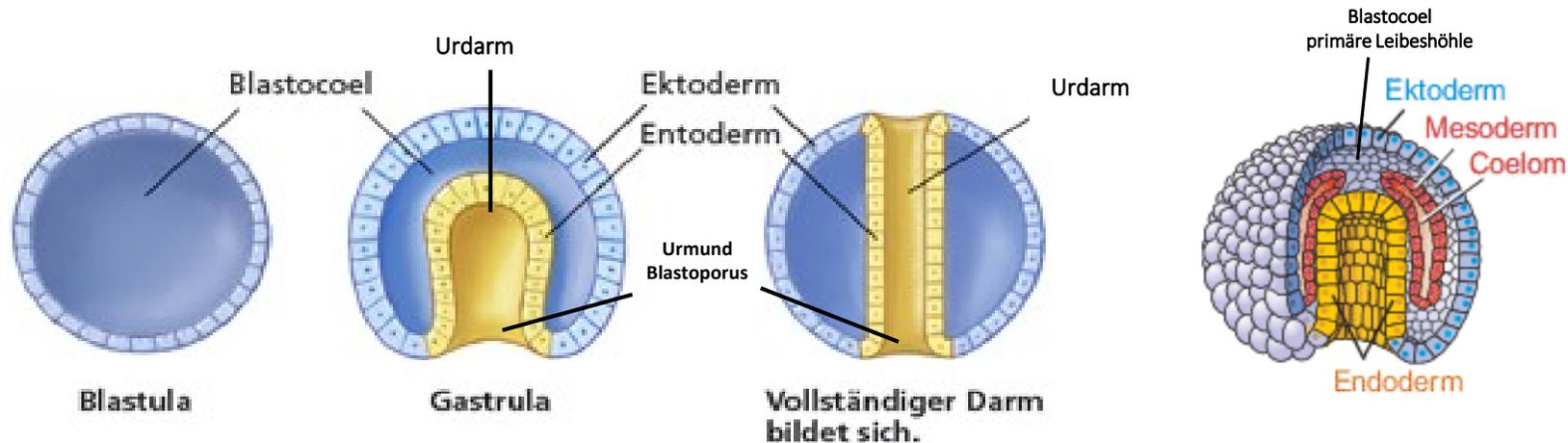
Verschiedenste Zellbewegungen der Blastula führen zu

Ektoderm und **Entoderm**



Ergebnis:

- Primäre Leibeshöhle; Blastocoelhohraum zw. **Ekto-Entoderm** wird eingeengt
- Urdarm/Archenteron entsteht durch Einstülpung des Blastulaepithels (**entodermaler** Hohlraum)
- Urmund/Blastoporus ist die Einstülpungsstelle des Urdarms

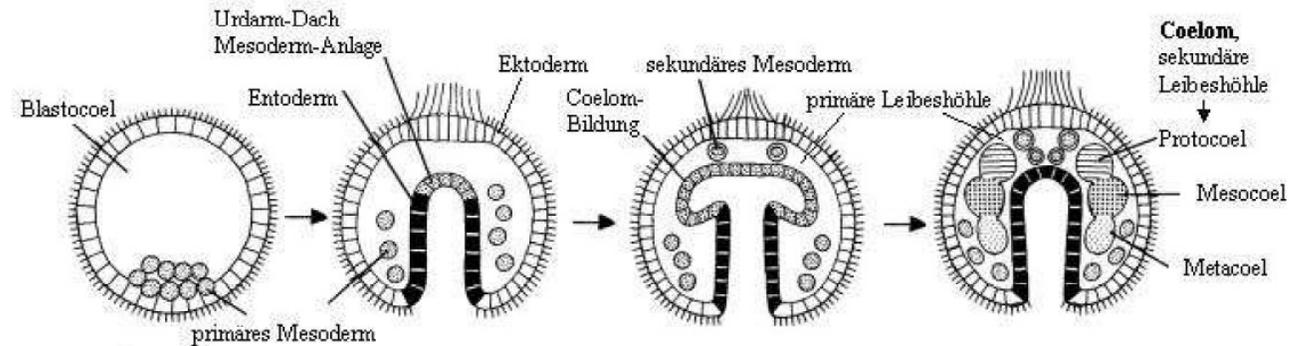
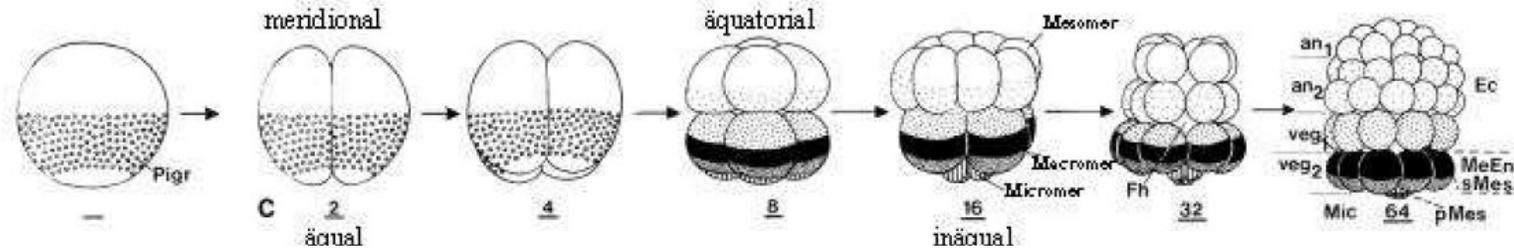


Das dritte Keimblatt (**Mesoderm**) entsteht zwischen **Ekto-Entoderm**

Beispiel Seeigel (Echinodermata/Stachelhäuter) I

Gastrulation durch Immigartion und Invagination

Bilateria - aber sekundär radiärsymmetrisch wirbellos - aber Deuterostomier



Blastula **Gastrula**
durch Invagination entsteht
bei der Gastrulation der Urdarm
Ektoderm und Entoderm werden
gebildet

primäre Leibeshöhle:
Raum zwischen Ektoderm und Entoderm

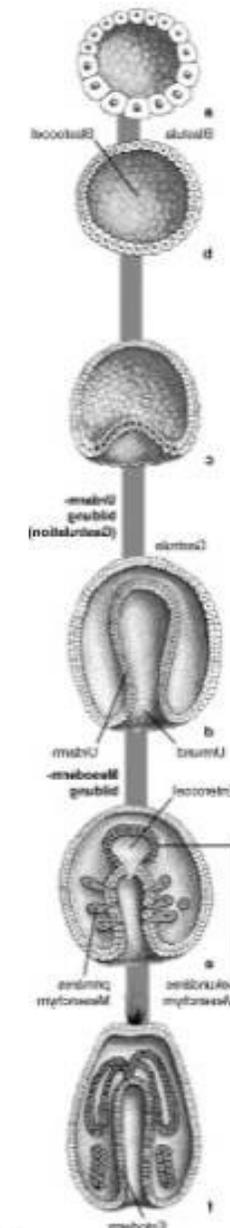
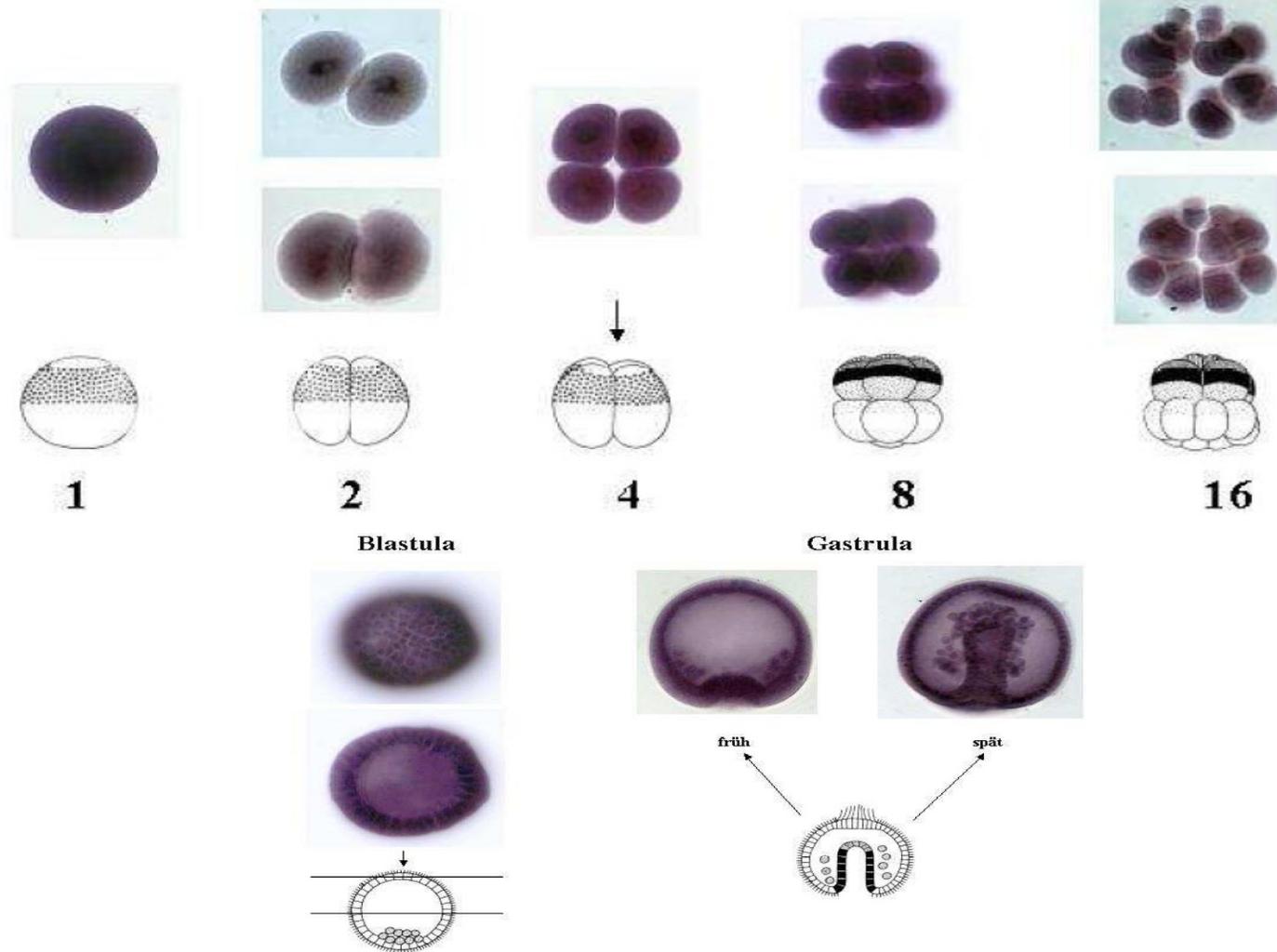
sekundäre Leibeshöhle oder Coelom:
komplett von Mesoderm umschlossen

Modifiziert aus Fiorini P (1992) Allgemeine und vergleichende Embryologie der Tiere. 2. Auflage, Springer, Berlin.

- Nach der Befruchtung erfolgt eine holoblastische radiäre Teilung
- Zwei meridionale und eine äquatoriale Furchung führen zu Micro-Macro und Mesomeren
- Differenzierung in eine animalen und vegetativen Pol
- Voraussetzung für den Beginn der Gastrulation, welcher zur Entwicklung der „drei“ Keimblätter führt

Beispiel Seeigel (Echinodermata/Stachelhäuter) II

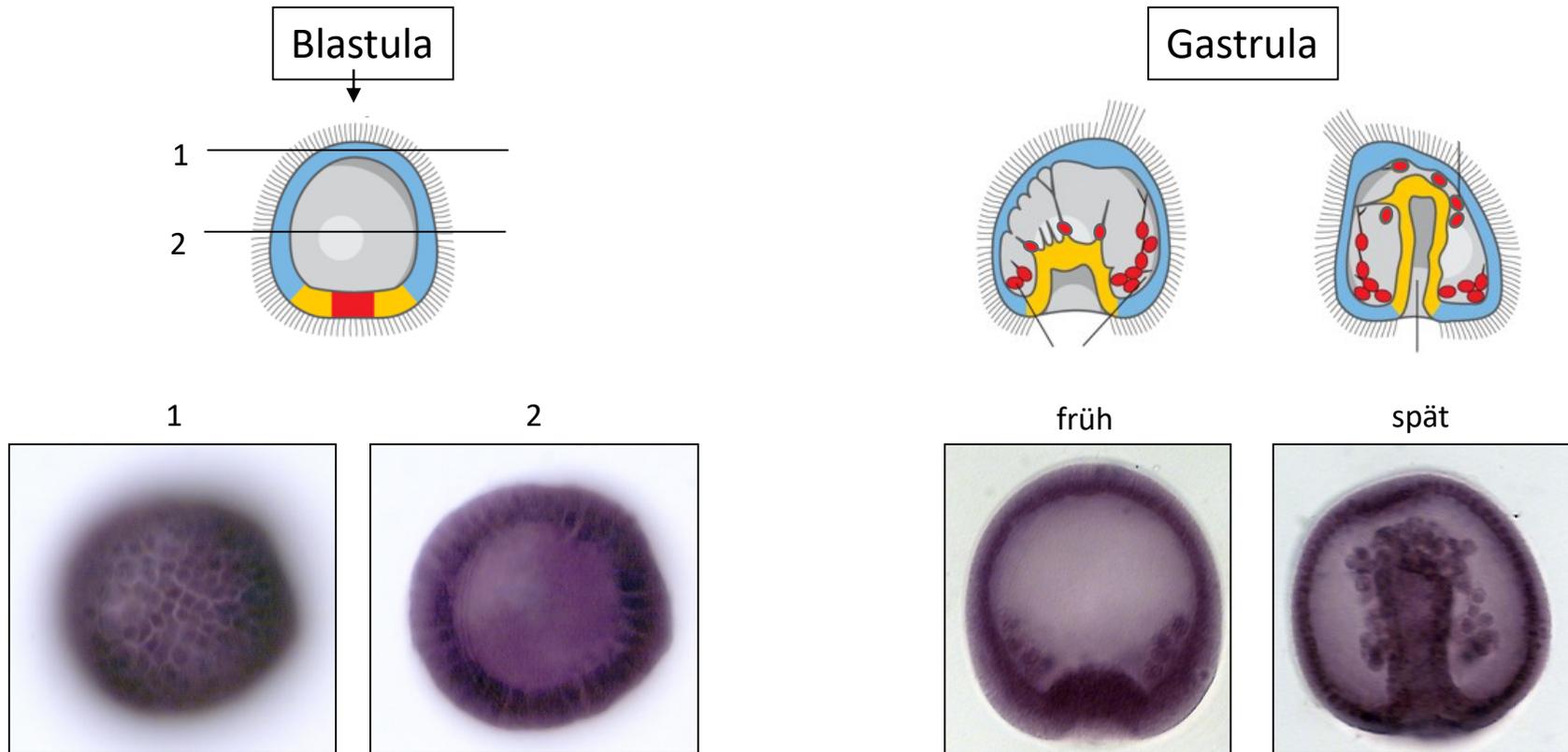
Mikroskopischer und schematischer Schnitt



- primäre Mesenchymzellen (PMC) aus großen Mikromeren durchlaufen einen epithelialen mesodermalen Übergang (EMT) und entwickeln das Skelett.
- sekundäres Mesenchym (SMC) immigrieren vom Urdarmepithel in das Blastocoel. Entwickeln Filopodien und verteilen sich, um Organe wie z.B. Muskeln Pigmentzellen, etc. zu bilden.

Aufgabe 2: Erarbeitung der Grundkonzepte /Stadien früher Entwicklungsphasen
Mit Hilfe von Seeigel-Präparaten: **Gastrulation**

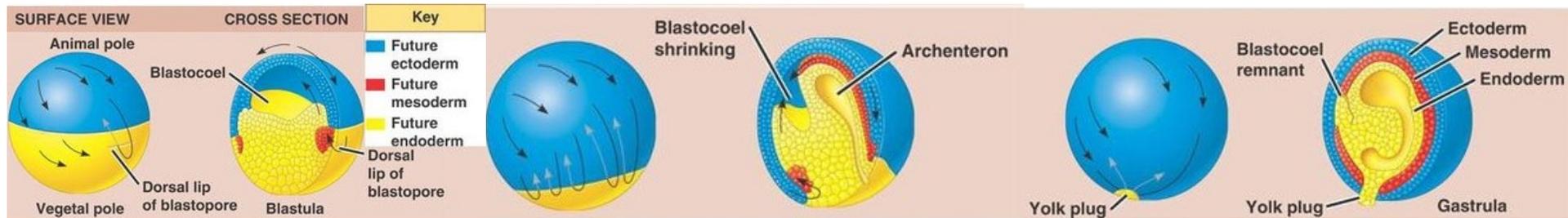
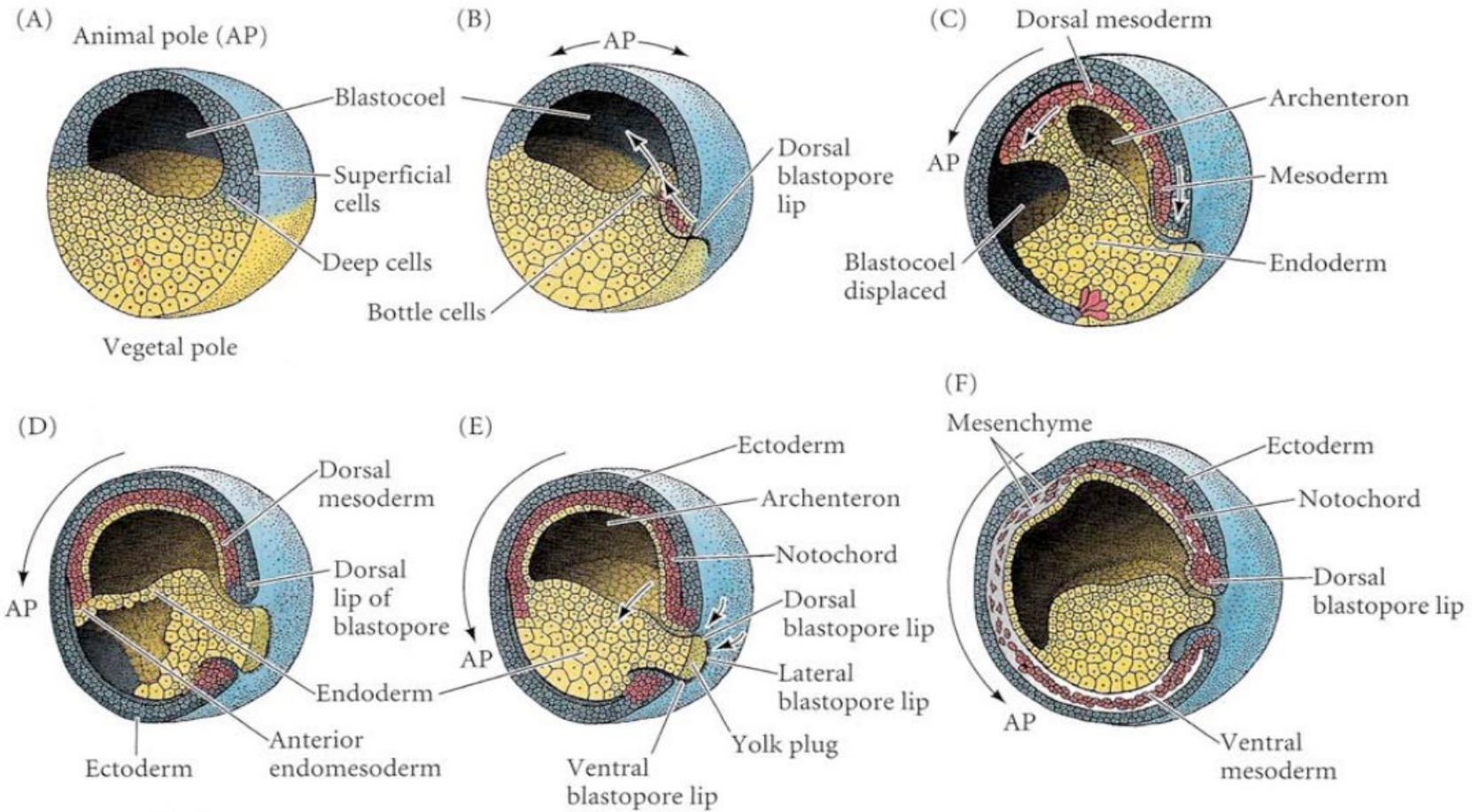
Gastrulation beim Seeigel: Mikroskopie



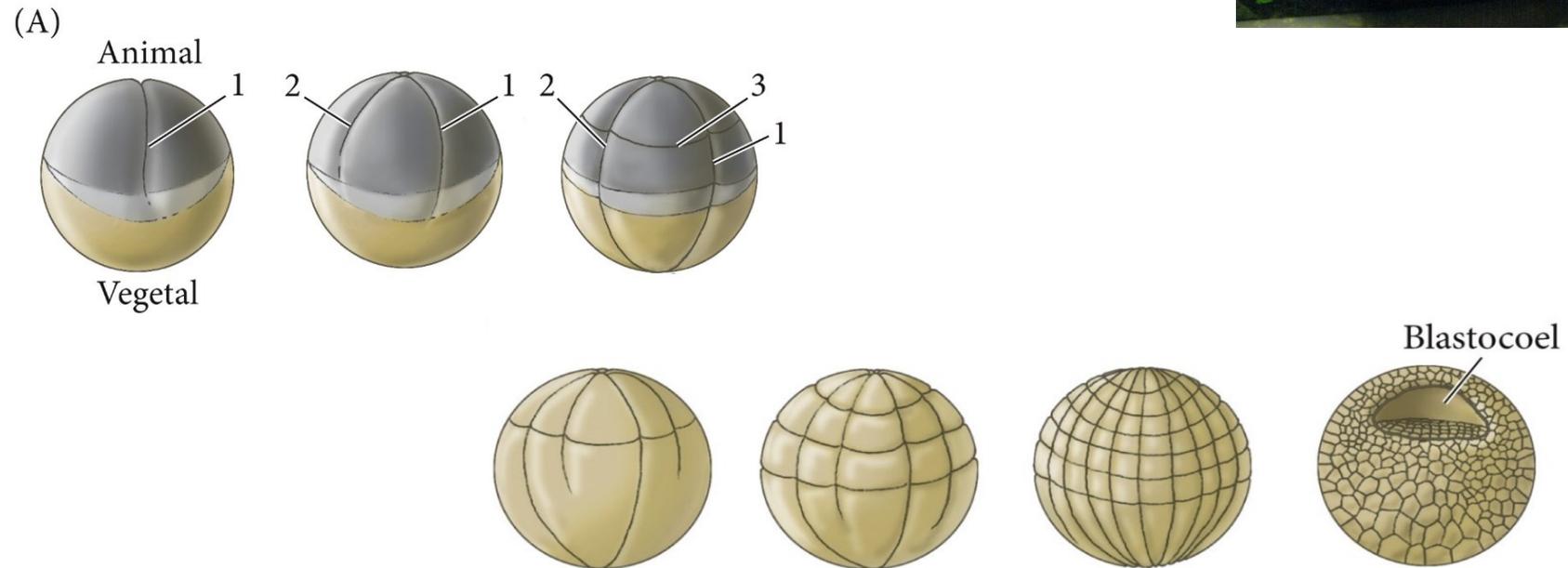
-> **Gastrulation:** Formation von Ektoderm/Mesoderm/Entoderm

Beispiel: Krallenfrosch (*Xenopus laevis*/Amphib)

Gastrulation durch Involution und Epibolie



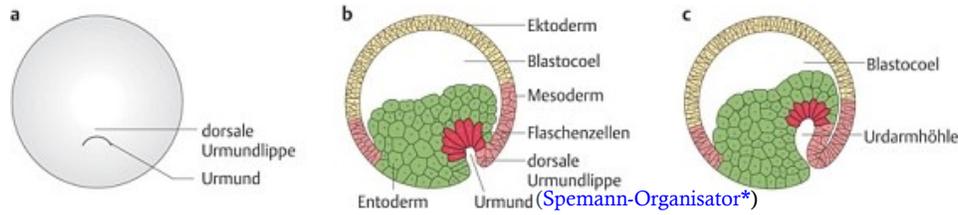
Gastrulation beim Krallenfrosch (*Xenopus laevis*/Amphib) I



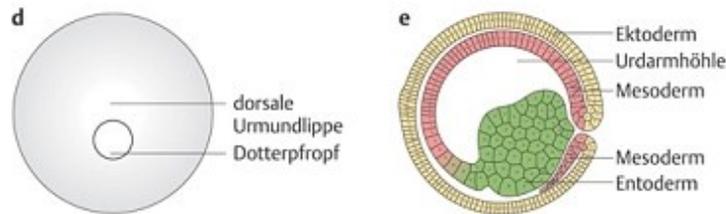
- mesolecithale befruchtete Eizelle wird inäqual, total, radiär gefurcht
- Dotter am vegetativen Pol verzögert dort die Zellteilung.
- Es folgt die Etablierung der drei Keimblätter: **Ekto-, Meso- und Entoderm**

Von der Gastrula zur Neurula

Organogenese beim Krallenfrosch (*Xenopus laevis*/Amphib) II

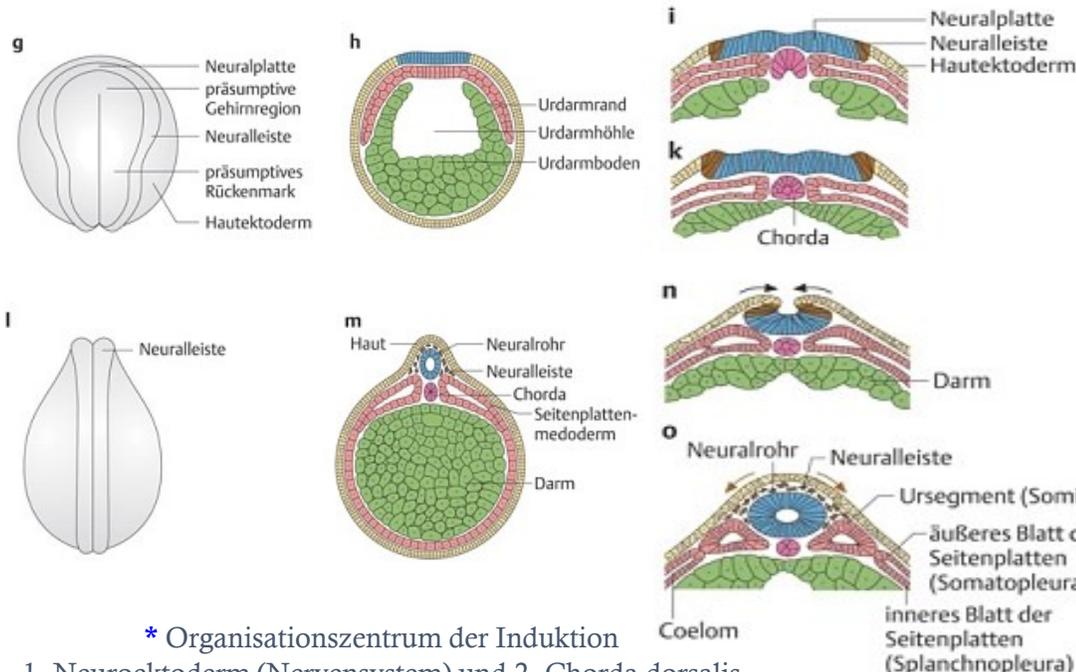


a-c Junge Gastrula
 a) Ventralansicht, b) und c) Längsschnitte
 (hier: **gelb**=Ektoderm; **blau**= Neuro-Ektoderm;
rot=Mesoderm; **grün**=Entoderm)



d) Mittlere Gastrula, Ventralansicht, e) Längsschnitt

Alle Keimblätter sind vorhanden ->
 Beginn der Organogenese mit **Ektoderm-**
Mesodermentwicklung und **Neurulation**



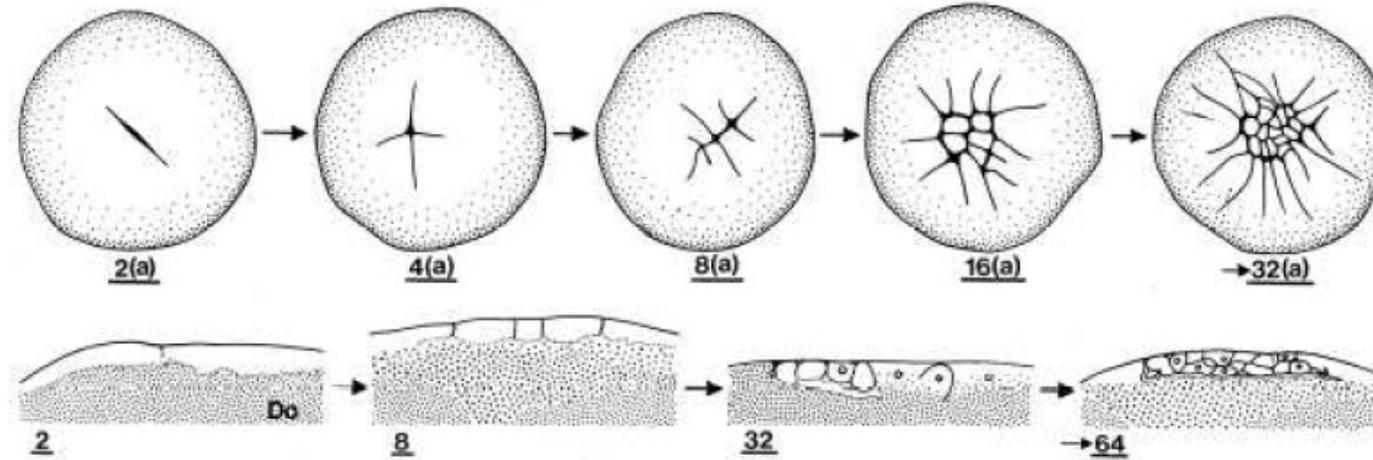
g-k Neurula
 g) Dorsalansicht, h-k Querschnitte
Ektodermentwicklung -> Bildung der **Epidermis**
 Dorsale Abflachung, Abfaltung der **Neuralplatte**
 Bildung des **Neuralrohrs** -> **Neurulation**
 und Auswandern der **Neuralleistenzellen**
Mesodermentwicklung
 Bildung von **Chorda dorsalis (Notochord)**;
Somiten und Seitenplatten
 l-o Späte Neurula
 l) Dorsalansicht, m-o Querschnitte
 n) **entodermal**: Bildung des Darms

* Organisationszentrum der Induktion

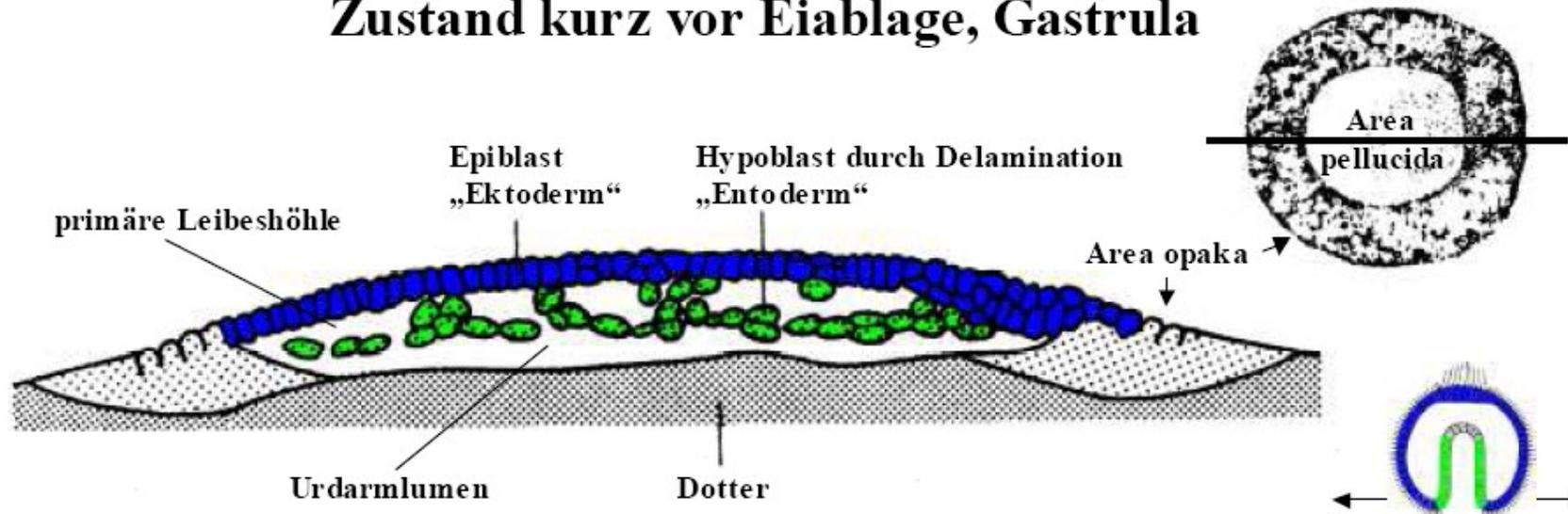
1. Neuroektoderm (Nervensystem) und 2. Chorda dorsalis

Furchung und Gastrulation durch Delamination I

Beispiel: Huhn (Gallus gallus)



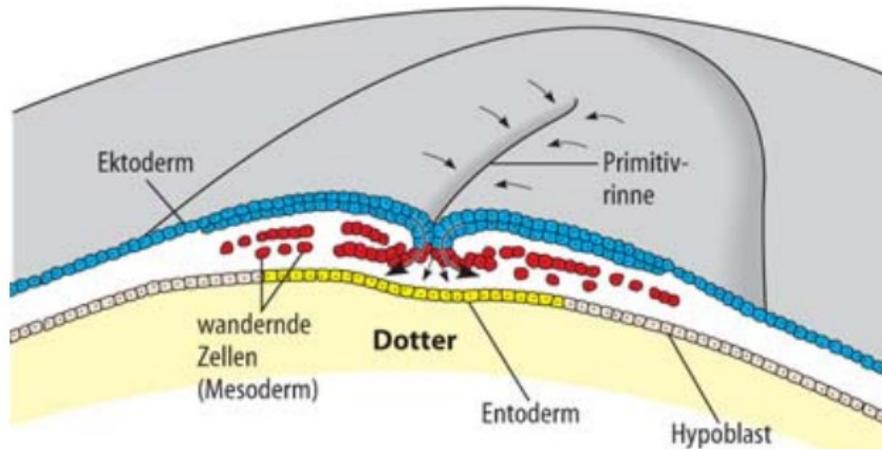
Zustand kurz vor Eiablage, Gastrula



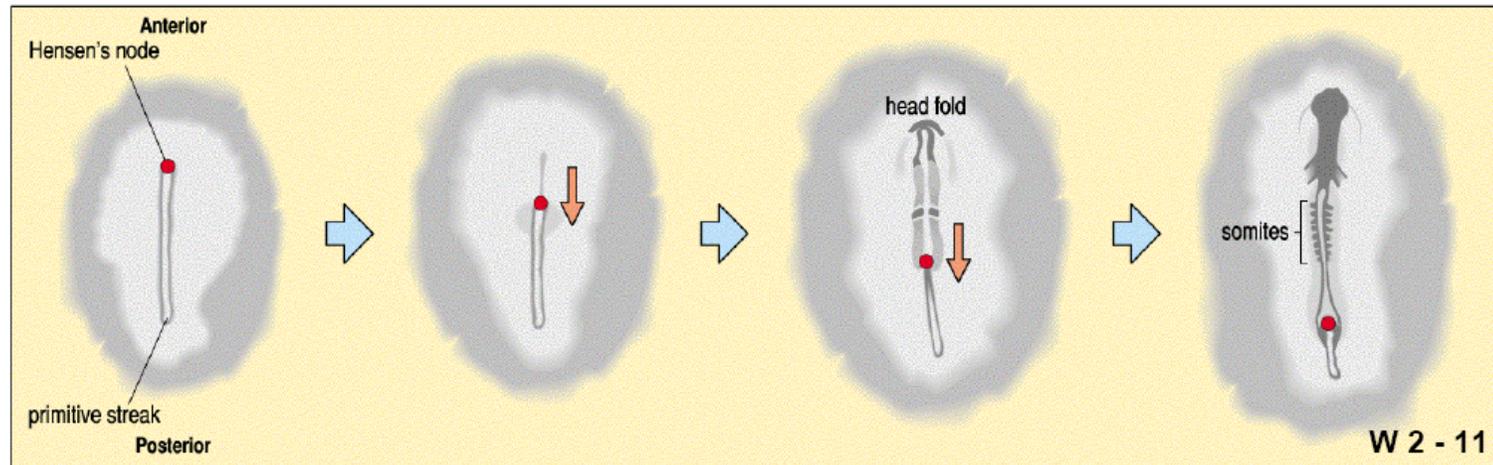
- extrem dotterreiches Ei, furcht sich partiell meroblastisch
- Zellteilung am animalen Pol
- zelluläre Keimscheibe auf großer ungeteilter Dottermasse
- Reorganisation in Epiblast und Hypoblast, die das Blastocoel umschließen (Blastula-Gastrulastadium)

Beispiel: Huhn (Gallus gallus)

Gastrulation durch Delamination II



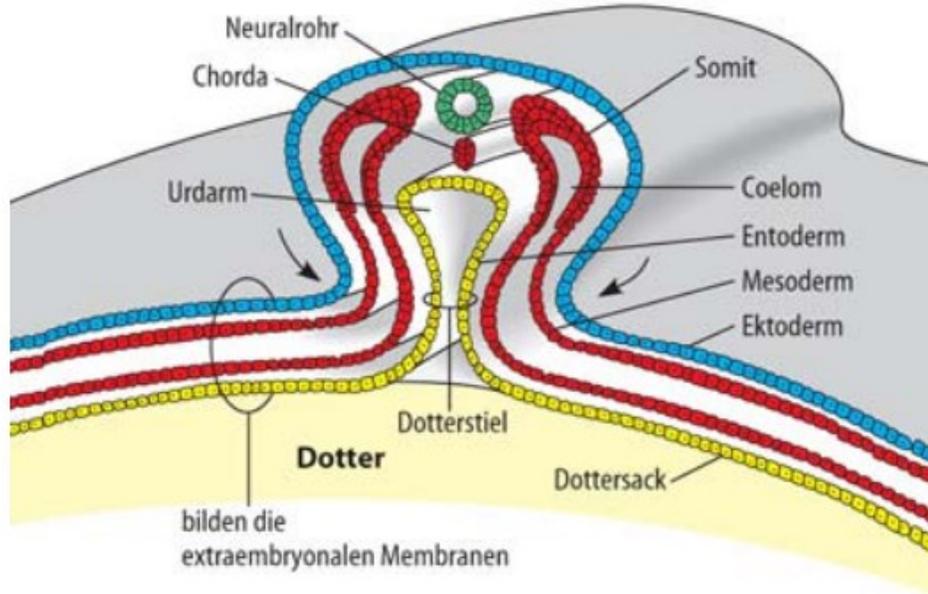
- Während der Gastrulation wandern Zellen über die Primitivrinne ins Innere des Embryo.
- Einige dieser Zellen wandern seitlich weg und bilden das Mesoderm.
- Andere Zellen wandern fast senkrecht nach unten und bilden das Entoderm.



Primitivstreifen:

- verdickter Zellstreifen in der Medianebene; geht am vorderen Ende über in den Primitivknoten (Hensenscher Knoten, Spemann Organisator/Nieuwkoop Center, primitive node)
- trägt an der Oberfläche die Primitivrinne, welche seitlich von den Primitivwülsten begrenzt wird
- Primitivrinne vermittelt Mesodermbildung
- Primitivknoten: Ausgangspunkt für Körpergrundgestalt, zieht von anterior nach posterior
- Primitivstreifen wird von vorne nach hinten kürzer → Endknoten

Frühe Organogenese beim Hühnerembryo



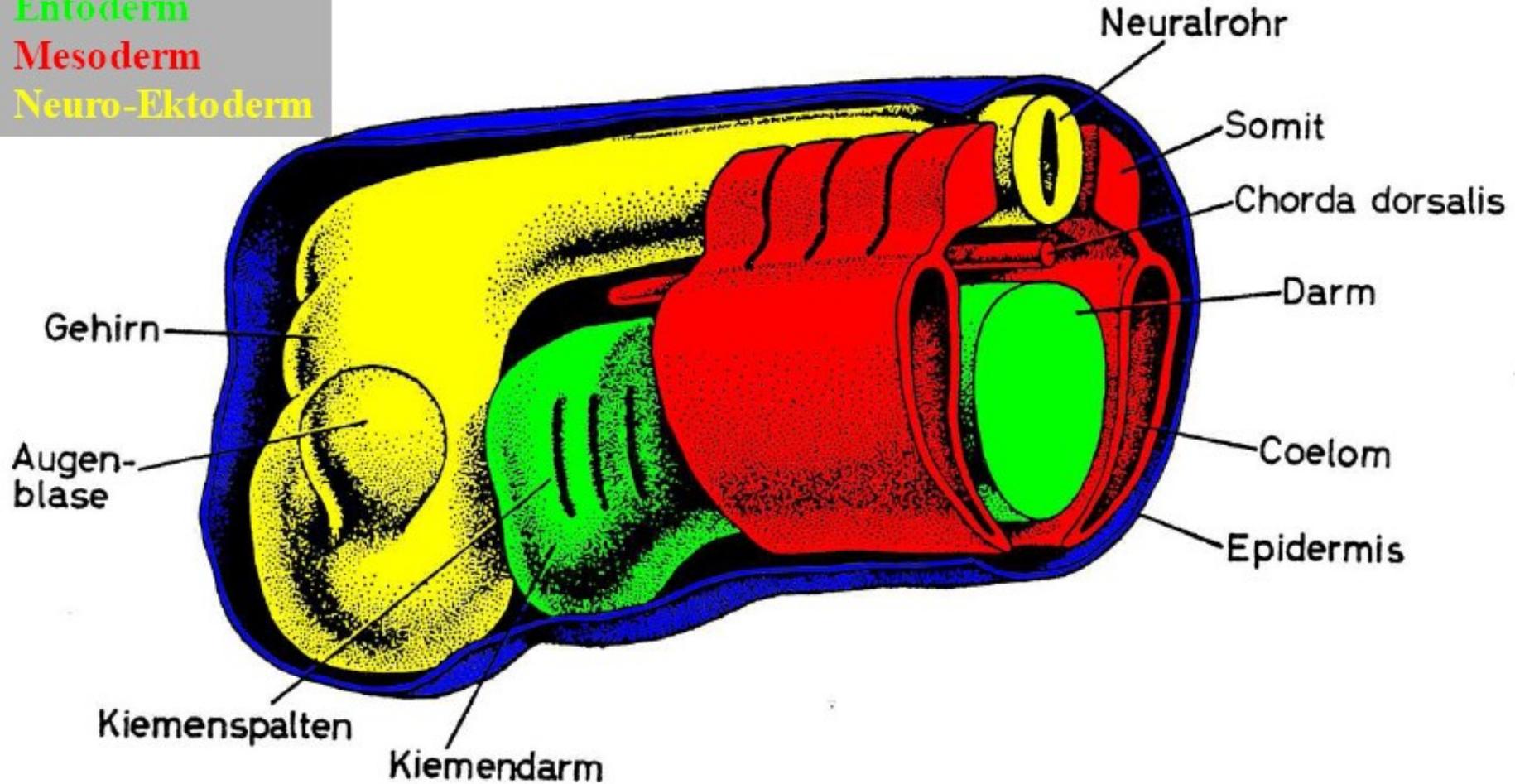
- Der gesamte Embryo ist vom **Ektoderm** (prospektive Epidermis) umgeben
- Keimblätter und Hypoblast liefern Zellmaterial für extraembryonale Membranen
- Entwicklung des Neuralrohrs (ZNS/PNS) aus dem **Neuroektoderm**
- Chorda, Somiten, Seitenplatten entstehen aus dem **Mesoderm**
- Darmanlage bildet sich aus dem **Entoderm**; Embryo hebt sich durch seitliche Faltung vom Dotter ab
- Verbindung zum Dotter über Dottersack (Hypoblastzellen)

Chorda dorsalis (mesodermal)

- auch: Notochord, Achsenstab
- besitzt Skelett und Entwicklungsfunktion
- induziert den Ektoblasten bei Differenzierung zur Neuralplatte
- bestimmt und segmentiert die Longitudinalachse des Embryos (anterior - posterior)
- legt die zukünftige Lage der Wirbelkörper fest
- bleibt bei Vertebraten als Bandscheiben erhalten

Schema des vorderen Körperabschnitts eines Embryos

Ektoderm
Entoderm
Mesoderm
Neuro-Ektoderm



Lernziele:

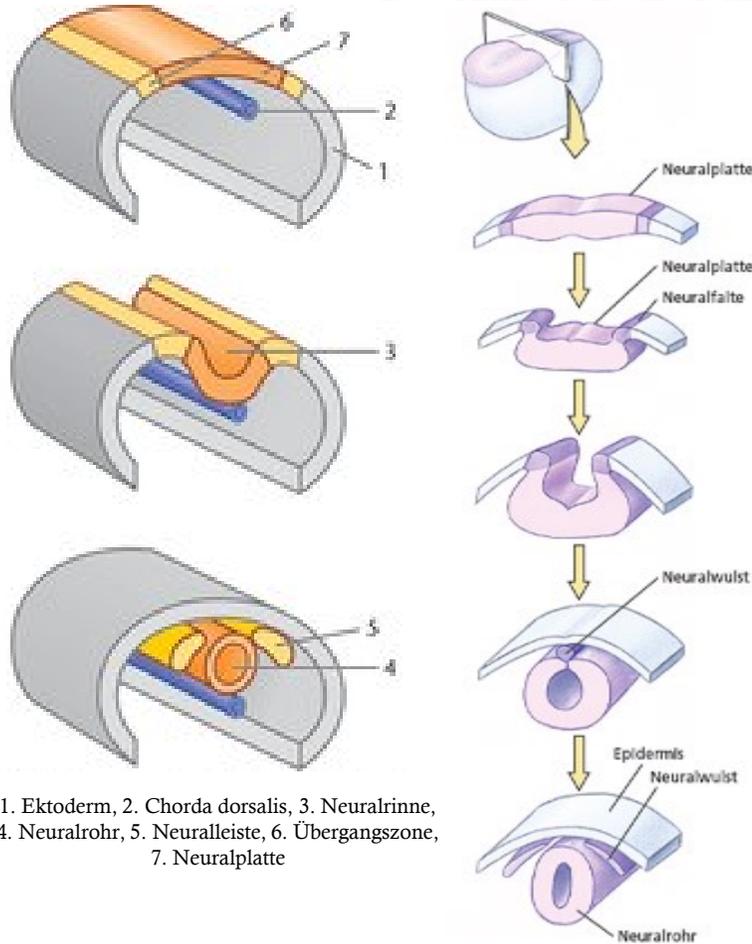
Begriffe:

Gastrulation: Formation von Ektoderm/Mesoderm/Entoderm

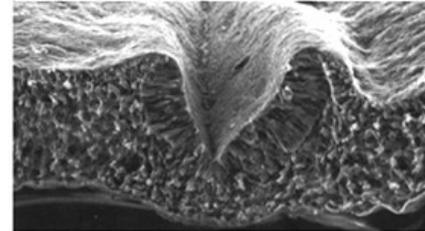
Xenopus laevis (Krallenfrosch)/Gallus gallus (Huhn)

Neuralrohrentwicklung

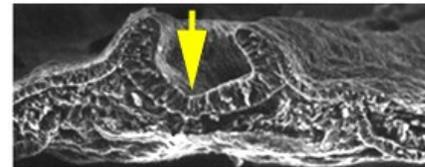
Determination und Differenzierung des zentralen Nervensystems



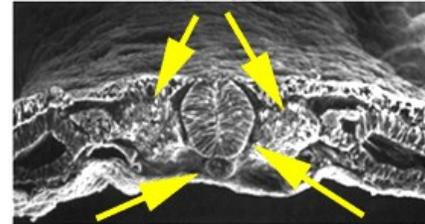
- Einfaltung der Neuralplatte
- Aufwölbung der Neuralleisten (Neuralwülste)
- Einsinken der Neuralplatte: Anlage des Neuralrohrs



Neural groove



Somites

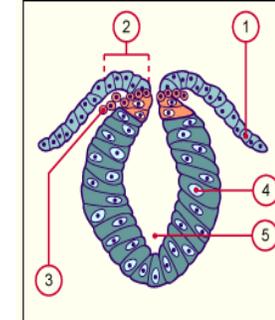


Notochord

Neural tube

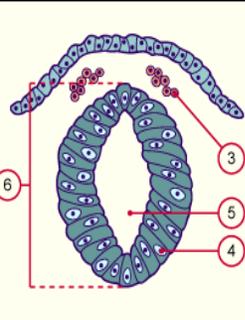
Die Neurulation läuft bei allen Amnioten genauso ab; Bsp. Mensch

Abb. 27 - Wandernde Neuralleistenzellen (Stadium der Neuralrinne)



- 1 Epiblast
- 2 Neuralfalten
- 3 Wandernde Neuralleistenzellen

Abb. 28 - Neuralleiste nach abgeschlossener Ablösung (Stadium des Neuralrohrs)



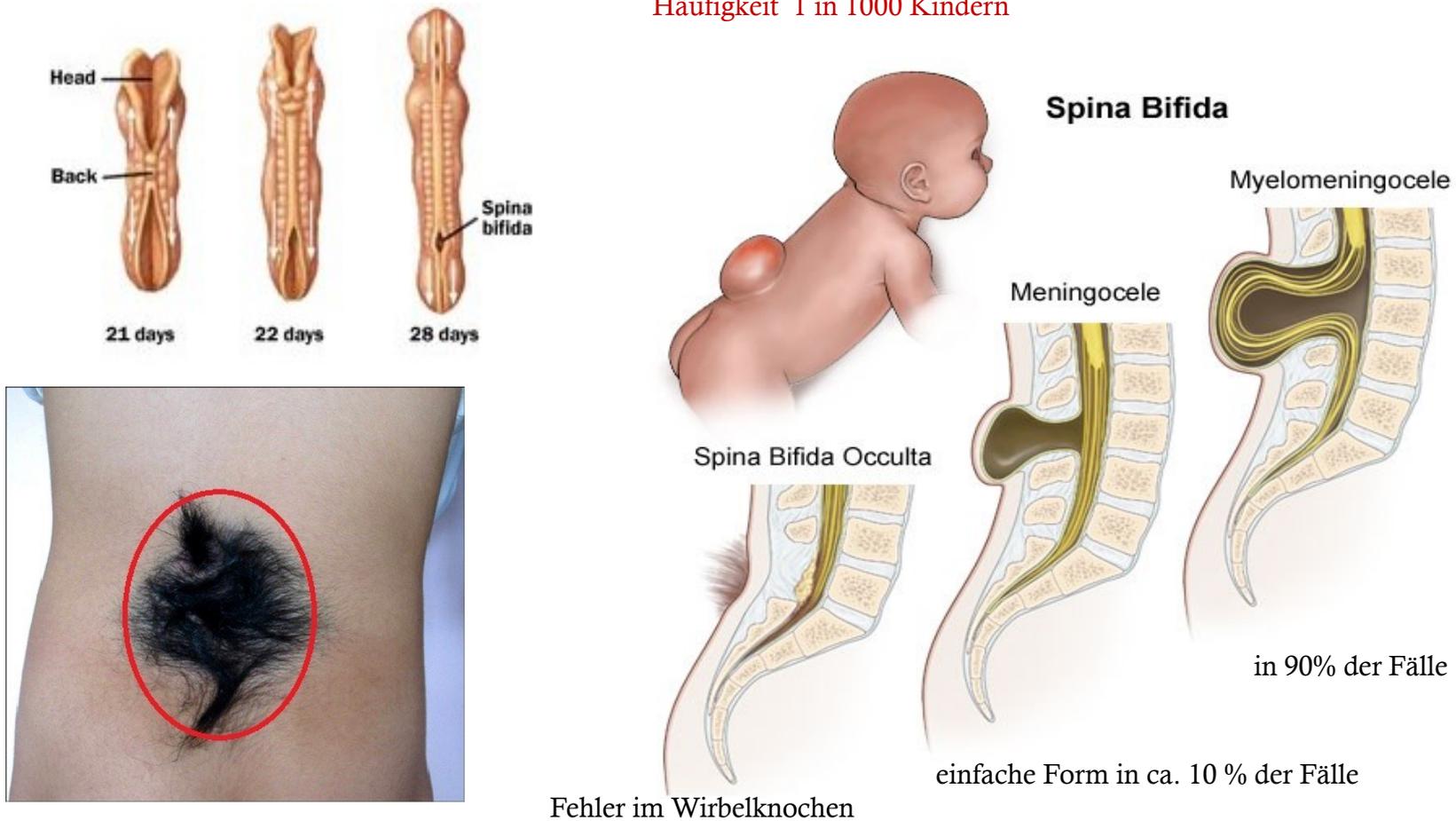
- 4 Neuroepithel
- 5 Canalis centralis
- 6 Neuralrohr

- Neuralrohr bildet Hirnbläschen, Augenblase, Rückenmark, Hypophysenhinterlappen -> **ZNS**
- Interaktion zwischen Neuralplatte/leiste und Epidermis induziert Transformation von epithelialelem zu neuroektodermalem Gewebe; stimuliert durch Morphogene und Wachstumsfaktoren
- Auffaltung und Fusion des Ektoderms (bildet die äußere Hautschicht) unter Auflösung der Neuralleiste (Neuralleistenzellen)
- **Neuralleistenzellen** sind multipotent und haben ein variables Schicksal

Spina bifida („offener Rücken“)

entwicklungsbiologische Störung bei der Neurulation

Häufigkeit 1 in 1000 Kindern



Je nach Schweregrad führt es zu Lähmungen unterschiedlichen Grades, auch Hydrozephalus und Anenzephalie möglich



Lernziele:

Neurulation