

Kapitel 08.09: Entwicklungsbiologie III



Inhalt

Kapitel 08.09: Entwicklungsbiologie III.....1

 Inhalt.....2

 Was ist Entwicklungsbiologie? (Einführung und Wiederholung).....4

 „Etappen“ der Entwicklung.....4

 Ungeschlechtliche Fortpflanzung.....5

 Die geschlechtliche Vermehrung durch Befruchtung.....6

 a) Eizelle/ Spermium:.....6

 b) Schema zur Befruchtung.....7

 Ablauf der normalen menschlichen Entwicklung bis zur Geburt8

 Blastocyste (ca. 5 Tage nach der Befruchtung).....9

 Keimblattentwicklung (=Gastrulation).....10

 Genauer Vorgang der Gastrulation:.....10

 Was bildet sich aus den Keimblättern?.....11

 a) Aus dem Entoderm bilden sich die Epithelien folgender Organe:.....11

 b) Aus dem Ektoderm bilden sich:.....11

 c) Aus dem Mesoderm bilden sich.....11

 Zusammenfassung der Entwicklung bis zur Geburt.....12

 I. Zelluläre Phase:.....12

 II. Embryonalphase:.....12

 III. Fetalphase:.....13

 Keimblattentwicklung.....14

 Phasen der Entwicklung des Menschen.....15

 Lage des Kindes kurz vor der Geburt.....16

 Die Entwicklung in Bildern.....17

 Geschlechtsentwicklung bei Menschen.....19

 1. Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsdifferenzierung beim Menschen.....19

 2. Chromosomale Geschlechtsbestimmung.....19

 3 Vererbung des Geschlechts.....19

 4. Geschlechterverhältnis in Deutschland:.....20

 Normale Geschlechtsdifferenzierung beim Menschen.....21

 Das Sry-Gen.....21

 Entwicklung im Mutterleib.....21

 Gestörte Geschlechtsdifferenzierung.....22

 Schnellmethode zur Bestimmung des genetischen Geschlechts.....23

 Welches Geschlecht liegt vor?.....24

 Entwicklung der Geschlechtsorgane.....24

 Gibt es mehrere Arten von Geschlechtern?.....25

 a) Genetisches Geschlecht (=Kerngeschlecht).....25

 b) Gonadales Geschlecht.....25

 c) Genitales Geschlecht (=somatisches Geschlecht).....25

 Homologe Entsprechungen zwischen den Geweben bei Mann und Frau:.....25

 Generationswechsel bei Tieren.....26

 Generationswechsel bei Pflanzen.....27

 a) Generationswechsel bei Algen:.....27

 b) Generationswechsel bei Moosen:.....28

 c) Generationswechsel bei Farnen:.....29

 Vergleich Generationswechsel Moose - Farne:.....30

 d) Generationswechsel bei Samenpflanzen:.....31

 Parthogenese.....32

 Übersicht über die verschiedenen Stammzelltypen.....33

 a) Totipotente embryonalen Stammzellen33

 b) Pluripotente embryonale Stammzellen33

 c) Postembryonale Stammzellen (=multipotente Stammzellen).....33

 d) Stammzellen in der Forschung.....34

 Klonen.....35

Reproduktives Klonen:	35
Therapeutisches Klonen:	35
Bisherige „Erfolge“: Dolly, Prometea und CopyCat:	36
Dolly:	36
Prometea:	36
CopyCat:	36
Gesetzeslage:	36
Projekte:	36

Was ist Entwicklungsbiologie? (Einführung und Wiederholung)

Die Entwicklungsbiologie beschäftigt sich mit dem Wachstum von Organismen und der Entwicklung (=Ontogenese). Die Entwicklungsbiologie hat ihren Ursprung in der Embryologie, konzentriert sich heutzutage aber auf die genetische Kontrolle von Zellwachstum, Zelldifferenzierung und Zellspezialisierung in Zelltypen und Organen.

Ernst Haeckel: Entwicklung lässt sich auf zwei zeitlich unterschiedlichen Ebenen betrachten:

1. Die Ontogenese ist die Individualentwicklung eines einzelnen Organismus von der Befruchtung über die verschiedenen Lebensstadien bis hin zum Tod.

2. Die Phylogenese beschreibt die Entwicklung einer Art, also die Stammesentwicklung, über Generationen hinweg. Es findet also Entwicklung im Sinne der Evolution statt

Die Entwicklungsbiologie untersucht diese Entwicklungen und deren Konsequenzen:

1. Zunahme der Komplexität von Lebewesen
2. Veränderung der Gestalt von Lebewesen (Morphogenese) ⇒ ständiger Wandel des Phänotyps (=Erscheinungsbildes)

⇒ Dazu muss sich zwangsweise vorher das Erbgut geändert haben.

Das Erbgut setzt sich aus Genen zusammen, welche als ein „Programm zur Entwicklung“ verstanden werden kann. In ihm ist z.B. die Zahl der Gene festgelegt.

„Etappen“ der Entwicklung

1. Befruchtung (oder vegetative Fortpflanzung; Klonen)
2. Embryogenese
3. Geschlechtsreife
4. Alterung

Zusatzinformationen

<http://de.wikipedia.org/wiki/Entwicklungsbiologie>

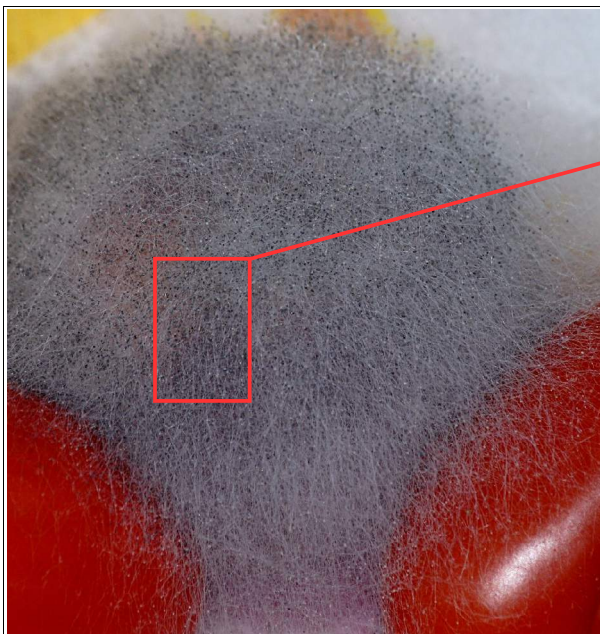
http://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_Haeckel

Ungeschlechtliche Fortpflanzung

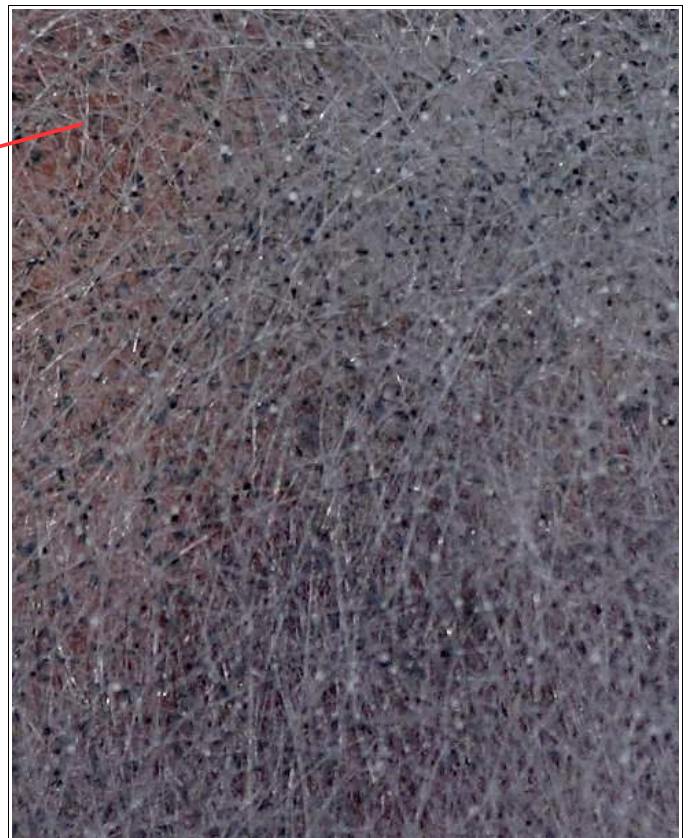
Fortpflanzung ist bei einigen Lebewesen auch ohne entsprechenden Partner möglich. Man spricht von ungeschlechtlicher oder auch asexueller Vermehrung. Sie dient in der Regel der Erhöhung der Individuenzahl. Alle Nachkommen haben dabei, sofern es nicht zu Fehlern bei der Mitose kommt, identisches Erbgut. Man nennt sie auch (erbgleiche) Klone.

Beispiele:

- Teilen von Pilzfäden (=Hyphen) - so findet z.B. die Ansteckung mit Fußpilzen in Schwimmbädern statt.
- Schimmel bildet durch Mitose Sporen, welche als Enden der Pilzhyphen erkennbar sind
- Quer- bzw. Längsteilung bei Einzellern, einzelligen Algen und Bakterien
- Sprossung und Abschnürung bei Hefen (einzellige Pilzart!)
- Bei höheren Pflanzen kann man Ableger durch mehrtägiges feucht halten von Blättern, bzw. Stielen und Ästen züchten (so genannte Stecklinge)
- Pflanzen mit Auslegern (Ausläufern), wie die Erdbeere, kriechender Hahnenfuß u.a., bilden Tochterpflanzen in einiger Entfernung.
- Kartoffeln bilden unterirdische Sprossknollen, Dahlien und Scharbockskraut bilden Wurzelknollen. Aus den Knollen wächst dann in der folgenden Blühperiode eine neue Pflanze.
- Beim Süßwasserpolypen entstehen die ungeschlechtlichen Nachkommen (Hydra) durch Knospung.
- Wenige Ringelwurmartarten werfen Körpersegmente ab, aus denen neue Würmer wachsen.



Schimmelpilz auf einem Pfirsich.
Reife Fäden tragen bereits Sporen



Zusatzinformationen:

http://de.wikipedia.org/wiki/Ungeschlechtliche_Vermehrung

<http://de.wikipedia.org/wiki/Fortpflanzung>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Süßwasserpolypen>

Die geschlechtliche Vermehrung durch Befruchtung

a) Eizelle/ Spermium:

Die Eizelle ist die weibliche Keimzelle und ist eine der größten Zellen des Körpers. Sie enthält Nährstoffe, dieser wird auch Dotter genannt. Eine eigene, aktive Bewegung beherrscht sie nicht. Sie wird durch die Flimmerhärchen im Eileiter getragen.

Die männlichen Keimzellen, die Spermien, sind sehr klein und zur Fortbewegung in der Lage. Da sie aber kaum Nährstoffreserven enthalten, erreichen viele Spermien nicht die Eizelle. Spermien sollten im Übrigen nicht als Samen bezeichnet werden. Aus Samen, welche diploid sind wachsen neue Pflanzen. Im Pflanzenreich entsprechen vielmehr die Pollen den männlichen Keimzellen des Menschen.

Eizelle und Spermium sind haploid. Wenn sie bei der Befruchtung miteinander verschmelzen, bilden sie ein neues diploides Lebewesen mit völlig neu vermischem Erbgut.



Zusatzinformationen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Spermien>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Eizelle>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Eierstock>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Eileiter>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Dotter>

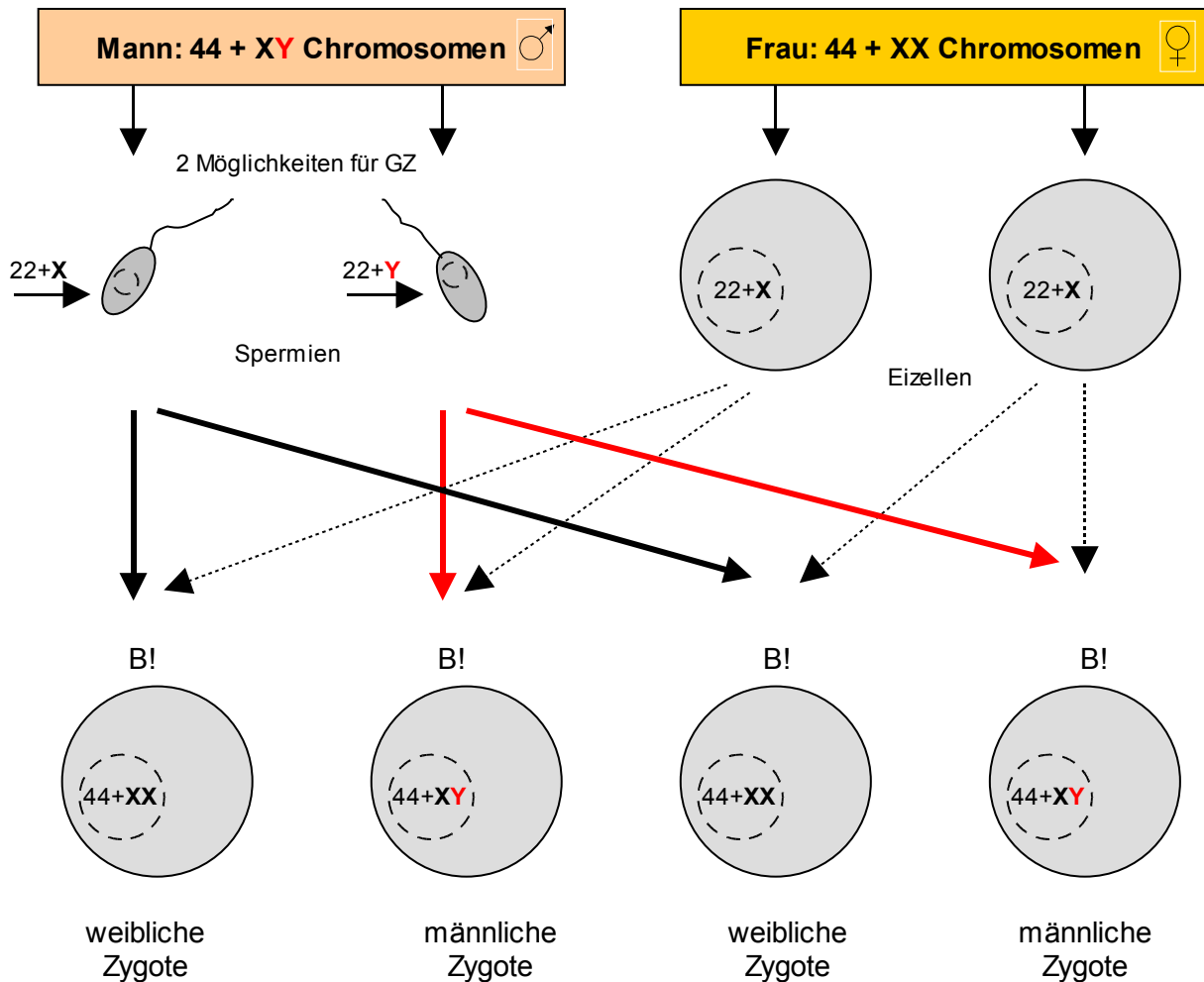
Bild: „Eizelle im Moment der Befruchtung“:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Gray3.png>

b) Schema zur Befruchtung

Mensch: **44 Körperchromosomen + 2 Geschlechtschromosomen = 46 Chromosomen**
 (=diploider¹ Chromosomensatz)

EZ/ Spermium: **22 Körperchromosomen + 1 Geschlechtschromosom = 23 Chromosomen**
 (=haploider Chromosomensatz in Spermien und Eizellen)



Die Erbanlagen für das weibliche bzw. männliche Geschlecht liegen beide auf den Körperchromosomen.

Die Entwicklung zu einem bestimmten Geschlecht wird jedoch von der steuernden Funktion der Geschlechtschromosomen bestimmt.

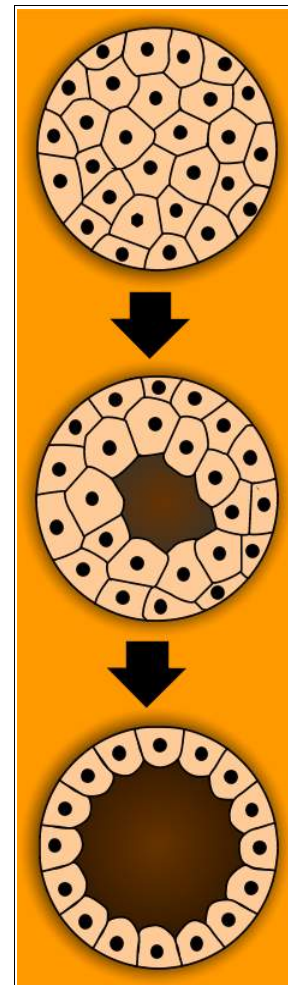
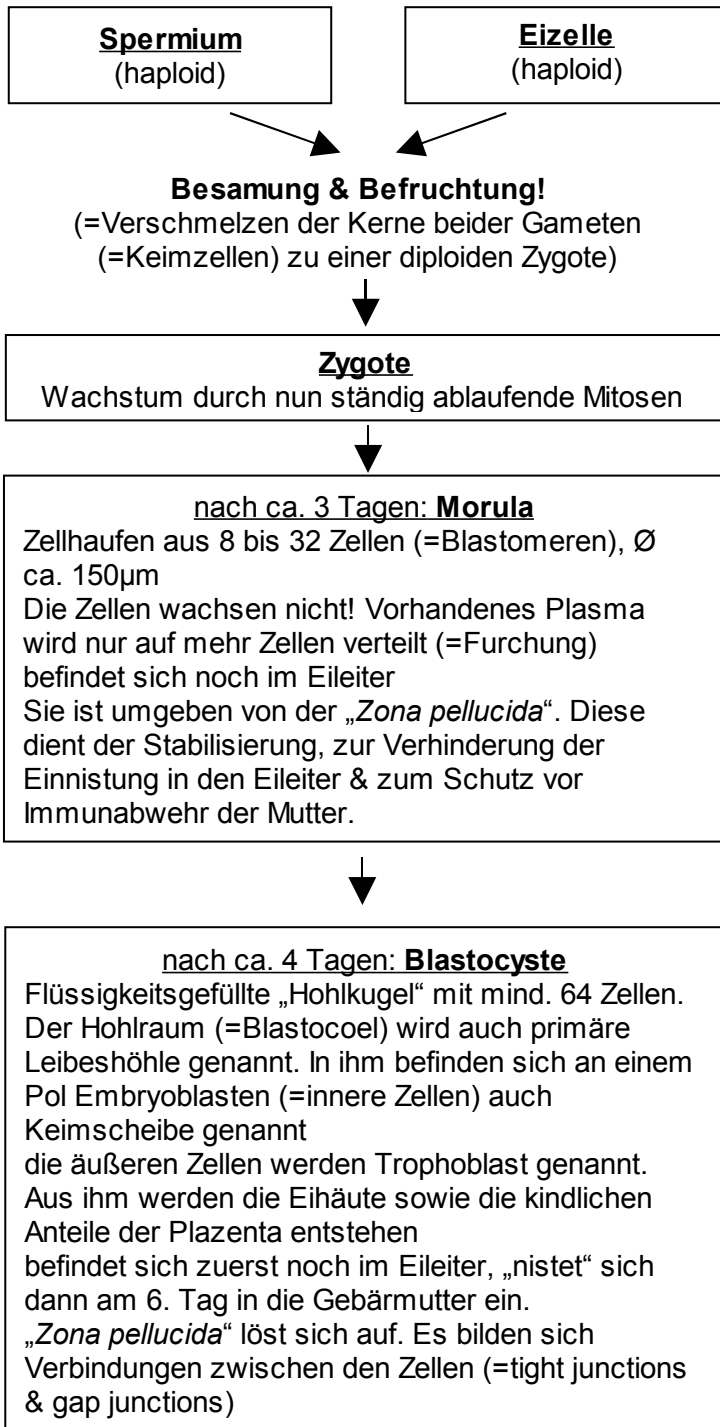
Verschmelzen die Zellkerne zweier Keimzellen, zu einer Zygote, spricht man von Befruchtung.

Die befruchtete Eizelle beginnt darauf, sich mitotisch zu teilen. Es entsteht ein Embryo. Die Schwangerschaft des Menschen dauert in der Regel 280 Tage/ 40 Wochen

Befruchtung ist die Verschmelzung von zwei haploiden **Gameten** (=Eizelle/ Spermium). Es entsteht eine diploide **Zygote** (=befruchtete Eizelle).

¹ diploid = einfacher (!) Chromosomensatz, nicht wie oft fälschlicherweise gesagt wird doppelter!

Ablauf der normalen menschlichen Entwicklung bis zur Geburt



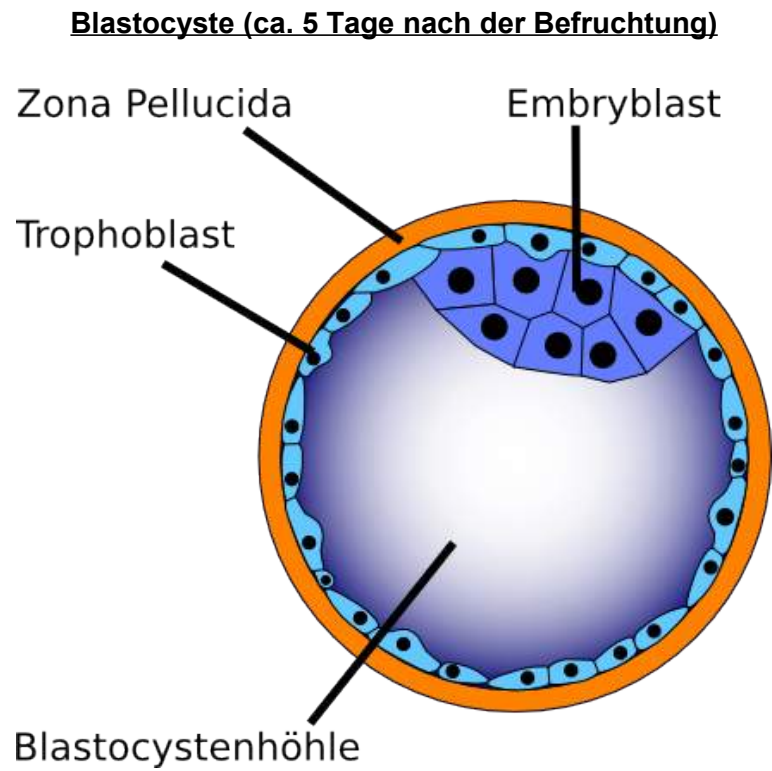
Quelle Bild: Public domain by wikipediauser pidalka44;
<http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Blastulation.png>,

Bei allen Tieren außer Säugetieren liegt eine reine Hohlkugel vor (=Blastula) vor. Säugetiere hingegen bilden eine Blastocyste. Sie ist ebenfalls eine Hohlkugel, aber an einem Pol bilden sich ein zusätzlicher Zellenhaufen, die Embryoblasten. Aus ihm entsteht der eigentliche Embryo.

Außen besteht die Blastocyste aus einer Schicht von Trophoblasten. Diese wird zu einem Teil der Plazenta.

Zusatzinformationen

- <http://de.wikipedia.org/wiki/Morula>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Blastula>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Blastozyste>



Quelle Bild: Public Domain by Wikicomonsuser Lennert B - Thank you; <http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Blastozyste.svg>



Quelle Bild: Public domain by Wikicomonsuser Ekem; http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Blastocyst_day_5.JPG

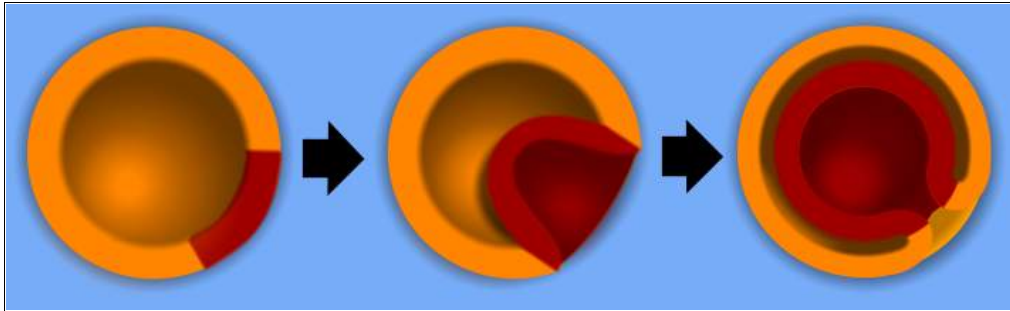
Keimblattentwicklung (=Gastrulation)

Die erste Differenzierung eines Embryo in verschiedene Zellschichten, aus denen sich anschließend unterschiedliche Strukturen, Gewebe und Organe entwickeln wird als Keimblattentwicklung bezeichnet.

Die Blastocyste bildet drei Keimblätter aus: Entoderm (Endoderm), Mesoderm, Ektoderm
Bei Pflanzen nennt man die Keimblätter Kotyledonen.

Die Entwicklung der Keimblätter wird auch als Gastrulation bezeichnet. (von griech.: gaster (Magen))

Aus der Blastocyste (bzw. Blastula) bildet sich die Gastrula (orange Ektoderm, rot Entoderm)



Quelle Bild: Public domain by wikipediauser pidalka44; <http://de.wikipedia.org/wiki/Bild:Gastrulation.png>,

Der Brite Lewis Wolpert sagt: "It is not birth, marriage or death, but gastrulation, which is truly the most important time in your life." ;-)

Die Gastrulation verläuft nicht bei allen Tieren gleich. Hochentwickelte Tiere bilden drei Keimblätter aus. Niederen Tieren fehlt hingegen das Mesoderm. Dazu gehören die Nesseltiere (=Cnidaria) z.B. Quallen, Korallen sowie die Rippenquallen (=Ctenophora).

Genauer Vorgang der Gastrulation:

- Aus der Blastula bzw. der Blastocyste bildet sich zuerst ein zweischichtiger "Becherkeim" mit den zwei primären Keimblättern (Innen Entoderm, äußeren Ektoderm).
- Es bildet sich dann der „Urmund“², eine Öffnung nach außen (=Blastoporus), Bei einfachen Tieren wird er zum Mund, das Entoderm entwickelt sich dann in der Folge zum „Urdarm“.
- Bei höher entwickelten Tieren bildet sich nun (beim Menschen am 13. Tag) das dritte Keimblatt, das Mesoderm.

Zusatzinformationen

<http://de.wikipedia.org/wiki/Keimblatt>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Entoderm>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Mesoderm>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Ektoderm>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Gastrulation>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Cnidaria>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Ctenophora>

² Die anschließende Veränderungen des Urmundes sind sehr entscheidend. Man unterscheidet zwei Gruppen: Bei den Urmündern (wirbellose Tiere) wird aus dem Urmund der Mund. Bei den Neumündern, (Wirbeltiere) entwickelt sich der Urmund zum After. Ein Beweis für diese Theorie ist die „verkehrte“ Lage des Rückenmarks. Während es bei Wirbellosen als Bauchmark existiert, liegen Wirbeltiere scheinbar verkehrt rum. Das Bauchmark wird zum Rückenmark.

Was bildet sich aus den Keimblättern?

a) Aus dem Entoderm bilden sich die Epithelien folgender Organe:

1. Verdauungstrakt (ausgenommen Mundhöhle und After) inklusive seiner Drüsen
2. Leber
3. Pankreas
4. Schilddrüse
5. Thymus
6. Atmungstrakt
7. Harnblase
8. Harnröhre

b) Aus dem Ektoderm bilden sich:

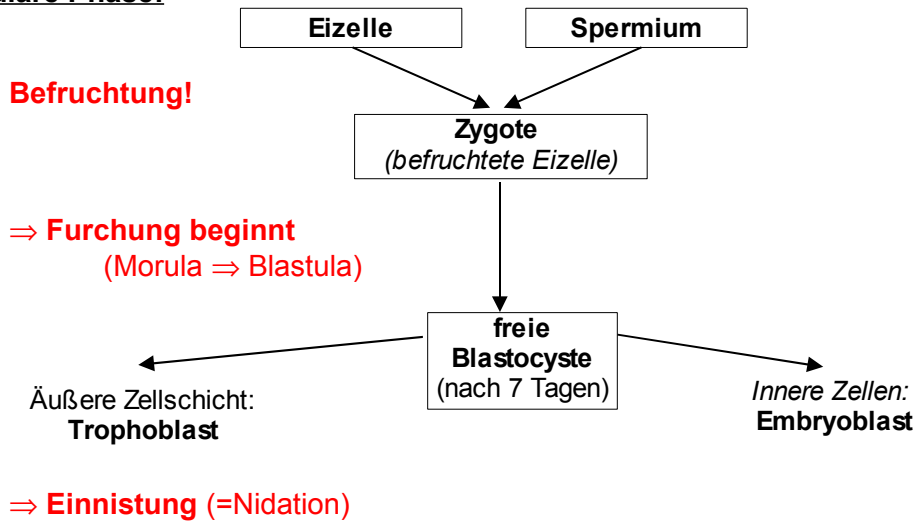
1. Haut
2. Nervensystem
3. Sinnesorgane

c) Aus dem Mesoderm bilden sich

1. Knochen
2. Skelettmuskulatur
3. Bindegewebe
4. glatte Muskulatur der Eingeweide
5. Herz
6. Blutgefäße
7. Blutkörper
8. Milz
9. Lymphknoten
10. Lymphgefäße
11. Nieren
12. Keimdrüsen
13. das innere Genital

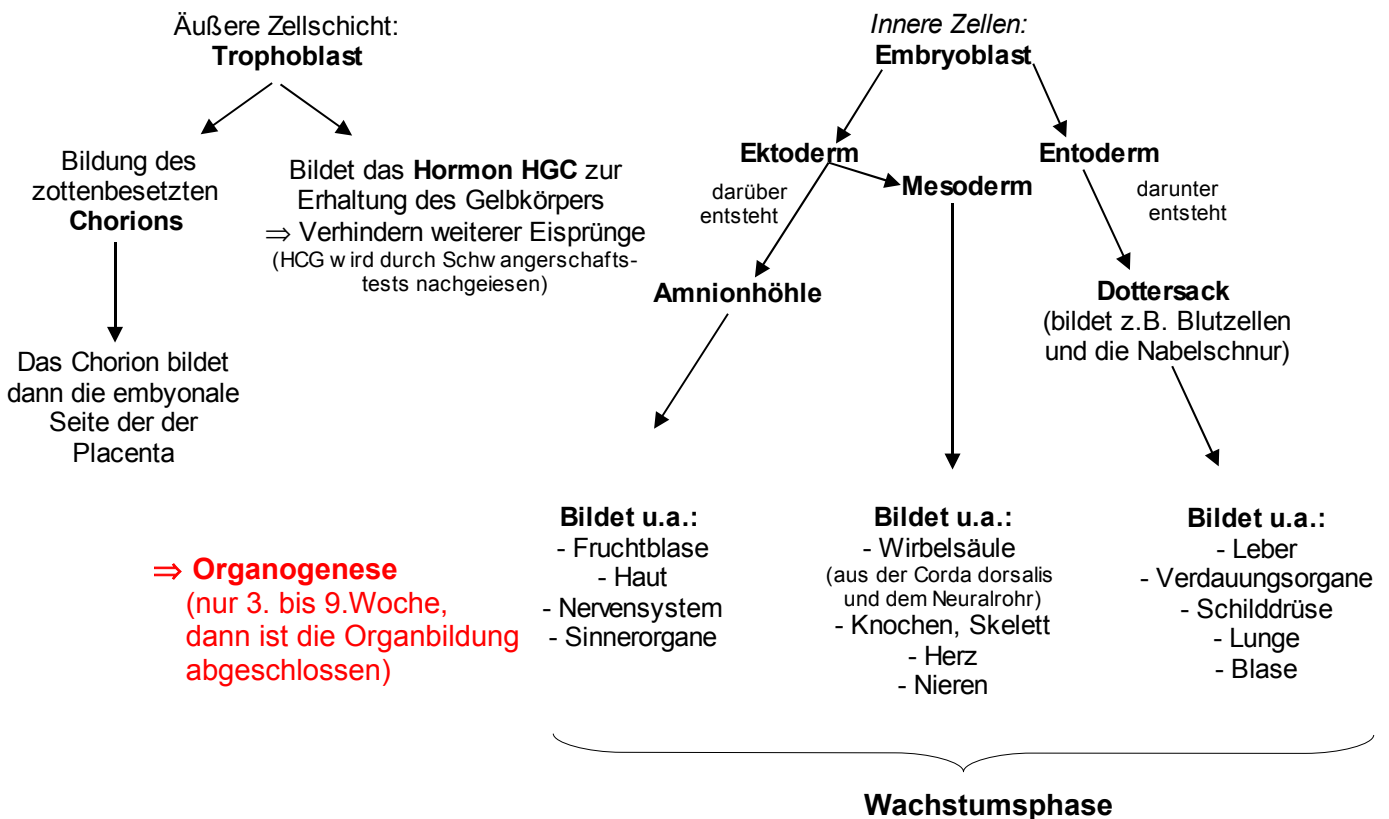
Zusammenfassung der Entwicklung bis zur Geburt

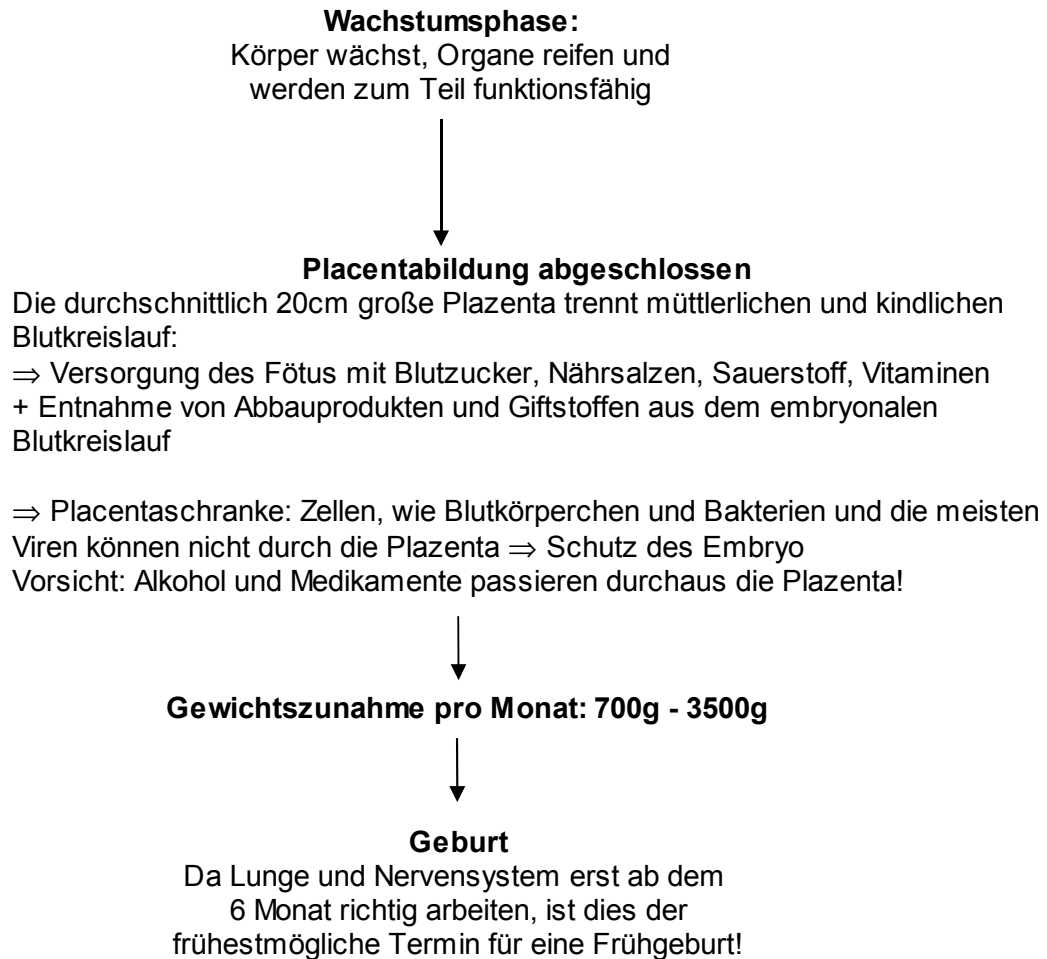
I. Zelluläre Phase:



II. Embryonalphase:

=> Gastrulation und Neurulation



III. Fetalphase:

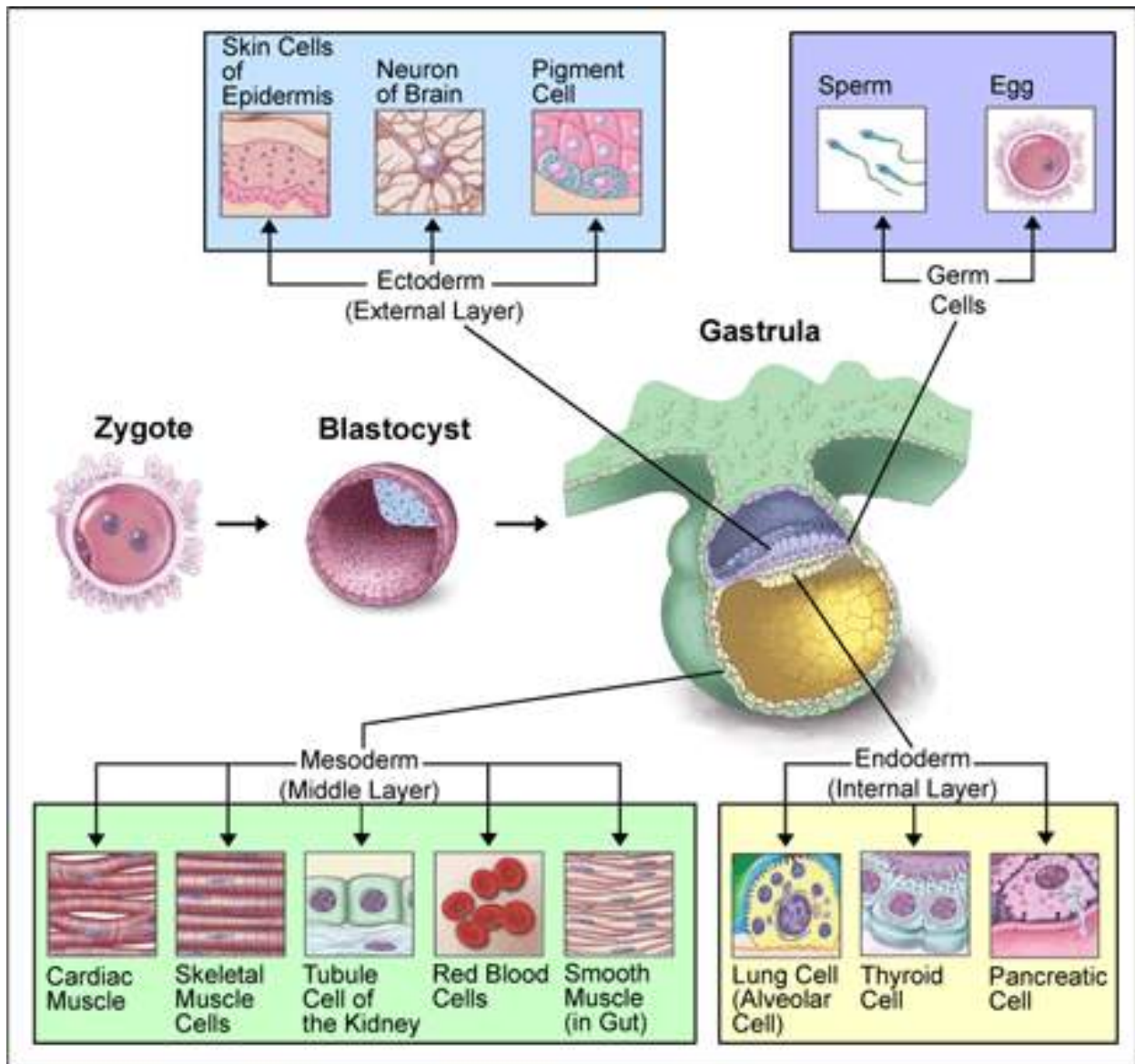
In neun Monaten ist aus einer Zelle ein Mensch mit 10¹⁴ Zellen entstanden. Dabei haben sich ca. 200 verschiedene Zelltypen gebildet.

Ontogenese (Altgriechisch: ontos = das „Seiende“): Entwicklung der Zygote bis zum ausgewachsenen Organismus!

Beteiligte Prozesse:

1. **Differenzierung** (=Ausbildung einer erkennbaren Zellspezialisierung bezüglich Zellform und Stoffwechsel
⇒ durch unterschiedliche Genexpression werden trotz gleicher Gene in den einzelnen Zellen unterschiedliche Funktionen und Gewebe gebildet ⇒ Arbeitsteilung der Zellen beim Vielzeller)
2. **Morphogenese** (=Gesamtheit der Prozesse, die dem Tier und seinen Organen Form gibt)
3. **Apoptose** (=programmierter Zelltod)
Nicht benötigte Zellen, wie z.B. die Zwischenräume zwischen den Fingern und Zehen, werden abgebaut.

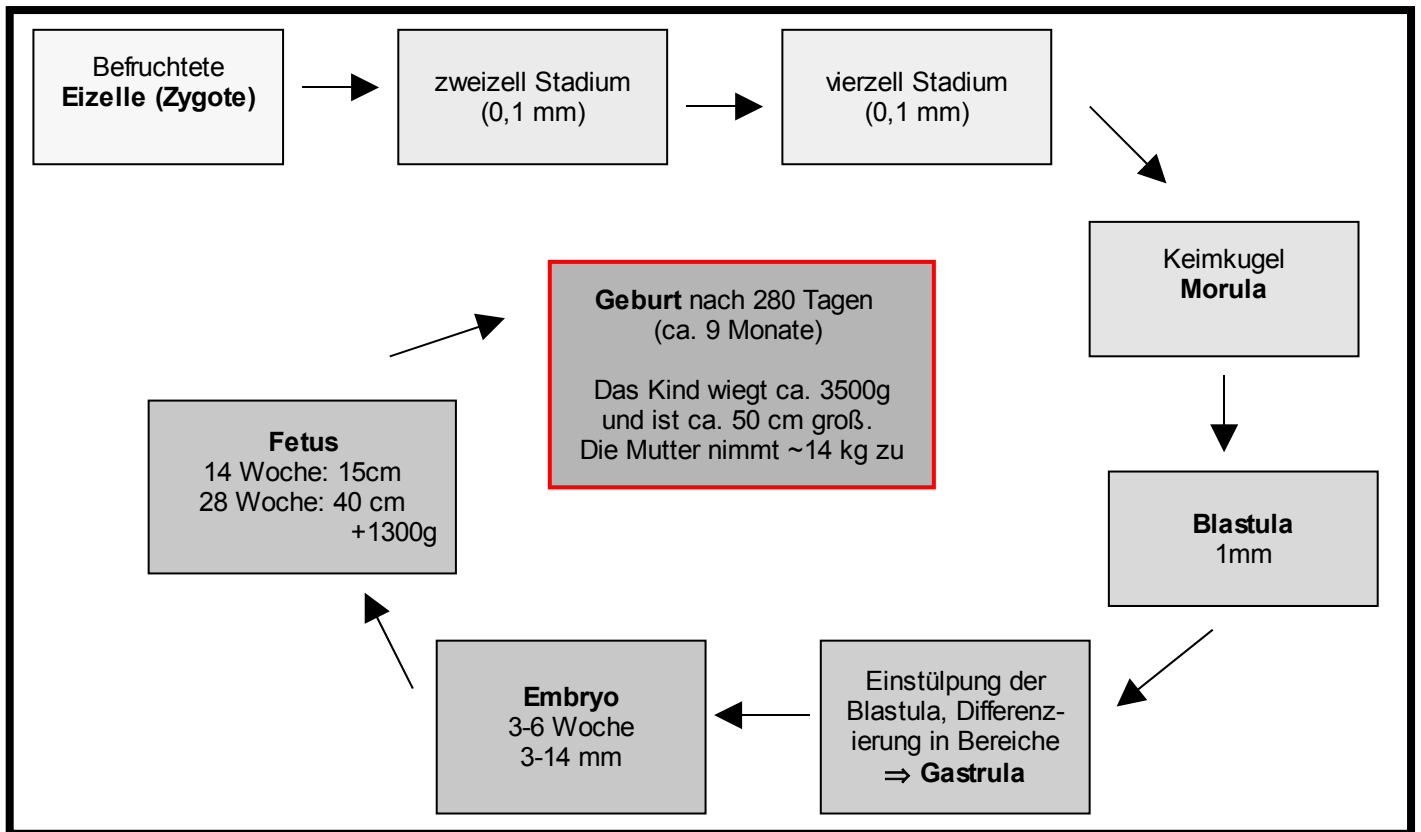
Keimblattentwicklung



Quelle Bild: Public Domain by Wikicommsuser Gbuilder & From NCBI, a US government source, http://www.ncbi.nih.gov/About/primer/genetics_cell.html; http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Cell_differentiation.gif

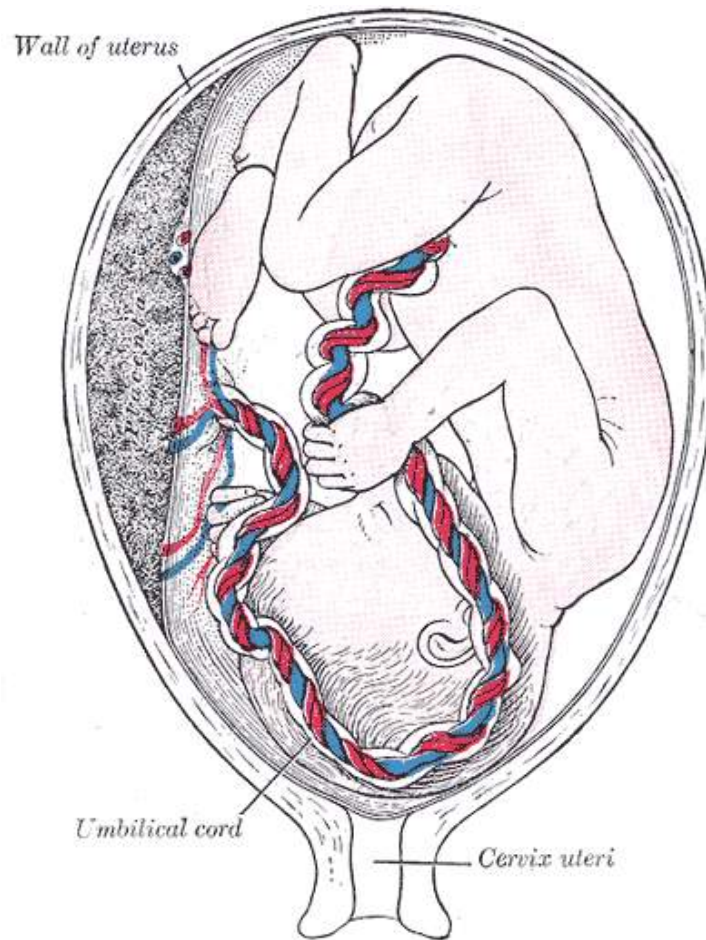
Germ cell = Urkeimzelle

Phasen der Entwicklung des Menschen



Dauer	Größe/ Gewicht	Merkmale
nach 1. Monat	1cm	Augen und Ohren sind zu erkennen, Herz schlägt bereits, Gefäße, Leber und Niere sind angelegt.
nach 2 Monaten	4cm	Arme, Beine, Zehen und Finger werden ausgebildet. Nerven und Muskeln beginnen zu arbeiten.
nach 3 Monaten	9-10cm, 30g	Alle Organe, Skelett und Gliedmaßen sind entwickelt.
nach 4 Monaten	16cm	Fetus reagiert auf Außenreize (Lärm, Mechanische Reize).
nach 5 Monaten	25cm, 500g	Kopfhaare/ Wimpern wachsen, Herzschlag ist hörbar, deutliche Bewegungen im Mutterleib, Geschlechtsorgane sind erkennbar.
nach 6 Monaten	30cm	Skelett wird fester (Verknöcherung).
nach 7 Monaten	35cm, 1300g	Augenlieder können sich öffnen und schließen, Fetus wäre als Frühgeburt im Brutschrank lebensfähig.
nach 8 Monaten	40cm	Gewichtszunahme
nach 9 Monaten	45-50cm, 3300g	Volle Lebensfähigkeit außerhalb des Körpers => Geburt

Lage des Kindes kurz vor der Geburt



Quelle Bild: Public domain by Gray's Anatomy of the Human Body, originally published in 1918 & Wikicommonsuser Magnus Manske; <http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Gray38.png>

Die Entwicklung in Bildern



1 Tag alt



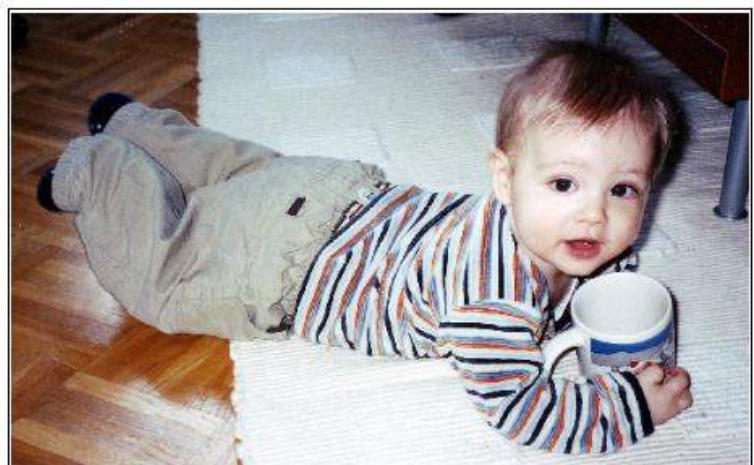
3. Woche



5. Woche



6 Monate alt



6 Monate alt



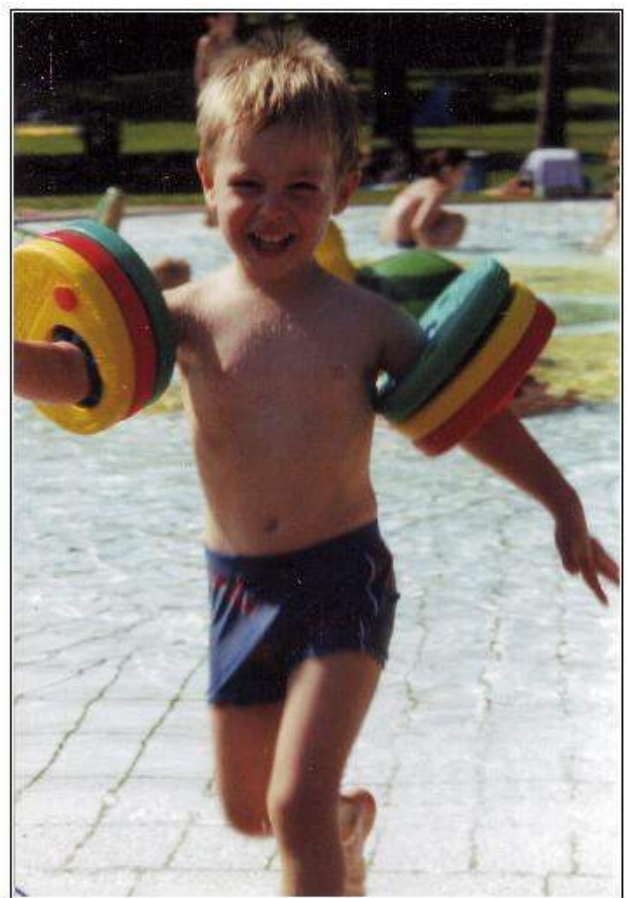
11. Monate alt



12 Monate alt



13. Monat - endlich kann ich laufen



3 Jahre alt

Geschlechtsentwicklung bei Menschen

1. Geschlechtsbestimmung und Geschlechtsdifferenzierung beim Menschen

Das genetische Geschlecht eines Menschen wird durch die Geschlechtschromosomen (x-/y-Chromosomen) (=Gonosomen) festgelegt. Man nennt dies auch Kerngeschlecht.

Das phänotypische Geschlecht hingegen wird durch die äußere Erscheinung festgelegt.

2. Chromosomale Geschlechtsbestimmung

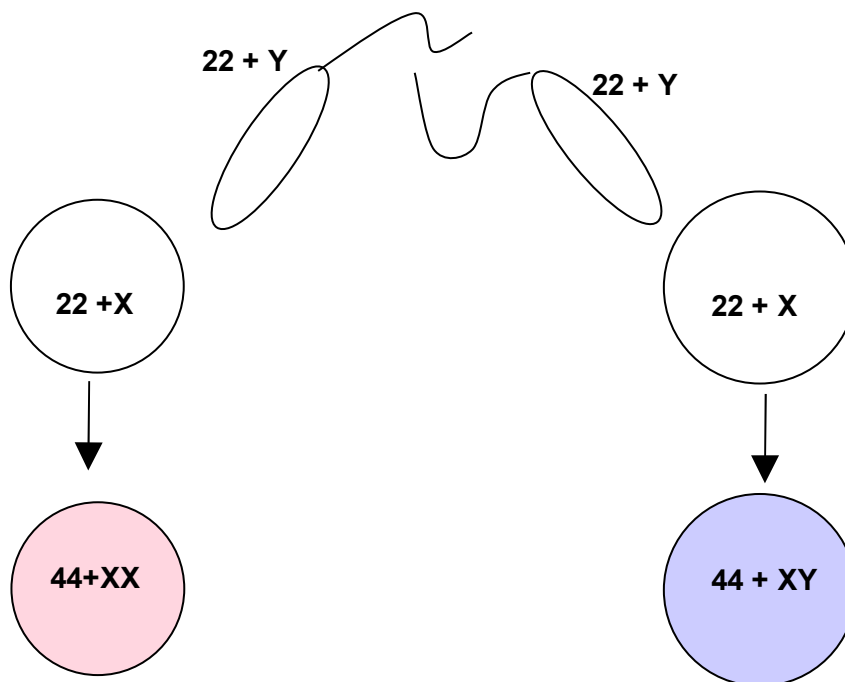
Bei allen Säugetieren gilt: (bei Vögel und Reptilien umgekehrt)

Keimzellen: ♀ 22 Autosomen + X *homogametisch*
 ♂ 22A + Y // 22 A + X *heterogametisch*

Bei Vögel und Reptilien ist es übrigens umgekehrt!

3 Vererbung des Geschlechts

(siehe Schema zur Befruchtung, weiter vorne)



4. Geschlechterverhältnis in Deutschland:

♂ : ♀

theoretisch:	1 : 1
primäres Geschlechterverhältnis:	170 : 100
bei Geburt:	106 : 100

Was lässt sich aus diesen Zahlen ableiten?

- ⇒ Es werden vermehrt männliche Keime gebildet
- ⇒ Sterblichkeit (Mortalität) der männlichen Keime ist größer

Aber wie lässt sich die höhere Zahl der männlichen Zygoten und die Sterblichkeit männlicher Feten erklären?**Erklärungsversuche für:**

- **höhere Zahl männlicher Zygoten**
 - Befruchtungsvorteil der Y-Spermien
(These: geringere Masse des Y-Chromosoms)
Y-Spermien haben einen kleineren Kopf ⇒ leichteres Eindringen in die Eizelle
 - Y-Spermien sind beweglicher
 - Im Sperma mehr Y-Spermien als X-Spermien
(These: In Hoden werden X-Spermien langsam wieder abgebaut)
- **höhere Sterblichkeit der männlichen Föten**
 - Defekte auf dem X-Chromosom können nicht kompensiert werden
 - Männliche Föten empfindlicher gegenüber den Sexualhormonen der Frau
⇒ hohe Sterblichkeit im 3. Schwangerschaftsmonat, wenn der fetale Hoden seine optimale Aktivität entfaltet.

Bedenke: Sexuelle Vereinigung zwei Tage vor dem Eisprung ⇒ die Zeugung eines Mädchens wird wahrscheinlicher, da die X-Spermien länger leben.

Normale Geschlechtsdifferenzierung beim Menschen

Mit der Befruchtung ist nur das Chromosomengeschlecht festgelegt (**XX** oder **XY**). Die Ausbildung des jeweiligen Geschlechts und alle Merkmale sind aber auf den Autosomen codiert. Man spricht auch von „Bisexueller Potenz“.

Auf den Autosomen befinden sich die Informationen zur Ausbildung der beiden Geschlechter. Die Gonosomen haben lediglich die Steuerungsfunktion, d.h. die Entwicklung von einem der beiden Geschlechter wird durch die Gonosomen gehemmt.

Das Sry-Gen

Info: Das Y-Chromosom enthält das Sry-Gen für Hodenentwicklung. Ist dieses Gen defekt (oder fehlt es), so werden stattdessen die Keimdrüsenanlagen nicht in Hoden, sondern in Eierstöcke (=Ovarien) umgewandelt.

Das fehlen des Sry Gens (Sry) führt außerdem zu Ausbildung nur eines winzigen Penis, da benötigte Hormone zum Wachstum fehlen. Diese werden dann aber in der Pubertät gebildet, so dass der Penis noch wachsen kann.

Entwicklung im Mutterleib

Der menschliche Embryo ist bis zum 3. Monat geschlechtlich indifferent, d.h. er besitzt nur eine undifferenzierte Gonadenanlage. Erst danach kommt es, entsprechend der Genosomen zur Ausbildung der Geschlechtorgane.

primäre Geschlechtsmerkmale: liegen bei Geburt vor z.B. Penis, Hodensack

sekundäre Geschlechtsmerkmale: Aufkommen erst in der Pubertät
z.B. Stimmbruch, Bart, Verstärkte Muskulatur,
Schambehaarung, Brüste ...

Kein Y Chromosom vorhanden \Rightarrow Ovar \Rightarrow ♀ Hauptgeschlechtshormone ist das Östrogen
 \Rightarrow primäre ♀ Geschlechtsmerkmale wie Vagina & Schamlippen und später
sekundäre Geschlechtsmerkmale: Brüste usw.

Y Chromosom vorhanden \Rightarrow Ausbildung der Hoden \Rightarrow Hauptgeschlechtshormone wie Testosteron
(=Androgen) \Rightarrow Oviduktrepressor: Hemmung der Ausbildung des Ovidukt
(Eileiter und Uterus)

Gestörte Geschlechtsdifferenzierung

1.) Scheinzwitter (= Pseudohermaphroditen)

SZ haben eindeutige Gonosomen und Gonaden, aber davon abweichende innere und äußere Geschlechtsmerkmale

z.B. **Testikuläre Feminisierung** (= Verweiblichung, obwohl Hoden vorhanden)

Karyotyp: XY, **Phänotyp:** ♀

Ursache: Testosteron-Wirkung unterbleibt, da die Testosteron-Rezeptormoleküle des Zielgewebes defekt sind.

Da in geringem Maße auch weibliche Hormone von diesem Organismus gebildet werden kommt es zur Verweiblichung

z.B. Brust, breites Becken, Vagina

(Wanderung der Hoden aus der Leibeshöhle im 9. Monat)

Daneben weiblicher Intersex

Genotyp: XX, Phänotyp XY

2.) Echter Zwitter

Menschen mit beiden Gonaden oder Mischgonaden

Fehler: bei primärer Differenzierung der Gonaden, d.h. Fehler auf Gonosomen
äußeres Genital ähnelt dem embryonalen Zustand

Problematik Zwitter

- gestörte Geschlechtsidentität
- Vorteile im Hochleistungssport (Besserer Ausbau der Muskeln)
→ Sex-Test bei Olympischen Spielen

Schnellmethode zur Bestimmung des genetischen Geschlechts

1949 Barr und Bertram entdecken Barr-Körperchen in motorischen Ganglienzellen bei Katzen

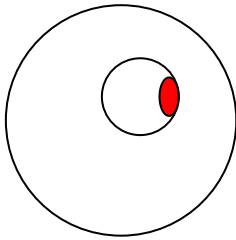
1959 OHNO Sex-Chromatin = zweites X-Chromosom in kondensiertem Zustand
(auch in der Interphase spiralisiert)

1961 Mary F. Lyon ⇒ "LYON-Hypothese"

In früher Embryonalphase (2. Woche nach Zygotenbildung) wird eines der beiden X-Chromosomen deaktiviert (zufallsbedingt)

Grund: Gen-Dosis-Kompensation → Enzymkonzentration bei Frau und Mann gleich

Sexchromatintest (Test auf Barr-Körperchen):



In Interphasekernen weiblicher Zellen

Lyon-Hypothese:

Sexchromatin = X-Chromosom

(16 Tage nach der Befruchtung Inaktivierung eines X-Chromosoms)

⇒ auch bei Frauen ist nur ein X-Gonosom aktiv

Welches Geschlecht liegt vor?

Nach der Geburt wird das Geschlecht eines Kindes durch den Arzt bestimmt. Dabei sind die äußeren Genitalien das Hauptentscheidungsargument. Aber bestimmen sie allein das Geschlecht eines Menschen?

Entwicklung der Geschlechtsorgane

Bei Erwachsenen sind die Unterschiede zwischen den primären Geschlechtsorganen erheblich. Während der Entwicklung gehen sie jedoch aus dem gleichen Keimblatt hervor. Am Anfang ihrer Bildung sehen sie sogar identisch aus. Erste Unterschiede bilden sich während der Embryonalentwicklung aus. Die volle Funktion nehmen sie allerdings erst während/ nach der Pubertät auf. Dazu müssen vorher Hormon gesteuerte Prozesse ablaufen und beendet sein.

Zusatzinformationen

http://transx.transgender.at/2350_20_Operation_Entwicklung

<http://de.wikipedia.org/wiki/Geschlecht>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Geschlechtsorgan>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Identitätsgeschlecht>

http://de.wikipedia.org/wiki/Gonadales_Geschlecht

http://de.wikipedia.org/wiki/Genitales_Geschlecht

<http://de.wikipedia.org/wiki/XY-Frau>

<http://de.wikipedia.org/wiki/XX-Mann>

http://de.wikipedia.org/wiki/Hoden-determinierender_Faktor

http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Transgender-Themen

<http://de.wikipedia.org/wiki/Intersexualität>

Gibt es mehrere Arten von Geschlechtern?

Neben dem so genannten Identitätsgeschlecht sowie dem sozialen Geschlecht, welches eine Person mehr oder weniger frei wählen kann, und welche keine biologische Entsprechungen haben müssen, kennen Biologen und Mediziner drei Arten der Geschlechtsbestimmung. Problematisch wird es, wenn sie nicht einander entsprechen!

a) Genetisches Geschlecht (=Kerngeschlecht)

Die Geschlechtschromosomen (23. Chromosomenpärchen) bestimmen das genetische Geschlecht. Eine Lebewesen mit XX-Chromosomen ist weiblich, mit XY-Chromosomen ist es genetisch männlich.

b) Gonadales Geschlecht

Das entscheidende Geschlechtsmerkmal kann aber auch die Keimdrüsen (=Eierstock & Hoden) sein. Sie produzieren im großen Umfang Hormone, welche den Menschen maßgeblich beeinflussen und später auch für die vollständige Ausbildung der Geschlechtsorgane verantwortlich sind (deshalb spricht man auch vom hormonelle oder endokrinen Geschlecht).

Die Ausbildung der Keimdrüsen wird durch entsprechende DNA des vorhandenen (bzw. abwesenden) Y-Chromosoms gesteuert. Ist es vorhanden, werden Hoden gebildet. Fehlt es so bleiben die Gonadenanlage zunächst in einem so genannten indifferenten Stadium, bis sie sich schließlich zu Eierstöcken umwandeln.

Aber durch eine Mutation oder eine andere biologische Fehlfunktion kann die Ausbildung der Hoden, selbst bei vorhandenem Y-Chromosom unterbleiben. So ist bei einem Defekt der „*Sex determining region of Y (=SRY)*“, welche sich auf dem kurzen Arm des Y-Chromosoms befindet, eine korrekte Bildung der männlichen Keimdrüsen nicht gegeben. Es entsteht ein weiblicher Phänotyp (=XY-Frauen).

c) Genitales Geschlecht (=somatisches Geschlecht)

Die äußeren Geschlechtsmerkmale des Menschen werden in der Regel zur Bestimmung des Geschlechts bei Kindern nach der Geburt verwendet. Es wird durch die vorhandenen (oder eben nicht vorhandenen) Geschlechtshormone der männlichen Keimdrüsen (Hoden), v.a. dem Testosteron beeinflusst. Nur bei dessen Gegenwart bilden sich die männlichen inneren und äußeren Geschlechtsorgane aus. Bei Abwesenheit des Y Chromosoms, und somit der Abwesenheit von Hoden und somit der Abwesenheit von Testosteron werden automatisch weibliche innere und äußere Geschlechtsorgane gebildet.

Homologe Entsprechungen zwischen den Geweben bei Mann und Frau:

Mann	Frau
Hoden	Eierstöcke
Harnröhre zwischen Blase und Penis	Harnröhre nach der Blase
Harnröhre im Penis	innere Schamlippen
Hodensack	äußere Schamlippen
Penisgewebe mit Eichel	Klitoris

Generationswechsel bei Tieren

Als **Generationswechsel** bezeichnet man eine besondere Form der Fortpflanzung, bei der sich geschlechtliche und die ungeschlechtliche Fortpflanzung bei einer Art abwechseln. Man spricht deshalb auch von unterschiedlichen Generationen.

Man findet ihn v.a. bei niederen Pflanzen und Tieren wie Protisten, **Moosen**, **Farnen**, **Nesseltieren**, **Tunicaten** (=Manteltiere) und im Grunde (sehr versteckt) bei Samenpflanzen.

Diese besondere Form der Fortpflanzung vereint die Vorteile der beiden Fortpflanzungsarten:

- durch ungeschlechtliche Fortpflanzung können viele Nachkommen erzeugt werden (v.a. zeitnah, da kein Sexualpartner benötigt wird.
- Durch geschlechtliche Vermehrung findet eine immerwährende Durchmischung des Genpools statt, so dass Nachkommen sich genetisch unterscheiden und so an verschiedene Umweltbedingungen angepasst sind.

Man unterscheidet zwei Formen:

1. Metagenetischer Generationswechsel: geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung wechseln sich ab

2. Heterogener Generationswechsel: eine sich bisexuell fortpflanzende Generation wechselt sich mit einer **parthenogenetisch** fortpflanzenden Generation ab.

Dabei ist die ungeschlechtlich gebildete Generation in der Regel haploid, die durch Befruchtung gebildete Generation diploid.

Dieser Wechsel zwischen einer haploiden und einer diploiden Generation wird auch heterophasischer Generationswechsel genannt.

Meistens unterschieden sich beide Generationen deutlich in ihrem Aussehen. Ein Beispiel dafür wäre der Wechsel bei der **Ohrenqualle**. Die bewegliche Generation heißt auch **Meduse**, die sessile (festsitzende) nennen wir **Polyp**. Der Polyp ist dabei die ungeschlechtliche Generation.

Ein solcher Wechsel der Gestalt wird auch als heteromorpher Generationswechsel bezeichnet (sonst isomorphen Generationswechsel - iso bedeutet „gleich“).



Zusatzinformationen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Generationswechsel>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Tunicata>

Generationswechsel bei Pflanzen

a) Generationswechsel bei Algen:

Bei Braun- und bei Grünalgen bildet die diploide Alge (=Sporophyt) durch Meiose so genannte Meiosporen. Diese Meiosporen wachsen zu haploiden Pflanzen (männliche oder weibliche Gametophyten), welche durch Mitose dann männliche und weibliche Keimzellen (Gameten) bilden. Verschmelzen die Gameten, entstehen neuediploide Algen.

Je nach Art sehen die diploide und die haploide Generation gleich aus oder auch nicht *g*.

Die Begriffe Gametophyt und Sporophyt bezeichnen das, was die jeweilige Generation bildet: Der Gametophyt bildet Gameten, der Sporophyt bildet Sporen (Phyt=Pflanze).

Der Wechsel von haploiden und diploiden Generationen wird Generationswechsel genannt.



Moos mit Sporenkapseln

b) Generationswechsel bei Moosen:

Moose sind schon weiter entwickelte Pflanzen als Algen. Sie haben durch ihre Entwicklung sich unabhängig von Meeren und Seen gemacht. Dennoch benötigen sie etwas Wasser zur Fortpflanzung.

Die eigentliche Moospflanze ist auch hier der Gametophyt. Er ist wieder haploid und bildet Mitogameten. Diese entstehen in der Pflanze in getrennten „Behältern“. Die Gameten werden je nach Geschlecht auch Eizellen oder Spermatozoiden genannt.

Durch Wasser (bei Regen oder durch Tau) gelangen die begeißelten Spermatozoiden zu den Eizellen. Es kommt zur Befruchtung. Es entsteht die neue diploide Generation (=die Sporophyten). Sie wächst aus den befruchteten Eizellen (=den Zygoten) direkt auf dem Gametophyten heran.

Diese diploiden Sporophyten ernähren sich vom Gametophyten und bilden eine braun gestielte Sporenkapsel. Oft ist der Sporophyt sehr unscheinbar und besteht nur aus der gestielten Sporenkapsel. In dieser Kapsel entstehen durch Meiose nun die Meio-Sporen, welche in der Regel durch den Wind verbreitet werden und so entsteht am geeigneten Ort die nächste Generation der Gametophyten.



Moos mit Sporenkapseln

Zusatzinformationen:

- Tiefergehende und v.a. Genauere Informationen in Kapitel „03.04 Moose, Farne und Schachtelhalme“
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Moose>

c) Generationswechsel bei Farnen:

Die Farne gehören zu den Gefäßsporenpflanzen, welche die Schwestergruppe der Samenpflanzen sind. Sie sind deutlich entwickelter als die Moose und weniger entwickelt als die Samenpflanzen. Vermutlich sind sie also zeitlich dazwischen entstanden (vor ca. 400 Millionen Jahren) .

Man kennt ca. 12000 Arten, von denen in Europa ca. 200 Arten vorkommen. Alle Arten sind gut an das Landleben angepasst. Sie kommen mit Trockenheit etwas besser zurecht als die Moose.

Im Erdzeitalter Karbon (vor etwa 400 Millionen Jahren) gab es sehr große Farnwälder. Sie bildeten die sogenannten Baumfarne und dadurch zusammen mit den Schachtelhalmen die Farnwälder. Deren abgestorbenen Pflanzen bildeten durch Fäulnisprozesse in Jahrtausenden die heutige Steinkohle.

Die Farne zeigen wie alle Gefäßsporenpflanzen einen auffälligen Generationswechsel, welcher bei den Samenpflanzen kaum erkennbar ist.



Heranwachsende Farne zeigen kein Spitzenwachstum

Die eigentliche Farnpflanze ist der diploide Sporophyt. Am ausgewachsenen Blatt, dem Farnwedel, sieht man deutlich auf der Blattunterseite Sporenkapseln mit Meio-Sporen. Sie werden auch Sori genannt.

Gelangen diese Sporen auf den Boden keimen sie zu einem unauffälligen haploiden Gametophyten aus. Er wird auch Vorkeim oder Prothallium genannt. Die Vorkeime bilden nun entsprechend Eizellen oder Spermatozoiden, welche durch einen Wassertropfen zueinander finden können. Durch die Befruchtung entsteht eine Zygote, aus der wieder der neue Sporophyt wächst. Der Sporophyt muss übrigens nicht auf dem Gametophyten wachsen. Er ist eine selbständige Pflanze!



Vergleich Generationswechsel Moose - Farne:

Der Generationswechsel der Farne läuft prinzipiell so ab wie bei den Moosen. Allerdings gibt es auch Unterschiede.

Gemeinsamkeiten:

- Es gibt eine Trennung zwischen einer geschlechtlich entstandenen und einer vegetativ (asexuell) entstandenen Generation.
- Farne produzieren ebenfalls Keimzellen (=Gameten).
- die männlichen Keimzellen sind begeißelt (Spermatozoide),
- die männlichen Keimzellen müssen ebenfalls den Weg zu den weiblichen Keimzellen finden
- dazu ist ebenfalls Wasser notwendig

Unterschiede:

- Bei den Farnen ist der Sporophyt (also die Sporen produzierende Generation) die optisch auffallendere mit den deutlich größeren Pflanzen. Dadurch konnten die Farne im Karbon bis zu 30 Meter groß wachsen.
Der Gametophyt (welcher ja die Geschlechtszellen produziert) hingegen, bleibt klein und am Boden. Er sieht sogar den Lebermoosen ähnlich.
- Der Gametophyt der Farne wird auch Prothallium genannt.
- Der Sporophyt ist eine selbständige Pflanze, die nicht auf die Versorgung durch den darunter wachsenden Gametophyten angewiesen ist.

Zusatzinformationen:

Weitere Informationen in Kapitel 03.04 „Moose, Farne und Schachtelhalme“

<http://de.wikipedia.org/wiki/Farne>

d) Generationswechsel bei Samenpflanzen:

Zu den Blütenpflanzen gehören die beiden Gruppen der Nacktsamer (z.B. Nadelbäume) und die Bedecktsamer (die meisten Blütenpflanzen).

Die eigentliche sichtbare Pflanze ist der Sporophyt. In den Blüten werden durch Meiose Meio-Sporen gebildet. Die Polen keimen dann durch Transport auf die Narbe einer anderen Blüte zum Pollenschlauch. Dieser ist der (männliche) Gametophyt. Dabei entstehen im Pollenschlauch durch Mitose die Spermatozoiden. Sie sind unbegeißelte Gameten. In der Samenanlage im Fruchtknoten bildet sich die Großspore. Aus ihr entstehen die (weibliche) Gametophyten. Diese bilden dann durch Mitose die Eizellen.

Gelangt nun der Pollen auf die Narbe und wächst dann der Pollenschlauch durch den Griffel. Am Ende trifft er dann auf die Eizelle, es kommt zur Befruchtung. Wasser ist dazu nicht notwendig. Dies stellt die wesentliche Anpassung an das Landleben dar.

Durch die Befruchtung kommt es zur Bildung der Frucht, aus der später der neue Sporophyt wächst

Zusatzinformationen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Bedecktsamer>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Nacktsamer>

Parthogenese

Die Parthenogenese wird nach seinem Wortstamm aus dem Altgriechischen auch Jungfernzeugung genannt (Parthenos = Jungfrau, Genesis = Entstehung, Geburt).

Es handelt sich dabei um eine eingeschlechtliche Fortpflanzung, d.h. Fortpflanzung aus unbefruchteten Eizellen - also ohne Partner.

Es gibt mehrere Möglichkeiten:

1. Durch Hormone wird der unbefruchteten Eizelle eine Befruchtung „vorgespield“. Daraufhin teilt sich diese und wächst schließlich zu einem vollständigem Organismus aus.

2. Diploide Urkeimzellen beginnen mit der Zellteilung und werden zu lebenden Organismen. In diesem Fall findet keine Rekombination statt (es lief ja keine Meiose ab) und so sind alle Nachkommen erbgleiche Klone der Mutter.

Vorkommen:

Für höher entwickelte Säugetiere scheidet Parthenogenese, aufgrund der Komplexität der Lebewesen, zur Fortpflanzung aus.

Bei niederen Tieren kann man sie aber durchaus finden:

- bei Bärtierchen (Familie Echiniscidae)
- vielen Insektenarten (z. B. den Rüsselkäfern, den Gespenstschrecken, den Kopfläusen, der Großen Sägeschrecke, bei Bienen (Die männlichen Tiere, die Drohnen entstehen aus nicht befruchteten diploiden Eiern der Königin)
- bei einigen Spinnentieren (z. B. bei einigen Skorpionen)
- bei einigen Krebsen (Cladocera, Daphnia, Marmorkrebs)
- bei einigen Schneckenarten (Melanoides tuberculata)
- bei Eidechsen (z. B. beim australische Gecko, dem Komodowaran Varanus komodoensis und dem pazifische Gecko Lepidodactylus lugubris.)
- bei einer Schlangenart (Blumentopfschlange)
- bei Haien (z.B. beim Schaufelnasen-Hammerhai und dem Kleinen Schwarzspitzenhai)
- bei einigen Vögeln (Truthühnern)

Zusatzinformationen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Parthenogenese>

Übersicht über die verschiedenen Stammzelltypen

Stammzellen sind noch nicht ausdifferenzierte Körperzellen, wie sie bei der Entwicklung von Lebewesen vorliegen. Eine Spezialisierung aus ihnen findet also später erst statt (zu Hautzellen, Muskelzellen, Knorpelgewebe usw.).

Stammzellen können ständig neue (organspezifische) Tochterzellen erzeugen um sich zu erhalten. Der Mechanismus dazu ist allerdings noch nicht vollständig entschlüsselt (man vermutet eine asymmetrische Zellteilung - einerseits Tochterzellen mit Stammzeleigenschaften zu generieren sowie andere Tochterzellen zu bilden, die sich weiter ausdifferenzieren). Bei Säugetieren findet man sie im Embryoblasten (im Blastocystenstadium).

Man findet übrigens auch bei Pflanzen an der Spitze des Sprosses (im sogenannten Apikalmeristem) sowie an den Wurzelspitzen im Wurzelmeristem Stammzellen³.

Man kann Stammzellen in mehrere Typen einteilen. Sie unterscheiden sich vor allem durch ihr ontogenetisches⁴ Alter und ihr Differenzierungspotenzial:

a) Totipotente embryonalen Stammzellen

Sie sind ontogenetisch die frühesten Stammzellen, die später zu die primitiven Keimstammzellen, sowie somatischen Stamm- und Progenitorzellen (oder Vorläuferzellen) werden. Sie werden als totipotent bezeichnet, weil sie noch zu kompletten Lebewesen heranwachsen können. Dazu ist allerdings eine geeignete Umgebung mit optimalen Bedingungen erforderlich (z.B. die Gebärmutterschleimhaut). Beim Menschen liegt dies ungefähr bis zum 16zell Stadium vor.

b) Pluripotente embryonale Stammzellen

Sie sind in der Lage, sich in Zellen aller drei Keimblätter (Entoderm, Ektoderm und Mesoderm) umzuwandeln. Sie werden daher als pluripotent bezeichnet.

Sie können also prinzipiell zu jedem Zelltyp eines Körpers ausdifferenzieren. Der Hauptunterschied zu den totipotenten Stammzellen ist, dass sie nicht mehr in der Lage sind, einen gesamten Organismus zu bilden.

c) Postembryonale Stammzellen (=multipotente Stammzellen)

Multipotente Stammzellen können sich im Vergleich zu den anderen beiden Typen nicht mehr so stark ausdifferenzieren. Man findet sie bei Säugetieren nach der 12. Schwangerschaftswoche. Aus ihnen kann also nicht jede Art von Gewebe heranwachsen. Aus diesem Grunde kann man sie auch gut in Gruppen einteilen (fötale, neonatale und adulte Stammzellen)

Adulte Stammzellen (man findet sie man in Lebewesen nur nach ihrer Geburt!) beispielsweise bilden in der Regel nur noch ihrer Funktion entsprechende Gewebezellen (z.B. eine Blut-Stammzelle bildet dann Blut- und Immunzellen; eine Hirn-Stammzelle bildet nur noch die verschiedenen Gewebe des Gehirns). Sie sind hinsichtlich ihres Selbsterneuerungsvermögens und der Möglichkeiten sich zu verschiedenen Zellen auszudifferenzieren sehr eingeschränkt .

Die adulten Stammzellen sind besonders für die Forschung wichtig. Sie werden auch somatische Stammzellen genannt.. Sie dienen im Körper dazu den Organismus mit neuen Gewebezellen zu erhalten. Man findet sie z.B. im Knochenmark, in der Haut, im Fettgewebe, in der Nabelschnur und im Nabelschnurblut, im Gehirn, der Leber und der Bauchspeicheldrüse)

Neuer Untersuchungen zeigen allerdings eine vermutlich größere Variabilität. Unter sehr guten Bedingungen können sie vermutlich flexibler sein, als bisher vermutet. So genannte „Umpolungen“ ermöglichen es z.B. dass aus Blut-Stammzellen des Knochenmarks bei Einlagerung in die Leber, Leberzellen gebildet werden können.

³ Allerdings haben praktisch alle Pflanzenzellen die Fähigkeit einen kompletten Organismus zu regenerieren.

⁴ <http://de.wikipedia.org/wiki/Ontogenese>

d) Stammzellen in der Forschung

Für Forschungszwecke stellen sie heutzutage einen neuen Zweig dar, an den viele Hoffnungen im Kampf gegen Krankheiten verbunden sind. Pluripotente embryonale Stammzellen (und multipotente Stammzellen) werden aus den verschiedensten menschlichen Geweben gewonnen.

Für Forschungszwecke können sie je nach Stammzelltyp mehr oder weniger leicht gewonnen werden. Eine Quelle für die medizinische Forschung sind Embryonen (z.B. durch Abtreibungen oder Fehlgeburten). Am leichtesten können adulte Stammzellen z.B. aus dem Knochenmark durch eine Punktion des Beckenknochens unter Vollnarkose oder durch Stammzellapherese (diese Methode ist neuer und für den Spender weniger invasiv) gewonnen werden. (Zum Thema Knochenmarksspende bitte folgenden Link besuchen, lesen und mal nachdenken: <http://www.dkms.de>).

Auch eine Gewinnung von Nabelschnurblut-Stammzellen kann nach der Abnabelung des Kindes erfolgen. Multipotente Stammzellen der Haut können leicht gewonnen werden (Hautbiopsie).

Sind die Stammzellen gewonnen, werden sie aus ihrem Gewebeverband herausgelöst und in Kultur gebracht. So können sie lange gelagert und vermehrt werden.

So hofft man, in Zukunft Ersatzmaterial für defekte Organe herstellen zu können. Auch die Behandlung von Nervenkrankheiten, wie Parkinson, soll durch Stammzellenforschung neue Impulse erhalten.

Seinen Ursprung fand die Erforschung der Stammzellen 1981, als Blastozysten der Maus isoliert wurden. Im Labor neigen sie allerdings dazu, sich sofort umzuwandeln (auszudifferenzieren). So wurde es notwendig, Stoffe zu entwickeln, welche die Stammzellen anregen, sich ständig weiter zu teilen, so können sie unbegrenzt vermehrt werden. Die spontanen Ausdifferenzierungen sind somit nicht mehr so „tragisch“.

Zusatzinformationen:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Stammzelle>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Totipotenz>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Pluripotenz>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Multipotenz>

<http://www.stammzellen.nrw.de/de/blickpunkt.php>

Auf Englisch:

http://en.wikipedia.org/wiki/Stem_cell

Klonen

Definition: Klonen ist das Herstellen gleichartiger, genetisch identischer Nachkommen einer Zelle oder eines Organismus.

Klonen bei Pflanzen ist im Grunde schon lange bekannt. Natürliche „Klone“, wie die Sprosse von Kartoffeln oder bei Zwiebelpflanzen, wie der Tulpe sind im Grunde genetisch identische Nachkommen, die als Klone bezeichnet werden können.

Kulturpflanzen werden in Züchtungen durch Ableger ebenfalls geklont, damit die gezüchteten Eigenschaften erhalten bleiben.

In der Gentechnik kennt man im Grunde zwei verschiedene Methoden, um Tiere oder tierisches Gewebe zu klonen:

Reproduktives Klonen:

1. Durch Nukleustransfer erzeugte Embryonen werden einer Leihmutter eingepflanzt und entwickeln sich zu einem vollständigen Organismus
2. Der Klon ist nur dann genetisch identisch mit dem Nukleusspender, wenn die Eizelle auch von diesem stammt. Ansonsten unterscheiden sie sich in ihrer Mitochondrien-DNS
3. wurde bisher nur an Tieren durchgeführt
4. Bereits erfolgreich geklonte Tierarten:
Labor-Mäuse, Labor-Ratten, Hausrinder, Hausziegen, Hausschweine, Kaninchen und Hauskatzen, Afrikanische Wildkatze/Nubische Falbkatze, Weißwedelhirsch (südamerikanisch), Banteng (asiatisches Rind), Europäischem Mufflon, Gaur (asiatisches Rind), Schaf, Pferd, Hund

Therapeutisches Klonen:

- die Zellen eines Embryo werden im Labor kultiviert und vermehrt.
- Die Idee ist, dass man versucht, aus ihnen verschiedene Gewebezellen oder ganze Organe wachsen zu lassen, um diese dann bedürftigen Menschen zu implantieren.
- Der Vorteil wäre, dass die sonst bei Implantationen auftretenden immunologischen Abstoßungsreaktionen praktisch nicht vorhanden wären. Außerdem würden mehr dringend benötigte Organe zur Verfügung stehen. Der Erfolg dieser Methode steht noch aus.

Bisherige „Erfolge“: Dolly, Prometea und CopyCat

Dolly

Dolly war ein walisisches Bergschaf und das erste Säugetier, das am 5. Juli 1996 in Schottland aus einer adulten Stammzelle geklont wurde.

Dolly hatte im Grunde drei Eltern:

1. Schaf: spendete die Eizelle;
2. Schaf: spendete den Nukleus aus einer Euterzelle;
3. Schaf: war die Leihmutter, die Dolly ausgetragen hat

Man muss allerdings anmerken, dass Dolly eher ein biologischer Zufall war, denn aus 277 Eizellen wurden 29 Embryonen geklont, von denen nur Dolly überlebte!

Dolly wurde während seines Lebens mehrmals auf natürliche Weise Mutter und starb im Alter von sechseinhalb Jahren an einer Lungenentzündung (Die Lebenserwartung von Schafen liegt allerdings bei 10-15 Jahren. Man war über dieses frühe Ableben Dolly etwas erstaunt. Man vermutet, dass die Zellen Dolly sehr schnell alterten.)

Prometea:

Die erste geklonte Haflingerstute erblickte am 28. Mai 2003 in Italien das Licht der Weide. Sie wurde von der Stute ausgetragen, von der auch die Eizelle und der Nukleus stammen. Sie ist also genetisch komplett identisch mit der Mutter. Traurige Bilanz: insgesamt 827 weitere Klonversuche schlugen fehl

CopyCat:

Die Existenz der ersten geklonten Hauskatze wurde 2002 bekannt gegeben. Die Leihmutter war getigert, ihre Klonmutter eine Glückskatze. (Sie hat die selbe Fellfarbe wie ihre Klonmutter, aber eine andere Musterung). Auch hier hat nur einer von 87 Embryonen überlebt.)

Das Projekt zum Klonen der ersten Hauskatze wurde von dem amerikanischen Unternehmen *Genetic Savings & Clone* gesponsert. Man verspricht sich durch das Klonen verstorbener Haustiere einen lukrativen Markt.

Gesetzeslage:

- Es besteht internationale Einigkeit darüber, dass das reproduktive Klonen von Menschen verboten sein sollte
- In Deutschland sind das therapeutische und reproduktive Klonen verboten (Embryonenschutzgesetz)
- Forschung nur an ausländischen Stammzellen von vor 01.09.2002
- Streit über die Menschenwürde des Embryos in vitro (in vitro = im Glas, also „im Labor“)

Projekte:

- therapeutisches Klonen
- Klonen von bedrohten Tierarten
- Klonen von ausgestorbenen Tierarten

Siehe auch:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Stammzelle>