

### 2.1.6 Die hormonelle Regulation der Keimzellbildung



#### Lerntipp

Der folgende kurze Abschnitt soll Ihnen nur einen kleinen Einblick in die hormonelle Regulation verschaffen. Für mehr Details schlagen Sie ggf. in Lehrbüchern der Histologie, Physiologie oder Biochemie nach.

Die Funktion der Gonaden und damit auch die Keimzellbildung wird durch die Gonadotropine FSH (Follikel-stimulierendes Hormon) und LH (luteinisierendes Hormon, auch Interstitialzellen-stimulierendes Hormon = ICSH genannt) gesteuert. Beide Hormone werden im Hypophysenvorderlappen gebildet und ins Blut abgegeben. Außerdem werden die Spermatogenese und die Oogenese zusätzlich durch spezifische Hormone reguliert.

#### Die Regulation der Spermatogenese

Die Leydig-Zellen des Hodens bilden Androgene (besonders **Testosteron**). Die Aktivität der Leydig-Zellen wird durch **LH** stimuliert. Das Testosteron stimuliert die Spermatogenese.

Die Spermatogenese wird auch durch **FSH** angeregt. Außerdem stimuliert FSH die Sertoli-Zellen.

Die Sertoli-Zellen bilden **Inhibin**, das die Ausschüttung von FSH im Hypophysenvorderlappen hemmt (negative Rückkopplung). Hohe Konzentrationen von Testosteron im Blut hemmen (auch im Sinne einer negativen Rückkopplung) die Freisetzung von FSH.

#### Die Regulation der Oogenese

Die Entwicklung und das Wachstum der Follikel (während der ersten Hälfte des etwa 28-tägigen Zyklus) stehen unter dem Einfluss des **FSH**. Die Ovulation wird durch einen steilen Anstieg des **LHs** im Blut induziert. Im Ovar werden Hormone gebildet, die u. a. die zyklischen Veränderungen der Uterusschleimhaut hervorrufen. Während beider Zyklushälften werden in heranreifenden Follikeln von Theka- und Granulosazellen **Östrogene** synthetisiert. Die Östrogene bedingen die Proliferationsphase der Uterusschleimhaut. In der zweiten Zyklushälfte wird in den Granulosaluteinzellen des Corpus luteum **Progesteron** produziert, das die Sekretionsphase induziert. Das Corpus luteum selbst steht unter dem Einfluss des LH. Bei einem normalen Zyklus ruft der Abfall des Progesterons infolge Rückbildung des Corpus luteum die Abstoßung des Stratum functionale hervor. Im Falle einer Schwangerschaft wächst das Corpus luteum unter dem Einfluss des LH-artig wirkenden humanen Choriongonadotropin (**HCG**, vom Keim gebildet, S.26) zum Corpus luteum graviditatis heran.

#### MERKE

Corpus luteum menstruationis – stimuliert durch LH.  
Corpus luteum graviditatis – stimuliert durch HCG.



#### Check-up

- ✓ Verdeutlichen Sie sich noch einmal, wann die männlichen bzw. weiblichen Keimzellen in die erste Reifeteilung eintreten.
- ✓ Rekapitulieren Sie die Wanderung der Keimzellen während der Spermatogenese und ihre Differenzierung zum reifen Spermium.
- ✓ Wiederholen Sie, mit welchen umgebenden Strukturen die Eizelle in die Tuba uterina gelangt.
- ✓ Machen Sie sich klar, was man unter Dezidualisierung versteht und welche anderen Veränderungen das Endometrium in der Sekretionsphase durchmacht.

## 2.2 Von der Befruchtung zur Implantation



#### Lerncoach

Bei der Befruchtung verschmelzen Eizelle und Spermium miteinander. Um diesen Vorgang zu verstehen, ist es wichtig, dass Sie den Aufbau und die Funktionen der beiden Keimzellen kennen (S.17).

### 2.2.1 Der Überblick

Beim Geschlechtsverkehr kommen etwa 300 Millionen Spermien in die Scheide. Sie gelangen in den Uterus, wo die Mehrzahl abstirbt. Nach der **Kapazitation** (Reifung) der überlebenden Spermien im Uterus kommt es beim Zusammentreffen von Oozyte und Spermium zur **Akrosomenreaktion** und Verschmelzung der beiden Keimzellen. Dadurch wird die Eizelle aktiviert. Sie beendet ihre zweite Reifeteilung und die beiden Vorkerne verlieren ihre Kernmembran und ordnen ihre Chromosomen in der gemeinsamen Äquatorialplatte an. Die entstandene **Zygote** tritt sofort in die Prophase der ersten Furchungsteilung ein. Sie entwickelt sich über mehrere Stadien zur **Blastozyste** und nistet sich dann in das Endometrium der Gebärmutter ein (**Implantation**).

### 2.2.2 Die Befruchtung

#### Die Kapazitation der Spermien

Die bei der Ejakulation in den weiblichen Genitaltrakt gelangten Spermien müssen hier (besonders wohl in der Tuba uterina) einen Reifungsprozess durchlaufen, die sog. **Kapazitation**. Diese Kapazitation dauert beim Menschen ca. 5–6 Stunden. Dabei kommt es zu Veränderungen der Glykoprotein-zusammensetzung in der Zellmembran der Sper-

mien. Diese Veränderungen sind die Voraussetzung für die Akrosomenreaktion. Erst wenn es die Kapazitation durchlaufen hat, kann das Spermium in die Eizelle eindringen.

### Die Akrosomenreaktion

Kurz vor dem Zusammentreffen mit der Eizelle beginnt die Akrosomenreaktion. Dabei verschmelzen an vielen Stellen die Zellmembran und die äußere Membran des Akrosoms miteinander (Abb. 2.6a und Abb. 2.6e). An diesen Verschmelzungsstellen entstehen Poren, durch die die Inhaltsstoffe des Akrosoms (besonders die **Hyaluronidase**) austreten können. Bei der Kontaktaufnahme mit der Zona pellucida der Eizelle lösen sich die Zellmembran und die äußere Membran des Akrosoms dann vollständig vom Spermienkopf ab. Danach stellt die innere Akrosomenmembran im Kopfbereich des Spermiums die begrenzte Oberfläche dar. Diese innere Akrosomenmembran, die seitlich in die Zellmembran übergeht,

enthält die Protease **Akrosin**, die dem Spermium das Durchdringen der Zona pellucida ermöglicht (s. u.).

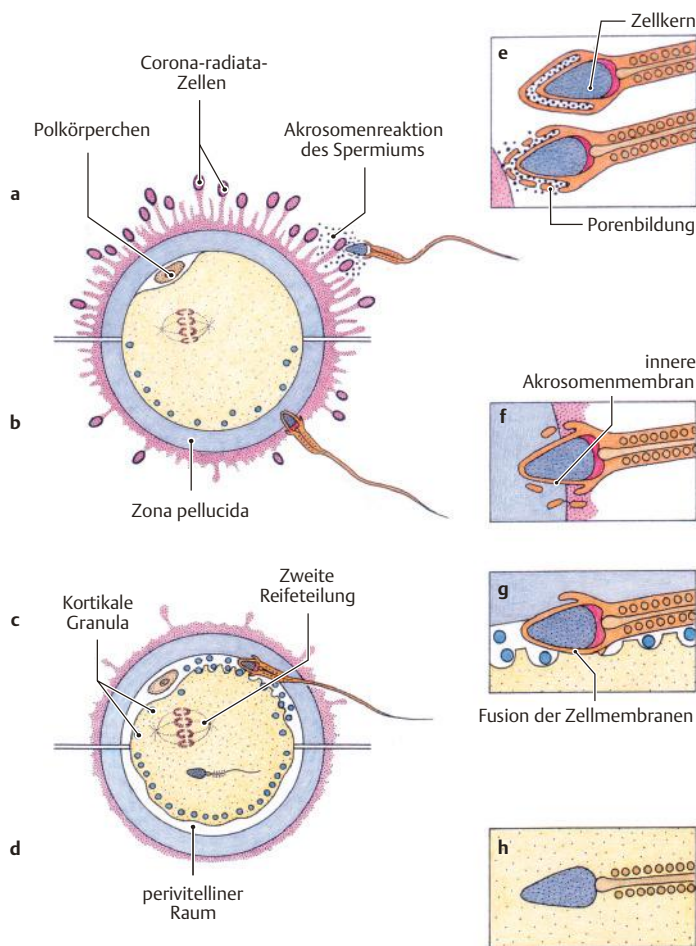
### Die Verschmelzung von Spermium und Eizelle

Die Befruchtung (**Konzeption, Fertilisation**) ist das Eindringen des Spermiums in die Eizelle (**Imprägnation**) und die anschließende Vereinigung des weiblichen und männlichen Erbmateri als (**Syngamie**). Sie findet in der Ampulla (am Übergang zum Isthmus) der Tuba uterina statt und muss innerhalb von 24 Stunden nach dem Eisprung erfolgen, da eine Eizelle nur so lange befruchtungsfähig bleibt. Spermien können ihre Befruchtungsfähigkeit bis zu 48 Stunden aufrechterhalten.

Das Ergebnis der Befruchtung ist die **Zygote** (= die befruchtete Eizelle).

Bevor es zur eigentlichen Befruchtung kommt, finden folgende drei Prozesse statt (Abb. 2.6)

- **Durchdringen der Corona radiata:** Das Spermium löst mit Hilfe der Hyaluronidase die Zellverbindungen zwischen den Zellen der Corona radiata



**Abb. 2.6 Akrosomenreaktion und Eindringen des Spermiums in die Eizelle.**  
**a** Akrosomenreaktion; **b** Durchdringen der Zona pellucida; **c** Anlagerung des Spermienkopfes an die Membran der Oozyte (Fusion der Zellmembranen); **d** Spermium in Eizelle und Beendigung der 2. Reifeteilung der Eizelle; **e** Akrosomenreaktion; **f** Spermiumkopf nach Akrosomenreaktion; **g** Fusion von Eizelle und Spermium; **h** Spermium ohne Membran im Zytoplasma der Eizelle

und dringt zur Zona pellucida vor (Abb. 2.6a und Abb. 2.6e).

- **Durchdringen der Zona pellucida:** Die Glykoproteine der Zona pellucida werden durch Akrosin gespalten (Abb. 2.6b und Abb. 2.6f). Das Spermium liegt dann im **perivitellinen Spalt** zwischen Eizellmembran und Zona pellucida.
- **Fusion der Zellmembranen:** Das Spermium lagert sich tangential an die Mikrovilli der Eizelle an und die Membranen von Eizelle und Spermium verschmelzen miteinander (Abb. 2.6c und Abb. 2.6g).

Jetzt werden Membranbestandteile des Spermiums in die Eizellmembran inkorporiert. Anschließend wird das Spermium durch einen phagozytoseähnlichen Prozess in die Eizelle aufgenommen (Abb. 2.6d und Abb. 2.6h). Obwohl das ganze Spermium aufgenommen wird, sind nur der haploide Chromosomensatz und das proximale Zentriol von Bedeutung für die Befruchtung (s. u.). Die übrigen Bestandteile des Spermiums degenerieren schnell.

#### MERKE

- Spermien können bis zu 48 Stunden ihre Befruchtungsfähigkeit erhalten, Eizellen nur 24 Stunden.
- Die Akrosomreaktion dient der Imprägnation = Eindringen des Spermiums in die Eizelle.

### Die Reaktionen der Eizelle auf die Befruchtung



#### Lerntipp

Machen Sie sich an dieser Stelle nochmals klar, dass die Oozyte die erste Reifeteilung kurz vor der Ovulation und die zweite nach Eindringen des Spermiums beendet.

Bei der Verschmelzung der Zellmembranen von Eizelle und Spermium kommt es zu einer **Depolarisation** der Eizelle und zu einer **Entleerung** von kortikalen Granula.

Diese beiden Prozesse bedingen den sog. **Polyspermieblock**, der verhindert, dass mehr als ein Spermium in die Eizelle eindringt.

Bei der Befruchtung kommt es zur Wiederherstellung des diploiden Chromosomensatzes; dadurch wird auch das *genetische* Geschlecht des Keims festgelegt.

### Die Depolarisation der Eizelle

Durch die Verschmelzung von Spermium und Eizelle wird eine Depolarisation der Eizellmembran ausgelöst, die zu einer Erhöhung der  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration im Zytoplasma führt. Die Zunahme der  $\text{Ca}^{2+}$ -Konzentration ist vermutlich für die **Aktivierung** der Eizelle verantwortlich:

- Die 2. Reifeteilung wird beendet: Es bildet sich der weibliche Vorkern, evtl. wird ein 2. Polkörperchen ausgestoßen.
- Die vorhandene (mütterliche) RNA wird transkribiert.

### Die Entleerung der kortikalen Granula

Die unmittelbar unter der Zellmembran gelegenen (deshalb kortikalen) Granula enthalten proteolytische Enzyme. Diese Granula entleeren sich bei der Verschmelzung der Membranen von Eizelle und Spermium in den perivitellinen Raum (Abb. 2.6c und Abb. 2.6d). Die Enzyme bauen die Glykoproteine der Zona pellucida ab, die dadurch in ihrer Struktur und Konsistenz verändert wird.

### Die Vorkernverschmelzung (Syngamie)

Der zunächst noch stark kondensierte Spermienkern nimmt im Zytoplasma erheblich an Größe zu. Dieser männliche Vorkern nähert sich dem weiblichen Vorkern. Dabei verdoppeln beide Vorkerne ihre DNA. Aus dem proximalen Zentriol des Spermiums bildet sich der Spindelapparat. Die Kernhüllen der Vorkerne lösen sich auf; die Chromosomen beider Vorkerne ordnen sich auf der gemeinsamen Äquatorialplatte an. Diesen Vorgang nennt man **Syngamie**. Ohne eine Kernhülle zu bilden, tritt die entstandene **Zygote** in die Prophase der 1. mitotischen Furchungsteilung ein.

## 2.2.3 Die Präimplantationsphase und die Implantation



#### Lerntipp

Aus der Zygote entwickelt sich in der ersten Woche nach der Befruchtung eine einnistungsfähige Blastozyste. Verfolgen Sie beim Lernen die verschiedenen Stadien der Entwicklung. Abb. 2.7 kann Ihnen dabei als Übersicht dienen.

Die befruchtete Eizelle wandert während der sog. **Präimplantationsphase** entlang der Tuba uterina bis zum Uterus. Auf ihrem Weg vom Ovar zur Uterushöhle teilt sie sich mehrmals. Dabei durchläuft sie verschiedene **Zellstadien**, wird zur **Morula** und schließlich zur **Blastozyste**, die sich im Endometrium einnistet (**Implantation**).

### Die Präimplantationsphase

#### Die Furchung und die Morula

Wenige Stunden nach der Befruchtung erkennt man an der Oberfläche der Zygote eine Furche, die die Ebene der ersten Teilung (Furchung) kennzeichnet (Abb. 2.7). Durch diese Teilung entstehen zwei Blastomeren (2-Zell-Stadium, etwa 30 Stunden nach der Befruchtung). Es folgen das 4- und 8-Zell-Stadium;

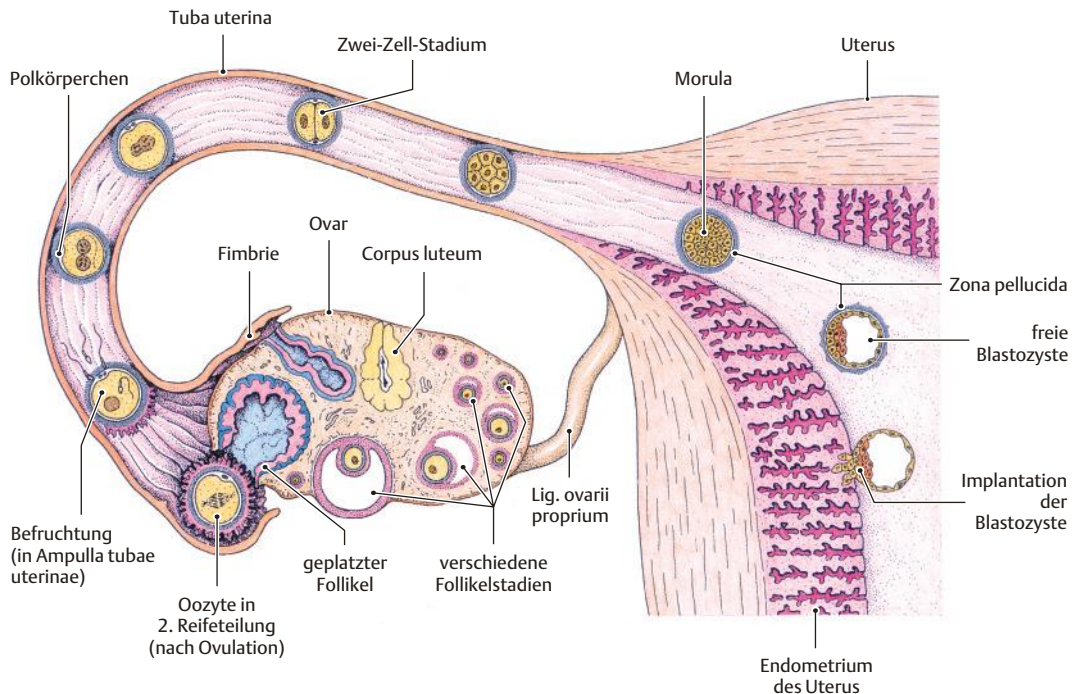


Abb. 2.7 Eizprung, Befruchtung, Furchung, Tubenwanderung und Implantation.

aufgrund nicht-synchroner Teilungen kann es zwischenzeitlich auch zu einem 6-Zell-Stadium kommen. Etwa im 16-Zell-Stadium hat der Keim ein maulbeerartiges Aussehen und wird deshalb als Morula bezeichnet (Abb. 2.8). Die Morula ist immer noch von der Zona pellucida umgeben, deshalb ist sie nicht größer als die ovulierte Eizelle. Das bedeutet, dass die Blastomeren bei jeder Teilung kleiner werden.

#### MERKE

- Die Adhäsion der Blastomeren untereinander wird durch E-Cadherin vermittelt.
- Die Morula ist immer noch von der Zona pellucida umgeben und ist deshalb nicht größer als die ovulierte Eizelle.

Nur die frühen Blastomeren sind totipotent (S.11). Im Morulastadium lassen sich bereits, z. B. auf ultrastrukturellem Niveau, Unterschiede zwischen den Morulazellen erkennen. In diesem Stadium liegen die Zellen dicht beieinander (**Kompaktierung**). Die **Schicht äußerer Zellen** weist zur Zona pellucida gerichtete Mikrovilli und Zonulae occludentes auf. Zonulae occludentes (= tight junctions) sind Bereiche der Zelloberflächen, in denen die Zellmembranen so dicht aneinander liegen, dass sie eine undurchlässige Barriere bilden (s. Lehrbücher der Histologie). Die äußere Zellschicht der Morula umhüllt die **innere Zellmasse**.

#### MERKE

Embryonale Stammzellen können sich unter Zellkulturbedingungen und nach Transplantation im Tiermodell in Derivate aller drei Keimblätter differenzieren. Sie werden in der Regel aus der inneren Zellmasse gewonnen.

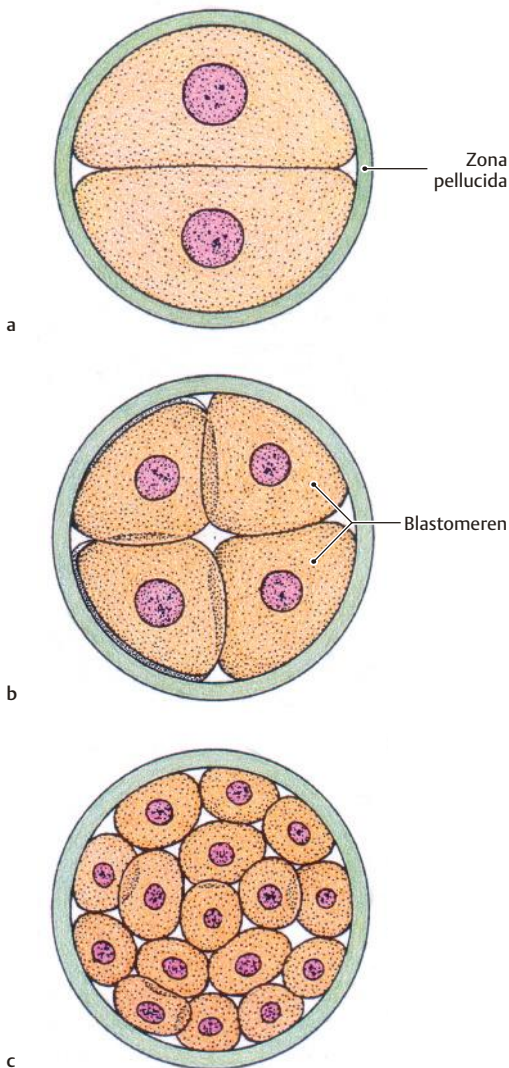
#### Die freie Blastozyste

Etwa am 4. Tag hat die Morula die Uterushöhle erreicht. Aufgrund eines gerichteten Ionen- und Wassertransportes, der von außen nach innen durch die äußere Zellschicht erfolgt, erweitern sich jetzt die Interzellularräume in der inneren Zellmasse.

Die Interzellularräume konfluieren auf einer Seite des Keims zur Blastozystenhöhle. Die Morula ist zur Blastozyste geworden (Abb. 2.9a).

Im Blastozystenstadium ist die äußere Zellschicht als **Trophoblast** deutlich von der inneren Zellmasse des **Embryoblasten** zu unterscheiden. Die Zellen des Embryoblasten liegen auf einer Seite der Blastozyste. Aus dem Trophoblasten gehen später Anteile der Plazenta und die Eihäute hervor (S.39).

Zum Zeitpunkt der Ausbildung des Embryoblasten „schlüpft“ die Blastozyste aus der Zona pellucida, die bisher die vorzeitige Einnistung in die Tubenwand verhindert hat. Jetzt ist die Blastozyste implantationsfähig.



**Abb. 2.8 Furchungsteilungen.** a 2-Zell-Stadium; b 4-Zell-Stadium; c Mehrzellstadium (Morula)

#### MERKE

Die Blastozyste ist etwa am fünften Tag nach der Befruchtung ausgereift. Im Stadium der Blastozyste verliert der Keim seine Zona pellucida.

### Die Implantation (Nidation)

Die Blastozyste heftet sich am 5. oder 6. Tag nach der Befruchtung mit ihrem **embryonalen Pol** an das Endometrium (**Abb. 2.9b**). Dabei nehmen die Trophoblastzellen, die dem Embryoblast anliegen, mit ihren Mikrovilli Kontakt mit dem Endometriumepithel auf. An der Anheftungsstelle wandelt sich ein Teil des Trophoblasten durch Verschmelzung zu einem Synzytium (vielkernige Riesenzelle ohne Zellgrenzen)

um. Jetzt gliedert sich der Trophoblast in den **Synzytiotrophoblast**, der an das mütterliche Gewebe grenzt, und den einschichtigen **Zytotrophoblast**, der unter dem Synzytiotrophoblasten liegt und durch Proliferation und Fusion seiner Zellen mit dem Synzytium ständig Nachschub für den Synzytiotrophoblasten (vgl. **Abb. 2.10**) liefert.

**Beachte:** Die rasche Ausbreitung des Trophoblasten und die schnelle Entstehung der Chorionzotten (S.40) stellt die Ernährung der Embryonalanlage sicher. Die Embryonalanlage selbst bleibt dabei im Wachstum zurück.

Die Implantation erfolgt normalerweise im Bereich der vorderen oder hinteren Wand des Corpus uteri. Dabei dringt der Synzytiotrophoblast infiltrativ in das Endometrium ein. Er penetriert die Epithelschicht (und ihre Basalmembran) und dringt so weit in das Bindegewebe der **Zona compacta** des Endometriums ein, bis sich das Epithel über dem Keim schließt (**interstitielle Implantation**). Bevor sich das Epithel schließt, ist der Oberflächendefekt von einem Fibrin- (oder Verschluss-)koagulum bedeckt.

#### MERKE

Nach der Implantation befindet sich die Blastozyste in der Zona compacta des Endometriums.

#### Klinischer Bezug

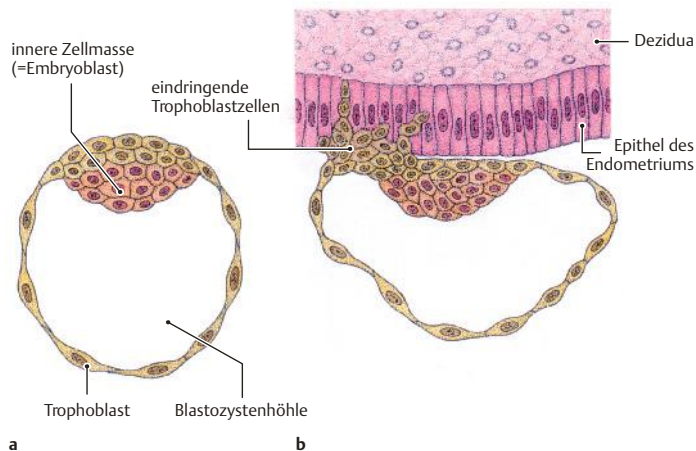
##### Pathologische Einnistungsorte der Blastozyste

**Cervix uteri:** Die Einnistung im Bereich des Gebärmutterhalses führt zur **Placenta praevia**, die verschiedene Komplikationen haben kann. Schmerzlose Blutungen in der 2. Schwangerschaftshälfte sind das Leitsymptom. Durch Flächenverschiebungen (Abscherungen) zwischen Plazenta und Zervixwand werden Deziduagefäße eröffnet und mütterliches Blut geht nach außen ab.

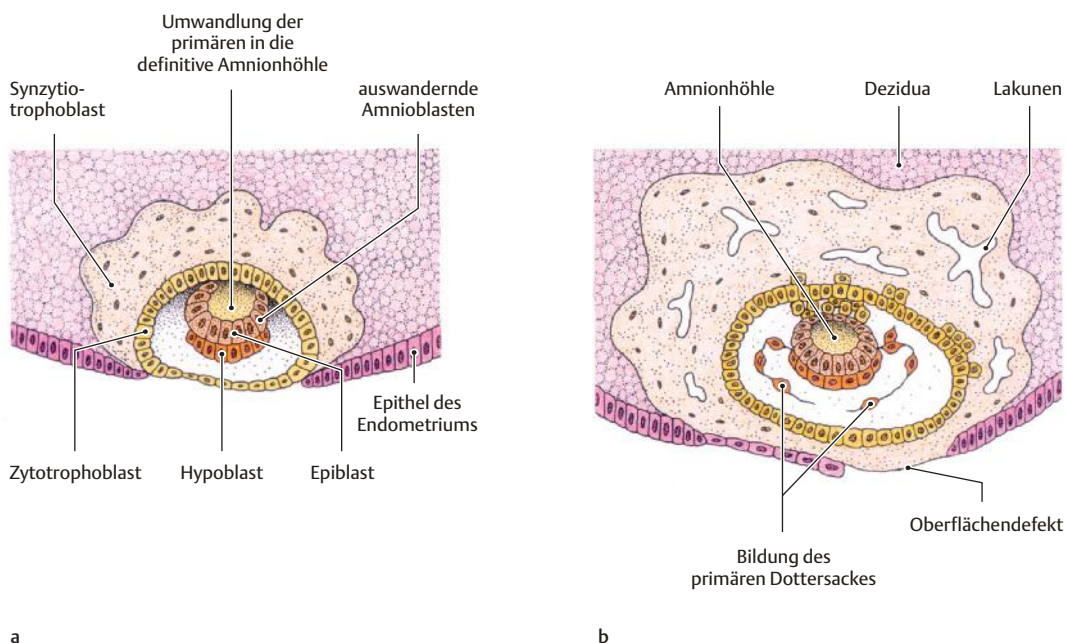
Beim Einreißen von Zottengefäßen kann auch das Kind Blut verlieren. Das Kind kann zudem durch eine verminderte plazentare Austauschfläche gefährdet sein. Ferner kann eine Placenta praevia den Geburtsweg verlegen.

**Tuba uterina: interstitiell, Isthmus oder Ampulla:** Ursache dieser pathologischen Einnistungen ist häufig eine Störung der Tubendurchgängigkeit nach Entzündungen oder Operationen. Bei einer Implantation in der Ampulla ist anfangs genügend Platz für die Entwicklung der Frucht. Später kommt es zur Ablösung des Trophoblasten mit Blutungen und durch Kontraktion der Tube zum Abstoßen der Frucht in das Abdomen. Bei einer Implantation im Isthmus rupturiert die Tube. Ähnlich akute Folgen treten auf, wenn die Implantation im intramuralen Teil innerhalb der Uteruswand der Tube stattfindet (interstitielle Einnistung).

**Bauchhöhle (Peritoneum) und Ovar:** Dabei handelt es sich um seltene Orte einer Extrauterin gravidität.



**Abb. 2.9 Blastozyste.** **a** Freie Blastozyste (aus Uteruslumen, 4. Tag); **b** Anheftung der Blastozyste an das Endometrium (Implantation, 6.–7. Tag). Beachte die Anheftung des Trophoblasten an das Oberflächenepithel (zu Beginn der Einnistung).



**Abb. 2.10 Bildung der zweiblättrigen Keimscheibe und Differenzierung des Trophoblasten.** **a** Bildung der Amnionhöhle; **b** Bildung des Dottersackes (vom Hypoblasten ausgehend).

### Die Regulation der Implantation

Die Anheftung und die Invasion des Trophoblasten wird durch **Zelladhäsionsmoleküle** (embryo-maternale Interaktion) und Proteinase reguliert. Der eintretende Synzytiotrophoblast, der für das mütterliche Gewebe „fremd“ ist, stellt eine Art „Transplantat“ dar. Folglich muss die mütterliche Immunabwehr unterdrückt werden. Die immunologische Toleranz gegenüber dem Transplantat ist u. a. bedingt durch

- ein Signalprotein (z. B. early pregnancy factor, aus dem Trophoblasten), das die Immunantwort unterdrückt

- das Fehlen typischer für die Immunantwort erforderlicher MHC-I-Antigene an der Oberfläche des Synzytiotrophoblasten.
- Voraussetzung für das Überleben des Embryos ist auch, dass es zu keiner Menstruationsblutung kommt. Hierbei spielt das Hormon humanes **Choriongonadotropin (HCG)**, das vom Synzytiotrophoblasten gebildet wird, eine wesentliche Rolle. HCG ist ein Proteohormon und bindet an LH-Rezeptoren des Corpus luteum, das dadurch nicht zugrunde geht. Es wird zum Corpus luteum graviditatis und produziert

weiterhin Progesteron. Die Menstruation bleibt also aus.

**HCG** kann nach der Implantation im **Urin** der Mutter nachgewiesen werden und dient so zum **Schwangerschaftsnachweis**.

#### MERKE

- Der Schwangerschaftstest beruht auf dem Nachweis von HCG im Urin der Mutter.
- Zu Beginn der Einnistung heftet sich der Trophoblast an das Endometrium. Für diese Anheftung spielt L-Selektin auf den Trophoblastzellen eine wesentliche Rolle.



#### Check-up

- ✓ **Machen Sie sich nochmals klar, welche Schichten das Spermium auf seinem Weg in die Eizelle durchdringt und wie die Eizelle darauf reagiert.**
- ✓ **Prägen Sie sich noch einmal gut ein, dass die Blastozyste nach etwa 5 Tagen voll ausgereift ist.**
- ✓ **Wiederholen Sie den Vorgang der Implantation, indem Sie sich folgende Begriffe verdeutlichen: Adhäsion der Blastozyste, Trophoblastinvasion, Synzytiotrophoblast, interstitielle Implantation.**
- ✓ **Rekapitulieren Sie, wo das Proteohormon HCG gebildet wird und welche Wirkung es hat.**

## 2.3 Die Frühentwicklung



#### Lerncoach

**Im folgenden Kapitel lernen Sie die wesentlichen Prozesse der Frühentwicklung kennen. Hierzu gehören die Bildung einer zweiblättrigen Keimscheibe, die Entstehung von Höhlen, die Umwandlung in eine dreiblättrige Scheibe und die Gestaltveränderungen durch Abfaltungen.**

### 2.3.1 Der Überblick

Während der zweiten Woche entsteht aus der Blastozyste durch verschiedene gestaltbildende Prozesse die Embryonalanlage, die aus zweiblättriger Keimscheibe, Amnionhöhle und primärem Dottersack besteht. Insbesondere die dritte Woche ist charakterisiert durch starkes Wachstum und morphogenetische Bewegungen. Dementsprechend müssen Sie sich mit vielfältigen Umgestaltungen vertraut machen. Auffällige morphogenetische Prozesse der vierten Woche sind die Formung der Embryonalkörper und der Anlageentwicklung des Zentralnervensystems.

### 2.3.2 Die zweite Woche

#### Die Bildung der zweiblättrigen Keimscheibe

Um den Zeitpunkt der Implantation herum finden im Embryoblasten Gestaltungsprozesse statt, die zur Ausbildung der zweiblättrigen Keimscheibe führen. Dabei bilden die Zellen, die zur Blastozystenhöhle liegen, eine Schicht flacher Zellen, den **Hypoblast**. Die Embryoblast-Zellen, die an den Trophoblasten grenzen, ordnen sich zu einem hochprismatischen Epithel an, dem **Epiblast** (Abb. 2.10a).

#### Die Entstehung der Amnionhöhle und des primären Dottersackes

Bei der Formierung des Epiblasten entstehen zwischen Trophoblast und Embryoblast Spalträume, die zur **primären Amnionhöhle** zusammenfließen. Diese primäre Amnionhöhle liegt dann also zwischen Epiblast und Zytotrophoblast. Sofort wandern von den Rändern des **Epiblasten** Zellen aus (**Amnioblasten**), die sich als einschichtiges **Amnionepithel** von innen dem Zytotrophoblasten anlegen (Abb. 2.10b). Damit ist die **sekundäre Amnionhöhle** (definitive Amnionhöhle) entstanden, die somit von Epiblast und Amnionepithel ausgekleidet ist.

Vom Rand des Hypoblasten wandern Zellen aus und legen sich an die Innenfläche der Blastozystenhöhle. Sie bilden eine flache Epithelzellschicht, die auch als Heuser-Membran bezeichnet wird. Dadurch ist aus der Blastozystenhöhle der **primäre Dottersack** geworden (vgl. Abb. 2.11).

#### MERKE

Die Amnionhöhle, die in der 2. Entwicklungswoche entsteht, bleibt in der Regel bis zum Ende der Eröffnungsperiode der Geburt erhalten. Das die Amnionhöhle auskleidende Epithel stammt aus dem Epiblasten.

#### Die Bildung des extraembryonalen Mesoderms



#### Lerntipp

**Man unterscheidet intra- und extraembryonales Mesoderm. Das extraembryonale Mesoderm entsteht durch die Auswanderung von Zellen aus dem Epiblast. Achten Sie darauf, wie sich diese Zellen ausbreiten.**

**Das intraembryonale Mesoderm (S. 33) wird an anderer Stelle besprochen.**

Der Trophoblast breitet sich sehr schnell aus, während die Amnionhöhle und der primäre Dottersack zunächst relativ klein bleiben. Dadurch entstehen zwischen dem Trophoblast (außen) und der Amnionhöhle und dem Dottersack (innen) Spalträume