

I. Einführung

Im folgenden wird kurz die Entwicklung des menschlichen Organismus bis zur Geburt beschrieben. Es geht um die normale Entwicklung, die sogenannte Normogenese. Pathologische Entwicklungsvorgänge, die zu Fehl- oder Mißbildungen führen, werden am Rande abgehandelt (Teratologie). Es wird die Einzelentwicklung des Individuums behandelt (Ontogenese), Aspekte der Stammesgeschichte des Menschen (Phylogenese) finden ausnahmsweise Erwähnung. Weiterhin wird nur die formale Genese des Menschen, d.h. die Entstehung der einzelnen Organe, erklärt.

Die meist noch unbekanntenen kausalen Aspekte der Embryologie können nicht berücksichtigt werden. Wir beschränken uns in der Regel auf die intrauterine Entwicklung, d.h. auf Vorgänge, die sich im Mutterleib abspielen. Natürlich laufen viele Entwicklungsvorgänge erst nach der Geburt ab (postnatale Entwicklung).

Die Entwicklungsgeschichte des Menschen wird in verschiedene Abschnitte unterteilt: **Proontogenese** (Vorentwicklung), **Blastogenese** (Keimesentwicklung), **Embryogenese** und **Organogenese**, d.h. die Bildung der einzelnen Organe. Bei der Organogenese haben wir drei Teilaspekte zu unterscheiden, nämlich die **Morphogenese**, das ist die Entwicklung der äußeren Gestalt der Organe, **Histogenese**, das ist die Entwicklung der histologischen Strukturen und schließlich **Topogenese**, die die Entstehung der endgültigen Lagebeziehungen der Organe zueinander beschreibt.

Wir unterscheiden eine *allgemeine Embryologie* von einer *speziellen Embryologie*. Unter allgemeiner Embryologie fassen wir die Proontogenese und die Blastogenese zusammen, unter spezieller Embryologie die Entwicklung der einzelnen Organsysteme.

II. Entwicklung der Samenzellen

Der Mensch vermehrt sich durch geschlechtliche Fortpflanzung. Eine männliche und eine weibliche Geschlechtszelle vereinigen sich in dem Vorgang der Befruchtung. Wir haben zuerst darzustellen, wie sich diese beiden sehr unterschiedlich gestalteten männlichen und weiblichen Geschlechtszellen entwickeln. Diese Vorgänge zusammen mit der Befruchtung sind Teile der Proontogenese.

Die männlichen Samenzellen, **Spermien** oder **Spermatozoen**, entwickeln sich im Hoden. Die Entwicklung des Hodens wird später dargestellt. Zur Struktur des Hodens s. Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie.

- ♦ Den Vorgang der Samenzellbildung (Spermatogenese) unterteilen wir in vier Abschnitte.
 1. Proliferationsphase
 2. Wachstumsphase
 3. Reifungsphase
 4. Differenzierung

Die ganze Breite des "Keimepithels" der Samenkanälchen durchsetzen sog. **Sertoli - Zellen**. In Höhe der Zonulae occludentes der Sertoli - Zellen befindet sich die *Blut - Hoden - Schranke*. Darunter liegt das basale Kompartiment, lumenwärts das adluminale Kompartiment, schließlich folgt das luminale Kompartiment an der Oberfläche. Die Stammzellen, **Spermatogonien**, befinden sich im basalen Kompartiment auf der Basalmembran der samenbildenden Hodenkanälchen und vermehren sich hier bis in das hohe Alter. Es handelt sich dabei um eine *differentielle Zellteilung*. Die Spermatogonien teilen sich in unterschiedliche Tochterzellen, Spermatogonien vom Typ A, die sich weiter teilen können, und Spermatogonien vom Typ B, aus denen durch den Vorgang des Wachstums die Spermatozyten hervorgehen. Außen im adluminalen Kompartiment liegen die **primären Spermatozyten**. Diese gehen in der ersten Reifeteilung in die **sekundären Spermatozyten** über. Letztere teilen sich in der zweiten Reifeteilung zu den **Spermatiden** (Abb. 1). Die Spermatiden bleiben vom Zytoplasma der Sertolizellen umgeben und durch feinste Zytoplasmabrücken miteinander verbunden (synchrone Reifung). Aus einer Spermatozyte I. Ordnung (primäre S.) entstehen so vier Spermatiden. Diese entwickeln sich dann in dem 4. Teilschritt, der Spermio-genese, zu aktiv beweglichen Spermien weiter.

Da viele Spermien absterben oder ein weiterer Teilschritt zwischen Spermatogonie B und Spermatozyte I. Ord-

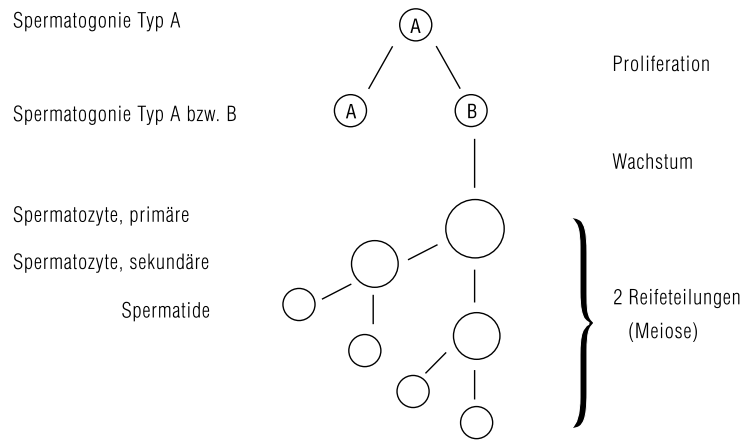


Abb. 1: **Spermatogenese**

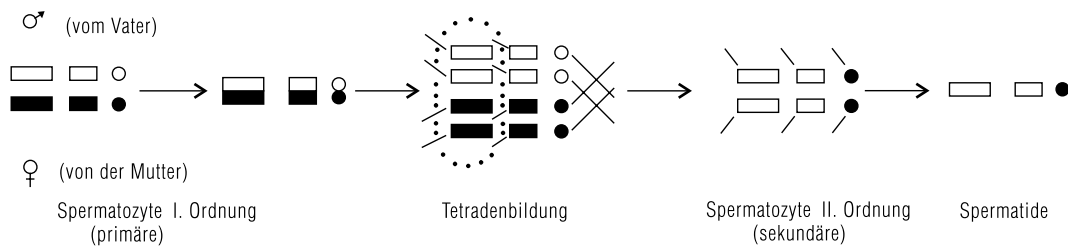


Abb. 2: **Meiose**
Statt 23 sind nur 3 Chromosomenpaare gezeichnet

nung (primäre S.) eingeschaltet sein kann, ist die Anzahl der entstehenden Spermien lediglich ein statistisches Problem (4-8 Spermien).

Die beiden Teilungsschritte, welche von der Spermatozyte I. Ordnung (primäre S.) schließlich zu den vier Spermiden führen, bezeichnet man auch als **Reifeteilung**. Ihr Sinn ist die Reduktion des diploiden Chromosomensatzes auf einen haploiden Chromosomensatz (Abb. 1 und Abb. 2). Als Reduktionsteilung im engeren Sinne wird diejenige Teilung bezeichnet, die die homologen väterlichen und mütterlichen Chromosomen trennt. Die Trennungsspalten, die die vier äußerlich gleichen Chromatiden einer Vierergruppe (Tetrad) trennen, sind nicht gleichwertig. Man unterscheidet den "Konjugationsspalt" oder "Reduktionsspalt", der die homologen Chromosomen trennt, und den "Äquationsspalt" zwischen den beiden Spalthälften (Chromatiden) eines Chromosoms. Die Reihenfolge ist beim Menschen:

Erst *Reduktions-* und dann *Äquationsteilung*.

Es ist darauf hinzuweisen, daß im Falle von *Faktorenaustausch* (Abb. 3) streng genommen ein Teil eines Chromosoms die Reduktion in der ersten, ein anderer Teil des gleichen Chromosoms sie in der zweiten Reifungsteilung vollzieht. In der Prophase der 1. meiotischen Teilung kommt es noch nicht zu einer Chromosomenverdopplung, weil beide Chromatiden noch im Zentromer verbunden bleiben.

Es findet bei der Meiose ein Genaustausch statt. Er erfolgt während des Tetradenstadiums in Form der Chiasmenbildung bei der ersten meiotischen Teilung. Chromatiden können an den Chiasmata auseinanderbrechen, wobei es zu einer kreuzweisen Vereinigung der Bruchenden verschiedener Paarlinge kommen kann, so daß einzelne Chromatiden jetzt aus Stücken des väterlichen und des mütterlichen Chromosoms zusammengesetzt sind (Abb. 3). Auf diese Weise entstehen Chromatiden in neuer Zusammensetzung: "**Crossing over**".

Da die Erbfaktoren linear auf den Chromosomen angeordnet sind, erfolgt ihre Trennung umso häufiger, je weiter entfernt voneinander sie auf dem Chromosom liegen.

Am fertigen Spermium (Abb. 4) unterscheiden wir einen **Kopf** und einen **Schwanz**. Letzterer wird untergliedert in **Hals**, **Mittelstück**, **Hauptstück** und **Endstück**. Wenn sich die unbewegliche Spermide in das aktiv bewegliche Spermium umwandelt, geht der Kern der Spermide in das Kopfende des Spermiums über. Er erhält einen Überzug, das **Akrosom**. Dieses Akro-

som kann besonders bei niederen Wirbeltieren (Fröschen, Kröten, Salamander) Sonderbildungen aufweisen. Es hat jedoch weniger mechanische Bedeutung für das Eindringen des Spermiums in die Eizelle bei der Befruchtung, sondern mehr als Träger von Enzymen, welche die Haftung und das Eindringen der Samenzelle bei der Befruchtung begünstigen (Acrosin, Hyaluronidase). Das Akrosom besteht beim Menschen aus einer inneren und einer äußeren zytoplasmatischen Umhüllung. Es entsteht aus einer dem Golgi-Komplex zugehörigen Vakuole.

Der Halsabschnitt, kürzer als ein Mikrometer, enthält das proximale *Zentriol*, das distale verschwindet. Im Halsabschnitt kann der Kopf gegenüber dem Schwanz wie in einem Gelenk abgeknickt werden.

Das proximale Zentriol ist in einen Streifenkörper eingebettet, aus dem distalen Zentriol gehen die Mikrotubuli des Achsenfadens (Axonema) hervor, der von einer Ringstruktur (Anulus) an der Grenze Mittelstück - Hauptstück umgeben ist. Der Zentralfaden hat die Struktur eines Kinoziliums (das Mikrotubulumuster von zwei Zentraltubuli, umgeben von neun peripheren Mikrotubuluspaaren). Im Bereich des Mittel- und Hauptstückes wird diese für Kinozilien typische Struktur jedoch noch von zusätzlichen dicken äußeren Filamentsystemen umgeben. Diese sog. Mantelfasern sind kontraktile und enthalten Myosin und Aktin. Charakteristisch für das Hauptstück ist die Ringfaserscheide. Das sind untereinander verbundene, ringförmig verlaufende Fibrillen außerhalb des Axonema. Das Endstück enthält nur noch den Achsenfaden und das Plasmalemma.

Die gesamte Spermatogenese vom Beginn des Wachstums bis zum fertigen Spermium dauert beim Menschen etwa 80 Tage. Die Samenzellbildung im Hoden beginnt mit der Pubertät. Die Samenzellen werden mit der Samenflüssigkeit gespeichert, und zwar im Rete testis und im Nebenhodengang. Der pH-Wert der Samenflüssigkeit beträgt 6,48 - 6,61. Die Spermien befinden sich in einer *Säurestarre*. Bei der Ejakulation, dem Samenerguß, wird der Samenflüssigkeit des Hodens Sekret vor allem der Prostata und der Vesicula seminalis beigemischt. Auch das Sekret der Prostata ist sauer, das der Samenblase aber alkalisch. Dadurch wird der pH-Wert des Ejakulats alkalisch und so die "Säurestarre" der Spermien gelöst. Sie können sich nun aktiv bewegen, und zwar mit einer Geschwindigkeit von 2,5 - 3,5 mm pro Minute. Der Weg vom Ostium uteri bis zum abdominalen Tubenende kann in etwa einer Stunde zurückgelegt werden. Man nimmt jedoch an, daß Kontraktionen von Uterus und Tubenmuskulatur und intraabdominale Druckdifferenzen beim Spermientransport die entscheidende Rolle spielen.

In einem cm³ Ejakulat sind etwa 60 Millionen Samenzellen enthalten, in einem Ejakulat insgesamt also 200 bis 300 Millionen Samenzellen. Von diesen Samenzellen sind bis zu 30%

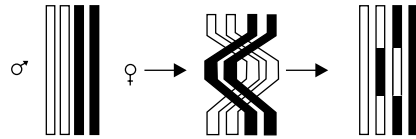


Abb. 3: Faktorenaustausch

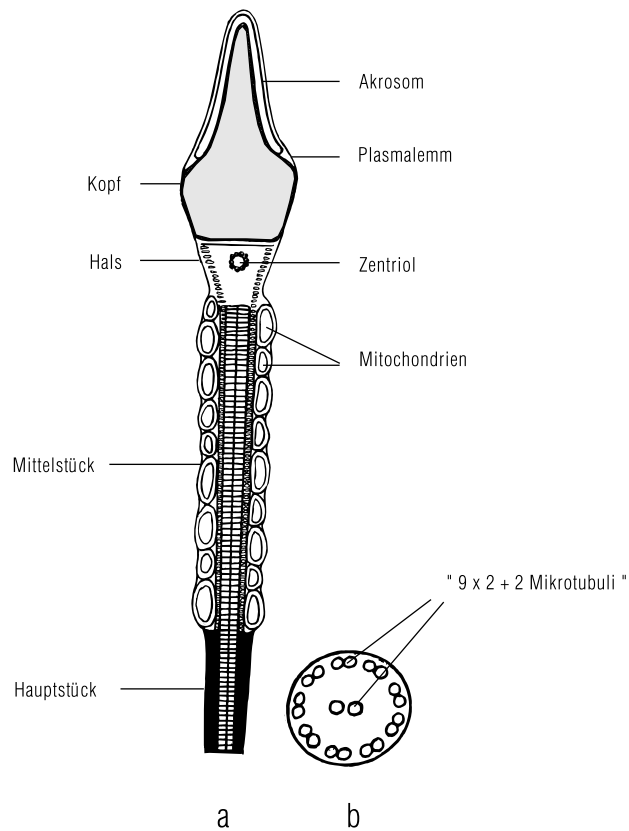


Abb. 4: Aufbau eines Spermiums

nicht normal ausgebildet. Es gibt einen physiologischen, programmierten Keimzellverlust von etwa 30% bei jedem gesunden Mann. Wenn die Samenzellen unter einen kritischen Wert sinken, spricht man von *Oligozoospermie*, fehlen Samenzellen im Ejakulat überhaupt, von *Azoospermie*. Mitunter sind zwar die Spermien zahlenmäßig normal vorhanden, jedoch unbeweglich (*Nekrospermie*).

III. Entwicklung der Eizelle

Bei einigen Fischen kann die Eizelle vom Eierstock durch Genitalporen direkt ins Freie befördert werden. Im allgemeinen aber kommt das Ei bei Wirbeltieren aus dem Eierstock in den Eileiter und wird bei eierlegenden Formen durch die Genitalwege ausgestoßen, oder aber es verbleibt im Ovidukt, wird befruchtet und macht hier längere Entwicklungsphasen durch (Lebendgebärende). Innere oder äußere Besamung kommt vor. Auch bei oviparen Formen trifft man innere Besamung oft an.

Die Entwicklung der Eizelle findet im Ovar statt. Dessen mikroskopische Anatomie wird in entsprechenden Lehrbüchern abgehandelt. Wir unterteilen die sog. **Ovogenese** in verschiedene Abschnitte:

1. Proliferation
2. Erste Wachstumsperiode
3. Ruheperiode
4. Zweite Wachstumsperiode
5. Reifung

Wie bei der Spermatogenese sind die Stammzellen die sog. Urgeschlechtszellen. Sie treten im Dottersack-epithel der 3. Schwangerschaftswoche erstmals auf, nahe der Allantoisanlage. Es besteht also eine Beziehung zum kaudalen Entoderm. Die Zellen wandern vom Mesenchym des Dottersackes in die Kloakengegend und dann bis zur Gonadenanlage. Die *Urkeimzellen* vermehren sich während dieser Zeit. Diese Wanderung geschieht durch amöboide Eigenbewegungen.

Beim Menschen wird ein Teil der Urkeimzellen bereits im Mesenchym der Anlage des Eierstocks festgehalten und entwickelt sich zu Ovogonien. Nur ein kleiner Teil der Urkeimzellen wird in den Verband des Oberflächenepithels der Eierstocksanlagen eingeschaltet und wandert sekundär ins Mesenchym zurück.

Ebenso beginnt das Coelomepithel an der Oberfläche der Eierstocksanlage (s. Abb. 40c) in die Tiefe zu wachsen und nimmt dabei **Ovogonien** mit. Erfolgt dieses Einwachsen in Form geschlossener Zellstränge, so spricht man von *Pflügerschen Schläuchen*. Das Mesenchym der Rinde vermehrt sich gleichzeitig und zerlegt die Schläuche in *Eiballen*. Die ersten Keimepithelstränge atrophieren; die in ihnen enthaltenen Eizellen gehen zugrunde. Die Stränge sind als Markstränge des Ovars im Inneren der Gonade noch lange nachweisbar. Die Ovogonien hören im 5. oder 6. Fetalmonat auf, sich zu teilen. Ihr Maximum liegt also im 5. Monat der Schwangerschaft. In beiden Ovaranlagen zählt man etwa 7 Millionen Ovogonien. In der zweiten Schwangerschaftshälfte sterben schon viele ab, so daß zum Zeitpunkt der Geburt etwa 2 Millionen **Ovozyten** vorliegen. Schließlich kommt es in den ersten Jahren nach der Geburt bis zur Pubertät zu einem weiteren Absterben der Follikel (**Atresie**), so daß bei der Pubertät nur noch etwa 400 000 Eizellen vorhanden sind. Von denen wiederum gelangen während der Geschlechtsreife der Frau nur etwa 400 bis zur endgültigen Reife.

Um die Zeit der Geburt haben die Ovozyten den größten Teil der Prophase der ersten meiotischen Teilung durchgemacht und kehren in ein langes interphaseähnliches Dictyotänstadium zurück, währenddessen die Kernmembran intakt bleibt und die Chromosomen als faden- oder netzförmige Strukturen sichtbar sind. Das Dictyotänstadium dauert mindestens 12 Jahre, unter Umständen sogar 50 Jahre. Der DNA - Gehalt der Ovozyte ist während dieser Periode zwei mal $5,8 \times 10^{-12}$ g/Zelle.

Formal laufen die Vorgänge der Eizellreifung folgendermaßen ab: In der Proliferationsphase vermehren sich die Ovogonien bis zur Mitte der Schwangerschaft. In der ersten Wachstumsperiode wachsen die Ovogonien zu Ovozyten heran. Diese sind umgeben von einem einschichtigen **Follikelepithel**, das vom oberflächlichen Coelomepithel ("Keimepithel") stammt. Diese **Primordialfollikel** haben etwa einen Durchmesser von 45 µm. Sie werden umgeben von Bindegewebe, **Theca folliculi**. Nach einer Ruhephase wachsen diese Primordialfollikel nun, wenn sie nicht einer Atresie anheimfallen, zu **Primärfollikeln** heran. Das flache Epithel wird hoch kubisch bis zylindrisch. Primärfollikel gibt es z. T. schon vor der Geburt, wie umgekehrt Primordialfollikel noch nach der Menarche (Alter der 1. Regelblutung) zu beobachten sind. **Sekundärfollikel** haben ein Follikelepithel, das zwei- oder mehrschichtig ist. Außerdem bildet sich zwischen Eizelle und Follikelepithel eine lichtbrechende Membran, die **Zona pellucida**, aus. Sie ist ein Produkt sowohl von Follikelepithel als auch von der Eizelle. Außerdem treten im Zytoplasma der Eizelle Dottergranula auf.

Diese Hülle schützt den jungen Keimling in den ersten Lebensstagen auf dem Wege durch den Eileiter. Das umgebende Follikelepithel heißt jetzt auch Granulosaepithel. Es vermehrt sich weiter. Der Sekundärfollikel geht schließlich in einen

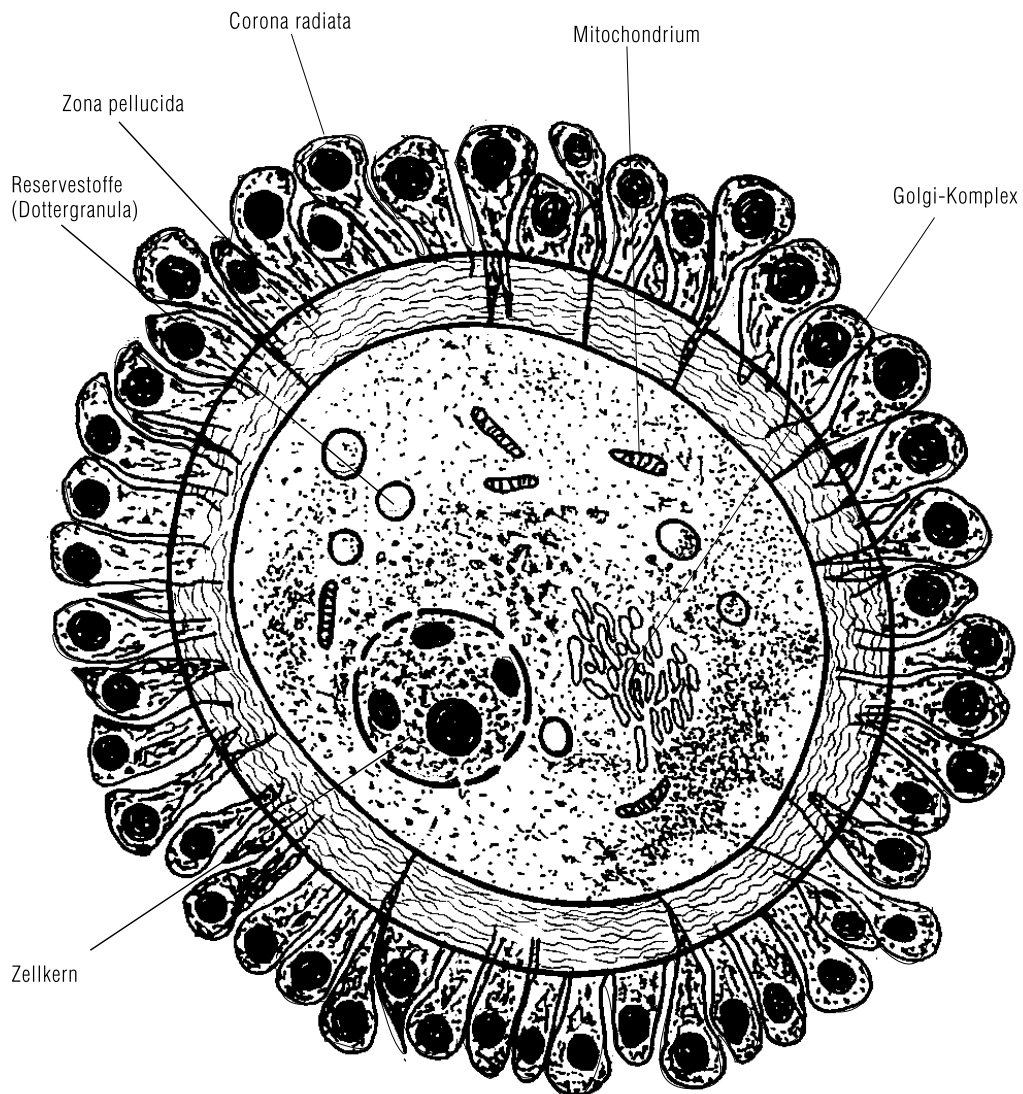


Abb. 5: Reife Eizelle mit Umhüllung

Tertiärfollikel über. Im Inneren des Epithels bilden sich Hohlräume durch *Dehiscenz*, welche schließlich zu einem einzigen Hohlraum, **Antrum folliculi**, konfluieren. Dieser Hohlraum im Epithel des Tertiärfollikels ist mit Flüssigkeit, **Liquor folliculi**, gefüllt. Er enthält Estrogene (Follikelhormone). Während der Geschlechtsreife der Frau befinden sich in beiden Ovarien bis zu 70 solcher Tertiär- oder Bläschenfollikel. Die Eizelle wird in ihnen von besonderem Epithel, der sog. **Corona radiata**, umgeben. Der eitragende Epithelhauften heißt **Cumulus oophorus**. Außerhalb des Follikelepithels der **Membrana granulosa** liegt eine Basalmembran, dann folgt das Bindegewebe des Ovars, das sich in eine **Theca interna**, welche gefäßreich, und eine äußere **Theca externa**, welche reich an Bindegewebsfasern ist, gliedert.

Die Oozyte des sprungreifen Follikels (*Graaf*-Follikel) nach Abschluß der Follikulogenese muß nun zwei aufeinanderfolgende meiotische Teilungen durchmachen, wie wir es bei der Spermatogenese beschrieben haben, damit der diploide Chromosomensatz auf einen haploiden Chromosomensatz reduziert wird. Unmittelbar vor dem Follikelsprung rückt der Kern der Oozyte an die Zelloberfläche und setzt die erste meiotische Teilung fort, die bereits vor der Geburt begonnen hat.

Diese ist sehr ungleich. Die eine Tochterzelle bekommt fast das gesamte Zytoplasma mit, während die andere Tochterzelle nur einen schmalen Zytoplasmasaum um den Kern erhält. Diese wird als **Polkörperchen** in den perivitellinen Spalt zwischen der Zona pellucida und dem Plasmalemm abgeschnürt.

Die große Tochterzelle mit faktisch dem gesamten Zytoplasma der Oozyte geht dann in die zweite meiotische Teilung über. Das erfolgt jedoch erst bei Eindringen eines Spermiums zu Beginn der Befruchtung. Bei der zweiten meiotischen Teilung wird ein zweites Polkörperchen in den perivitellinen Spalt abgeschnürt, das gesamte Zytoplasma bekommt das **Ovum** mit. Das zuerst entstandene Polkörperchen macht die ohnehin überflüssige zweite Reifeteilung gar nicht erst noch durch, sondern zerfällt gleich in mehrere Bruchstücke.

Bei diesen Vorgängen ist die reife Eizelle entstanden, welche zu den größten Zellen des menschlichen Körpers überhaupt gehört. Sie hat einen Durchmesser bis zu 150 Mikrometer, ist also noch mit bloßem Auge sichtbar (Abb. 5).

Wie gelangt nun die Eizelle aus dem Eierstock nach außen in den Eileiter, um dort evtl. befruchtet zu werden? Durch den Vorgang des Follikelsprunges, der **Ovulation**. Der immer größer werdende Bläschenfolli-

kel wird an die Oberfläche des Ovars verlagert, durch die nicht dehnbaren kollagenen Fasern, welche, aus der Tunica albuginea abgehend, ihn umgreifen. Diese Fasern ziehen den Tertiärfollikel quasi an die Oberfläche. Dort wird das noch den Follikel überdeckende schmale Bindegewebe so komprimiert, daß es nicht mehr durchblutet werden kann. Das Gewebe des sog. Stigma folliculi stirbt ab, es entsteht eine Öffnung. Aus dieser Öffnung wird die Flüssigkeit, Liquor folliculi, mit dem Cumulus oophorus, d.h. Eizelle und Corona radiata, "herausgequetscht". Es kommt zu einem *aktiven Eiabnahmemechanismus* fingerartiger Fortsätze des Eileiters (Fimbriae tubae), welcher etwa 2 Min. dauert. Diese Ovulation findet beim Menschen spontan statt. Eine provozierte Ovulation gibt es aber regelmäßig bei Tieren (etwa Kaninchen, Hasen, Katzen), d.h. ihre Auslösung durch den Koitus. Dabei handelt es sich nicht um eine direkte Einwirkung, etwa durch Hyperämie, sondern meist um einen Stimulus der Hypophyse, welcher zu vermehrter Ausschüttung übergeordneter, gonadotroper Hormone führt.

Aus dem im Ovar nach der Ovulation verbleibenden Gewebe des sprungreifen Follikels entsteht der **Gelbkörper**, das **Corpus luteum**, eine temporäre Drüse mit innerer Sekretion. Bei ihrer Entwicklung und Rückbildung unterscheidet man verschiedene Phasen:

- ♦ Faltung und Blutung
- ♦ Proliferation
- ♦ Vaskularisation
- ♦ bindegewebige Rückbildung.

Wenn die Flüssigkeit des Liquor folliculi austritt, kommt es zu einer *Einfaltung* der Zellen der Membrana granulosa sowie der Theca, außerdem zu einer *Blutung* in den Hohlraum. Weiterhin proliferieren die Zellen der Membrana granulosa und der Theca interna, sie vermehren sich und werden zu hormonbildenden *Luteinzellen*, welche das Gelbkörperhormon, **Progesteron**, produzieren. Mit ihrer Vermehrung geht ihre zunehmende *Vaskularisation* einher. Die Zellen müssen ernährt werden und ihr Hormon an Blutgefäße abgeben. An der inneren Begrenzung der Luteinzellen und an ihrer äußeren Seite werden sie bindegewebig "abgedeckt". Wenn keine Befruchtung der Eizelle erfolgt, bildet sich der Gelbkörper zurück. Das "morphologische" Blütestadium dauert nur etwa 12 Tage, die Rückbildung jedoch zieht sich über mehrere Monate. Es entstehen bindegewebige Restnarben. Wir sprechen in diesem Falle von **Corpus luteum menstruationis**.

Tritt die Befruchtung ein, entwickelt sich das Corpus luteum weiter zum **Corpus luteum graviditatis**.

Der Bau dieses Schwangerschaftsgelbkörpers unterscheidet sich nicht grundsätzlich von dem des Menstruationsgelbkör-

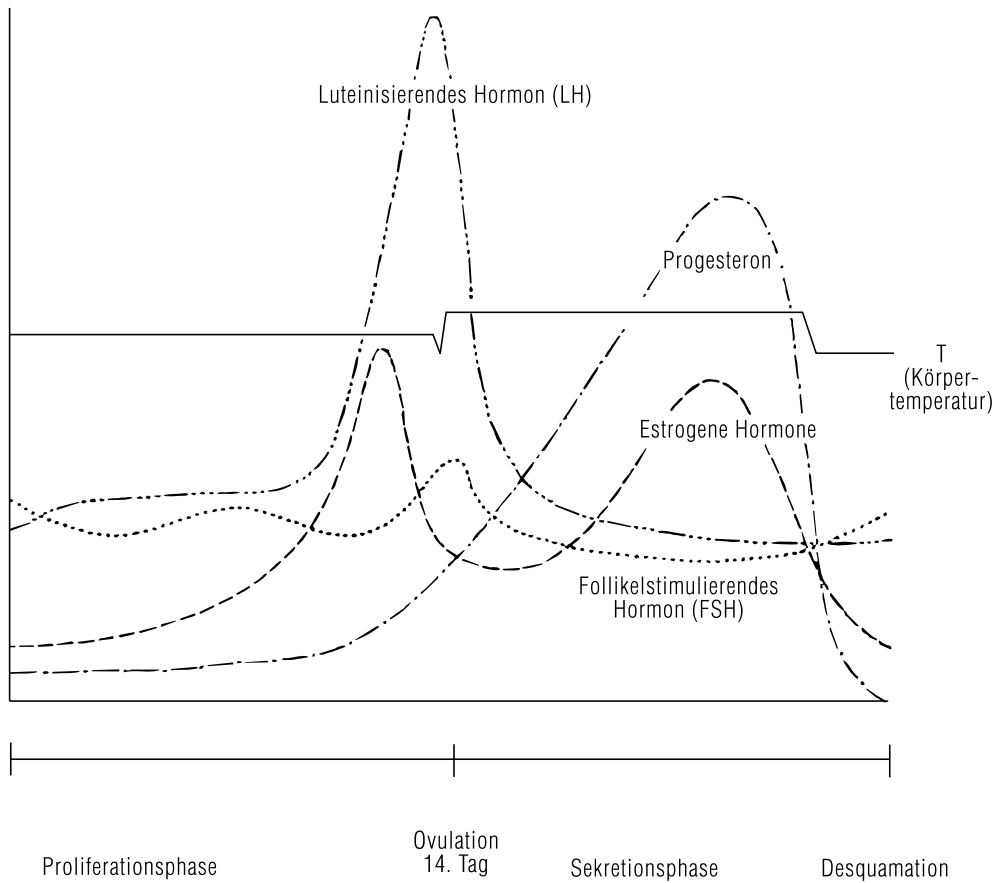


Abb. 6: Zyklus und Hormone

pers. Er bleibt bis zur Mitte der Schwangerschaft bestehen, nimmt an Größe zu und schützt durch seine Hormonproduktion den Keimling, d.h. er ist verantwortlich für die Aufrechterhaltung der **Dezidua**, der Schleimhaut des schwangeren Uterus. Ab der Mitte der Schwangerschaft übernimmt die Plazenta die Hormonproduktion, so daß sich in der zweiten Schwangerschaftshälfte der Gelbkörper zurückbildet.

IV. Zyklus und Hormone

Solange der Gelbkörper funktionstüchtig ist, unterdrückt er die Reifung weiterer Tertiärfollikel. Tritt keine Befruchtung ein, stirbt der Gelbkörper ab, und ein neuer Tertiärfollikel kann sich zum sprungreifen Follikel entwickeln. Das ist der sog. **Ovarialzyklus**.

Parallel zum Ovarialzyklus läuft nun der **Menstruationszyklus** ab, zyklische Veränderungen in der Schleimhaut des nichtgraviden Uterus. Den Menstruationszyklus der Frau teilen wir ein in folgende Abschnitte:

Desquamation, das Abstoßen der Schleimhaut, dauert etwa vom ersten bis zum vierten Tag des Regelzyklus. Die Zeit zwischen zwei Blutungen heißt **Intermenstruum**. Im einzelnen unterscheiden wir dabei folgende Phasen:

- ♦ Proliferationsphase
- ♦ Sekretionsphase

Die **Proliferationsphase**, die mit der *Regeneration* des Uterusepithels beginnt, dauert 11 Tage, die **Sekretionsphase** beim 28 tägigen Zyklus 13 Tage.

Die letzten beiden Tage der Sekretionsphase, der 27. und 28. Tag des Zyklus, werden auch als **Ischämiephase** bezeichnet. Wie auf Abbildung 6 ersichtlich ist, fallen am Ende der Sekretionsphase sowohl die Konzentration der estrogenen Hormone als auch die des Progesterons stark ab. Unter diesem hormonellen Defizit kommt es zu Vasokonstriktion und Hämostase. Die Schleimhaut schwillt ab, weil die Durchblutung gestört wird. Schließlich rupturieren Blutgefäße und schwemmen die absterbende Schleimhaut fort. Somit ist der

Eintritt der Menstruation eine hormonelle Ausfallserscheinung.

Die Blutgefäße, welche dabei eine besondere Rolle spielen, sind die **Spiralarterien** der Uterusschleimhaut. Über den sonstigen Aufbau und die zyklischen Veränderungen der Uterusschleimhaut informieren Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie.

Die zyklischen Veränderungen im Eierstock und in der Gebärmutter Schleimhaut stehen unter dem Einfluß übergeordneter Hypophysenhormone:

- ♦ **FSH**, Follikelstimulierendes Hormon, Follitropin
- ♦ **LH**, Luteinisierungshormon, Lutropin. Ihm entspricht beim Mann das **ICSH** (Interstitialzellstimulierendes Hormon)
- ♦ **LTH**, Prolaktin, luteotropes Hormon

Das **FSH** fördert die Ausreifung der Follikel, das **LH** u.a. die Reifung der Zellen der Theca interna. Durch plötzlichen Anstieg des LH in der Zyklusmitte wird die Ovulation induziert.

Diese hormonellen zyklischen Veränderungen sind die Grundlage für das Verständnis der Wirkung der "Anti - Baby - Pillen" bzw. der hormonalen **Kontrazeptiva**. An nur zwei Beispielen soll die Wirkungsweise verdeutlicht werden.

Gelbkörperhormon führt u.a. zu bestimmten physikochemischen Veränderungen des Muttermundsekretes, wodurch die Spermaaufwanderung verhindert oder erschwert wird. Die "**Minipille**" beruht darauf, daß täglich kleinste Mengen des Gelbkörperhormons zugeführt werden, welche die Aufwanderung der Spermien hemmen, jedoch sonst den gesamten Hormonhaushalt der Frau nicht stören. Es kommt deshalb auch zu einer normalen Ovulation, d.h. zu einem biphasischen Zyklus.

Anders ist etwa der Wirkungsmechanismus der klassischen "**Pincus - Pille**". Durch plötzlichen Anstieg des LH in der Zyklusmitte wird die Ovulation induziert. Dieser LH - Anstieg wird durch die Pincus - Pille unterdrückt. Die Ovulation bleibt aus. Die Folge ist ein anovulatorischer, ein monophasischer Zyklus. Die Unterdrückung des LH - Anstieges in der Zyklusmitte wird erreicht durch einen Feedback - Mechanismus, indem man der Zykluslage angemessene unterschiedliche Dosen von Estrogenen und Progesteron zuführt. Diese Hormone hemmen durch einen negativen Feedback - Mechanismus den Hypothalamus und die Hypophyse. Damit bleibt der LH - Anstieg aus.

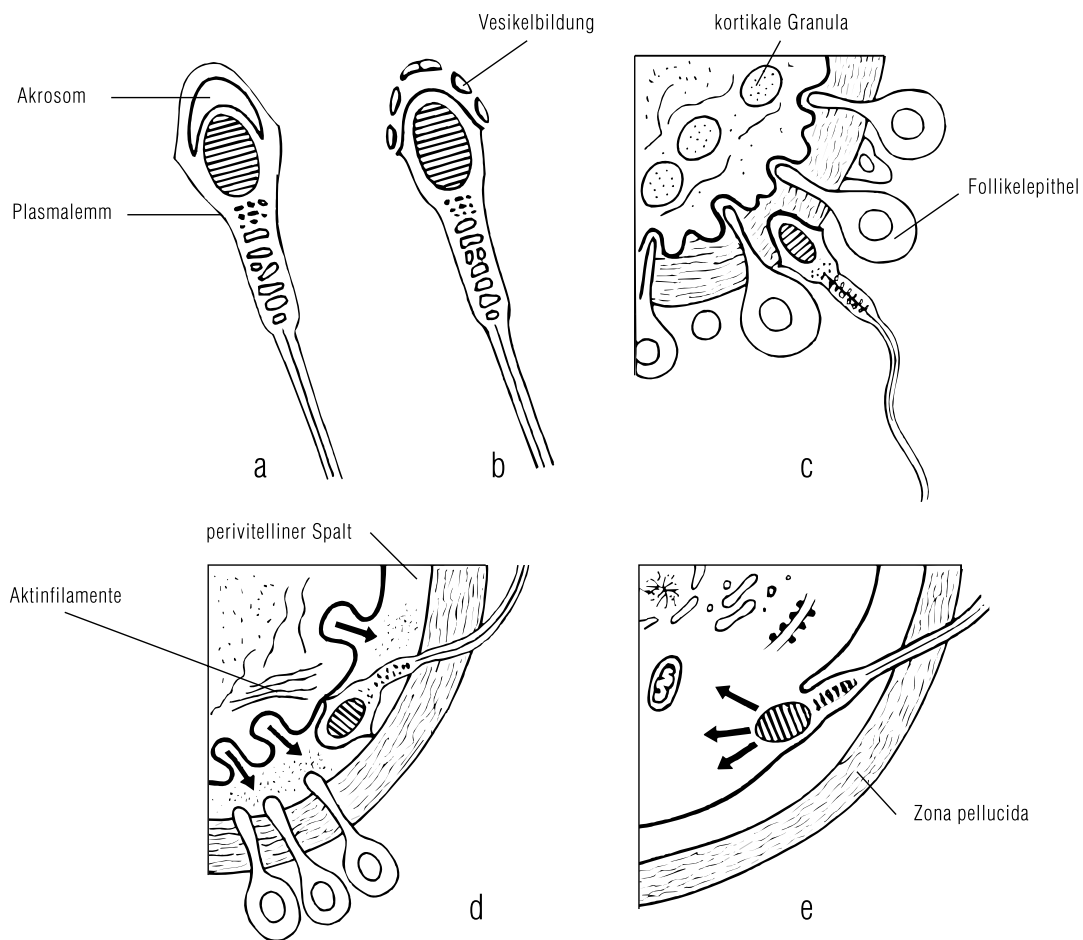


Abb. 7: **Akrosomreaktion und Besamung**

- Bau eines Spermiums,
- Akrosomreaktion,
- Durchdringung von Corona radiata und Zona pellucida,
- Anheftung an Eizellmembran, kortikale Reaktion,
- Membranverschmelzung

	♀ (Mutter)	♂ (Vater)
Eltern	46, XX	46, XY
Gameten	23, X; 23, X	23, X; 23, Y
Zygote	46, XX	46, XY
	♀ (Mädchen)	♂ (Junge)

Abb. 8: **Geschlechtsbestimmung**