

1 Evolutionsprozesse

In diesem Kapitel erfahren Sie mehr zu den grundlegenden Evolutionsprozessen. Die Darstellung umfasst die Entwicklung vom Einzeller zum Mehrzeller, in deren Zuge sich omnipotente Zellen zu Organsystemen mit zunehmender Aufgabenverteilung ausgebildet haben, um effektiv und energiesparend arbeiten zu können. Aufgezeigt werden daneben als kurzer Vorgriff die Befruchtung mit der Embryonal- und Fetalentwicklung und detailliert die weitere Differenzierung der einzelnen Körpergewebe, die aus den 3 Keimblättern, Entoderm, Mesoderm und Ektoderm, hervorgehen.

1.1 Entwicklung vom Einzeller zum Mehrzeller

Vor ca. 3,5 Mrd. Jahren entwickelten sich die ersten, einfachsten, nicht sauerstoffpflichtig lebenden Zellen (Anaerobier), sog. **Prokaryonten** (Amöben). Vor ca. 1,5 Mrd. Jahren folgten dann die **Eukaryonten** (Einzeller mit Sauerstoffatmung). Etwa vor 500 Mio. Jahren entstanden die ersten **Vielzeller**, die sich aus ökonomischen Gründen Aufgaben teilten, jede Zelle aber ihre Omnipotenz behielt.

Erst seit ca. 2 Mio. Jahren existiert der **Mensch**. Bei ihm ist die Aufgabenverteilung konsequent

vollzogen, und nur noch sehr wenige Zellen haben ihre Omnipotenz beibehalten bzw. können ihre Omnipotenz wiedererlangen (sog. Stammzellen).

Ursprünglich entwickelte sich das Leben im Wasser, dem Urmeer. Der Ein- und auch Vielzeller stand in permanentem Austausch mit dem kochsalzhaltigen Wasser – man kann sagen, dass bei ihnen das Meer als extrazellulärer Raum und das Zellinnere als Intrazellularraum fungierte. Damals wie heute entsprechen die Konzentrationsverhältnisse der Mineralstoffe denen des heutigen menschlichen Extra- und Intrazellularraumes.

1.1.1 Entwicklung zu Geweben und Organen

Zu Beginn der Aufgabenaufteilung gab es bestimmte Zellen, die z. B. für die Nahrungsaufnahme und Ausscheidung zuständig waren, andere wiederum dienten der Fortbewegung (Haare, Zilien, Wimpern), wieder andere der Atmung. Mit diesen Differenzierungen ging je nach Aufgabe eine spezifische Veränderung des Stoffwechsels in diesen Zellen einher. Jedoch behielten alle Zellen ihre Omnipotenz bei, sodass im Bedarfsfall jede Zelle wieder den gesamten Stoffwechsel durchführen konnte.

In der Entwicklung zum höheren Lebewesen, wie Pflanze, Tier und Mensch, schlossen sich die

Tab. 1.1 . Entwicklung von Geweben und Organen.

Entwicklungsstufe	Zellzusammenschlüsse und daraus abgeleitete Systeme
Einzeller	Amöben – alle Funktionen in einer Zelle
Mehrzeller	Aufgabenverteilung, Differenzierung
Gewebe	Epithelgewebe
	Binde- und Stützgewebe
	Nervengewebe
	Muskelgewebe
Organe	Verdauungsorgane, wie Magen, Darm → Verdauungssystem
	Harnorgane, wie Blase, Niere → Harnsystem
	Atmungsorgane, wie Lunge, Bronchien → Atmungssystem
	Bewegungsorgane, wie Muskeln, Knochen → Bewegungssystem
	Herz-Kreislauf-Organen, wie Herz, Lunge, Gefäße → Herz-Kreislauf-System
	hormonproduzierende Organe → Hormonsystem
	Nervenorgane, wie Nervenzellen, Gliazellen → Nervensystem
	Sinnesorgane, wie Haut, Auge, Ohr → Sinnessystem

Zellen zusammen (Tab. 1.1). Beim Menschen bildeten sich **4 Grundgewebetypen**, das Epithel-, Binde- und Stütz-, Muskel- und Nervengewebe. Durch den Zusammenschluss mehrerer Gewebetypen zu **Organen** (z.B. besteht der Magen aus Epithel-, Muskel- und Nervengewebe) und verschiedener Organe zu **Organsystemen** (z.B. der Verdauungstrakt mit Organen, wie Mund, Speiseröhre, Magen, Darm, Leber, Galle, Bauchspeicheldrüse) erfolgte dann ein weiterer Entwicklungsvorteil. Das führte zu effektiver und energiesparender Zusammenarbeit.

1.1.2 Befruchtung und Entstehung der drei Keimblätter

Nach der Befruchtung bildet sich zunächst 1 **Zygote** aus der sich anschließend 2 Blastomeren als Tochterzellen entwickeln. In der Folge mitotischer Teilung entwickeln sich weitere Blastomeren in Form einer **Morula**. In der Folge kommt es schon zu **Differenzierungen**: Zentrale Zellen entwickeln

die Embryonalanlage (**Embryoblast**) und äußere Zellen die Ernährungszellen (**Trophoblast**). Im weiteren Verlauf entwickelt sich aus dem Trophoblasten die **Zottenhaut** (Chorionepithel), die äußere Schicht der Fruchthüllen um den Embryo (Abb. 1.1).

Aus dem Embryoblasten entwickeln sich die **3 Keimblätter** Ektoderm, Entoderm und Mesoderm (Kap. 1.3). Aus diesen entwickeln sich innerhalb der Embryonalphase (4. bis 8. Entwicklungswoche) die verschiedenen Gewebearten, aus dem

- **Ektoderm**: Hautepithelien mit Anhangsgebilden, Anfang und Ende des Verdauungstraktes, das Nervensystem mit allen Sinnesorganen;
- **Mesoderm**: Herz und Gefäßsystem, Binde- und Stützgewebe, Muskulatur, Nieren, Nebennieren, Milz und Blutzellen;
- **Entoderm**: drüsige Organe, wie Schilddrüsen, Nebenschilddrüsen, Thymus, Bauchspeicheldrüse, Leber, Tonsillen, sowie die Epithelien des Darmrohres, des Kehlloches, der Atmungsorgane, des Kehlkopfes, der Harnröhre und der Harnblase.

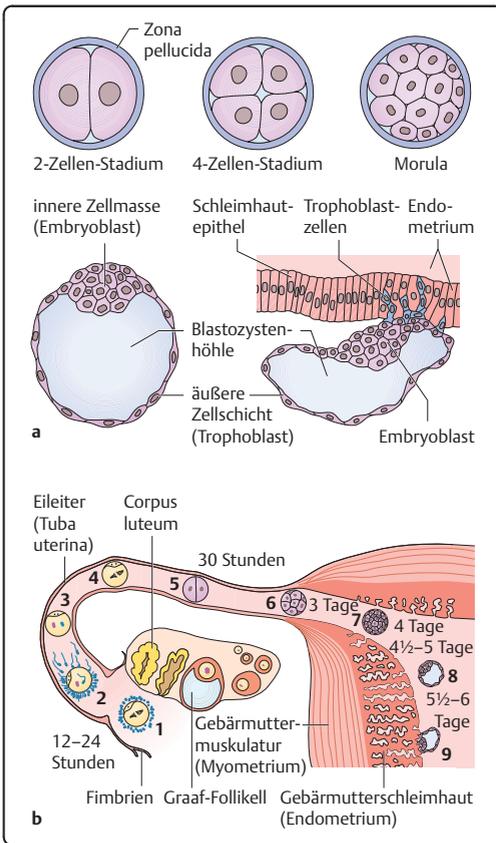


Abb. 1.1 Befruchtung, Differenzierung und Einnistung (Nidation). (aus: Faller A, Schünke M. Der Körper des Menschen: Einführung in Bau und Funktion. 15. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2008: Abb. 12.5)

Fazit

Die Entwicklung des Menschen erfolgte von Prokaryonten über Eukaryonten zu Vielzellern. Erst bei den Vielzellern erfolgte eine Aufgabenverteilung. Im menschlichen Organismus gibt es neben der konsequenten Differenzierung zu Organen und Organsystemen weiterhin omnipotente Zellen, die als sog. Stammzellen alle Funktionen erfüllen können.

Die evolutionäre Entwicklung zu höheren Lebewesen führte zur Bildung von 4 Grundgewebetypen sowie zu Organen und Organsystemen. Die einzelnen Gewebe entwickeln sich nach der Befruchtung aus 3 embryonalen Keimblättern.

1.2 Embryonal- und Fetalentwicklung

In der weiteren Entwicklung des Kindes im Mutterleib spricht man in den ersten 8/9 Wochen von einem **Embryo**, im weiteren Verlauf dann vom **Fetus**.

Ungefähr in der 3. Schwangerschaftswoche beginnt der **Herzschlag**, in der 8./9. Woche bilden sich die **Hirnnervenzellen**, in der 12. Woche kann das **Geschlecht** bestimmt werden.

Reflexartige Bewegungen beginnen ab der 10. Woche. Die Bewegungen können in diesem Moment nur reflexartig sein, da es noch keine nervale Verbindung zwischen den Extremitäten und dem Gehirn gibt. Bis zur 18. Woche sind jedoch die meisten Körperteile neural mit dem Gehirn verbunden.

Nun schluckt der Fetus das Fruchtwasser, die Geschmacksknospen entwickeln sich und das **Verdauungssystem** beginnt zu arbeiten. Dabei besteht keine Gefahr, dass der Fetus Fruchtwasser aspiriert, weil die Atmung reflexhaft blockiert ist, sobald Mund und Nase mit Wasser in Berührung kommen.

In der 21./22. Woche wird die **Großhirnrinde** angelegt und die ersten Erfahrungen werden gespeichert.

In der 24. Woche entwickeln sich die **Lungenbläschen**, deren Zellen (Pneumozyten Typ II) bis zur 30. Woche in der Lage sind, einen Oberflächenfilm (Surfactant, surface active agent) zu bilden. **Surfactant** ist eine oberflächenaktive Substanz bevorzugt aus Phospholipiden mit einem geringen Eiweißanteil, die dafür sorgt, dass die Alveolen bei der Atembewegung nicht zusammenfallen, sondern offen bleiben. Dadurch wird die Atmung erst möglich (Kap. 11.2). Die **Lungenreife** erfolgt bis zur Geburt.

Pathologie**Frühgeburt**

Vor der 30. Woche, wenn der Surfactant noch fehlt und der Säugling nicht atmen kann, muss dieser ärztlicherseits verabreicht bzw. die Bildung durch Gabe von Kortison angeregt werden.

In den Wochen 24–26 sind **Innen- und Mittelohr** vollständig ausgebildet. Das Kind hört die Atemgeräusche der Mutter, aber auch Geräusche von außen. Bald danach erkennt der Fetus die Stimme seiner Mutter. Ab der 26. Woche öffnet das Kind die **Augen** und besitzt Augenlider. Nachdem sich in der 28. Woche der Gewebepfropf aus den Nasenlöchern gelöst hat, kann der Fetus riechen.

Bis zur 34. Woche ist beim männlichen Fetus der Hoden in den Hodensack abgestiegen. Der Saugreflex bildet sich aus.

1.2.1 Geburt

Durch das bei der Lungenreifung gebildete **Surfactant-Eiweiß** im Fruchtwasser wird die Bildung von **Oxytocin** angeregt. Oxytocin führt zu **Gebärmutterkontraktionen** (Kap. 15.5.5) und löst die Geburt des Kindes und der Plazenta aus.

Während der Schwangerschaft wurde das Kind vom mütterlichen Organismus aus versorgt. Nach der Geburt muss es lebenswichtige Funktionen, wie Atmung, Verdauung, Temperaturregulation, selbst übernehmen.

1.2.2 Beginn der Atmung

Im **fetalen Kreislauf** bekommt das Kind den notwendigen Sauerstoff durch das mütterliche Blut, denn der Fetus hat noch keine eigenständige Atmung. Die fetale Lunge wird lediglich minimal durchblutet. Das Herz-Kreislauf-System und die Lungen sind darauf eingestellt.

Das fetale Blut gelangt vom rechten Herzen in geringem Umfang über die Lungen ins linke Herz, in der Hauptsache aber geschieht das über das **Fo-**

ramen ovale. Das übrige Blut gelangt über den **Ductus arteriosus Botalli** (auch Ductus Botalli) in die Aorta. Dadurch ist der Druck im rechten Herzen höher als im linken Herzen (Kap. 12.1.6)

Beim Durchtritt des Kindes durch das mütterliche Becken wird der Brustkorb fest zusammengedrückt und das Fruchtwasser aus der Lunge gepresst.

- Nach der Geburt dehnt sich der Brustkorb wieder aus. Damit holt das Kind erstmalig Luft.
- Zusätzlich fördern Kälte- und Geräuschreize den Atemimpuls.
- Auch die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin forcieren einen ersten Atemzug durch die entstehende Sauerstoffunterversorgung des kindlichen Organismus.

Durch den 1. Atemzug kehren sich die Druckverhältnisse im Herz-Kreislauf-System um. Die Lunge entfaltet sich und damit entwickelt sich der Lungenkreislauf (kleiner Kreislauf). Durch den Druck des Blutes, das aus der Lunge ins linke Herz gelangt und von dort durch die Aorta in den Körperkreislauf, erhöht sich der Druck im linken Herzen derart, dass der Druck im rechten Herzen geringer wird (Kap. 12.1.6).

Der Ductus arteriosus Botalli schließt sich und ebenso sollte sich das Foramen ovale innerhalb von 2,5 Jahren schließen.

Pathologie**Plötzlicher Kindstod**

Dieser tritt am häufigsten im 1. Lebensjahr, in 80 % der Todesfälle vor dem 6. Lebensmonat, auf; männliche Säuglinge sind stärker betroffen als weibliche. Einer Studie aus USA zufolge gab es bei 99 % der betroffenen Kinder Risikofaktoren. Risikofaktoren sind u. a. Nikotin und Bauchlage, da der Atemantrieb durch beides vermindert werden kann.

 **Fazit**

Die Entwicklung des Embryos (bis zur 9. Woche) und in der Folgezeit des Fetus dauert 40 Wochen. Im Großen und Ganzen werden in der Embryonalzeit die Organe angelegt, in der Fetalzeit erfolgen Wachstum und Reifung. Im fetalen Kreislauf sind die Lungen lediglich minimal durchblutet, die Sauerstoffversorgung erfolgt durch das mütterliche Blut. Der Druck im rechten Herzen ist höher als im linken Herzen. Nach der Geburt entwickelt sich durch die eigene Lungenatmung der kleine Kreislauf und der Druck im linken Herzen wird größer als im rechten Herzen. Die Umgehungskreisläufe schließen sich. Oxytocinausschüttung führt zu Uteruskontraktionen, sodass die Geburt ausgelöst wird.

1.3 Differenzierung der Körpergewebe

Die 4 Grundtypen menschlichen Körpergewebes, die sich im Laufe der Evolution entwickelt haben, sind das Epithel-, Binde- und Stütz- sowie Muskel- und Nervengewebe.

1.3.1 Epithelgewebe

Das Epithelgewebe entwickelt sich aus allen 3 Keimblättern und bedeckt innere und äußere Oberflächen des Körpers.

Es werden je nach Funktion folgende Epithelien unterschieden:

- Oberflächen- oder Deckepithel
- Drüsenepithel
- Resorptionsepithel
- Sinnesepithel

1.3.1.1 Oberflächen- oder Deckepithel

Das Oberflächenepithel kleidet äußere und innere Oberflächen des Körpers aus. Es besteht aus festen Zellverbänden, die auf einer Basalmembran aufsitzen und ausschließlich durch **Diffusion** ernährt werden.

Eine **Differenzierung der Epithelien** erfolgt anhand der Form der Zellen und deren Anordnung an bzw. auf der Basalmembran sowie anhand der Struktur der freien Zelloberfläche. So gibt es platt (Plattenepithel), kubische oder isoprismatische und zylindrische oder hochprismatische (Zylinderepithel) Epithelzellen. Diese Zelltypen können einschichtig, mehrschichtig oder mehrreihig vorkommen (Kap. 17.5):

Einschichtiges Epithel Dies besteht aus einer Zelllage. Einschichtiges Plattenepithel kommt vor an serösen Häuten oder als Endothel in den Gefäßen und Herzinnenhaut. Einschichtiges isoprismatisches Epithel dient vorwiegend Resorptions- und Sekretionsaufgaben, z. B. in den Nierenkanälchen; einschichtiges hochprismatisches Epithel kommt z. B. im Magen-Darm-System vor und mit Flimmerhärchen (Kinozilien) besetzt, z. B. in den Eileitern und Bronchien. Finden sich viele Ausstülpungen auf der freien Zelloberfläche spricht man von Mikrovilli.

Mehrschichtiges Epithel Bei mehrschichtigen Epithelien berührt nur die unterste Schicht die Basalmembran, alle anderen Zellen liegen schichtweise übereinander. Bei diesen Epithelien kann es an den obersten Schichten zur Verhornung kommen, die dem Schutz der obersten Haut dient. Mehrschichtiges Plattenepithel kommt an beanspruchten Stellen vor, z. B. Mundhöhle, Speiseröhre, Vagina, Anus. Mehrschichtiges hochprismatisches Epithel kommt eher selten vor, so z. B. am Gaumen oder Kehledeckel.

Mehrreihiges Epithel In mehrreihigen Epithelien berühren alle Zellen die Basalmembran. Im Gegensatz zu den anderen Epithelien erreichen hier aber nicht alle Zellen die Epitheloberfläche. Mehrreihig hochprismatisches Epithel findet sich in den Luftwegen, einigen Drüsenausführungsgängen und Teilen des Urogenitalsystems.

Eine Sonderform stellt das sog. **Übergangsepithel** dar. Es kommt lediglich in den ableitenden Harnwegen vor und kann sich den verschiedensten Füllungszuständen anpassen – große Füllung, Verminderung der Zellreihen, geringe Füllung, Zunahme der Zellreihen.

1.3.1.2 Drüsenepithel

Drüsenepithelien sind sekretbildende Zellverbände oder Einzelzellen, die ihre Sekrete entweder in Hohlgänge (Pankreasenzyme, Magensekrete; Kap. 9.5), auf andere Epithelien (Schweiß) oder direkt ins Blut (Gastrin, Insulin; Kap. 6.1, Kap. 9.5) abgeben. Drüsen, die ihre Sekrete in Hohlgänge oder andere Epithelien abgeben, nennt man exokrin, diejenigen, die ihre Sekrete direkt ins Blut abgeben, endokrine Drüsen.

Je nach **Abgabe des Sekrets** unterscheidet man:

- **ekkrine Sekretion:** Sekretabgabe ohne Membran- oder Zytoplasmaverlust, z.B. die Speicheldrüsen und alle endokrinen Drüsen
- **apokrine Sekretion:** Zytoplasmaverluste durch Umwandlung eines Teils des Zytoplasmas, z.B. bei der Milchdrüse
- **holokrine Sekretion:** Umwandlung gesamter Zellen in Sekret, z.B. bei Talgdrüsen

Exokrine Drüsen bilden verschiedene Produkte. Man findet z.B. enzymproduzierende Drüsen sowie Schleim-, Talg-, Schweißdrüsen. Nach ihrer Form können die exokrinen Drüsen weiterhin unterteilt werden in einfache, verzweigte, zusammengesetzte, alveoläre oder azinöse Drüsen.

Endokrine Drüsen produzieren **Hormone**, die über die Blutbahn ihre Zielorgane erreichen (Kap. 6.1).

1.3.1.3 Resorptionsepithelien

Resorptionsepithelien sind spezielle Epithelzellen, die zur Aufnahme von Stoffen Mikrovilli enthalten, um die Resorptionsfläche zu vergrößern (Kap. 9.2).

1.3.1.4 Sinnesepithel

Das Sinnesepithel wird bei den Sinnesorganen besprochen (Kap. 17).

Fazit

Oberflächenepithelien können verschiedene Formen und Anordnungen haben. Sie besitzen eine Basalmembran, von der aus die Ernährung per Diffusion erfolgt. Sie kommen im gesamten Organismus und der äußeren Haut vor. Drüsenzellen produzieren Sekrete, die sie entweder in Hohlgänge oder andere Epithelien (exokrin) oder ins Blut abgeben (endokrin). Resorptionsepithelien dienen der Stoffaufnahme, die über Mikrovilli gewährleistet wird. Sinnesepithelien sind spezifisch angepasst an die Rezeption der entsprechenden Sinnesreize.

1.3.2 Binde- und Stützgewebe

Das Binde- und Stützgewebe entwickelt sich fast ausschließlich aus dem **mittleren Keimblatt** (Mesoderm) des embryonalen Gewebes und setzt sich zusammen aus festen (Zellen, Fasern) und flüssigen (extrazellulären) Bestandteilen (Wasser mit darin gelösten Mineralstoffen und wasserbindenden Substanzen).

Zelluläre Bestandteile sind Fibroblasten und Fibrozyten sowie Zellen des Abwehrsystems, z.B. Makrophagen, Lymphozyten, Granulozyten und Mastzellen als bewegliche Zellen (S.257).

Das **extrazelluläre Gewebe** besteht aus Fibroblasten (Bindegewebszellen) mit hohen Polysaccharidanteilen, sog. Proteoglykanen, aus Fasern, bestehend aus Strukturproteinen Kollagen und Elastin und Ankerproteinen (Glykoproteine), die ihm visköse bis feste Eigenschaften verleihen, da sie Wasser und Ionen binden.

Je nach Art der extrazellulären Elemente fällt das Binde- und Stützgewebe sehr unterschiedlich aus. Es kann sehr flüssig sein, aber auch sehr fest. Das liegt an der Art und der Menge der vorherrschenden **Fasern und Mineralien**: Je nach Art der vorherrschenden Fasern wird es eingeteilt in embryonales, retikuläres, fettes und faseriges Bindegewebe; das Stützgewebe wird nach Art der vorherrschenden Fasern und zusätzlicher Einlagerung von Mineralstoffen unterteilt in Knorpel,

Tab. 1.2 Binde- und Stützgewebe.

Gewebetyp	Charakterisierung
Bindegewebe	embryonales Bindegewebe (mesenchymal, gallertartig)
	retikuläres Gewebe (mit mobilen Zellen)
	Fettgewebe: <ul style="list-style-type: none"> • weiß • braun
	faseriges Gewebe: <ul style="list-style-type: none"> • locker • straff (Sehnen und Bänder)
Stützgewebe	Knorpelgewebe: <ul style="list-style-type: none"> • hyalines (Nase) • elastisches (Ohr) • kollagen-faseriges (Symphyse)
	Knochengewebe und Zahnzement
	Dentin

Knochen (Kap. 8.1), Zahnzement und Zahnbein (Dentin; Tab. 1.2).

1.3.2.1 Zellen des Bindegewebes

Aus embryonalen, omnipotenten Zellen des mittleren Keimblattes können sich gewebespezifische Zellen differenzieren, die bei Regenerationsprozessen eine Rolle spielen.

Man unterscheidet **Blasten**, definiert als aufbauende oder die Matrix sezernierende Zellen, z.B. Fibroblasten als Bindegewebszellen, Chondroblasten für den Aufbau der Knorpel, Osteoblasten für den Knochenaufbau, Lymphoblasten für den Aufbau eines Teils der Abwehrzellen im Blut, und **Zyten** als ruhende oder inaktive Zellen, z.B. Fibrozyten (Bindegewebe), Chondrozyten (Knorpel), Osteozyten (Knochen), Lymphozyten (Abwehrzellen im Blut).

1.3.2.2 Extrazelluläre Substanzen des Bindegewebes

Die Grundsubstanz des extrazellulären Gewebes besteht aus Substanzen, die ihr visköse bis feste Eigenschaften verleihen, da sie Wasser und Ionen binden.

Daneben existieren **Bindegewebsfasern**, die ihre Form erhalten durch ihren Anteil an Struk-

turproteinen. Je nach chemischen und physikalischen Unterschieden kennt man:

- retikuläre Fasern
- kollagene Fasern
- elastische Fasern

Faseriges Bindegewebe füllt Lücken aus, verbindet Organe und umhüllt Gefäße und Nerven.

Retikuläre Fasern sind sehr elastisch und dünn und kommen in lymphatischen und blutbildenden Organen vor und stellen einen wesentlichen Bestandteil der Basalmembranen dar.

Kollagene Fasern kommen fast überall im Körper vor und zeichnen sich durch eine große Zugfestigkeit aus. Beim Kochen quellen sie auf und ergeben Leim bzw. Gelatine.

Elastische Fasern sind verzweigt zu dreidimensionalen Netzen. Sie kommen in fast allen Bindegewebsarten vor. Sie bestehen aus dem Protein Elastin und sind extrem dehnbar. Ihr Anteil in den **herznahen Arterien** und dem **Lungengewebe** ist sehr hoch.

Die **Ankerproteine** (Glykoproteine) sorgen für eine Vernetzung der extrazellulären Matrix und verbinden Zellen und Matrix miteinander.

1.3.2.3 Formen des Bindegewebes

Embryonales Bindegewebe (Mesenchym) ist der Ursprung des späteren Bindegewebes. Es kommt ausschließlich während der **intrauterinen** Entwicklung vor. Es werden keine Fasern gebildet. Auch gallertartiges Gewebe (besondere Form des Bindegewebes) kommt nur vorübergehend vor und befindet sich in der **Nabelschnur**.

Embryonales Bindegewebe dient als Füllgewebe und ist in der Lage, viel Wasser zu binden.

Pathologie

Nephroblastom (Wilms-Tumor)

Ein Nierentumor bei Kindern, der sich aus verbliebenem embryonalem Nierengewebe bildet. Normalerweise verschwindet das embryonale Nierengewebe in der 36. Schwangerschaftswoche

Retikuläres Gewebe ist das Gerüst für die **lymphatischen Organe** und setzt sich zusammen aus retikulären Fasern und Zellen. Die Zellen sind netzartig miteinander verbunden. Sowohl Zellen als auch Flüssigkeit haben eine enge Verbindung zum Blut und der Lymphe. Die Zellen sind beteiligt an der **spezifischen Abwehr**, an der **Phagozytose** und der **Faserbildung**. Das durch sie gebildete und über den ganzen Körper verstreut vorkommende Phagozytensystem wird genauer zum **Immunsystem** besprochen (Kap. 14.3).

Fettgewebe kommt überall im Körper vor, indem die retikulären Zellen Fett einlagern. Dabei unterscheidet man weißes von braunem Fettgewebe. Weißes Fettgewebe wird gebraucht als **Baufett** (Nierenlager, Gesäß, Einbau in die Rippenknochen) und **Speicherfett** als Energiespeicher. Braunes Fettgewebe kommt beim **Neugeborenen** vor, um ihn vor Auskühlung zu schützen. Die Färbung erklärt sich durch den Gehalt an Karotinoiden.

1.3.2.4 Formen des Stützgewebes

Knorpelgewebe Das Knorpelgewebe entwickelt sich aus dem Mesenchym, indem die Interzellularsubstanz vermehrt und die Zellen in ihrer Form verändert werden. Diese nun runden, platten **Chondroblasten** reifen und wachsen zu **Chondrozyten**. Je nach Fasergehalt und Grundsubstanz unterscheidet man

- den am weitesten verbreiteten **hyalinen Knorpel** mit einem hohen Anteil an Flüssigkeit (Rippen, Gelenke, Wachstumsfugen, Luftröhre, Bronchien, Nase),
- den weniger verbreiteten **elastischen Knorpel** mit einem zusätzlichen elastischen Fasernetz (Ohrmuschel) und
- den widerstandsfähigen **Faserknorpel** mit einem hohen Anteil an kollagenen Fasern (Gelenkscheiben, Zwischenwirbelscheiben, Schambeinfuge).

Knochengewebe Das Knochengewebe erlangt seine Festigkeit durch die Einlagerung von anorganischen Substanzen wie **Kalzium** und **Phosphaten** in Form von Hydroxylapatit; daneben kommen auch noch **Fluor** und Magnesium vor (Kap. 8.1.3). Das Knochengewebe besteht aus den Knochenzellen, aus der Matrix und den Knochenfasern und bildet den organischen Anteil des Knochens.

Zahnzement und **Dentin** erhalten ihre Festigkeit durch einen noch höheren Anteil an anorganischen Salzen. Zahnzement findet sich an den Zahnwurzeln. Zum Zahnhals hin verliert sich der Zahnzement. Die Zahnkrone wird vom Zahnbein (Dentin, härteste Substanz des menschlichen Körpers mit einem Anteil von 99% Mineralstoffen) gebildet.

Fazit

Das Binde- und Stützgewebe enthält neben Wasser Zellen, Fasern und Mineralstoffe. Je nach Anteil der festen zu den flüssigen Bestandteilen kann es flüssig oder fest sein bis hin zu sehr festen Geweben mit einem Mineralstoffanteil von 99 %, z. B. das Dentin. Blasten sind aufbauende Zellen; Zysten sind ruhende oder inaktive Zellen im Bindegewebe. Bindegewebsfasern bestehen aus Proteinen und verleihen dem Bindegewebe Struktur.

Embryonales Bindegewebe (Mesenchym) kommt ausschließlich bei Feten vor; retikuläres Gewebe ist das Gewebe des Abwehrsystems, Fettgewebe dient als Energiespeicher und Baufett (weiß) und als Wärmespeicher (braun). Knorpelgewebe verleiht elastische Festigkeit. Knochen- und Zahngewebe erhalten ihre Stabilität durch die Einlagerung von Kalzium, Phosphaten und Fluor.

1.3.3 Muskelgewebe

Das Muskelgewebe dient der **Beweglichkeit** der Extremitäten, des Rumpfes und der inneren Organe. Es setzt sich zusammen aus dem willkürlichen und dem unwillkürlichen Muskelgewebe (Kap. 8.3) sowie der Herzmuskulatur (Kap. 8.3.5).

1.3.4 Nervengewebe

Das Nervensystem dient der **Signalübertragung** zwischen verschiedenen Körperstrukturen. Es besteht aus den Nervenzellen und dem Stützgewebe (Gliazellen) und findet sich im zentralen Nervensystem (ZNS), wie Gehirn und Rückenmark, und in der Peripherie als peripheres Nervensystem.

Während die Nervenzellen für die Informationsübertragung zuständig sind, haben die Gliazellen Ernährungs-, Isolierungs- und Phagozytoseaufgaben. Gemeinsam bilden sie eine funktionelle Einheit (Kap. 6.2).