

Pränatale Entwicklung, Geburt und das Neugeborene

Robert Siegler, Nancy Eisenberg, Judy DeLoache, Jenny Saffran

Pränatale Entwicklung – 38

Die Befruchtung – 40

Entwicklungsprozesse – 41

Früheste Entwicklung – 44

Eine illustrierte Zusammenfassung der pränatalen Entwicklung – 45

Das Verhalten des Fetus – 46

Das Erleben des Fetus – 47

Das Lernen des Fetus – 48

Risiken der pränatalen Entwicklung – 50

Die Geburtserfahrung – 58

Unterschiedliche Geburtspraktiken – 59

Das Neugeborene – 60

Aktivierungszustände – 60

Ungünstige Geburtsausgänge – 65

Zusammenfassung – 70

Literatur – 72



© Sabina Pauen

Man stelle sich folgende Situation vor: Eine Entwicklungspsychologin nähert sich ihrer Versuchsperson in der Absicht, deren Wahrnehmungsfähigkeit und Fähigkeit, aus Erfahrungen zu lernen, zu untersuchen. Zuerst spielt sie der Versuchsperson aus einem Lautsprecher nahe am Ohr ein lautes Schallereignis vor (einen Laut oder einen Ton) und stellt mit Befriedigung fest, dass die Versuchsperson darauf reagiert und sich heftig bewegt; sie schließt daraus, dass die Versuchsperson das Geräusch hören kann. Daraufhin spielt sie denselben Ton immer und immer wieder vor. So wie es jede andere Person im Labor kaum mehr erträgt, denselben Ton andauernd wieder zu hören, so scheint es auch der Versuchsperson zu gehen, die auf die Wiederholungen immer weniger anspricht und schließlich gar keine Reaktion mehr zeigt. Hat die Versuchsperson gelernt, den Ton zu erkennen, oder hat sie sich einfach schlafen gelegt? Um das herauszufinden, präsentiert die Forscherin nun einen anderen Ton, und die Versuchsperson beginnt erneut, sich heftig zu bewegen. Offenbar kann die Versuchsperson neben dem ersten Ton auch erkennen, dass der neue Ton anders beschaffen ist, was als Beleg dafür gelten kann, dass hier ein einfacher Lernprozess abgelaufen ist. Nun will die Forscherin herausfinden, ob die Versuchsperson auch etwas Komplexeres lernen kann und ob das Lernen auch in einer natürlicheren Umgebung funktioniert; sie schickt die Versuchsperson nach Hause und bittet deren Mutter, über einen Zeitraum von sechs Wochen hinweg mehrere Minuten täglich aus einem bekannten Kinderbuch vorzulesen. Denn sie will herausfinden, ob die Versuchsperson die vorgelesenen Passagen später wiedererkennt. Doch bevor die Forscherin wieder mit ihrer Versuchsperson zusammentrifft, passiert etwas ziemlich Einschneidendes: Die Versuchsperson wird geboren!

Das beschriebene Szenario ist beileibe nicht aus der Luft gegriffen. Tatsächlich handelt es sich um die exakte Beschreibung einer faszinierenden und informativen Untersuchung, die unser Wissen über die pränatale Entwicklung revolutionierte (DeCasper und Spence 1986) und in diesem Kapitel später nochmals aufgegriffen wird. Dabei wird sich zeigen, dass Forscher die Wahrneh-

mungs- und Lernfähigkeiten des menschlichen Fetus auf vielerlei Weise untersucht haben. Sie haben herausgefunden, dass Feten schon im Mutterleib eine Vielzahl von Reizen, die aus der Außenwelt kommen, wahrnehmen und aus Erfahrung lernen können, wobei diese Erfahrungen bis nach der Geburt wirksam bleiben.

In diesem Kapitel untersuchen wir den ungewöhnlichen Verlauf der pränatalen Entwicklung – einer Zeit erstaunlich schnellen und dramatischen Wandels. Zusätzlich zu den normalen Vorgängen der pränatalen Entwicklung geht es auch um Störeinflüsse und Umweltgefahren, die den sich entwickelnden Fetus schädigen können. Danach behandeln wir in Kürze den Prozess des Geborenwerdens, und zwar vorrangig aus der Sicht des Kindes selbst: Was erfährt es während dieses dramatischen Wendepunktes? Schließlich untersuchen wir einige Verhaltensaspekte des Neugeborenen und diskutieren Probleme, die mit Frühgeburten einhergehen.

Bei unserer Erörterung der frühesten Entwicklungsphasen eines Menschen spielen fast alle Entwicklungsthemen, die in ► Kap. 1 beschrieben wurden, eine wichtige Rolle. An erster Stelle ist die Frage nach *Anlage und Umwelt* zu nennen; wir werden besonders darauf abheben, wie jeder Aspekt der vorgeburtlichen Entwicklung sich aus einer Kombination von biologischen Faktoren und Umweltfaktoren ergibt. Auch das Thema *aktives Kind* spielt wieder eine Rolle, insofern die Aktivitäten des Fetus auf vielerlei Weise entscheidend zu seiner Entwicklung beitragen. Die normale pränatale Entwicklung hängt, wie sich noch zeigen wird, von bestimmten Verhalten des Fetus ab. Ein weiteres Thema, das noch beleuchtet wird, betrifft den *soziokulturellen Kontext* der pränatalen Entwicklung und der Geburt; hier lassen sich große kulturelle Unterschiede im Hinblick darauf feststellen, wie die Menschen in den verschiedenen Kulturen und Gesellschaften über den Beginn des Lebens denken und wie der Geburtsvorgang jeweils gehandhabt wird. Auch *individuelle Unterschiede* kommen an verschiedenen Stellen immer wieder ins Spiel, etwa bei den unterschiedlichen Überlebensraten beider Geschlechter vom Zeitpunkt der Befruchtung an. Das Thema *Kontinuität/Diskontinuität* ist auch in dieser ersten Lebensphase wichtig: Trotz des dramatischen Wechsels zwischen dem Leben vor und nach der Geburt zeigt das Verhalten von Neugeborenen deutliche Beziehungen zu ihrem Verhalten im Mutterleib und zu ihrer Vorgeschichte. Und schließlich bildet die Frage nach dem *Kindeswohl* bei der Forschung den Hintergrund, vor dem wir den Einfluss von Armut auf die pränatale Entwicklung und den Gesundheitsstatus bei der Geburt diskutieren sowie die Wirkung von Interventionsprogrammen zur Unterstützung der Entwicklung frühgeborener Kinder beschreiben.

Pränatale Entwicklung

Der Prozess der *pränatalen* („vorgeburtlichen“) Entwicklung galt schon immer als geheimnisvoll und faszinierend, und Mythen über den Ursprung des menschlichen Lebens und die Entwicklung vor der Geburt bildeten in allen Gesellschaften einen wichtigen Teil der Überlieferungen und Traditionen. ► Exkurs 2.1 beschreibt ein System kultureller Überzeugungen zum Beginn des Lebens, das stark von demjenigen westlicher Gesellschaften abweicht.

Auch beim Blick zurück in die Geschichte kann man große Unterschiede darin erkennen, wie sich die Menschen die präna-

Exkurs 2.1: Genauer betrachtet: Die Anfänge bei den Beng

Kaum ein Thema hat in den vergangenen Jahren in Deutschland und vielen anderen Ländern intensivere Debatten und Kontroversen ausgelöst als die Frage, an welcher Stelle der Entwicklung Leben anfängt – zum Zeitpunkt der Befruchtung oder irgendwann zwischen Befruchtung und Geburt. Ironischerweise erkennen nur wenige, die sich an dieser Auseinandersetzung beteiligen, wie komplex die Fragestellung ist und wie unterschiedlich die verschiedenen Völker und Gesellschaften der Welt diese Frage sehen.

Ein Beispiel für diese Vielfalt bieten die Beng, die an der westafrikanischen Elfenbeinküste beheimatet sind. Sie glauben, dass jedes Kind die Reinkarnation eines Vorfahren ist (Gottlieb 2004). Den Beng zufolge geht der Geist des Ahnen, sein *wru*, in den ersten Wochen nach der Geburt des Kindes nicht völlig in das irdische Leben über, sondern behält eine Doppexistenz bei, die zwischen der Alltagswelt und *wrugbe*, dem „Ahnendorf“, hin- und herpendelt. (Der Begriff *wrugbe* kann ungefähr als „Leben danach“ übersetzt werden, aber „Leben davor“ wäre wohl ebenso angemessen.) Erst wenn der Nabel völlig abgeheilt ist, wird das Neugeborene als Person betrachtet – als ein aus dem *wrugbe* hervorgegangenes Wesen. Ein Neugeborenes, das vorher stirbt, erhält kein Begräbnis, weil sein Sterben schlicht als körperliche Form der Rückkehr in das *wrugbe* aufgefasst wird, das das Kind seelisch ohnehin noch bewohnte.

Diese Überzeugungen bilden in vielerlei Hinsicht die Grundlage der Säuglingspflege. So wird viele Male am Tag eine Kräutermischung auf den Nabel aufgetragen, um das Austrocknen und Abfallen der Nabelschnur zu beschleunigen. Bis dahin besteht zudem permanent die Gefahr, dass der Säugling und auch noch das kleine Kind Heimweh nach seinem Leben im *wrugbe* bekommt und sich entschließt, seine irdische Existenz zu verlassen. Um dem vorzubeugen, tun die Beng-Eltern alles, damit ihr Baby glücklich ist und sich wohlfühlt, um es im diesseitigen Leben zu halten. Zu den vielen empfohlenen Verfahrensweisen gehört, das Gesicht und den Körper des Kindes kunstvoll zu bemalen und zu schmücken, damit es andere anspricht und deren Aufmerksamkeit auf sich zieht. Manchmal werden spirituelle Heiler zurate gezogen, wenn sich ein Baby nicht wohlfühlen scheint; und bei länger anhaltendem Weinen ergibt sich als häufige Diagnose, dass das Baby einen anderen Namen wünscht – einen aus seinem früheren Leben im *wrugbe*. Wann beginnt nun für die Beng das individuelle Leben? In gewisser Hinsicht fängt das Leben eines Beng schon vor der Geburt an, weil jedes menschliche Wesen ja eine Reinkarnation eines Vorfahren ist. In anderer Hinsicht beginnt das Leben jedoch nach der Geburt mit der Anerkennung des Individuums als Person.

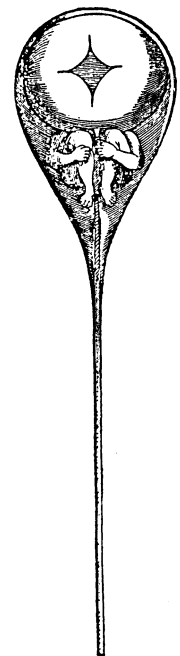


■ Diese Mutter hat viel Zeit darauf verwendet, das Gesicht des Babys mit kunstvollen Mustern zu schmücken. Sie tut das jeden Tag in dem Bemühen, ihr Kind attraktiv zu machen, damit andere Menschen mit dazu beitragen, es in dieser Welt glücklich zu machen. (© Alma Gottlieb; mit freundlicher Genehmigung)

tale Entwicklung vorgestellt haben. Im vierten vorchristlichen Jahrhundert stellte Aristoteles die fundamentale Frage über die vorgeburtliche Entwicklung, die dem westlichen Denken in den darauf folgenden 1500 Jahren zugrunde liegen sollte: Beginnt das pränatale Leben mit dem bereits vorgeformten neuen Individuum, das sich von Anfang an aus einer vollständigen Ausstattung winziger Einzelteile zusammensetzt, oder entwickeln sich die vielen Teile des menschlichen Körpers nacheinander? Aristoteles lehnte die Idee der Präformation (des Vorgeformtseins) ab zugunsten der **Epigenese** – der Herausbildung neuer Strukturen und Funktionen im Verlauf der Entwicklung (wir werden die moderne epigenetische Sichtweise in ► Kap. 3 betrachten). Auf der Suche nach Belegen für seine Annahme unternahm Aristoteles einen für damalige Zeiten recht ungewöhnlichen Schritt und öffnete befruchtete Hühnereier, um die Wahrheit mit eigenen Augen zu sehen. Tatsächlich konnte er die Organe der heranwachsenden Küken in verschiedenen Entwicklungsstadien beobachten. Und dennoch hielt die Idee der präformierten Entwicklung noch lange nach Aristoteles an und wuchs sich zu einem Disput darüber aus, ob der präformierte Miniaturmensch im Ei der Mutter oder im Spermium des Vaters untergebracht sei (■ Abb. 2.1).

Epigenese – Die Ausbildung von Strukturen und Funktionen im Verlauf der Entwicklung.

■ **Abb. 2.1** Präformation. Eine Zeichnung aus dem 17. Jahrhundert, die ein präformiertes Wesen innerhalb eines Spermiums zeigt. Diese Zeichnung basiert auf der Behauptung überzeugter Präformisten, die beim Blick durch das neu erfundene Mikroskop auf Samenflüssigkeit eine winzige zusammengerollte Gestalt im Kopf des Spermiums zu sehen meinten. Sie glaubten, dass dieser Miniaturmensch wüchse, nachdem das Spermium in ein Ei eingedrungen ist. Wie diese Zeichnung illustriert, müssen wir stets auf der Hut davor sein, unser Denken so von lieb gewordenen Vorurteilen bestimmen zu lassen, dass wir sehen, was wir sehen wollen, und nicht, was wirklich vorliegt. (Aus Moore und Persaud 1993, S. 7)



Die antike Vorstellung der Präformation mag uns naiv vorkommen, wir dürfen jedoch nicht vergessen, dass unsere historischen Vorläufer nichts über die Existenz von Zellen und Genen oder über die Verhaltensentwicklung im Mutterleib wussten. Viele der

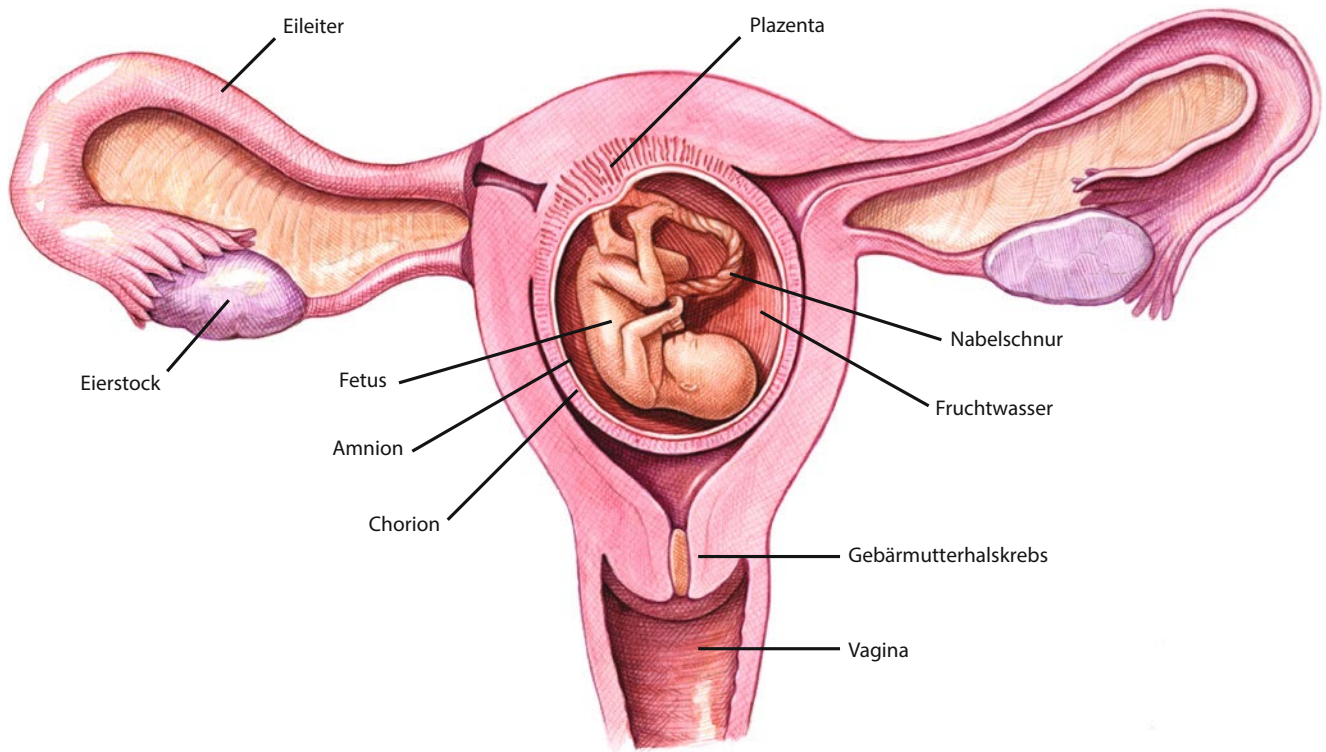


Abb. 2.2 Das weibliche Fortpflanzungssystem. Eine vereinfachte Darstellung des weiblichen Fortpflanzungssystems mit einem heranwachsenden Fetus in der Gebärmutter (Uterus). Die Nabelschnur führt vom Fetus zur Plazenta (Mutterkuchen), die tief in die Uteruswand eingebettet ist. Der Fetus schwimmt im Fruchtwasser innerhalb der Fruchtblase (Amnion), die von der Zottenhaut (Chorion) umgeben ist

Geheimnisse, die unsere antiken Vorläufer in Erstaunen versetzten, sind heute geklärt, aber an ihre Stelle sind – wie das in der Wissenschaft der Regelfall ist – auch wieder neue Rätsel getreten.

Die Befruchtung

Jeder von uns entstand als eine einzige Zelle, die aus der Vereinigung zweier hochspezialisierter Zellen hervorging – eines Spermiums vom Vater und einer Eizelle von der Mutter. Das Besondere dieser Keimzellen oder **Gameten** liegt nicht nur in ihrer Funktion, sondern auch in der Tatsache, dass sie, verglichen mit den anderen Körperzellen, jeweils nur das halbe genetische Material enthalten. Keimzellen werden durch einen speziellen Prozess der Zellteilung – die **Meiose** oder Reifeteilung – produziert, bei dem Eizelle und Spermium jeweils nur 23 Chromosomen (einen einfachen, haploiden Satz) erhalten, während alle anderen Körperzellen 46 Chromosomen (einen doppelten, diploiden Satz) enthalten. Diese Halbierung ist für die Fortpflanzung notwendig: Wenn das Ei oder das Spermium einen vollständigen Chromosomensatz enthielte, könnten sie nicht verschmelzen, weil keine Zelle mit der doppelten Menge an genetischem Material überleben kann, sondern exakt 23 Chromosomenpaare aufweisen muss. Ein wichtiger Unterschied bei der Bildung dieser beiden Keimzelltypen besteht darin, dass so gut wie alle Eizellen, die eine Frau jemals in sich trägt, bereits im Verlauf ihrer eigenen pränatalen Entwicklung gebildet wurden, während Männer kontinuierlich und in großen Mengen neues Sperma produzieren.

Gameten – (Keimzellen) Fortpflanzungszellen, d. h. Ei und Spermium, die nur die Hälfte des genetischen Materials aller anderen Körperzellen enthalten.

Meiose – (Reifeteilung) Eine zur Fortpflanzung erforderliche besondere Form der Zellteilung, bei der Gameten entstehen.

Der Fortpflanzungsprozess beginnt mit der Entlassung einer Eizelle (der größten Zelle im menschlichen Körper) aus einem der Eierstöcke der Frau in den Eileiter (Abb. 2.2). Bei der Reise durch den Eileiter in Richtung Gebärmutter gibt das Ei eine chemische Substanz ab, die wie eine Art Leuchtfeuer wirkt, ein „Kommt-hierher!“-Signal, das die Spermien anzieht. Falls in zeitlicher Nähe zur Freisetzung einer Eizelle Geschlechtsverkehr stattfindet, wird die **Konzeption** (Befruchtung) – die Vereinigung von Eizelle und Spermium – möglich. Bei jedem Samenerguss werden nicht weniger als 500 Millionen Spermien in die Vagina der Frau hineingepumpt. Jedes Spermium, ein stromlinienförmiges Vehikel für die Zustellung der männlichen Gene an die Adresse der weiblichen Eizelle, besteht aus kaum mehr als einem spitzen Kopf, vollgepackt mit genetischem Material (den 23 Chromosomen), und einem langen Schwanz, der sich schnell bewegt und das Spermium durch das weibliche Fortpflanzungssystem treibt.

Konzeption – (Befruchtung) Die Vereinigung von Eizelle und Spermium.

Um als Kandidat für die Einleitung einer Befruchtung infrage zu kommen, muss ein Spermium etwa 6 h unterwegs sein, bis es die 15–18 cm von der Vagina aufwärts durch die Gebärmutter bis zum Eileiter hinter sich gebracht hat. Die Ausfallquote auf dieser Reise ist enorm: Von den vielen Millionen Spermien, die in die

Vagina gelangen, schaffen es nur etwa 200, überhaupt in die Nähe der Eizelle zu gelangen (■ Abb. 2.3). Für diese hohe Versagensrate gibt es viele Gründe. Einige Ausfälle unterliegen dem Zufall: Viele Spermien verheddern sich mit anderen Spermien, die in der Vagina umherirren, und andere haben sich einfach nur für den falschen Eileiter „entschieden“ (für den, der gerade keine Eizelle bereithält). Andere Ausfälle haben mit Problemen der Spermien selbst zu tun: Ein beträchtlicher Anteil der Spermien weist starke genetische oder andere Defekte auf, weshalb diese Spermien nicht in der Lage sind, sich kraftvoll genug vorwärtszubewegen, um das Ei zu erreichen und zu befruchten. Jedes einzelne Spermium, das es tatsächlich bis zur Eizelle geschafft hat, ist mit ziemlich großer Wahrscheinlichkeit gesund und in bester Konstitution; damit tritt ein darwinistischer Ausleseprozess des *survival of the fittest* („Überleben des am besten Angepassten“) zutage, der bei der Befruchtung wirksam wird. ► Exkurs 2.2 beschreibt die Folgen dieses Selektionsprozesses für die Zeugung von Männern und Frauen.

Sobald der Kopf eines Spermiums in die äußere Membran der Eizelle eindringt, versiegelt eine chemische Reaktion die Membran, was andere Spermien am Eindringen hindert. Der Schwanz des Spermiums fällt ab, der Inhalt des Kopfes ergießt sich in die Eizelle, und im Lauf einiger Stunden verschmelzen die Nuclei (Zellkerne) der beiden Zellen. Die befruchtete Eizelle, die **Zygote**, besitzt jetzt einen vollständigen Satz des menschlichen Genmaterials, die eine Hälfte von der Mutter und die andere Hälfte vom Vater. Die erste der drei Phasen der pränatalen Entwicklung (■ Tab. 2.1) hat begonnen, und das Ganze wird, wenn alles gut verläuft, etwa neun Monate andauern (durchschnittlich 38 Wochen oder 266 Tage).

Zygote – Eine befruchtete Eizelle.

Entwicklungsprozesse

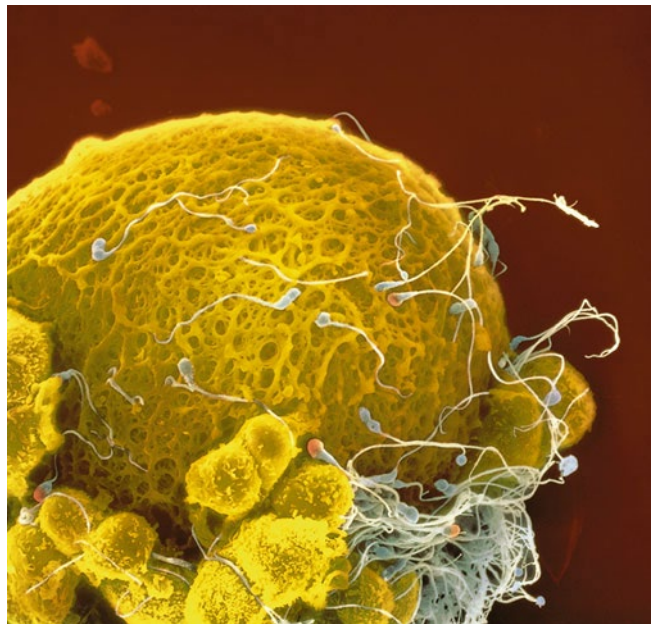
Bevor wir den Verlauf der pränatalen Entwicklung beschreiben, müssen wir kurz vier wichtige Entwicklungsprozesse skizzieren, die der Umwandlung von der Zygote in einen **Embryo** und dann in einen **Fetus** zugrunde liegen. Der erste dieser Prozesse ist die *Zellteilung*, die als **Mitose** bezeichnet wird. Innerhalb von etwa 12 h nach der Befruchtung teilt sich die Zygote in zwei gleiche Teile, die beide einen vollständigen Satz des genetischen Materials enthalten. Diese beiden Zellen teilen sich wieder, sodass vier Zellen entstehen, daraus werden acht Zellen, und so weiter. Durch die fortgesetzte Zellteilung im Verlauf von 38 Wochen wird aus der kaum sichtbaren Zygote ein Neugeborenes, das aus Billionen von Zellen besteht.

Embryo – Bezeichnung für den sich entwickelnden Organismus von der dritten bis zur achten Woche der pränatalen Entwicklung.

Fetus – Bezeichnung für den sich entwickelnden Organismus von der neunten Schwangerschaftswoche bis zur Geburt.

Mitose – Zellteilung, bei der zwei identische Tochterzellen entstehen.

Ein zweiter wichtiger Prozess, der während der embryonalen Phase auftritt, ist die *Zellmigration*, die Wanderung neu gebildeter Zellen von ihrem Ausgangspunkt an eine andere Stelle im Embryo. Zu den vielen migrierenden Zellen gehören die Neu-



■ **Abb. 2.3** Spermien nähern sich der Eizelle. Von den Millionen Spermien, die sich zusammen auf den Weg machen, gelangen nur einige wenige in die Nähe der Eizelle, der größten und einzigen menschlichen Zelle, die mit bloßem Auge sichtbar ist. Spermien gehören zu den kleinsten Körperzellen. (© Lennart Nilsson/TT)

rone im Cortex, der äußeren Schicht des Gehirns. Diese Zellen entstehen tief im Inneren des embryonalen Gehirns und wandern dann, wie Pioniere, die neues Gebiet erschließen, in die äußeren Regionen des sich entwickelnden Gehirns.

Der dritte für die weitere pränatale Entwicklung entscheidende Prozess ist die *Zelldifferenzierung*. Am Anfang sind alle embryonalen Zellen gleichwertig und wechselseitig austauschbar: Keine dieser sogenannten **embryonale Stammzellen** hat ein festgelegtes Schicksal oder eine festgelegte Funktion. Nach mehreren Zellteilungen fangen die Zellen jedoch an, sich zu spezialisieren. Beim Menschen entwickeln sich Stammzellen zu etwa 350 verschiedenen Zelltypen, die fortan im Interesse des Gesamtorganismus eine bestimmte Funktion ausüben. (Wegen dieser Flexibilität stehen sehr frühe embryonale Stammzellen im Mittelpunkt des Interesses unserer modernen Medizinforschung, weil man hofft, dass sich solche Stammzellen, wenn man sie Patienten nach Verletzungen oder bei Erkrankungen injiziert, zu gesunden Zellen entwickeln, die die zerstörten oder geschädigten Zellen ersetzen.)

Embryonale Stammzellen – embryonale Zellen, die sich zu jedem Körperzelltyp entwickeln können.

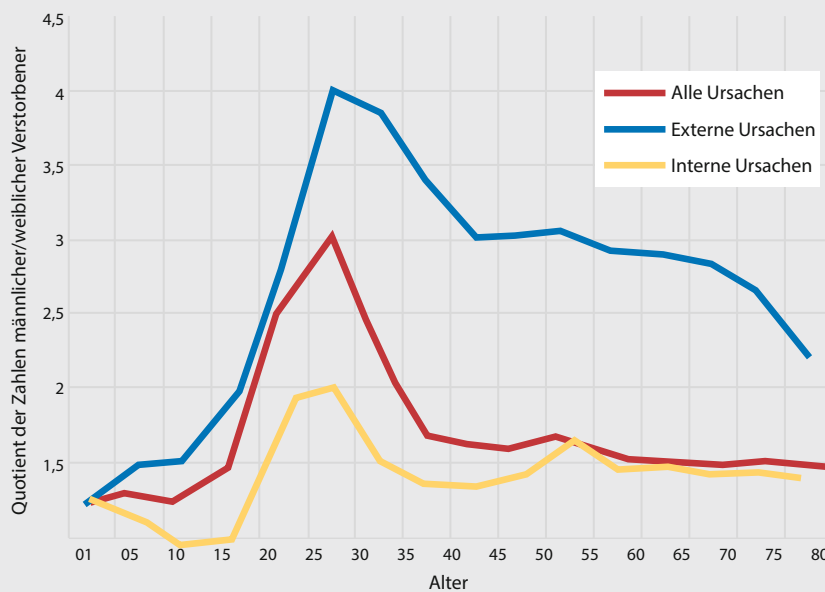
Der Prozess der Zelldifferenzierung gehört zu den großen Geheimnissen der pränatalen Entwicklung. Was bestimmt, da doch alle Zellen im Körper dieselbe genetische Zusammensetzung besitzen, zu welchem Typ von Zelle sich eine bestimmte Stammzelle entwickeln wird? Eine Schlüsseldeterminante ist, welche Gene in der Zelle „angeschaltet“ werden beziehungsweise zur Ausprägung gelangen (► Exkurs 2.3). Eine weitere bestimmende Determinante ist der Ort, an dem eine Zelle zufällig landet, denn ihre zukünftige Entwicklung wird davon beeinflusst, was in den benachbarten Zellen vor sich geht.

Exkurs 2.2: Individuelle Unterschiede: Geschlechtsunterschiede von Anfang bis Ende

Den sprichwörtlichen Wettstreit zwischen den Geschlechtern könnte man bereits auf das Wettrennen der Spermien um die Befruchtung der Eizelle zurückführen, bei dem die „Jungen“ sehr viel häufiger gewinnen. Die Spermien, die ein Y-Chromosom besitzen (die genetische Basis für das männliche Geschlecht), sind leichter und schwimmen schneller, sodass sie die Eizelle vor den Spermien erreichen, die ein X-Chromosom tragen. Im Ergebnis werden auf 100 weibliche Zygoten ungefähr 120 bis 150 männliche Zygoten gezeugt. Die Mädchen gewinnen den nächsten großen Wettbewerb – das Überleben. Die Geburtsquote beträgt nur mehr 106 Jungen auf 100 Mädchen. Wo sind die fehlenden Männer geblieben? Anscheinend bricht ihre Entwicklung viel häufiger vorzeitig ab als bei Frauen. Auch die Geburt ist für Jungen ein größeres Risiko; mit 50 % höherer Wahrscheinlichkeit ist ein Kaiserschnitt nötig. Die erhöhte Anfälligkeit ist nicht auf das Überleben der

pränatalen Phase beschränkt. Jungen leiden überproportional häufiger an Entwicklungsstörungen wie Sprach-, Lern- und Lesestörungen, an Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom, geistigem Zurückbleiben und Autismus. Die höhere Anfälligkeit der Männer setzt sich im Lebensverlauf fort, wie die Abbildung zeigt. Pubertierende Jungen sind impulsiver und gehen höhere Risiken ein als Mädchen, sie begehen mit höherer Wahrscheinlichkeit Selbstmord oder sterben gewaltsam. Das Überleben liegt im Einzelfall nicht immer in der Hand der Natur. In vielen Gesellschaften, in der Geschichte wie in der Gegenwart, erfährt männlicher Nachwuchs höhere Wertschätzung als weiblicher, und Eltern bedienen sich des Kindesmords, um keine Töchter haben zu müssen. Zum Beispiel waren die Inuit-Familien in Alaska traditionell auf männliche Kinder angewiesen, die bei der Jagd auf Nahrung mithelfen, und Mädchen wurden bei den Inuit früher oft bei der Geburt getötet.

Chinesische Eltern zählen früher wie heute auf ihre Söhne, die sie im hohen Alter versorgen sollen. Im heutigen China hat die Ein-Kind-Politik – eine Maßnahme zur Verringerung des Bevölkerungswachstums, die es Paaren untersagt, mehr als ein Kind zu bekommen – dazu geführt, dass viele weibliche Babys getötet, ausgesetzt oder zur Adoption in westliche Familien freigegeben werden, um für einen Sohn Platz zu machen. Ein eher technologischer Ansatz wird derzeit in Ländern praktiziert, in denen männlicher Nachwuchs mehr wert ist: Mithilfe von Schwangerschaftstests wird das Geschlecht des Fetus bestimmt, und weibliche Feten werden selektiv abgetrieben. Diese Fälle illustrieren das in ▶ Kap. 1 beschriebene Kontextmodell der Entwicklung auf drastische Weise; sie zeigen, wie kulturelle Werte, die Politik der jeweiligen Regierung und die verfügbare Technologie die Entwicklungsergebnisse beeinflussen.



Der Quotient aus der Sterblichkeitsrate US-amerikanischer Männer im Verhältnis zur Sterblichkeitsrate der Frauen liegt von Geburt an über dem Wert 1 – Männer sind über die gesamte Lebensspanne gefährdeter als Frauen. Der rasche Anstieg in Adoleszenz und frühem Erwachsenenalter – auf bis zu drei männliche Todesfälle auf einen weiblichen – geht vor allem auf äußere Einflüsse wie Unfälle, Morde oder Selbstmorde zurück

Tab. 2.1 Phasen der pränatalen Entwicklung

Zeitraum	Entwicklungsstadium	Charakteristika
Befruchtung bis 2 Wochen	Zygote	Beginnt mit der Befruchtung und dauert, bis sich die Zygote in der Gebärmutterwand einnistet. Schnelle Zellteilung.
3. bis 8. Woche	Embryo	Folgt auf die Einnistung; alle Organe und Körpersysteme entwickeln sich stark, und zwar durch die Prozesse der Zellteilung, der Zellmigration, der Differenzierung und des Absterbens von Zellen sowie durch hormonelle Einflüsse.
9. Woche bis Geburt	Fetus	Fortgesetzte Entwicklung der körperlichen Strukturen und schnelles Körperwachstum. Steigendes Verhaltensniveau, sensorische Erfahrung, Lernen.

Exkurs 2.3: Genauer betrachtet: Phylogenetische Kontinuität

An verschiedenen Stellen dieses Buches werden wir Forschungen an Tieren beschreiben, um etwas über die menschliche Entwicklung klarzumachen. Damit folgen wir dem Prinzip der **phylogenetischen Kontinuität** – der Ansicht, dass Menschen wegen ihrer gemeinsamen Evolutionsgeschichte einige Eigenschaften und Entwicklungsprozesse mit anderen Tieren, insbesondere Säugern, teilen. Tatsächlich haben Sie die meisten Ihrer Gene mit Ihrem Hund, Ihrer Katze oder Ihrem Hamster gemeinsam.

Die Annahme, dass verhaltens- und entwicklungsbezogene Tiermodelle für das Verständnis der menschlichen Entwicklung hilfreich und informativ sein können, liegt einer großen Zahl von Forschungsarbeiten zugrunde. Beispielsweise stammt ein Großteil unseres Wissens über die Wirkungen von Alkoholkonsum bei schwangeren Frauen aus der Forschung an Tieren. Weil man den Verdacht hatte, dass Alkohol während der Schwangerschaft das Muster an Defekten verursachen könnte, das wir heute als *Fetales Alkoholsyndrom* oder auch *Alkoholembryopathie* kennen (wir kommen in diesem Kapitel noch darauf

zurück; [Abb. 2.11](#)), setzten sie die Feten von Mäusen im Mutterleib experimentell unter Alkoholeinfluss. Bei der Geburt zeigten die Tiere dann atypische Gesichtszüge, die den Gesichtsanomalien von Kindern alkoholabhängiger Mütter erstaunlich ähnlich waren. Dieser Sachverhalt bestärkte die Annahme, dass die gewöhnlich mit Alkoholembryopathie assoziierten Probleme tatsächlich durch den Alkohol verursacht sind und nicht durch irgendeinen anderen Faktor.

Zu den faszinierendsten Entdeckungen der vergangenen Jahre gehört das fetale Lernen, das später noch ausführlich erläutert wird. Dieses Phänomen wurde zuerst an der Ratte nachgewiesen – einem der beliebtesten Lebewesen für vergleichende Verhaltensforschung. Um zu überleben, müssen die neugeborenen Ratten eine milchgebende Brustwarze der Mutter finden. Woher wissen sie, wo sie suchen müssen? Die Antwort lautet: Sie suchen nach etwas, das ihnen vertraut ist. Beim Gebären werden die Brustwarzen an der Unterseite des Bauches der Rattenmutter mit Fruchtwasser beschmiert. Der Geruch des Fruchtwassers ist den Rattenbabys aus ihrer Zeit im Mutterleib

vertraut und lockt sie dorthin, wo sie hin müssen – mit ihren Nasen und damit ihren Mündern in die Nähe einer Brustwarze (Blass 1990).

Woher wissen wir, dass der erste Brustwarzenkontakt der neugeborenen Ratte auf dem Wiedererkennen des Fruchtwassers beruht? Als man den Bauch der Rattenmutter von jeglichem Fruchtwasser reinigte, fanden die Jungen die Brustwarzen nicht; reinigte man die Hälfte der Warzen, waren die Jungen von den ungewaschenen angezogen, an denen noch Fruchtwasser haftete (Blass und Teicher 1980). Ein noch eindrucksvollerer Beleg wurde ermittelt, indem man dem Fruchtwasser Gerüche oder Geschmacksstoffe zusetzte – durch direkte Injektion oder durch Beimischung im Futter der trächtigen Ratte –, denn dann bevorzugten die Jungen nach der Geburt diese Aromen (Hepper 1988; Pedersen und Blass 1982; Smotherman und Robinson 1987). Experimentelle Nachweise fetalen Lernens bei Nagetieren lösten eine wissenschaftliche Suche nach ähnlichen Prozessen bei menschlichen Feten aus. Und diese Suche war, wie wir sehen werden, erfolgreich.

■ Aus dem Verhalten von Ratten haben Entwicklungsforscher viel über die menschliche Entwicklung gelernt. (© Wildlife GmbH/Alamy)



Phylogenetische Kontinuität – Die Vorstellung, dass die Evolutionsgeschichte von Mensch und Tier kontinuierlich verläuft und deshalb der Mensch viele Eigenschaften, Verhalten und Entwicklungsprozesse mit anderen Tieren, insbesondere Säugern, teilt.

Die anfängliche Flexibilität und die anschließende Unflexibilität von Zellen sowie die Bedeutung ihres Ortes lassen sich anschaulich anhand der klassischen Forschungen mit Froschembryonen illustrieren. Wenn der Teil eines Froschembryos, der normalerweise zu einem Auge würde, sehr früh in der Entwicklung in seinen Bauchbereich eingepflanzt wird, entwickelt sich der transplantierte Bereich als normaler Teil des Bauches. Obwohl sich die Zellen anfänglich also am richtigen Ort befanden, um zu einem Auge zu werden, hatten sie sich noch nicht spezialisiert. Zu einem späteren Zeitpunkt führt dieselbe Operation zu einem – einzelnen und nicht sehenden – Auge, das im Bauch des Froschembryos angesiedelt ist (Wolpert 1991).

Der vierte Entwicklungsprozess kommt uns normalerweise nicht als Teil einer Entwicklung in den Sinn – der *Tod*. Aber der selektive Tod bestimmter Zellen ist der „praktisch ständige Begleiter“ der bereits beschriebenen Entwicklungsprozesse (Wolpert 1991). Die Rolle dieses genetisch vorprogrammierten Zelltodes, den man **Apoptose** nennt, ist an der Entwicklung der Hand erkennbar: Die Ausbildung der Finger hängt vom Absterben der Zellen zwischen den Rippen des Handtellers ab. Mit anderen Worten, für diejenigen Zellen, die aus den Handtellern selektiv verschwinden, ist der Tod ein Teil des Entwicklungsprogramms.

Apoptose – Programmierter Zelltod.

Zusätzlich zu diesen vier Entwicklungsprozessen müssen wir den Einfluss der Hormone auf die pränatale Entwicklung betrach-

ten. Beispielsweise spielen Hormone eine entscheidende Rolle bei der Geschlechtsdifferenzierung. Jeder menschliche Fetus kann, ungeachtet seiner Gene, männliche oder weibliche Genitalien ausbilden. Was die Entwicklung in die eine oder andere sexuelle Richtung verursacht, ist das Vorhandensein oder Fehlen von *Androgenen*, einer Klasse von Hormonen, zu denen auch das Testosteron gehört. Wenn Androgene vorhanden sind, entwickeln sich männliche Geschlechtsorgane; ohne Androgene bilden sich weibliche Geschlechtsorgane heraus. Die Quelle dieser einflussreichen Hormone ist der männliche Fetus selbst. Um die achte Woche nach der Befruchtung beginnen die Hoden, Androgene zu produzieren, und diese selbst erzeugte Substanz verändert den Fetus zeitlebens. Dies ist nur eine von vielen Arten, wie der Fetus seine eigene Entwicklung beeinflusst.

Wir richten die Aufmerksamkeit nun auf den allgemeinen Verlauf der pränatalen Entwicklung, der sich aus allen genannten Einflüssen und weiteren Entwicklungsprozessen ergibt.

Früheste Entwicklung

Auf ihrem Weg durch den Eileiter in den Uterus verdoppelt die Zygote die Anzahl ihrer Zellen etwa zweimal am Tag. Am vierten Tag nach der Befruchtung formen sich die Zellen zu einer Hohlkugel, der Keimblase oder **Blastozyste**, in der sich auf der einen Seite ein Zellhaufen befindet – die **innere Zellmasse**, auch Embryoblast, genannt.

Blastozyste – (Keimblase) Eine Hohlkugel aus Zellen, zu der sich die Zygote um den vierten Tag ihrer Entwicklung formt.

Innere Zellmasse – (Embryoblast) Der Zellhaufen im Inneren der Blastozyste, aus dem sich schließlich der Embryo entwickeln wird.

Dies ist das Entwicklungsstadium, in dem **eineiige Zwillinge** am häufigsten entstehen. Sie gehen aus der Teilung der inneren Zellmasse in zwei Hälften hervor und besitzen somit beide exakt dieselbe genetische Ausstattung. Im Unterschied dazu entstehen **zweieiige Zwillinge** dann, wenn zufällig zwei Eizellen aus dem Eierstock in den Eileiter entlassen und beide befruchtet werden. Weil sie von zwei verschiedenen Eizellen und zwei verschiedenen Spermien stammen, sind sich zweieiige Zwillinge genetisch nicht ähnlicher als jedes andere Geschwisterpaar mit denselben Eltern.

Eineiige Zwillinge – Zwillinge, die aus der Teilung der Zygote in zwei identische Hälften entstehen, von denen jede genau dieselben Gene hat.

Zweieiige Zwillinge – Zwillinge, die aus zwei Eizellen entstehen, die beim gleichen Eisprung von zwei verschiedenen Spermien befruchtet werden. Zweieiige Zwillinge stimmen nur in der Hälfte ihrer genetischen Ausstattung überein.

Zum Ende der ersten Woche nach der Befruchtung findet, sofern alles gut geht (was nur bei weniger als der Hälfte der entstandenen Zygoten der Fall ist), ein entscheidendes Ereignis statt – die Einnistung (*Nidation*) der Zygote in die Gebärmutterwand, wodurch sie mit Blick auf ihre Ernährung von der Mutter abhängig wird. Deutlich vor Ende der zweiten Woche hat sich die Zygote vollständig in die Gebärmutterwand eingebettet.

Nach der Einnistung beginnt der abgekapselte Zellhaufen, sich weiter zu differenzieren. Die innere Zellmasse wird zum Embryo, und aus dem Rest der Zellen wird ein kunstvolles Unterstützungssystem aus *Fruchtblase* und *Plazenta*, das den Embryo dazu befähigt, sich zu entwickeln. Die innere Zellmasse besteht am Anfang nur aus einer Schicht, doch im Verlauf der zweiten Woche faltet sie sich zu drei Schichten mit einer jeweils anderen Bestimmung im Entwicklungsverlauf. Aus der oberen Schicht entstehen das Nervensystem, die Nägel und Zähne, das Innenohr, die Augenlinsen und die äußere Oberfläche der Haut. Die mittlere Schicht wird am Ende zu Muskeln, Knochen, dem Blutkreislaufsystem, den inneren Schichten der Haut und anderen inneren Organen. Die untere Schicht entwickelt sich zum Verdauungssystem, zu den Lungen, dem Harntrakt und den Drüsen. Ein paar Tage, nachdem sich der Embryo in diese drei Schichten ausdifferenziert hat, bildet sich vom Zentrum der oberen Schicht eine U-förmige Furche nach unten. Die Falten am oberen Ende der Furche bewegen sich aufeinander zu und verbinden sich, wodurch das **Neuralrohr** entsteht. Das eine Ende des Neuralrohres wird anschwellen und sich zum Gehirn entwickeln, und der Rest wird zum Rückenmark.

Neuralrohr – Eine U-förmige Furche in der oberen Schicht der sich ausdifferenzierenden Zellen des Embryos, aus der sich Gehirn und Rückenmark entwickeln.

Das Unterstützungssystem, das sich zeitgleich mit dem Embryo ausformt, ist ausgefeilt und für dessen Entwicklung unabdingbar. Ein lebenswichtiger Teil des Unterstützungssystems ist die **Fruchtblase**, eine mit einer klaren, wässrigen Flüssigkeit gefüllte Membran, in der der Fetus schwimmt. Das Fruchtwasser wirkt auf mehrfache Weise als ein schützender Puffer für den sich entwickelnden Fetus; zum Beispiel sorgt es für eine relativ gleichbleibende Temperatur und dämpft ruckartige Bewegungen und Stöße ab. Da der Fetus in der Fruchtblase schwimmt, kann er außerdem, wie wir gleich sehen werden, seine kleinen, schwachen Muskeln relativ ungehindert von den Einflüssen der Schwerkraft gebrauchen.

Fruchtblase – Die durchsichtige, mit Flüssigkeit gefüllte Membran, die den Fetus umgibt und schützt.

Das zweite Schlüsselement dieses Unterstützungssystems ist die **Plazenta**, ein einzigartiges Organ, das den Austausch von Stoffen in den Blutkreisläufen der Mutter und des Fetus ermöglicht. Die Plazenta besteht aus einem außerordentlich reichen Netzwerk von Blutgefäßen, darunter auch ganz winzige, die in das Gewebe des mütterlichen Uterus hineinreichen und zusammengenommen eine Oberfläche von ungefähr 8 m^2 bilden – das ist etwa das Stück Straße, das ein Mittelklassewagen einnimmt (Vaughn 1996). Die Blutgefäße, die von der Plazenta zum Embryo und zurück verlaufen, sind in der **Nabelschnur** enthalten.

Plazenta – Ein Unterstützungsorgan für den Fetus; es hält die Blutkreisläufe von Fetus und Mutter getrennt, ermöglicht aber als eine halbdurchlässige Membran den Austausch einiger Stoffe (Sauerstoff und Nährstoffe von der Mutter zum Fetus, Kohlendioxid und Abfallstoffe vom Fetus zur Mutter).

Nabelschnur – Ein Bindegewebsstrang mit Blutgefäßen, die den Fetus mit der Plazenta verbinden.



■ **Abb. 2.4** Ein vier Wochen alter Embryo. (© Lennart Nilsson/TT)

In der Plazenta kommen die Blutkreislaufsysteme der Mutter und des Fetus einander extrem nahe, aber die Plazenta verhindert, dass sich das Blut von beiden vermischt. Die Membran der Plazenta ist semipermeabel (halbdurchlässig), was bedeutet, dass manche Stoffe sie nur in einer Richtung durchdringen können, aber nicht in die andere. Sauerstoff, Nährstoffe, Mineralien und manche Antikörper – alles Stoffe, die für den Fetus genauso lebenswichtig sind wie für uns – werden vom Blut der Mutter zur Plazenta transportiert. Dann durchqueren sie die Plazenta und gelangen in das Blutsystem des Fetus. Abfallprodukte vom Fetus (z. B. Kohlendioxid und Harnstoff) durchqueren die Plazenta in umgekehrter Richtung und werden vom Blutstrom der Mutter durch ihre normalen Ausscheidungsprozesse entsorgt.

Die Membran der Plazenta dient auch als Abwehrschanke gegen eine ganze Reihe von Giftstoffen und infektiösen Keimen, die sich im Körper der Mutter befinden können und für den Fetus schädlich oder sogar tödlich wären. Leider ist die semipermeable Plazenta keine perfekte Barriere, sodass, wie wir noch sehen werden, eine Vielzahl schädlicher Stoffe durch sie hindurch gelangen und den Fetus angreifen können. Eine weitere Funktion der Plazenta besteht in der Produktion von Hormonen, einschließlich des *Östrogens*, das den mütterlichen Blutfluss zum Uterus erhöht, und des *Progesterons*, das Kontraktionen des Uterus, die den Fetus vorzeitig ausstoßen könnten, unterdrückt (Nathanielsz 1994).

Eine illustrierte Zusammenfassung der pränatalen Entwicklung

Wichtige Zwischenschritte der pränatalen Entwicklung ab der vierten Woche sind in ■ **Abb. 2.4, 2.5, 2.6 und 2.7** dargestellt, wobei im Text die bedeutsamsten Schritte gesondert hervorgehoben



■ **Abb. 2.5** Ein fünf- bis sechswöchiger Embryo. (© Biophoto Associates/Photo Researchers)

werden. Die erwähnten Verhaltensweisen des Fetus werden in einem späteren Abschnitt noch eingehender erörtert. Man beachte, dass die Entwicklung am Anfang viel schneller vorstättgeht als in späteren Stadien und dass sich die Bereiche in der Nähe des Kopfes früher entwickeln als die vom Kopf weiter entfernten Körperbereiche (also Kopf vor Körper, Hände vor Füßen) – eine allgemeine Tendenz, die als **cephalocaudale Entwicklung** (vom Kopf zum Schwanz) bezeichnet wird.

Cephalocaudale Entwicklung – Das Wachstumsmuster der Embryonalentwicklung, bei dem sich Regionen in Kopfnähe früher entwickeln als weiter vom Kopf entfernte Körperregionen.

Etwa vier Wochen nach der Befruchtung ist der winzige Körper des Embryos so stark zusammengekrümmt, dass sich der Kopf und die schwanzartige Struktur am anderen Ende fast berühren (■ **Abb. 2.4**). Mehrere Merkmale des Gesichts haben ihren Ursprung in vier Falten vorn am Kopf des Embryos; das Gesicht entwickelt sich nach und nach, indem sich dieses Gewebe bewegt und dehnt, sich Teile davon verbinden und andere sich trennen. Der runde Bereich in der Nähe des oberen Kopfteiles ist die Stelle, an der sich das Auge bilden wird, und der runde graue Bereich nahe dem hinteren Teil des „Nackens“ ist der Ursprung des Innenohres. Ein primitives Herz ist sichtbar; es schlägt bereits und bringt Blut in Umlauf. An der Seite des Embryos kann man eine Armknospe erkennen; eine Beinknospe, weniger deutlich, ist ebenfalls vorhanden.

Ein fünf bis sechs Wochen alter Embryo schwimmt frei im Fruchtwasser (■ **Abb. 2.5**). In der fünften und sechsten Woche tritt eine schnelle Gehirnentwicklung ein, wie man an der vorgewölbten Stirn sehen kann. Die Anfänge eines Auges sind sichtbar, auch bildet sich eine Nase. Allmählich erscheinen separate Finger. Es treten die ersten spontanen Bewegungen auf, wenn der Embryo seinen Rücken krümmt. Weil der Embryo noch so klein und vom Fruchtwasser umgeben ist, kann die Mutter diese Bewegungen jedoch nicht wahrnehmen.



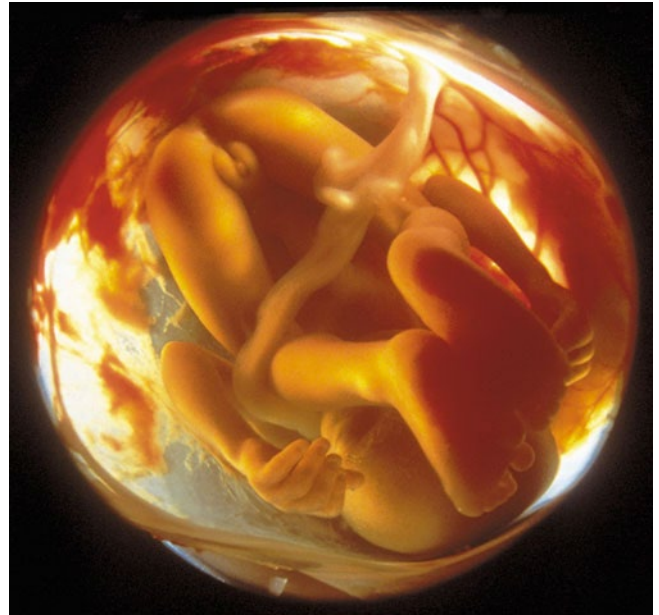
■ **Abb. 2.6** Ein 16 Wochen alter Fetus. (© Lennart Nilsson/TT)

Bei einem neun Wochen alten Fetus nimmt der Kopf etwa die halbe Länge ein. Es bilden sich ansatzweise Augen und Ohren. Alle inneren Organe sind bereits vorhanden, müssen aber meistens noch weiterentwickelt werden. Die Geschlechtsdifferenzierung hat begonnen. Es bilden sich Rippen; Ellbogen, Finger und Zehen sind entstanden; die Nägel wachsen. Der Fetus reagiert bereits auf äußere Berührungsreize: Die Berührung einer Seite des Mundbereichs verursacht ein Wegdrehen des Kopfes.

In den Wochen elf und zwölf sind die Augen fest verschlossen. Die Finger sind klar voneinander abgegrenzt, und die äußeren Genitalien haben sich entwickelt. Die Bewegungen des Fetus sind drastisch angestiegen: Die Brust macht Atembewegungen, und einige Reflexe – greifen, schlucken, saugen – sind bereits vorhanden. Die Arme und Beine befinden sich in heftiger, fast permanenter Bewegung, wobei diese Bewegungen des Fetus von der Mutter immer noch nicht wahrgenommen werden.

In den letzten fünf Monaten der pränatalen Entwicklung beschleunigt sich das Wachstum der unteren Körperpartien (■ **Abb. 2.6**). Die Bewegungen des Fetus verstärken sich dramatisch; der Brustkorb hebt und senkt sich beim Atmen, und einige Reflexe sind vorhanden: greifen, schlucken, saugen. Den kräftigen Tritt des 16 Wochen alten Fetus wird die Mutter spüren, aber nur als ein sanftes „Flattern“. Ein anderer Kamerawinkel würde zeigen, ob es ein Junge oder ein Mädchen ist, denn zu diesem Zeitpunkt sind die äußeren Genitalien weitgehend entwickelt.

Mit 18 Wochen saugt der Fetus zuweilen an seinem Daumen; wenn die Hand zufällig den Mund streift, kann der Fetus mit einem Saugreflex reagieren. Er ist jetzt mit einer feinen Behaarung bedeckt, und eine fettige Schicht schützt seine Haut vor dem langen Aufenthalt in Flüssigkeit. In der 20. Woche liegt der



■ **Abb. 2.7** Ein 20 Wochen alter Fetus. (© Lennart Nilsson/TT)

Fetus immer längere Zeit mit dem Kopf nach unten. Jetzt sind einzelne Komponenten des Gesichtsausdrucks vorhanden – der Fetus kann die Augenbrauen hochziehen, die Stirn runzeln und den Mund bewegen (■ **Abb. 2.7**).

Mit der 28. Woche sind Gehirn und Lungen so weit entwickelt, dass der Fetus, falls er jetzt geboren würde, auch ohne medizinische Eingriffe eine Überlebenschance besäße. Die Augen können sich öffnen, und sie bewegen sich, insbesondere in den REM-Schlaf-Phasen (die von schnellen Augenbewegungen gekennzeichnet sind; REM ist die Abkürzung für *rapid eye movement*). Das Hörsystem funktioniert bereits, der Fetus hört Geräusche und reagiert auf viele von ihnen. Die Gehirnwellen eines Fetus ähneln in diesem Stadium stark denen eines Neugeborenen. In den letzten drei Monaten der pränatalen Entwicklung wächst der Fetus dramatisch und verdreifacht sein Gewicht. Das typische Ergebnis dieser neunmonatigen Phase der schnellen und bemerkenswerten Entwicklung ist ein gesunder Säugling.

Das Verhalten des Fetus

Wir haben schon erwähnt, dass der Fetus selbst aktiv zur Entwicklung seines Körpers und Verhaltens beiträgt. Tatsächlich hängt die normale Ausbildung von Organen und Muskeln von fetaler Aktivität ab, und der Fetus übt und erprobt das Verhaltensrepertoire, das er bei der Geburt benötigen wird.

Bewegung

Jede Mutter weiß, dass ihr Baby in der Gebärmutter bereits aktiv war, aber nur wenige sind sich darüber im Klaren, wie früh ihr Kind anfang, sich zu bewegen. Ab der fünften oder sechsten Woche nach der Befruchtung zeigt der Organismus in seiner Entwicklung spontane Bewegungen, angefangen mit dem einfachen Beugen von Kopf und Rückgrat, gefolgt von einer Vielzahl zunehmend komplizierter Bewegungen, die über die nächsten Wo-



<http://www.springer.com/978-3-662-47027-5>

Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter

Siegler, R.; Eisenberg, N.; DeLoache, J.; Saffran, J. – Pauen,
S. (Hrsg.)

2016, XVII, 688 S. 434 Abb., Hardcover

ISBN: 978-3-662-47027-5