

Beate Sodian

Pränatale Entwicklung und Neugeborenenzeit Neuronale Entwicklung

Siegler, R., DeLoache, J., & Eisenberg, N. (2005). Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter (Kap. 2, S. 59-114). Heidelberg u.a.: Elsevier/Spektrum Akademischer Verlag.

Siegler, R., DeLoache, J., & Eisenberg, N. (2005). Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.

Kapitel 3: Biologie und Verhalten; hieraus: S. 141-158.



Pränatale Entwicklung



Historische Ansichten

- **Präformation**— Individuum schon im Spermium präformiert

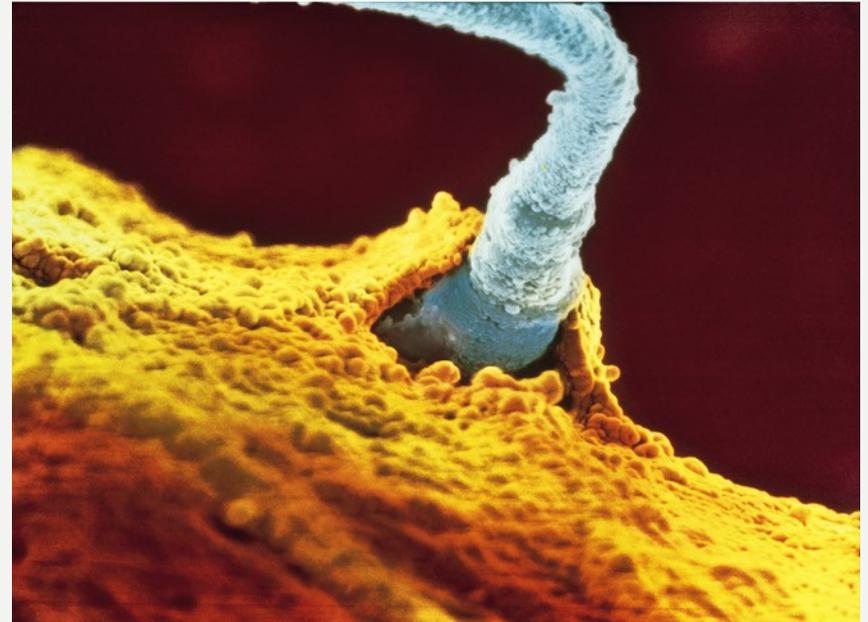
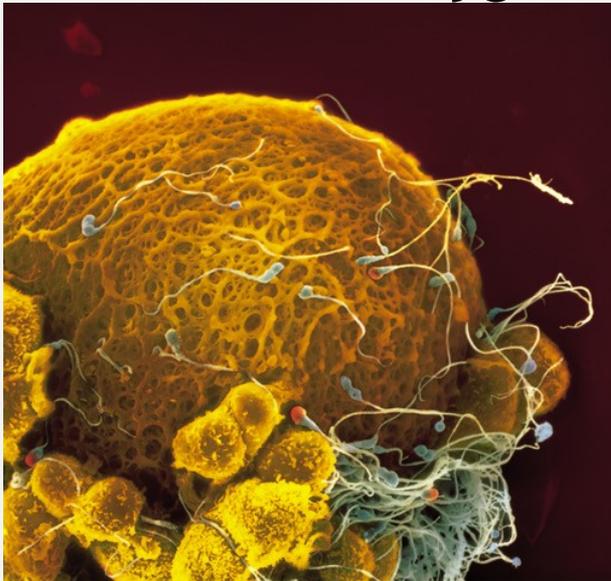
Oder

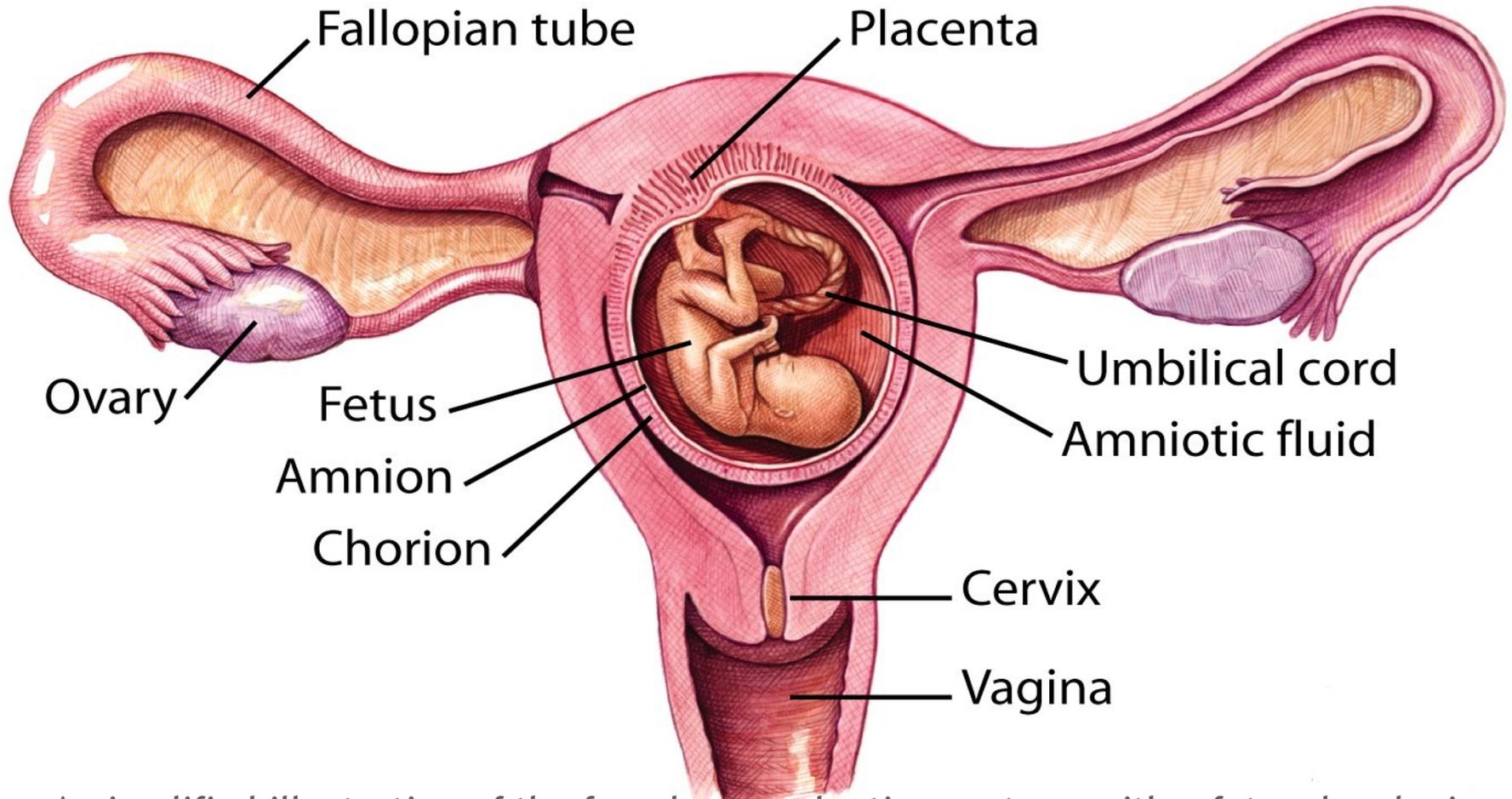
Epigenese (**Aristoteles**)— neue Strukturen und Funktionen entstehen in der Entwicklung

- **Moderne Embryologie**—
 - Existenz von Genen und Zellen
 - Methoden, um die körperliche und die behaviorale Entwicklung im Mutterleib zu untersuchen.

Keimzellen **Gameten** (Sperma und Eizelle) produziert durch die für die Fortpflanzung erforderliche Form der Zellteilung (**Meiose**) (Keimzellen besitzen die Hälfte des normalen Chromosomensatzes).

Befruchtung - Vereinigung von Eizelle und Sperma
befruchtete Eizelle: Zygote





A simplified illustration of the female reproductive system, with a fetus developing in the uterus (womb). The umbilical cord runs from the fetus to the placenta, which is burrowed deeply into the wall of the uterus. The fetus is floating in amniotic fluid inside the amniotic sac.



TABLE 2.1

Periods of Prenatal Development

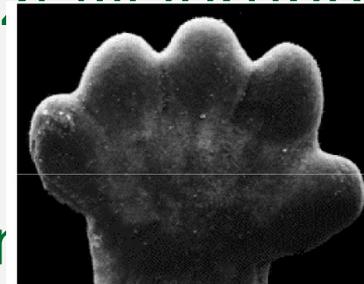
Conception to two weeks	Zygote	Begins with conception and lasts until the zygote becomes implanted in the uterine wall. Rapid cell division takes place.
3rd to 8th week	Embryo	Following implantation, major development occurs in all the organs and systems of the body. Development takes place through the processes of cell division, cell migration, cell differentiation, and cell death, as well as hormonal influences.
9th week to birth	Fetus	Continued development of physical structures and rapid growth of the body. Increasing levels of behavior, sensory experience, and learning.



Die Zygote wird zum Embryo und später zum Fetus durch Prozesse der

- Zellteilung
- Zellmigration
- Zelldifferenzierung
- Zelltod

- **Zellteilung:** beginnt 12 Stunden nach der Befruchtung und dauert während der embryonalen und fetalen Phasen an.
- **Zellmigration:** Zellen wandern vom Ursprungsort zu einem anderen Ort, z.B. vom Inneren des Gehirns des Embryos zur äußeren Zellschicht, dem Kortex.
- **Differenzierung:** Zellen beginnen sich zu spezialisieren, erfüllen spezifische Funktionen. Anfängliche Flexibilität, spätere Spezialisierung (Expt mit Froschembryonen).
- **Programmierter Zelltod:** Absterben nicht mehr benötigter Zellen.





- Rolle bei der Geschlechtsdifferenzierung: bis zur 6. Woche: XX und XY Embryos organisch gleich
 - 7. Woche: Y-Chromosom löst Bildung von Hoden aus.
 - 8. Woche: Hoden beginnen Testosteron zu produzieren. ⇒ Bildung männlicher Geschlechtsorgane
 - Bei Fehlen von Testosteron ⇒ weibliche Geschlechtsorgane

Kritische Periode:

Begrenzter Zeitraum, in dem der Organismus in einer spezifischen Weise beeinflussbar ist.

=> Nicht reversibel, nicht nachholbar

Phasen pränataler Entwicklung

Zygote



- **Zygote**

- Von der Befruchtung bis zur Einnistung (2 Wochen)
- Schnelle **Zellteilung** ; Verdopplung der Anzahl der Zellen
2mal am Tag

- **Blastozyste (Keimblase)**

- ❖ 4terTag nach der Befruchtung
- ❖ Zellen formen sich zu einer Hohlkugel in der sich auf einer Seite ein Zellhaufen (innere Zellmasse) befindet.
- ❖ Teilung der inneren Zellmasse => eineiige Zwillinge

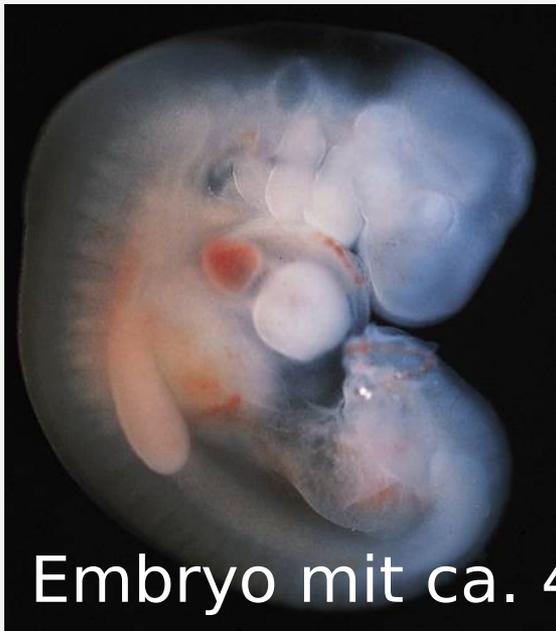
Phasen pränataler Entwicklung Embryo

- 3. bis 8. Woche
 - Durch den Prozess der **Gastrulation** entsteht aus
 - der inneren Zellmasse der Embryo.
 - Rest der Zellen: Unterstützungssystem (Plazenta, Nabelschnur, Fruchtblase)
 - Differenzierung in Ektoderm, Mesoderm, Endoderm
 - Neuralrohr (U-förmige Furche, die sich aus dem Ektoderm bildet und später zu Gehirn und Rückenmark wird)
 - Entwicklung von Organen und Systemen u. Ausbildung der wichtigsten Organsysteme



- Embryo mit 4 Wochen
- Herz schlägt, Blutzirkulation.

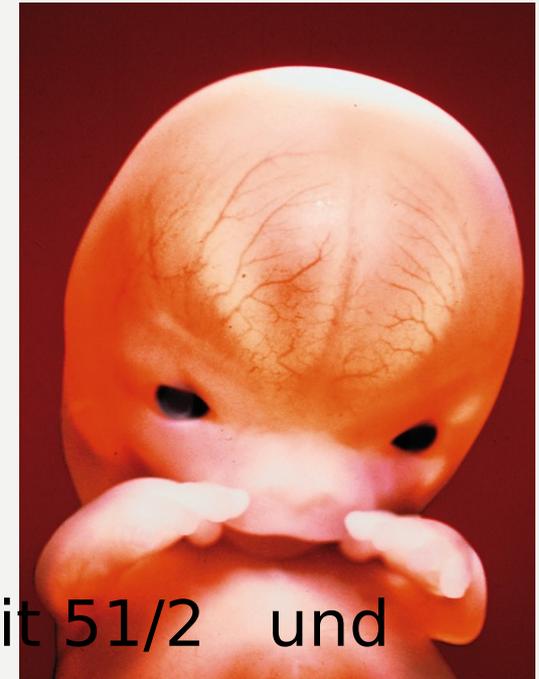
- Embryo mit 5-6 Wochen
- Rasche Gehirnentwicklung, Beginn der Entwicklung von Augen, Spontanbewegung



Embryo mit ca. 4
8 Wochen



Gesicht mit 5 1/2 und



Phasen pränataler Entwicklung Fetus



- 9. Woche bis Geburt
- Rapides Wachstum
- Anatomische Feinstrukturierung, Gehirnausbildung, Wachstum, Skelettbildung, Responsivität, Schlaf - Wach - Zyklus, sensorische Erfahrungen und Lernen
- Länge 51 - 54 cm
- Gewicht: 3500 g (Durchschnitt)

- 9 Wochen

Alle inneren Organe ausgebildet,
Geschlechtsdifferenzierung hat begonnen



- 11-12 Wochen

Äußere Geschlechtsorgane ausgebildet, Arme, Beine, Finger sichtbar. Einige Reflexe (Greifen, Schlucken, Saugen).



16 Wochen

Beschleunigtes Wachstum
unteren Körperpartien.



- 18 Wochen

Saugen am Daumen, feine Behaarung, fettige Schicht schützt Haut vor Flüssigkeit



- 20 Wochen

Rasche Gewichtszunahme
Enge in der Fruchtblase,
weniger Bewegungen,
einzelne Komponenten
des Gesichtsausdrucks.

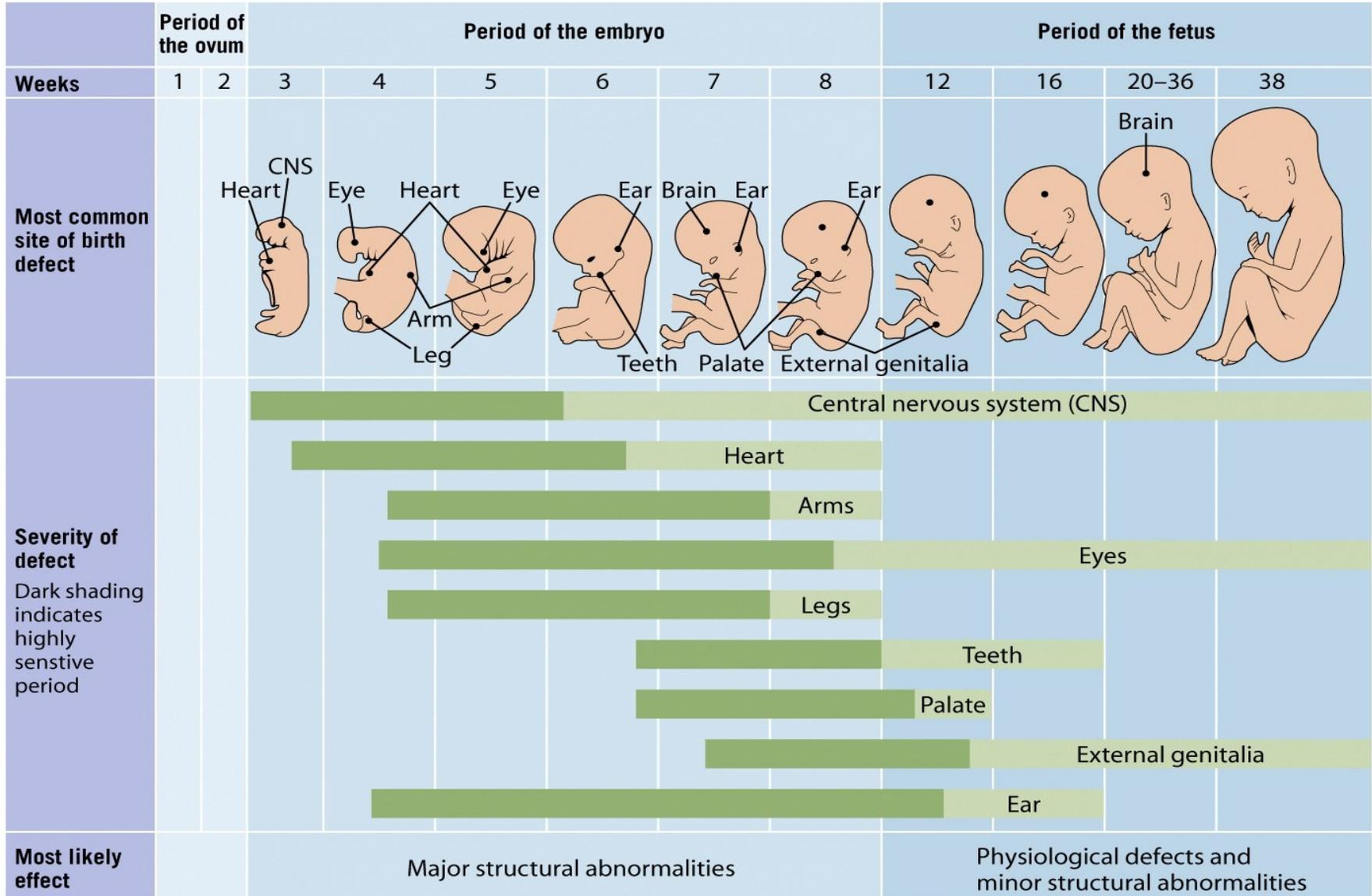


- 28 Wochen

Lebensfähig außerhalb des Mutterleibs.
Augen öffnen, Hören, REM-Schlaf.



Phasen pränataler Entwicklung





- Bereiche in der Nähe des Kopfes entwickeln sich früher und schneller als die vom Kopf weiter entfernten Körperbereiche.
 - (Kopf vor Rumpf, Hände vor Füßen).

Verhalten des Fetus

Sensorisches Erleben

Lernen



- Schlucken, Bewegen von Armen und Beinen, Gähnen, Saugen. Ab 12. Woche sind die meisten Bewegungen, die bei Geburt beobachtbar sind, bereits aufgetreten.
- Individuelle Unterschiede im Aktivitätsniveau – Kontinuität zum postnatalen Verhalten.
- Vorbereitung zum Atmen außerhalb des Mutterleibs, Bewegung des Brustkorbs, kleine Mengen von Fruchtwasser einsaugen und ausstoßen.
- Fetales Atmen nicht kontinuierlich, sondern nur etwa 50% der Zeit.



- Schon mit 10 Wochen Zyklen aus Aktivität und Ruhepausen.
- Abnehmende Aktivität gegen Ende der Schwangerschaft.
- Bei Anencephalie hohe anhaltende Aktivität => Cortex steuert Hemmung der fetalen Bewegung.
- Rudimentäre circadiane Rhythmik.
- Gegen Ende der Fetalzeit $\frac{3}{4}$ der Zeit in ruhigem und aktivem Schlaf, ähnlich



- Berührung: Kontakt der Hand mit anderen Körperteilen, Gesicht reiben, Daumen lutschen.
- Geschmackspräferenzen (Süß).
- Geruch: Olfaktorische Erfahrungen durch Kontakt mit Fruchtwasser.
- Hören: Ab 6. Monat Reaktion auf Geräusche, Änderungen in Bewegung und Pulsfrequenz z.B. auf Stimme der Mutter.
- Sehen: Hinweise auf fetale Reaktion, wenn helles Licht direkt auf die Haut des mütterlichen Bauchs scheint.



Berührung

- Greifen, nuckeln, reiben, anstoßen an die Gebärmutterwand

Geschmack

- Schluckt Fruchtwasser
- Präferenz für süßen Geschmack

Geruch

- Fruchtwasser nimmt Aroma der mütterlichen Nahrung an
- Wenn der Fetus atmet kommt Fruchtwasser in Kontakt mit seinem olfaktorischen System

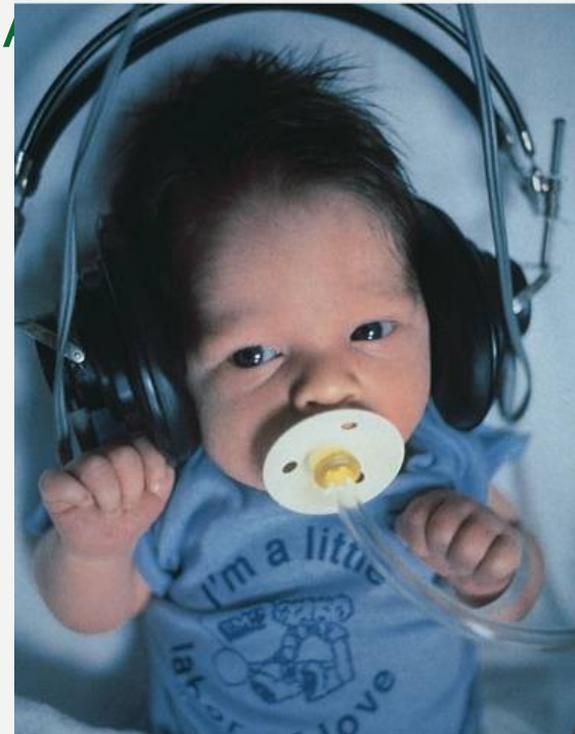
Sehen

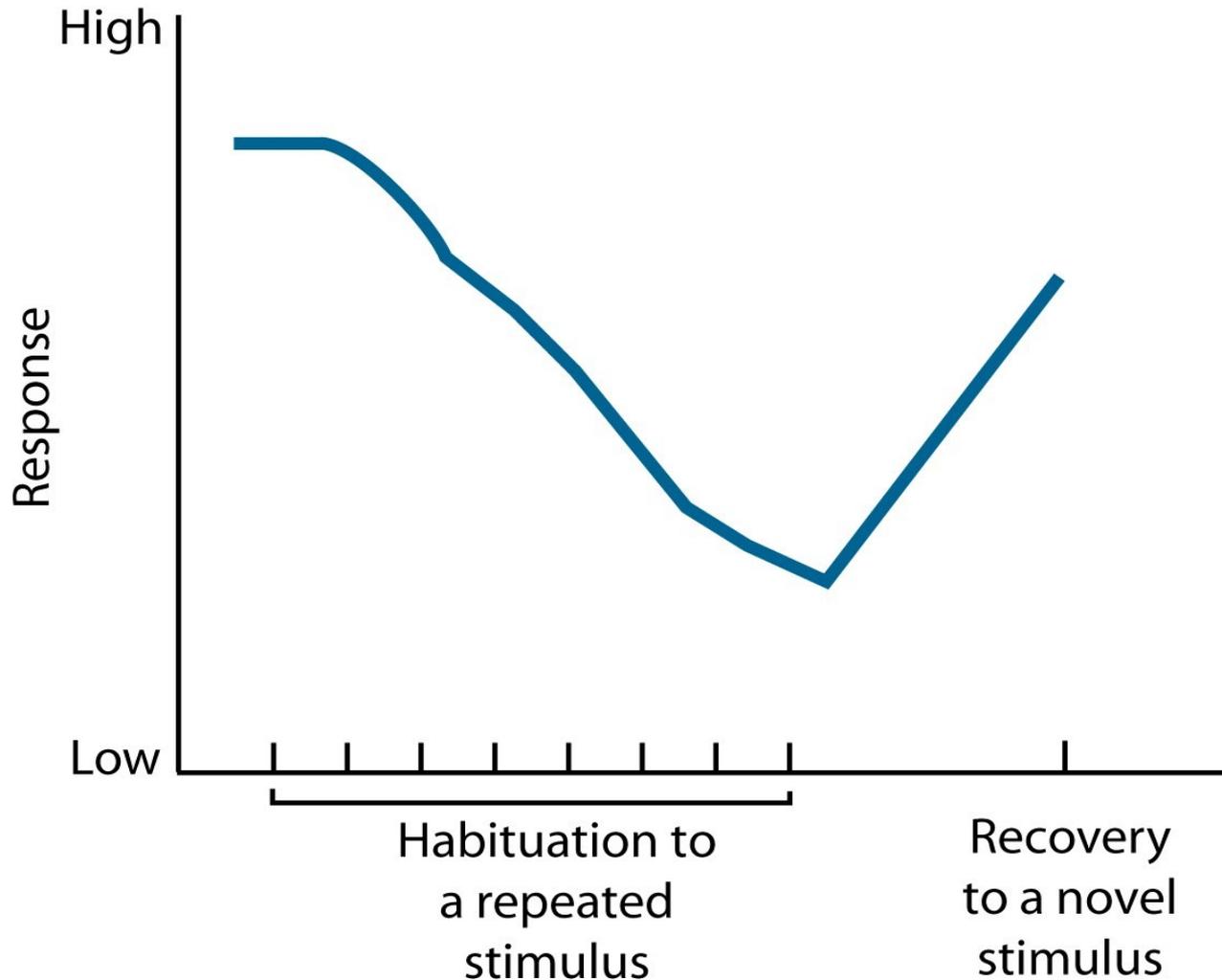
- vernachlässigbar

Hören

- Geräusche des Körperinneren (mütterlicher Herzschlag, Atemgeräusche, etc.)
- Geräusche von Außen (mütterliche Stimme, Stimmen anderer Menschen)
- Fetus reagiert hierauf mit Bewegungen und Veränderungen der Herzschlagrate

- Habituation—Abnehmen der Reaktion auf wiederholte oder andauernde Reizung ab 32. Woche:
 - Lecanuet: Silbenpaar “Babi”: Habituation in Veränderung der Pulsfrequenz, “Biba” => Dishabituation.
- Wiedererkennen bekannter prosodischer Merkmale von Geschichten nach der Geburt:
- DeCaspar & Spence, 1986:
=>Evidenz für pränatales Lernen und Gedächtnis.





Habituation:
Abnahme der
Reaktion auf
einen wiederholt
dargebotenen
Reiz – indiziert
Erinnerung

Dishabituation:
Wieder-Auftreten
der Reaktion auf
neuen Reiz –
indiziert
Unterscheidung
beider Reize

Versuch von DeCaspar & Spence (1986)

Schwangere lesen Reimgeschichte 2mal am Tag während der letzten 6 1/2 Schwangerschaftswochen laut vor.

2-3 Tage nach Geburt

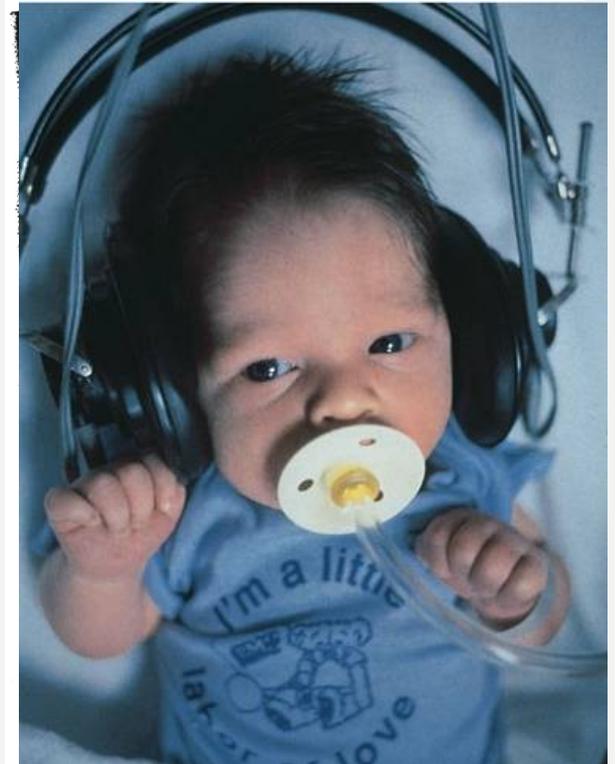
Reaktion auf bekannte Geschichte:

Saugrate x

Reaktion auf unbekannte

Geschichte: Saugrate y

Ergebnis: häufiger Saugrate x





Habitualionslernen

Pränatal

- Feststellbar etwa ab 32. Woche
- Ab 37. Woche Anzeichen von Langzeitgedächtnis und Lernen
- Habituation erfasst durch Änderung der Herzschlagfrequenz

Postnatal

- Hören: Wiedererkennen pränataler Stimuli (Stimmen, Prosodie, etc.)
- Geruch: bevorzugt Geruch eigenen Fruchtwassers
- Geschmack: erkennt Geschmack, den es als Fetus, aber nicht als Neugeborenes erfahren hat

Risiken der pränatalen Entwicklung



- Ca. 45% der Schwangerschaften enden in Fehlgeburt (oft in den ersten Wochen).
- Schwere Defekte, z.B. Chromosomen-aberrationen bei den meisten fehlgeborenen Feten.
- 90% der überlebenden Feten werden normal geboren.

Teratogene: Umwelteinflüsse mit dem Potenzial, während der pränatalen Phase Schädigungen zu bewirken.

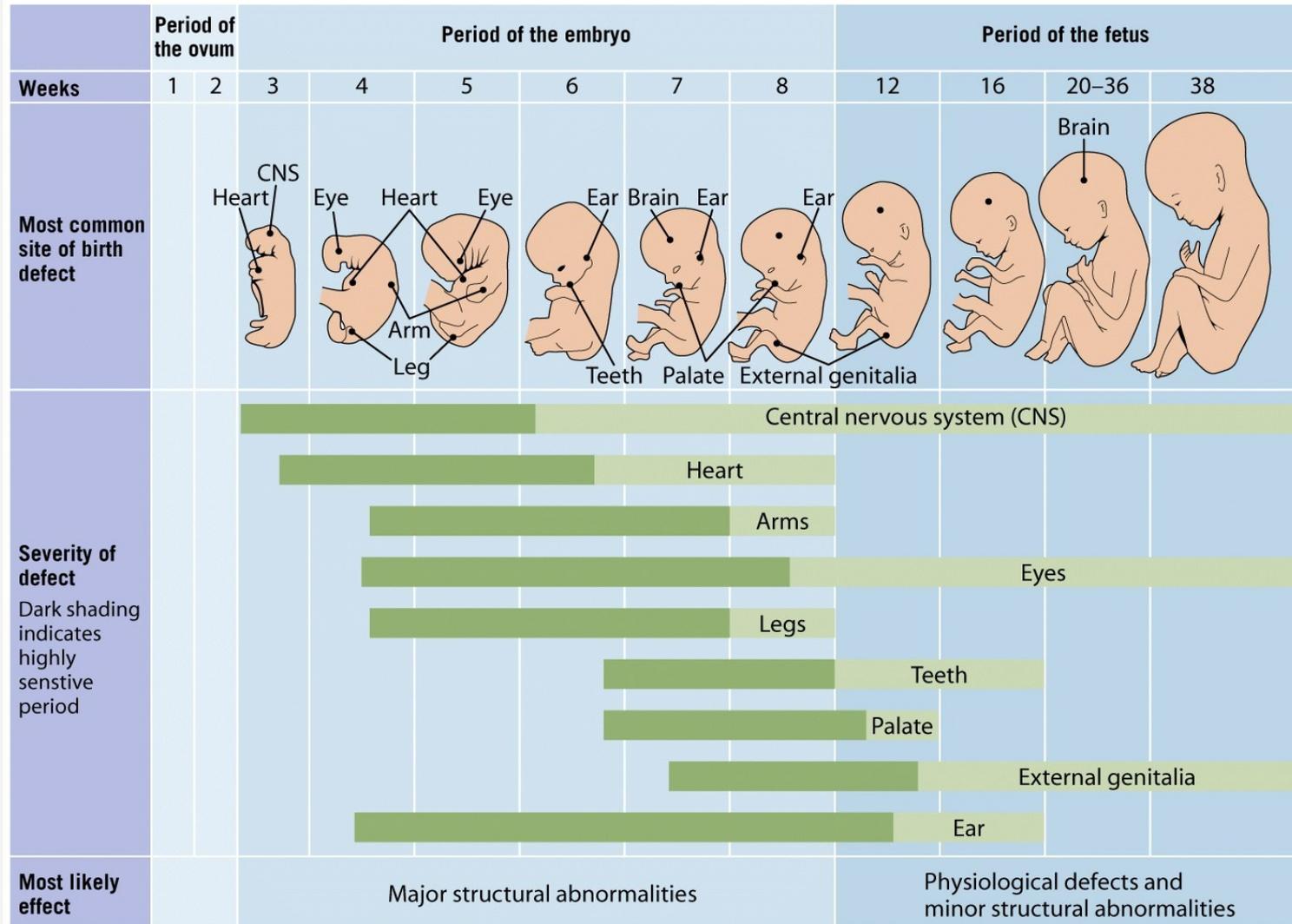
- Korrelative Beziehung zwischen Dosis und Reaktion.
- Wirkungen von Teratogenen können in Abhängigkeit von individuellen Unterschieden in der Anfälligkeit des Fetus oder der Mutter variieren.
- Sleeper-Effekte: Folgen erst spät in Entwicklung sichtbar
- Viele Teratogene verursachen Schaden nur in einer sensiblen Phase des Organismus





Sensible Phase:

Zeitraum, in dem der Organismus gegenüber spezifischen Einflüssen am anfälligsten ist.





• Drogen:

- Alkohol, Sexualhormone (Pille), Rauschgifte, Methadon, Tabak

• Umweltgifte:

- Blei, Quecksilber, PCB

• Erkrankungen der Mutter:

- AIDS, Windpocken, Chlamydien, Cytomegalovirus, Gonorrhoe, Genitalherpes, Influenza, Mumps, Masern, Syphilis, Toxoplasmose

- 13% der schwangeren Frauen rauchen. => Geringes Geburtsgewicht, verlangsamtes Wachstum.
- Fetales Alkohol Syndrom (FAS) Organdefekte, deformierte Gesichtszüge, geistige Retardierung, Hyperaktivität, Aufmerksamkeitsstörungen.
- Auch bei geringerem Schädigungsgrad neurologische Auffälligkeiten und Hyperaktivität. => auch geringe Dosen Alkohol können schädlich sein.



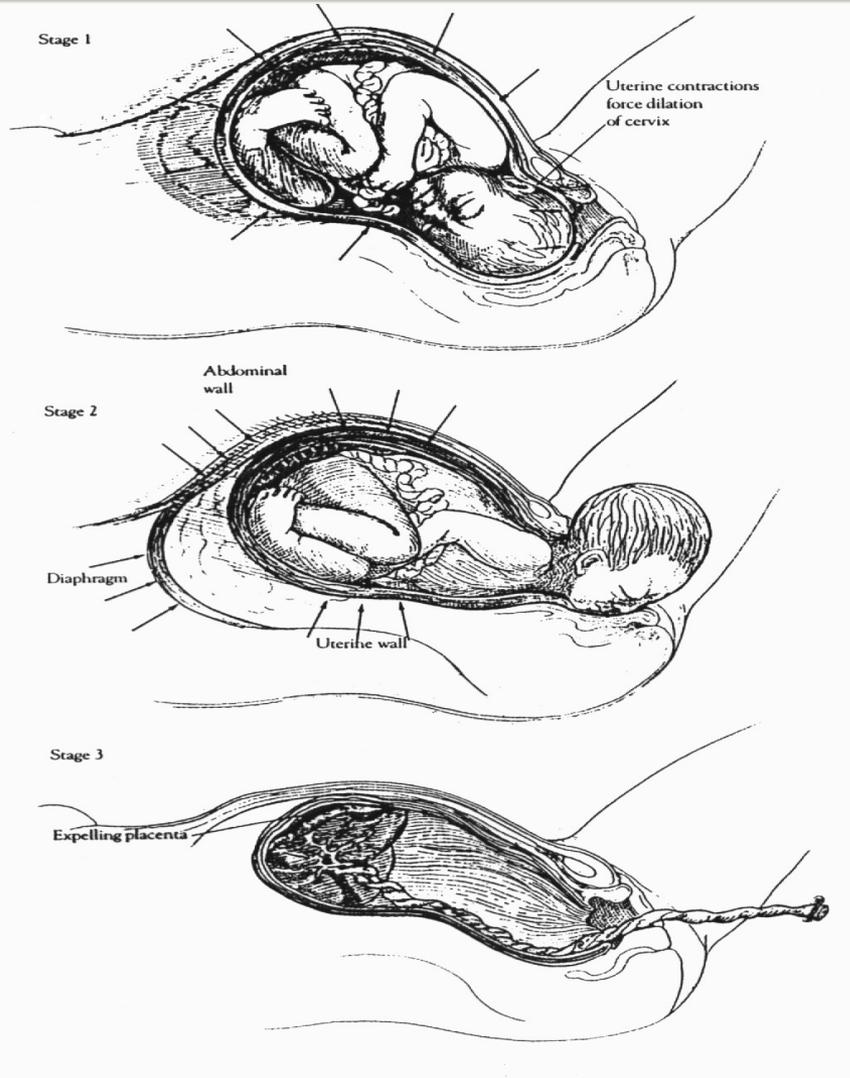


- Generell schädlich für pränatale Entwicklung.
- Keine konklusive Evidenz für Marijuana.
- Kokain: Verlangsamtes Wachstum, Frühgeburt, schlechte Emotions- und Aufmerksamkeitsregulation.



- Alter (unter 16 oder über 34).
- Unterernährung: kleinere Gehirnzellen bei Geburt. Ernste Organ-Defekte in den ersten Schwangerschaftswochen; Geringes Geburtsgewicht und kleiner Kopfumfang bei Unterernährung im letzten Drittel der Schwangerschaft.
- Infektionskrankheiten (Röteln, HIV).
- Stress: Geringeres Geburtsgewicht. Höhere Rate an späteren emotionalen Problemen.

Die Geburt



Stage 1: When labor begins, the uterus begins to contract and exert pressure on the baby, pushing its head against the cervix. This pressure causes the cervix to dilate.

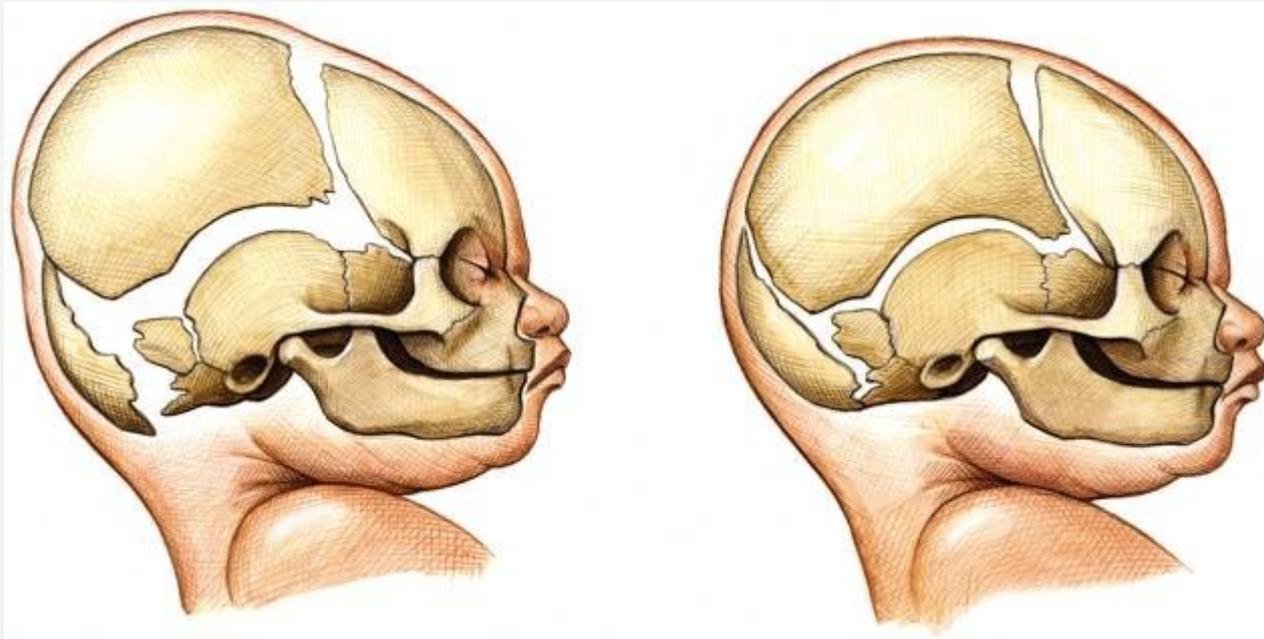
During Stage 2 the baby passes through the birth canal.

Stage 3 is the expulsion of the placenta, or afterbirth.



- 38 Wochen nach der Befruchtung.
- Eingeleitet durch Muskelkontraktionen des Uterus.
- Problematik von Schmerz stillenden Medikamenten (Hypoxie).
- Ist Geboren-Werden schmerzhaft? Funktionen des Drucks: Reduktion des Kopfumfangs, Stimulation der Produktion von Hormonen, Fruchtwasser aus den Lungen pressen.

Während der Geburt kann der Druck im Geburtskanal zum Übereinanderschieben der Schädelplatten und damit zu einer verformten Kopfform führen. – Diese Verformung gibt sich innerhalb kurzer Zeit wieder und hinterlässt keine Schäden.



Apgar - Wert:

Maß für die physiologischen Anpassungsleistungen des Neugeborenen

Summe der Werte:

☞ Herzrate

☞ Atmung

☞ Reflexe

☞ Muskeltonus

☞ Hautfarbe

APGAR EVALUATION OF THE NEWBORN INFANT

SIGN	SCORE		
	0	1	2
Heart rate	Absent	Less than 100 beats per minute	100 to 140 beats per minute
Respiratory effort	No breathing for more than one minute	Slow and irregular	Good respiration with normal crying
Muscle tone	Limp and flaccid	Some flexion of the extremities	Good flexion, active motion
Reflex irritability	No response	Some motion	Vigorous response to stimulation
Color	Blue or pale body and extremities	Body pink with blue extremities	Pink all over

Source: Adapted from Apgar (1953).

Werte von 7 bis 10 sind gut

Werte unter 5 sind kritisch



- Psychologisch einschneidendes Erlebnis für das Kind?
- Geburtstrauma? (nach Freud Quelle der Urangst - wenig Evidenz)
- Sensible Periode für die Bindung der Mutter an das Kind unmittelbar nach der Geburt ?

- **Mother-infant-bonding-Hypothese**

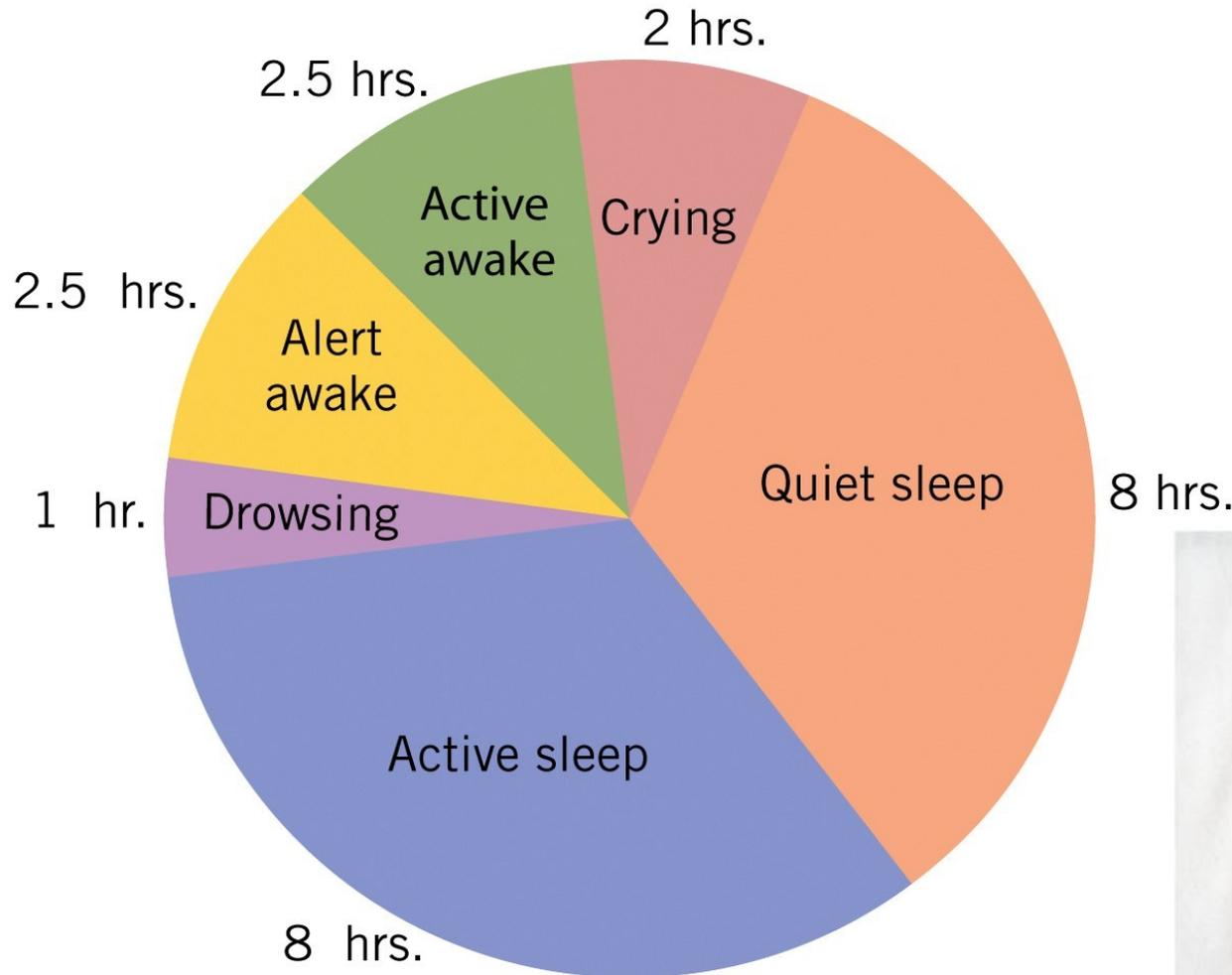
- Klaus & Kennel (1976):

- Maternal infant bonding

✂ ⇒ Beobachtung an Herdentieren

- Ergebnis: Belege für Bonding Hypothese, jedoch mit methodischen Kontrollen in späteren Untersuchungen nicht repliziert wurden.

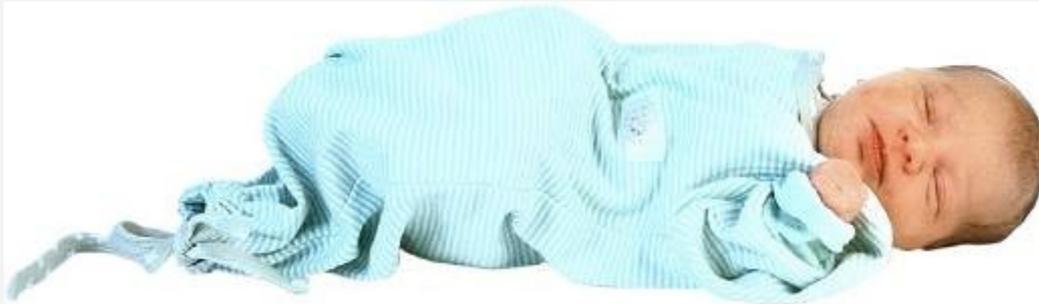
Das Neugeborene

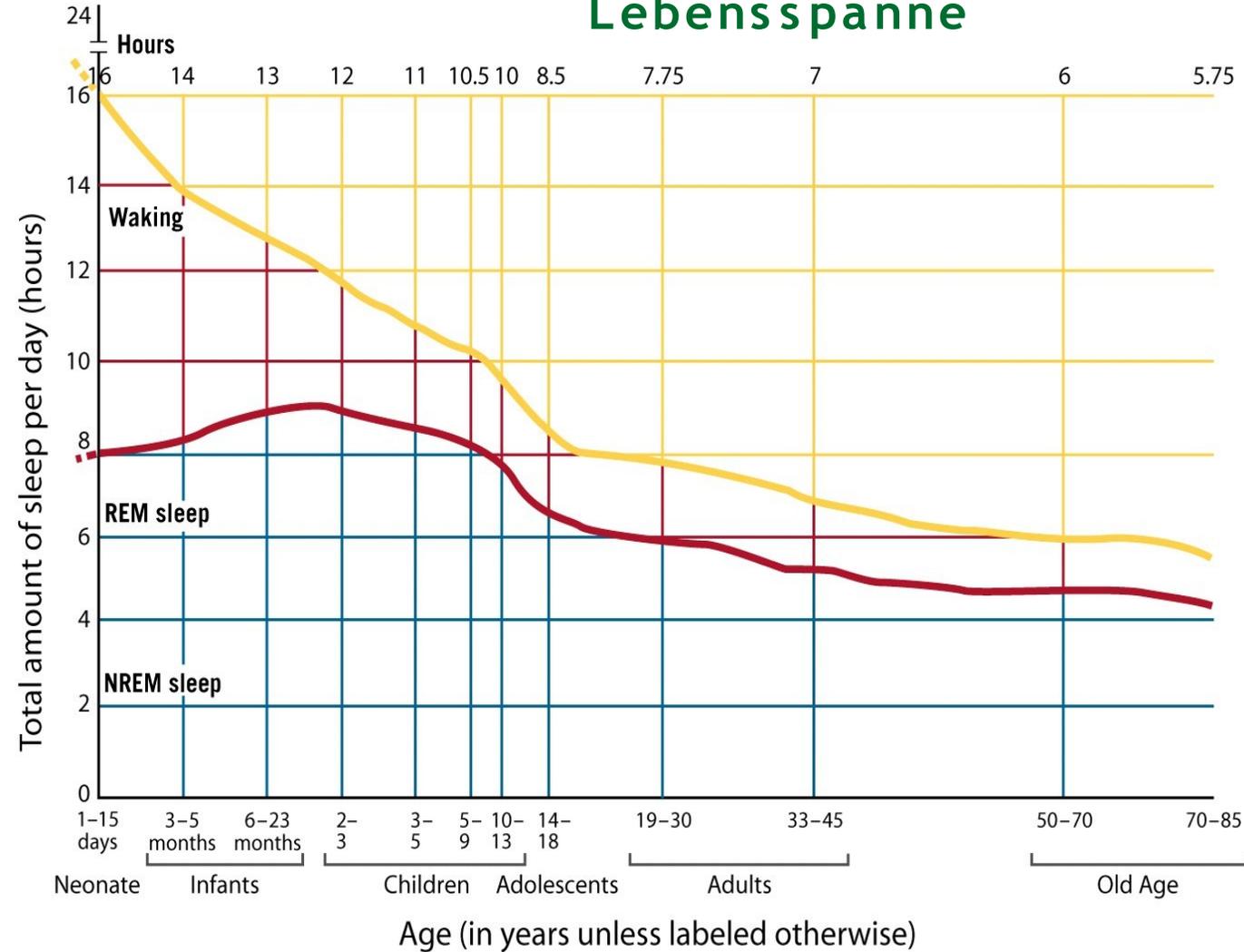


Erregungsniveau
und Ausmaß
der Beteiligung
an der Umwelt:
Kontinuum von
Tiefschlaf bis zu
intensiver



- 50% REM (rapid eye movement) Schlaf.
- REM Schlaf nimmt im Alter von 3-4 Jahren ab.
- Autostimulationstheorie: Funktion bei der Entwicklung des visuellen Systems, Ausgleich für Mangel an externer Stimulation.
- Höhere externe Stimulation => weniger REM Schlaf





- Neugeborene: ca. 16 h Schlaf, 50% REM
- erst starke, dann allmähliche Abnahme der Gesamtschlafdauer
- ab Adoleszenz nur noch ca. 20% REM

- Ausdruck von Hunger, Schmerz, Erkrankung u.a.m
- Evolutionäre Bedeutung
- Höhepunkt in den ersten 3 Monaten, häufig Spätnachmittag und Abend
- Mit zunehmendem Alter kommunikative Funktion
- Beruhigen: Selbstregulation unterstützen, z.B. durch repetitive moderate

Stimulation

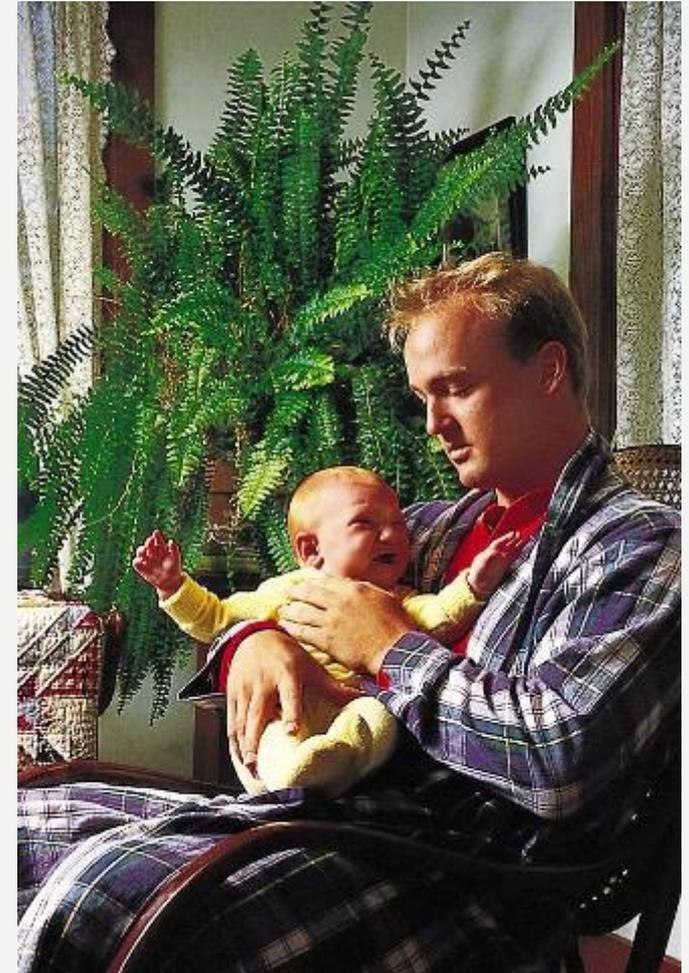




TABLE 2.3

Infant Mortality Worldwide — 1996

Country	Deaths per 1,000 live births	Country	Deaths per 1,000 live births
Singapore	3.8	Belgium	5.6
Japan	3.8	Canada	5.6
Finland	4.0	Denmark	5.7
Sweden	4.0	Netherlands	5.7
Norway	4.0	Australia	5.8
Hong Kong	4.0	Italy	6.0
Switzerland	4.7	Czech Republic	6.0
Spain	4.7	United Kingdom	6.1
France	4.9	New Zealand	6.7
Germany	5.0	Portugal	6.9
Austria	5.1	United States	7.3
Ireland	5.5		

Source: Guyer et al. (1999)

- Untergewichtige Neugeborene: Babys mit Geburtsgewicht unter 2500g
- Frühgeborene: Gestationsalter unter 35 Wochen (D 6-8% der Geburten)



Kurzfristige Effekte

- geringe kognitive Stimulation im Inkubator
- Störung des Aufbaus der Mutter-Kind Beziehung
- Intervention: Stimulationsprogramme
- Kontakt und Stimulation durch Mütter: Effekt auf Mutter - Kind - Interaktion im ersten Lebensjahr



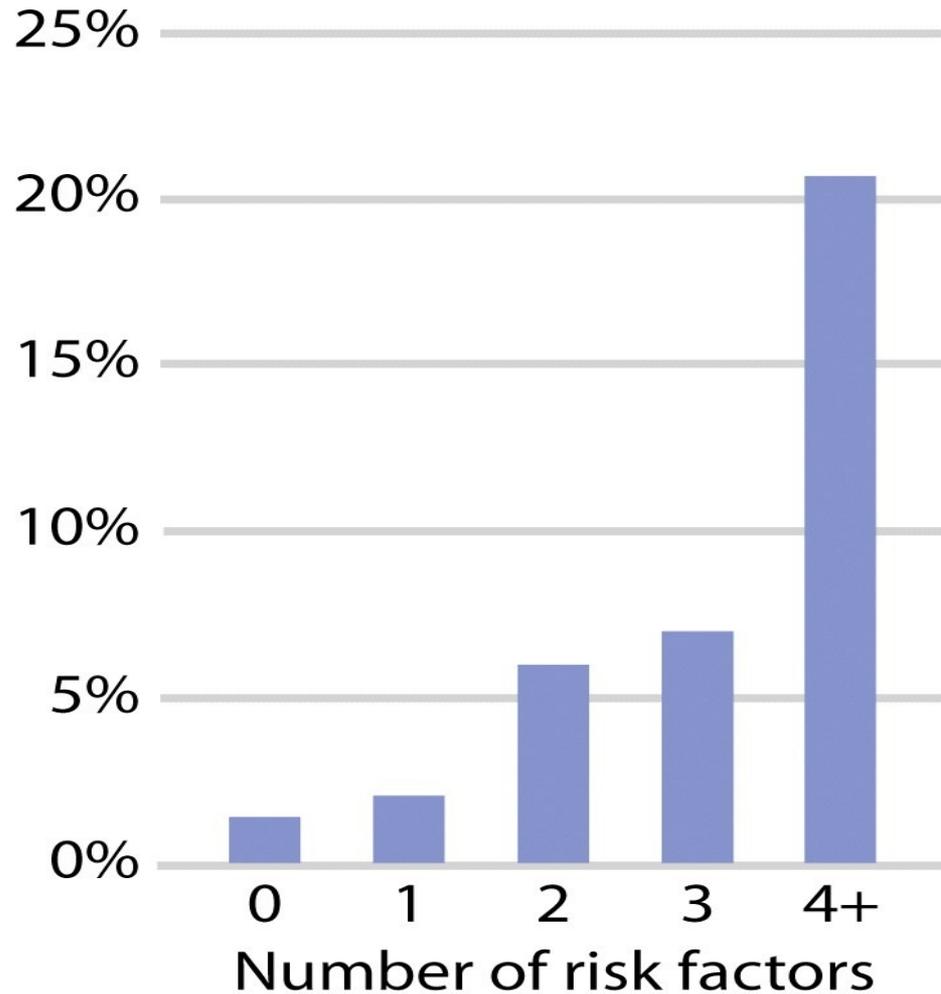
- Frühgeborene haben als Gruppe durchschnittlich mehr Entwicklungsprobleme (intellektuelle und soziale Entwicklung).
- => Erhöhtes Risiko je geringer das Geburtsgewicht.
- Kompensation von Risiken mit zunehmendem Alter bei günstigen sozio-ökonomischen Bedingungen.
- Bei extrem niedrigem Geburtsgewicht (unter 1500g) ungünstigere Prognose:
- Bayerische - Finnische LS - Studie (Wolke et al, 1995):
Bei Kindern mit extrem niedrigen Geburtsgewicht/Gestationsalter können IQ Defizite auch in günstigen SES nicht kompensiert werden.

=> Prognose eher aus Massierung von Belastungen als

aus ~~einzelnen~~ Risikofaktor ableitbar.



- Kumulative Effekte pränataler Risiken.
- Gemeinsames Auftreten von Alkohol- und Drogenabhängigkeit, schlechte Gesundheitsvorsorge, Fehlernährung. Assoziiert mit Armut.
- Bedeutung der Zahl der Risikofaktoren. Michael Rutter (1979): erhöhtes Risiko für psychiatrische Störungen bei Kindern mit 4 oder mehr Risikofaktoren.





ASSOCIATED PRESS

(a)



AP / WIDE WORLD PHOTOS

(b)



=> Erfolgreiche Entwicklung trotz mehrfacher und scheinbar überwältigender Entwicklungsrisiken.

Begünstigende Faktoren

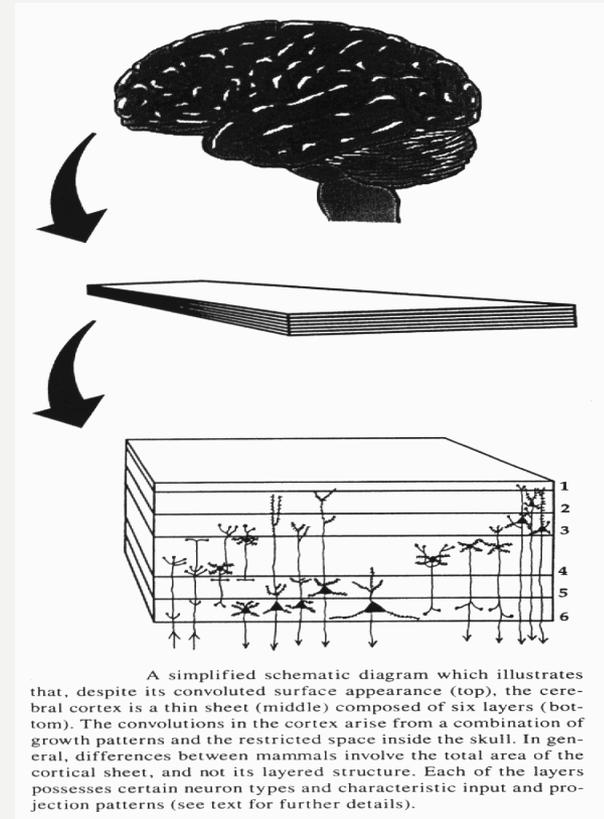
- Eine fürsorgliche Bezugsperson
- Intelligenz, Empathie, Erfolgsmotivation

Zum Weiterlesen:

Noeker, M. & Peterman, F. (2008). Resilienz: Funktionale Adaptation an widrige Umgebungsbedingungen. Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie, 56 (4), 255-263.

Entwicklung des Gehirns

- Grundlegende Bedeutung des ZNS, vor allem des Gehirns für die Entwicklung.
- Gehirn => Verhalten.
- Komplexität der Strukturen auf verschiedenen Ebenen



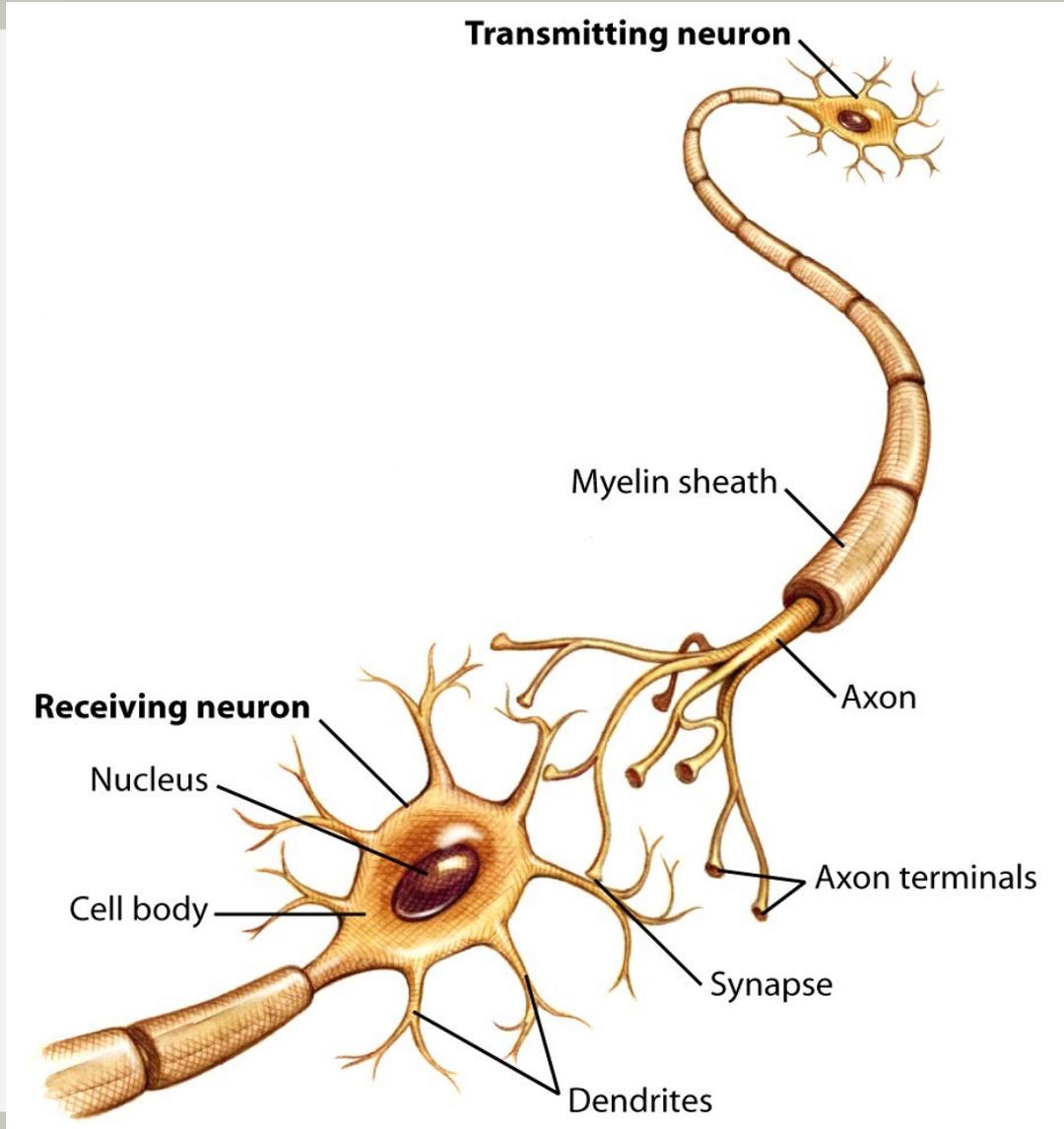


- Neurone sind spezialisierte Zellen für das Senden und Empfangen elektrischer Botschaften zwischen dem Gehirn und allen Teilen des Körpers sowie innerhalb des Gehirns
- Mehr als 100 Milliarden Neurone

-



- **Zellkörper:** grundlegendes biologisches Material.
- **Dendriten:** Nervenfasern, Leitung elektrischer Signale zum Zellkörper.
- **Axone:** Nervenfasern, die elektrische Signale vom Zellkörper weg zu den Verbindungsstellen mit anderen Neuronen leiten.
- **Synapsen:** Verbindungsstellen zwischen dem Axonende des einen Neurons und den Dendriten-Verzweigungen oder dem Zellkörper des anderen Neurons. An den Synapsen erfolgt die Kommunikation zwischen den Neuronen.





10 Gliazellen : 1 Neuron

- Unterstützungsfunktionen
- Bilden Myelinschicht um bestimmte Axone=> Erhöhung der Effizienz und Geschwindigkeit der Informationsübertragung im Nervensystem

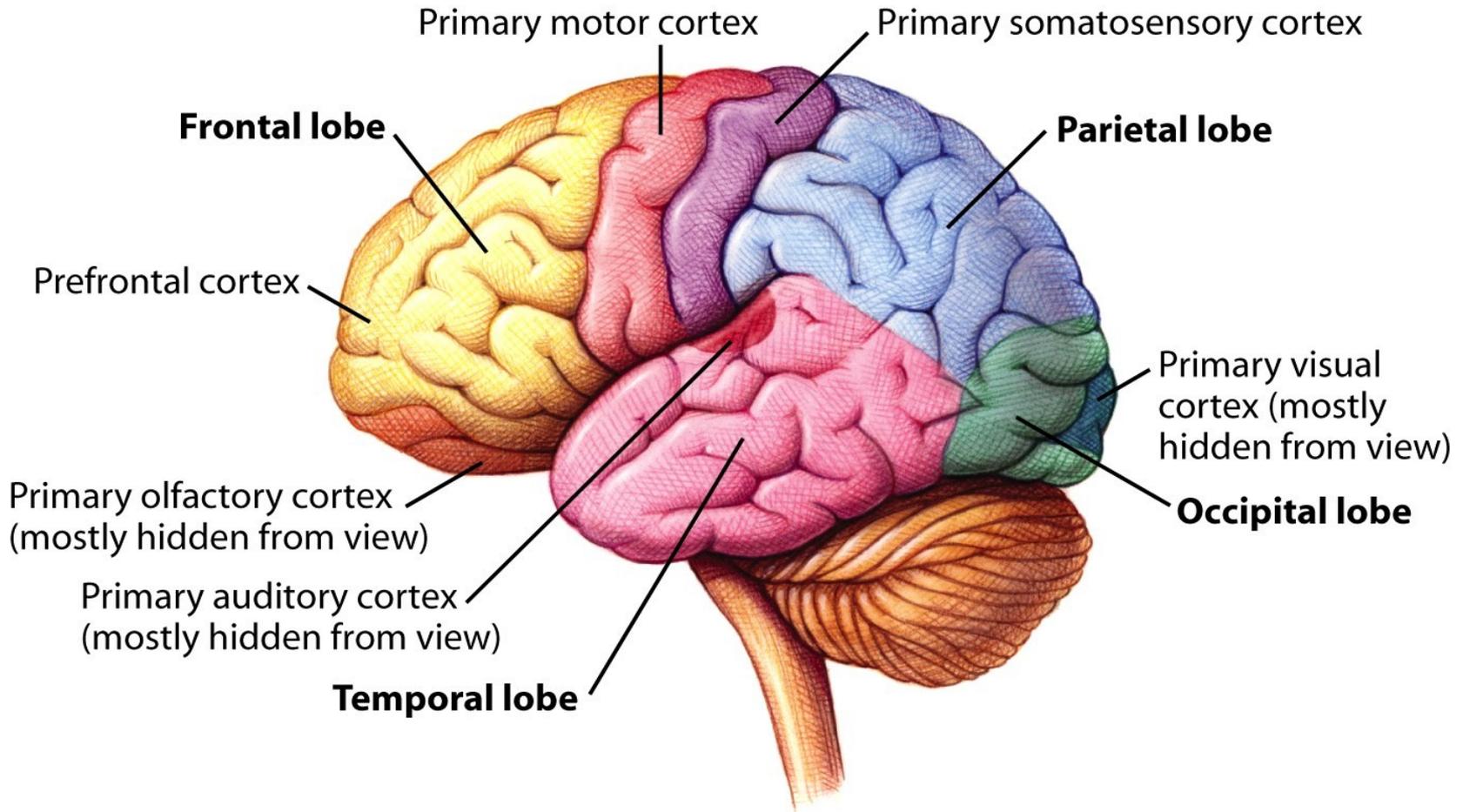


Cortex



Besteht aus vier Lappen und Assoziationsfeldern, die zwischen den wichtigsten sensorischen und motorischen Feldern liegen und den Input aus diesen Feldern integrieren und verarbeiten.

- Okzipitallappen: Verarbeitung visueller Information.
- Temporallappen: Gedächtnis, visuelle Erkennung, Verarbeitung von Emotion und akustischer Information.
- Parietallappen: Räumliche Verarbeitung und Integration des sensorischen Inputs mit den im Gedächtnis gespeicherten Informationen.
- Frontallappen: Verhaltensorganisation, Planung, Steuerung.





- Die beiden Hälften des Cortex.
- Sensorischer Input gelangt von der einen Körperhälfte in die gegenüberliegende Hirnhemisphäre.
- **Corpus callosum**: ein dichter Bereich von Nervenfasern, durch den die beiden Hemisphären miteinander kommunizieren können.
- **Cerebrale Lateralisierung**: Die beiden Hemisphären sind auf verschiedene Verarbeitungsmodalitäten spezialisiert. Linke H.: Stück für Stück, lineare Verarbeitung (Logik, Sprache); rechte H. eher ganzheitliche Verarbeitung, Umgang mit räumlicher

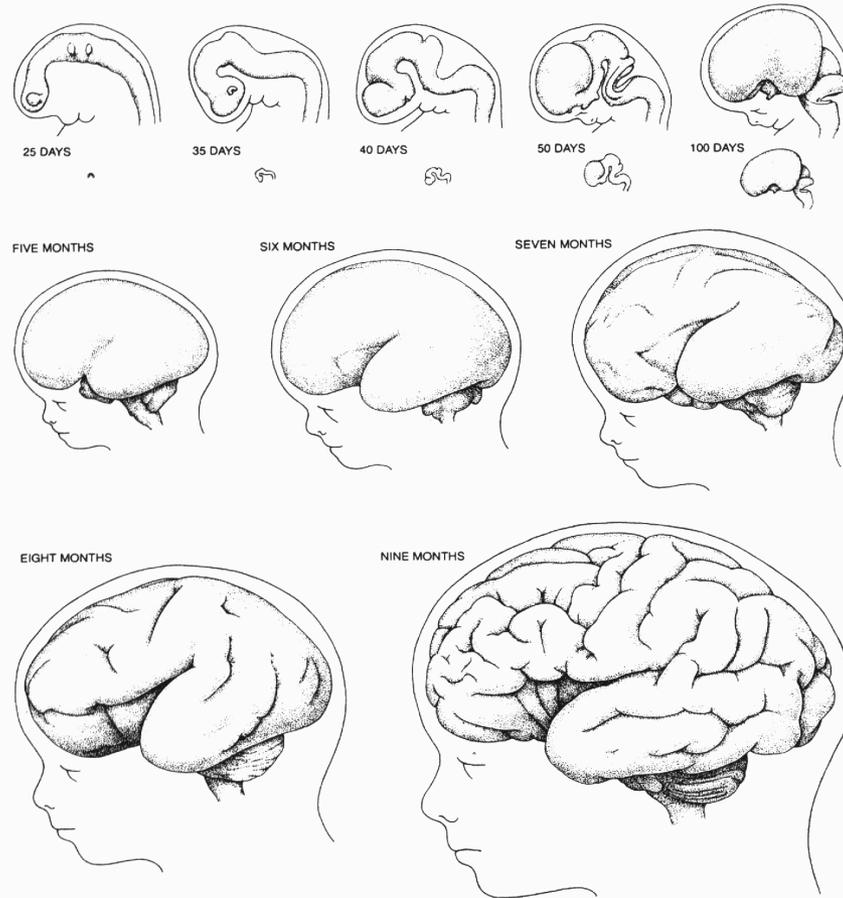
Entwicklungsprozesse



- **Neurogenese**: 3.-4.pränatale Woche, Zellen teilen sich im Neuralrohr 250 T neue Zellen pro Minute – Neurogenese etwa 18 Wochen nach Befruchtung abgeschlossen. .
- Neurone wandern zu **Bestimmungsorten**. Wachstum und Differenzierung. Axon, Strauch von Dendriten. Vergrößerung des Dendriten-Baums, Bildung von Stacheln – Auswüchse auf den Dendriten, die die Fähigkeit der Dendriten erhöhen, Verbindungen mit anderen Neuronen einzugehen.
- Periode des **stärksten Wachstums** und der **Differenzierung** von Neuronen nach der Geburt.
- **Myelinisierung** – die Bildung einer fetthaltigen Schicht um die Axone von Neuronen herum - beginnt vor der Geburt und dauert bis ins Jugendalter fort.



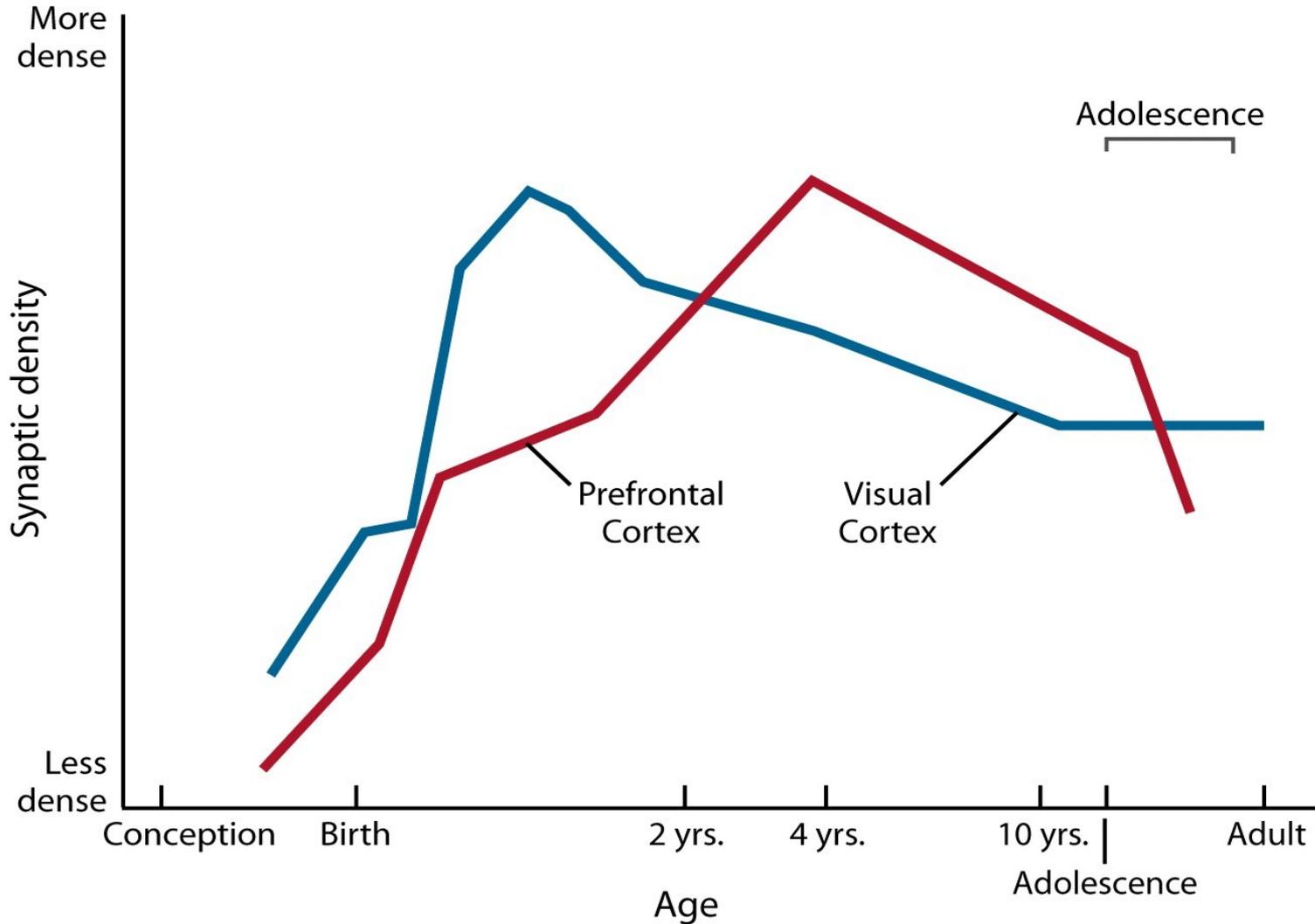
- Ein Teil des Ektoderms faltet sich zu einem Hohlzylinder, der Neuralröhre.
- Das Vorderende der Neuralröhre organisiert sich in eine Reihe von Ausstülpungen, Vorformen von Cortex, Thalamus, Hypothalamus, Kleinhirn.
- Innerhalb dieser Zonen entstehen Neurone und Gliazellen und wandern zu spezifischen Orten.
- Zum Zeitpunkt der Geburt sind die meisten Neurone an ihren späteren Orten. Nicht simple Entfaltung eines genetischen Plans. Faltungen des cerebralen Cortex variieren auch zwischen eineiigen Zwillingen.



A sequence of drawings of the embryonic and fetal development of the human brain. The forebrain, midbrain, and hind-brain originate as swellings at the head end of the neural tube. In primates the convoluted cortex grows to cover the midbrain, hind-brain, and parts of the cerebellum. Prior to birth, neurons are generated in the developing brain at a rate of more than 250,000 per minute. From *The Development of the Brain*, by W. Maxwell Cowan. Copyright © 1979 by Scientific American, Inc. All rights reserved. Reprinted with permission.



- Vervierfachung des Gehirnvolumens zwischen Geburt und Erwachsenenalter
- Keine zusätzlichen Neurone werden produziert
- Wachstum von Synapsen, Dendriten, Faserbündeln, Myelinisierung
- Maximale Synapsendichte variiert für verschiedene Hirnregionen:
 - Visueller Cortex: 3-4 Monate, 150% der Erwachsenenendichte zwischen 4 und 12 Monaten
 - Präfrontaler Cortex: Synapsendichte erreicht Höhepunkt erst nach dem ersten Lj.





- **Synaptogenese:** Der Prozess der Bildung von Synapsen mit anderen Neuronen, der in Billionen von Nervenverbindungen resultiert.
- Synaptogenese beginnt vor der Geburt und geht einige Jahre nach der Geburt rapide voran.
- **Eliminierung von Synapsen** – überschüssige Synapsen werden in unterschiedlichen Hirnregionen zu verschiedenen Zeiten eliminiert.

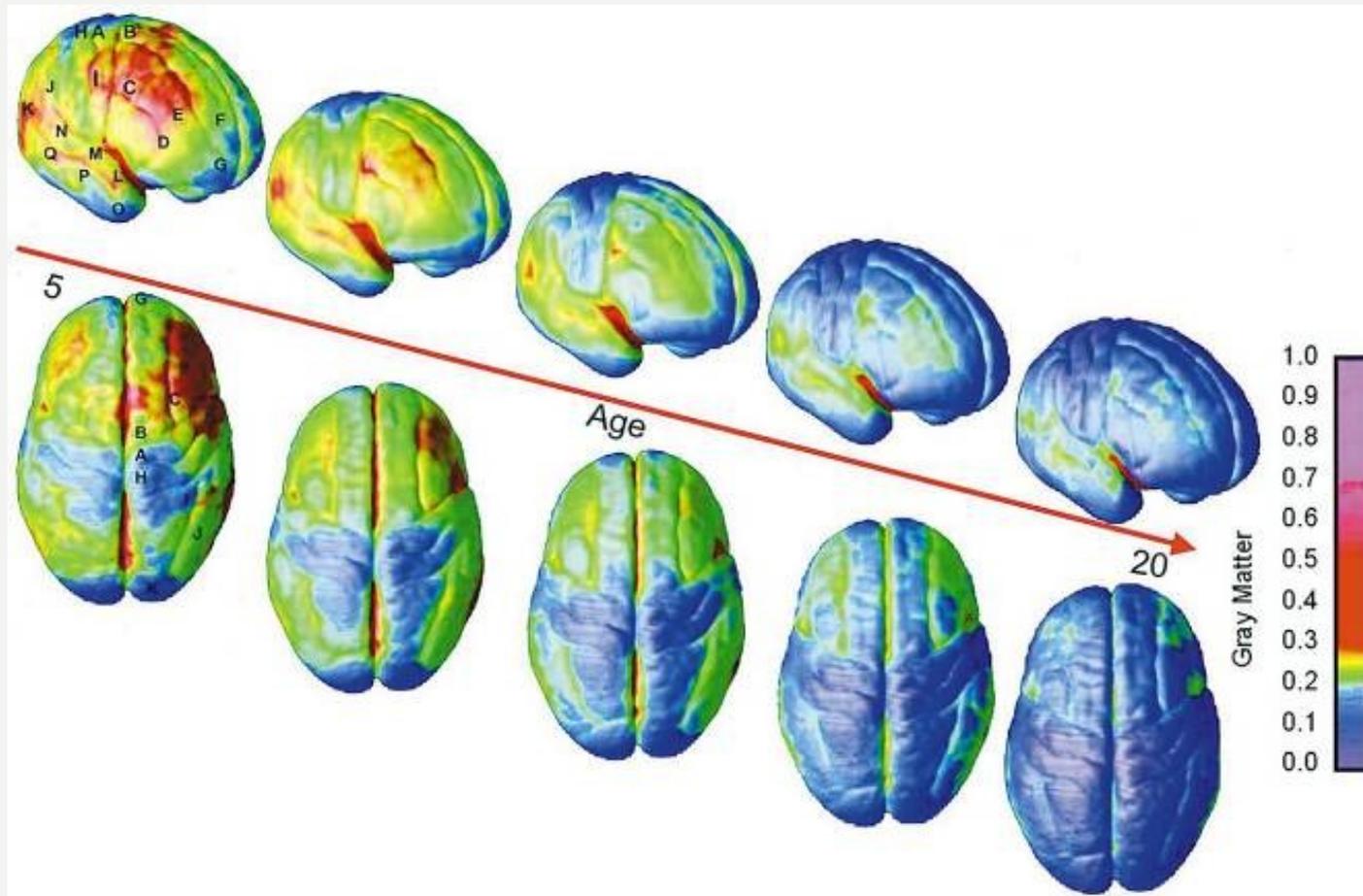


- Neuere Forschung zeigt, dass der Anteil grauer Substanz (Zellkörper) während der Adoleszenz stark ansteigt und dann wieder absinkt
- Eine solche “zweite Welle” von Synaptogenese und Synapsensterben könnte zu den typischerweise mit der Adoleszenz assoziierten Verhaltensweisen beitragen (z.b. impulsives Verhalten)
- Bsp.: Choudhury, S., Blakemore, S.-J., & Charman, T. (2006). Social cognitive development during adolescence. *Social, Cognitive, and Affective Neuroscience*, 1, 165-174.

graue Substanz: besteht in der Regel aus grau erscheinenden Nervenzellkörpern; im Gehirn (Großhirn und Kleinhirn) liegt die graue Substanz außen und bildet die Hirnrinde (Cortex).

weiße Substanz: besteht hauptsächlich aus fetthaltigem Myelin (Substanz, aus der Markscheiden, die die Nervenzellfasern, die Axone, umhüllen, bestehen) und erscheint daher hell. Liegt vorwiegend im Inneren des Gehirns; nur einzelne

Nervenzellansammlungen (Kerngebiete) grauer Substanz inmitten dieses Fasernetzes.



Die Blautönung indiziert einen höheren Reifungsgrad, also das Ausmaß, in dem graue durch weiße Substanz ersetzt wurde



Plastizität

- Bsp.: Strabismus – Koordinationsmangel der Augenbewegungen, verschwommenes Sehen. Abdecken des dominanten Auges – bis zum Alter von sechs Jahren.

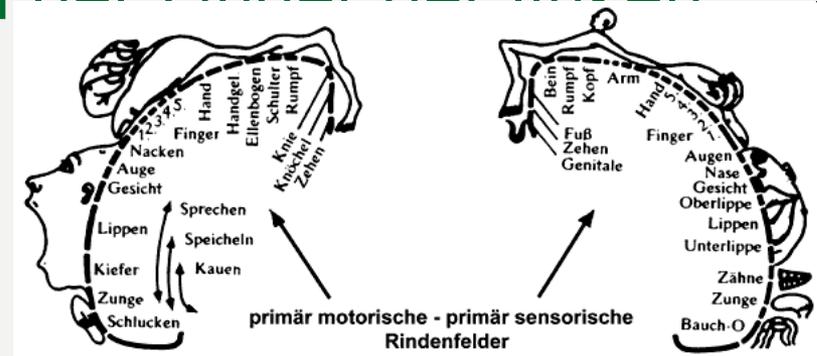
Erfahrungserwartende Prozesse

- Universelle Erfahrungen (z.B. visuelle Stimulation in normaler Umgebung) werden vom Gehirn “erwartet”. Wenn eine solche Erfahrung unterbleibt, können Defizite auftreten, kompensatorische Reorganisation.
- Spezielle Sensitivität für bestimmte Arten von Stimulation in bestimmten Zeitabschnitten.

Erfahrungsabhängige Plastizität:

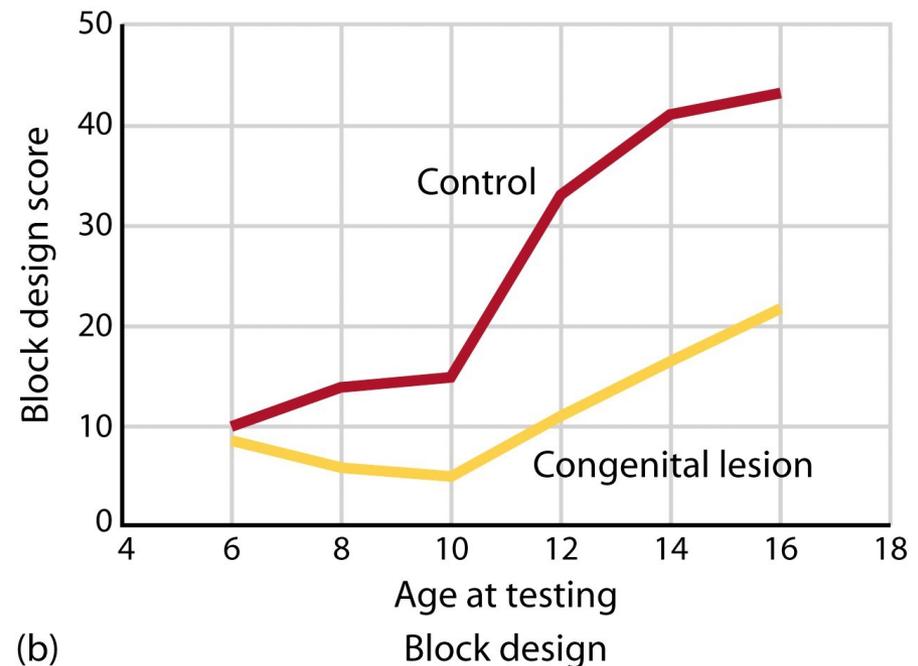
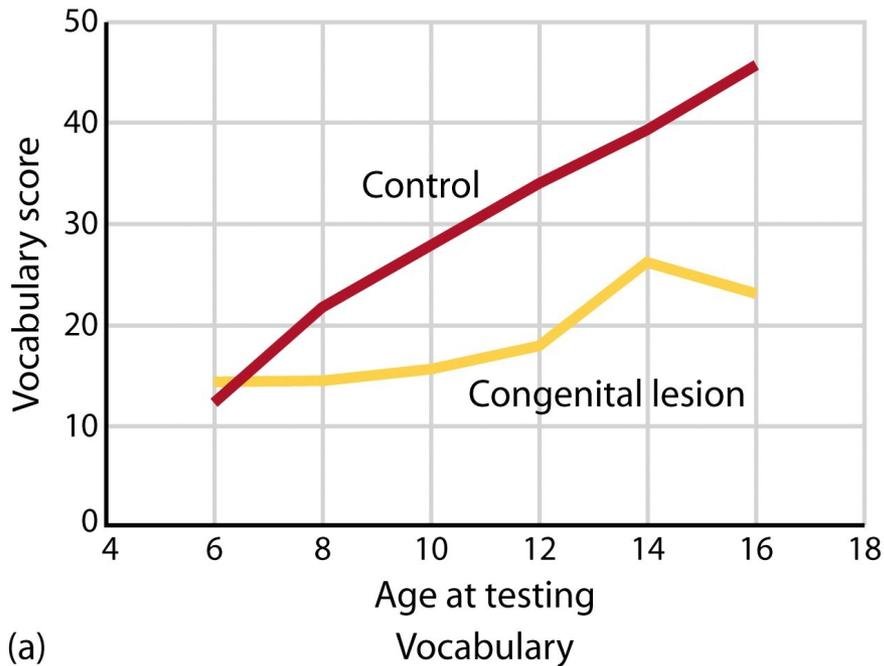
Nervenverbindungen werden im Laufe des Lebens als Funktion der individuellen Erfahrung hergestellt und restrukturiert. (Bsp.: Effekte der Umwelterfahrung bei Tieren).

- Spezielle Effekte aufgrund spezifischer Fertigkeiten, (z.B. bei Cellisten verstärkte corticale Repräsentation der Finger der linken Hand).





- Zeitraum größter Vulnerabilität: frühe Stadien der pränatalen Entwicklung während Neurogenese und Migration und erstes Lebensjahr.
- Höchste Plastizität des Gehirns während Synaptogenese und Synapsenreduktion => Restrukturierung.
- Später geringere Chancen der Kompensation von Hirnschäden.
- Langzeit- und Sleeper-Effekte früher cerebraler Schädigung.



- Mit 6 Jahren zeigen die Kinder mit früher Gehirnschädigung ein von dem gesunder Kinder nicht abweichendes Leistungsniveau.
- Während sich jedoch die Leistung der Kontrollkinder steigert, stagniert die Leistung der hirngeschädigten Kinder.

**Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit!**