

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

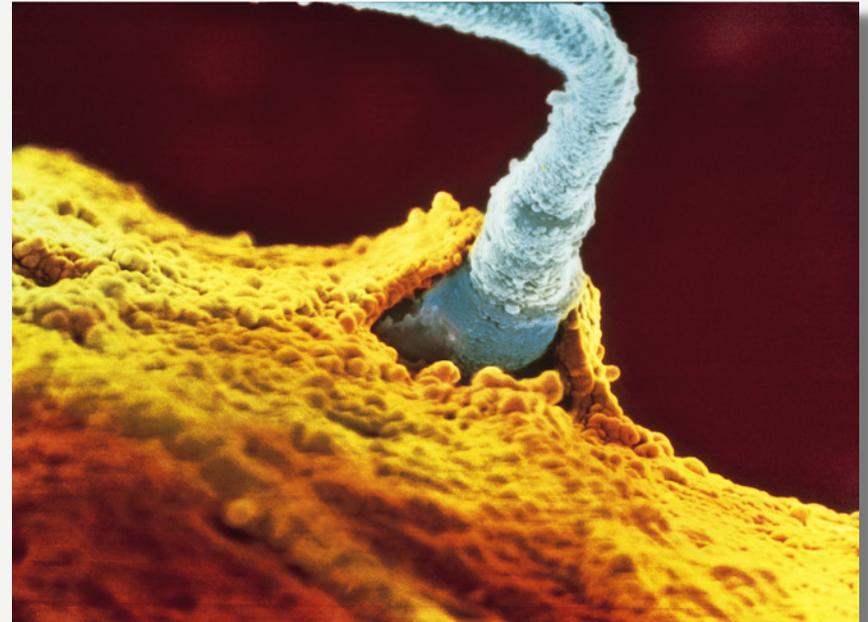
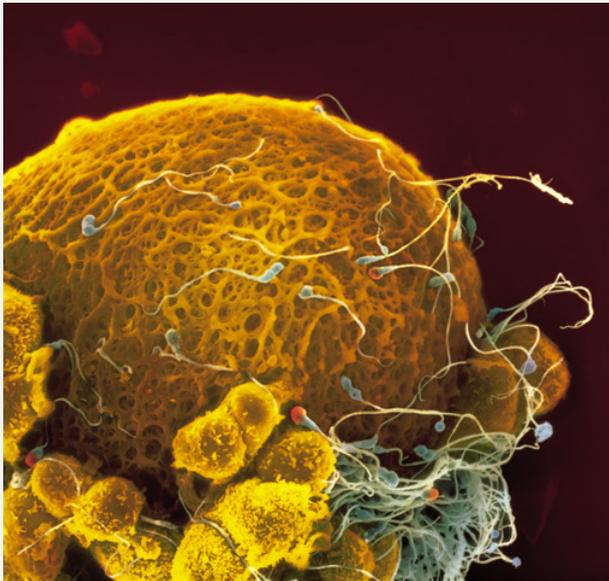
- Existenz von Genen und Zellen
- Methoden, um die körperliche und die behaviorale Entwicklung im Mutterleib zu untersuchen.

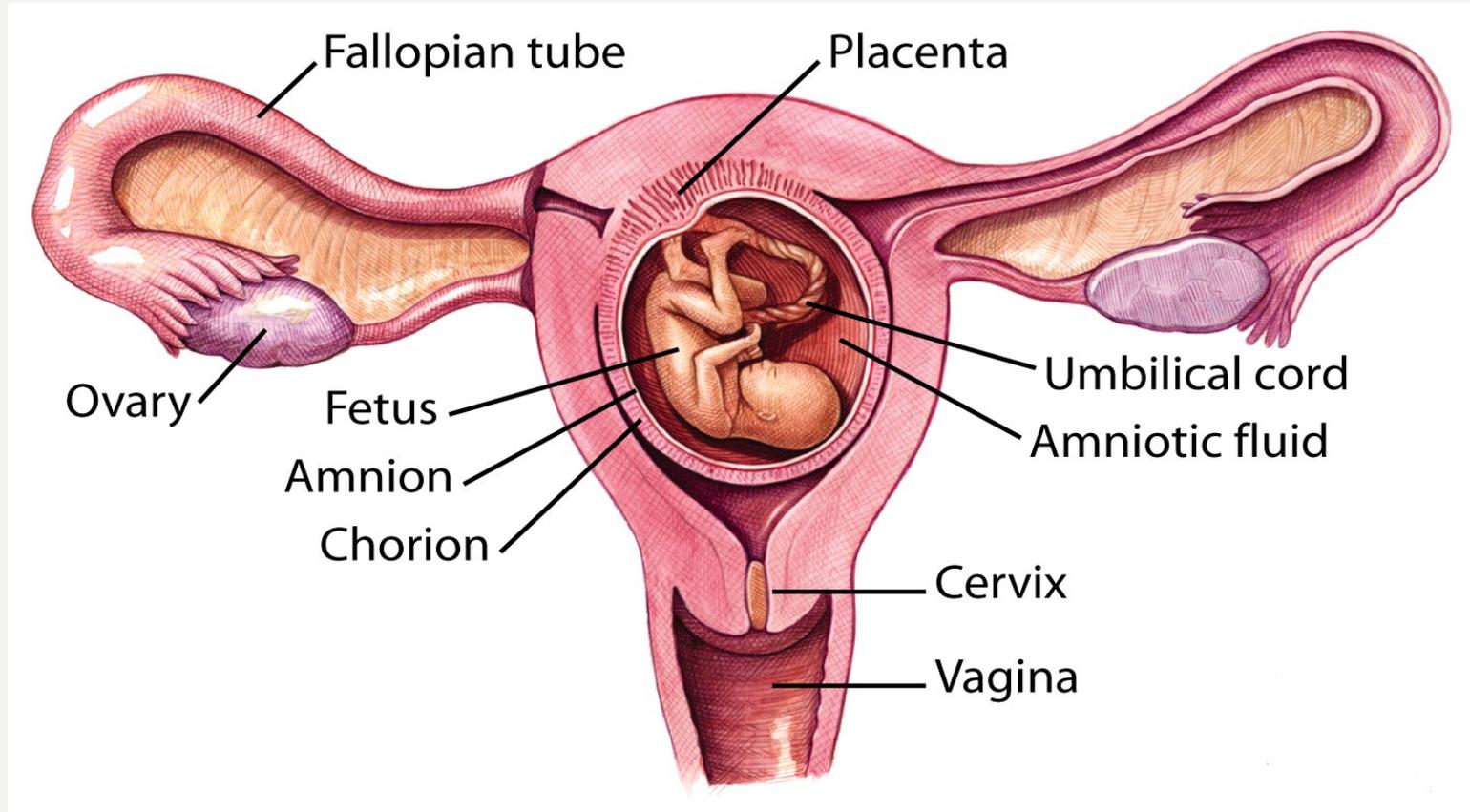
Keimzellen: *Gameten* (Sperma und Eizelle)

- produziert durch die für die Fortpflanzung erforderliche Form der Zellteilung (Meiose)
- (Keimzellen besitzen die Hälfte des normalen Chromosomensatzes).

Befruchtung: *Vereinigung von Eizelle und Sperma*

Befr. 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.

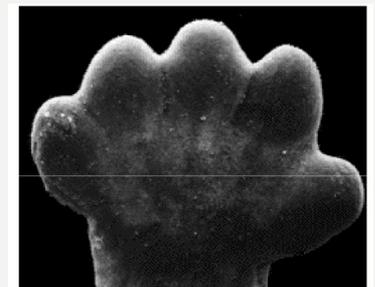


Die Zygote wird zum Embryo und später zum Fetus durch Prozesse der

- 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
(Experiment 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 (zwei Wochen)
- Schnelle **Zellteilung** → Verdopplung der Anzahl der Zellen zweimal am Tag

Blastozyste (Keimblase):

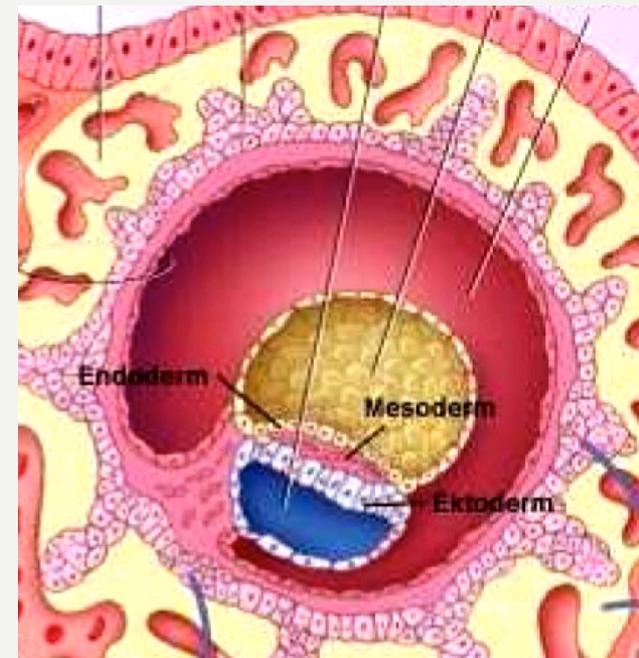
- 4terTag nach der Befruchtung
- Zellen formen sich zu einer Hohlkugel in der sich auf einer Seite ein Zellhaufen (innere Zellmasse) befindet.
- Teilung der inneren Zellmasse → eineiige Zwillinge

Phasen pränataler Entwicklung

Embryo

3. bis 8. Woche

- Prozess der **Gastrulation**: es 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
- Größte Gefährdung für organische Defekte
- Größe: 3 cm



Embryo mit 4 Wochen

Herz schlägt, Blutzirkulation.

Embryo mit 5-6 Wochen

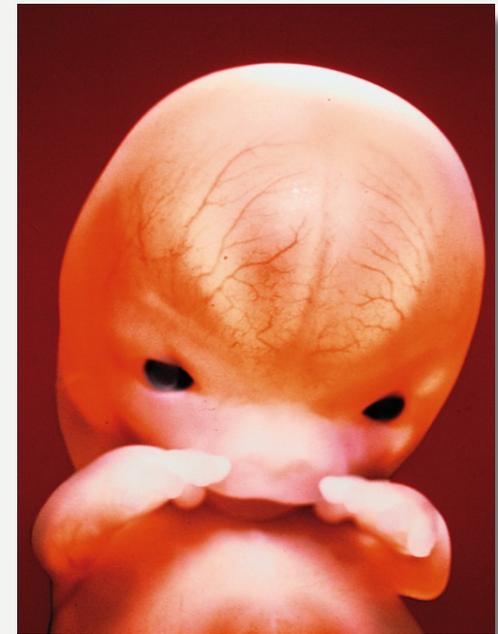
Rasche Gehirnentwicklung, Beginn der Entwicklung von Augen, Spontanbewegung.



Embryo mit 4 Wochen



Gesicht mit 5 ½ Wochen



Gesicht mit 8 Wochen

Phasen pränataler Entwicklung Fetus



9. Woche bis Geburt

- Rapides Wachstum
- Anatomische Feinstrukturierung
- Gehirnausbildung
- 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 der 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

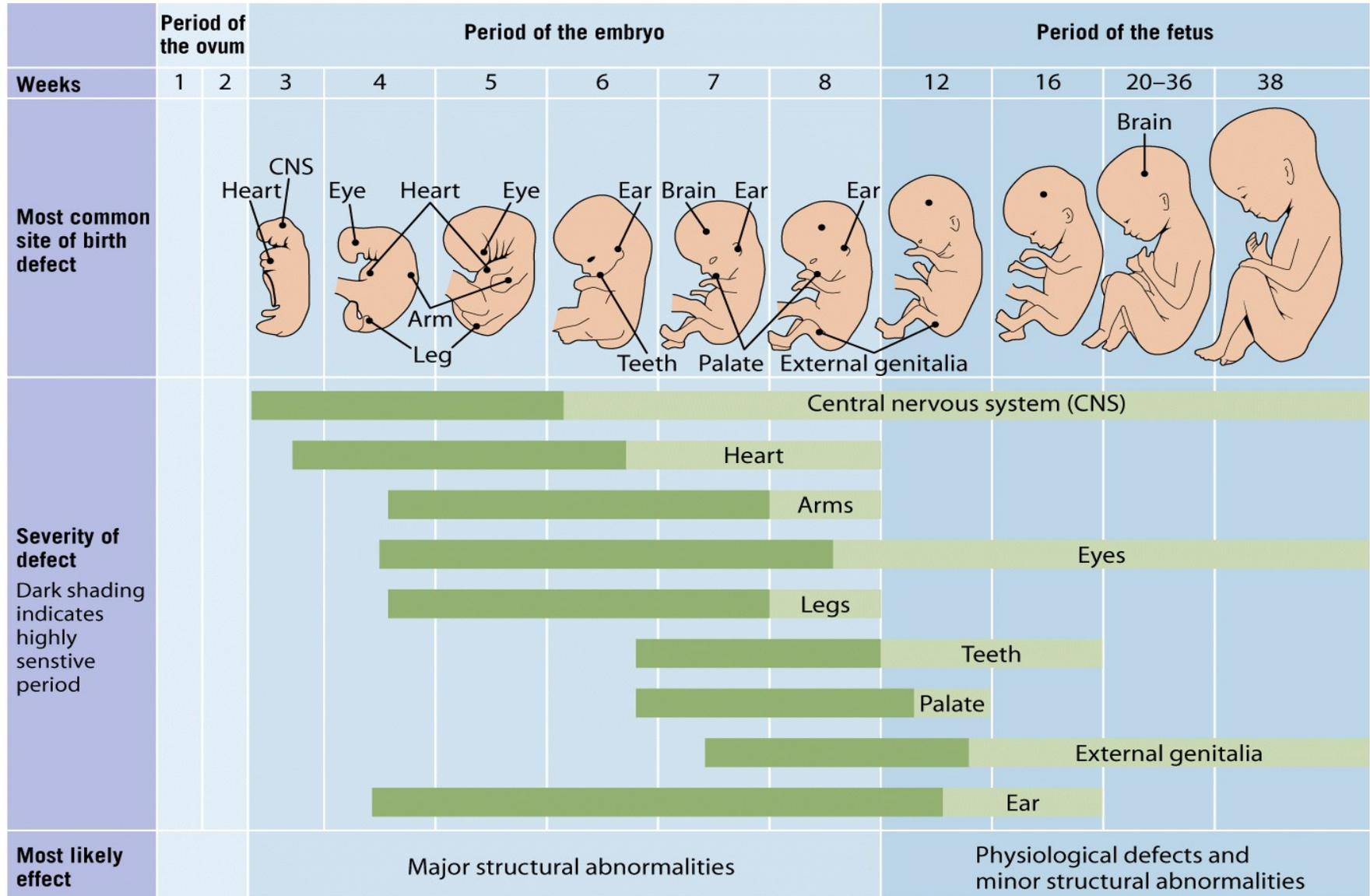


28 Wochen

- 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 der 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 Neugeborenenzeit.



- **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

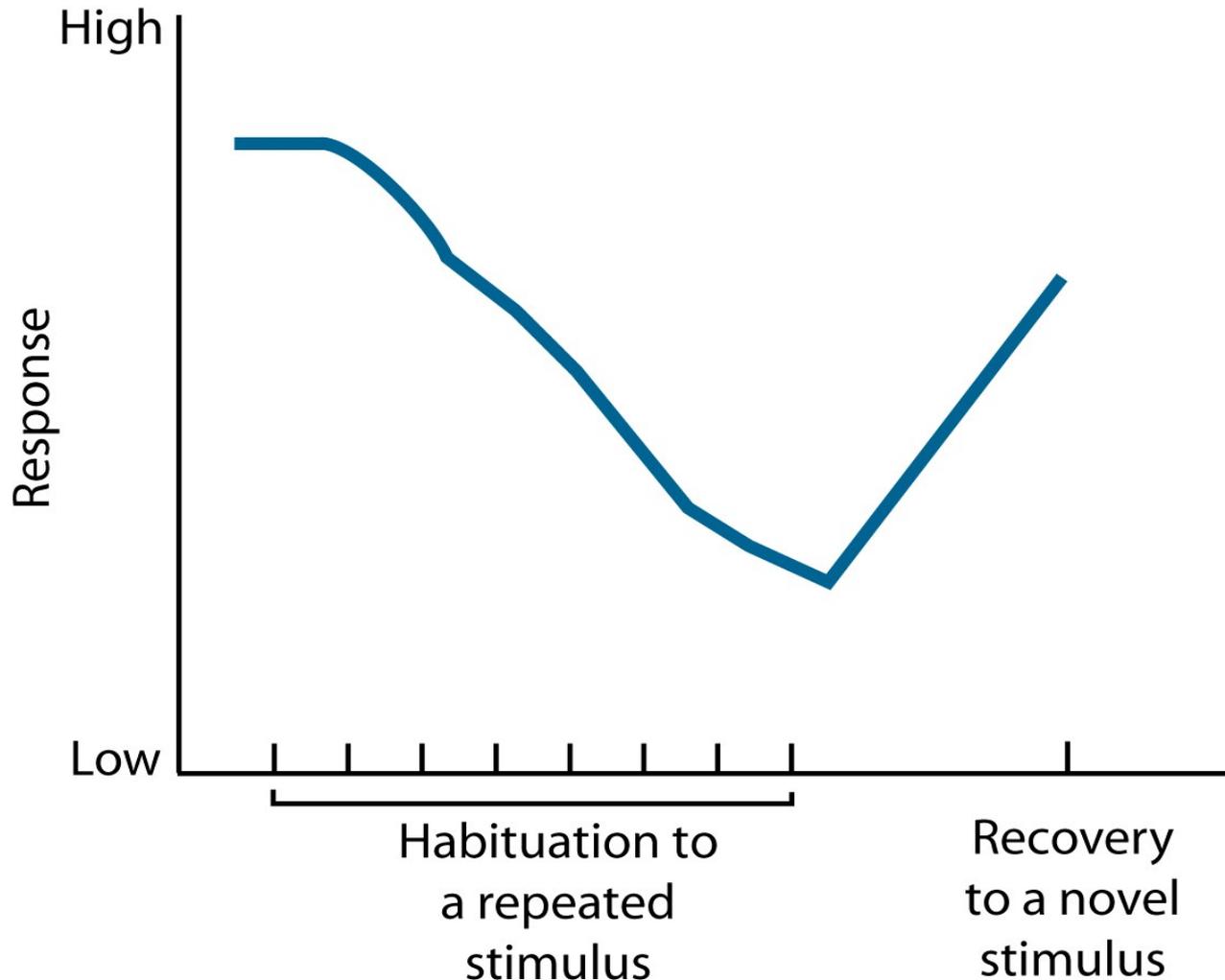
Hören

- 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, Änderung des Reizes “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





Habituationlernen

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

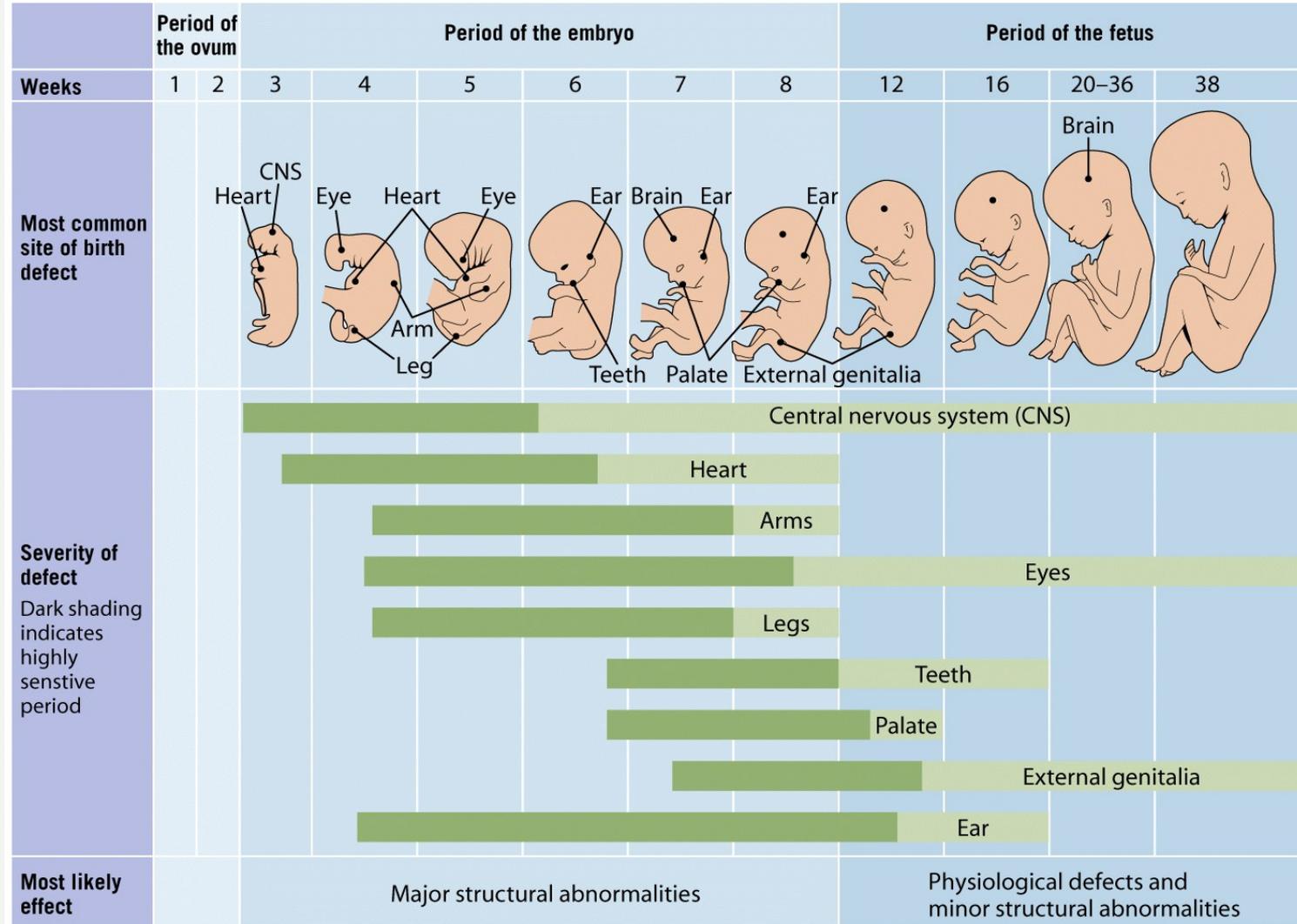




Sensible Phase:

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

Kritische Phasen pränataler Entwicklung





Drogen:

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

Umweltgifte:

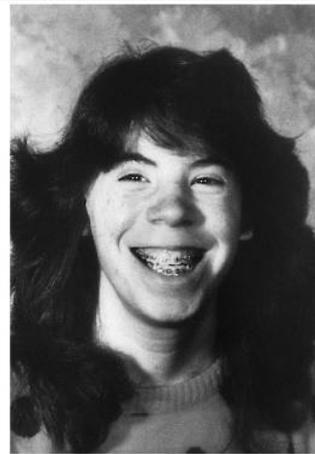
Blei, Quecksilber, PCB

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





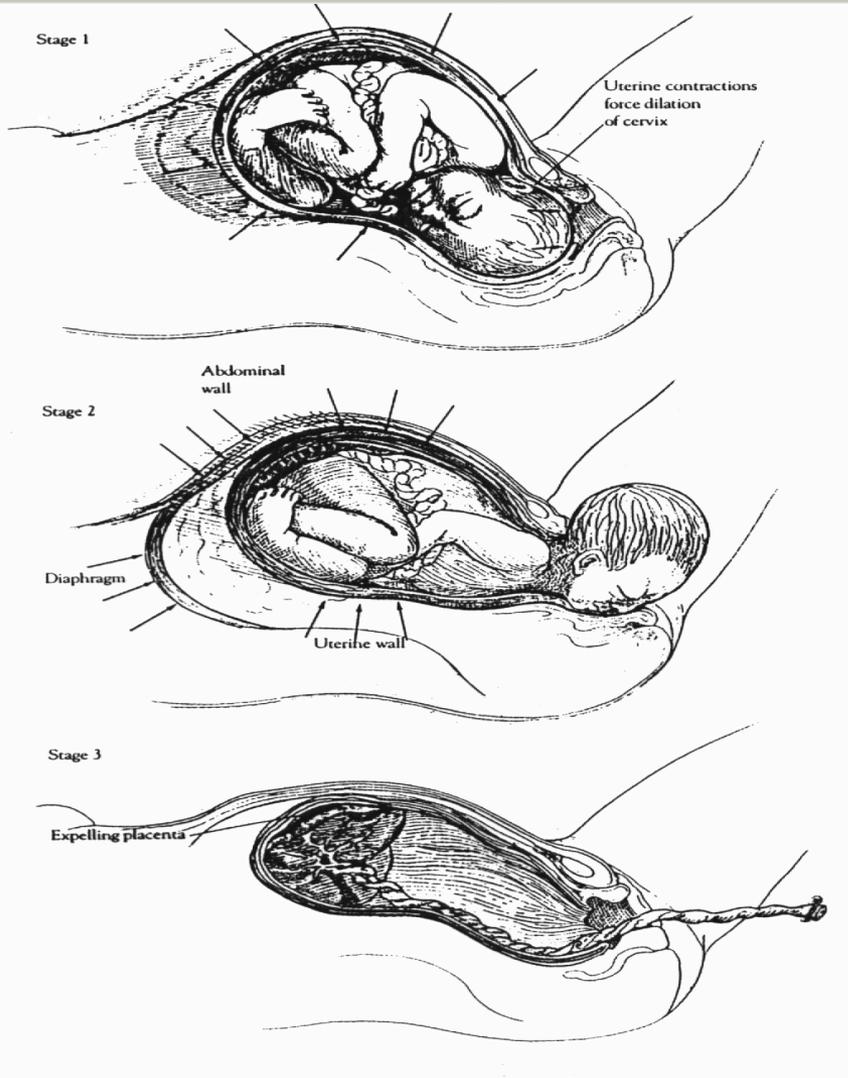
- Generell schädlich für pränatale Entwicklung.
- Keine konklusive Evidenz für Marijuana.
- Kokain: Verlangsamtes Wachstum, Frühgeburt, schlechte Emotions- und Aufmerksamkeitsregulation.



- 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.

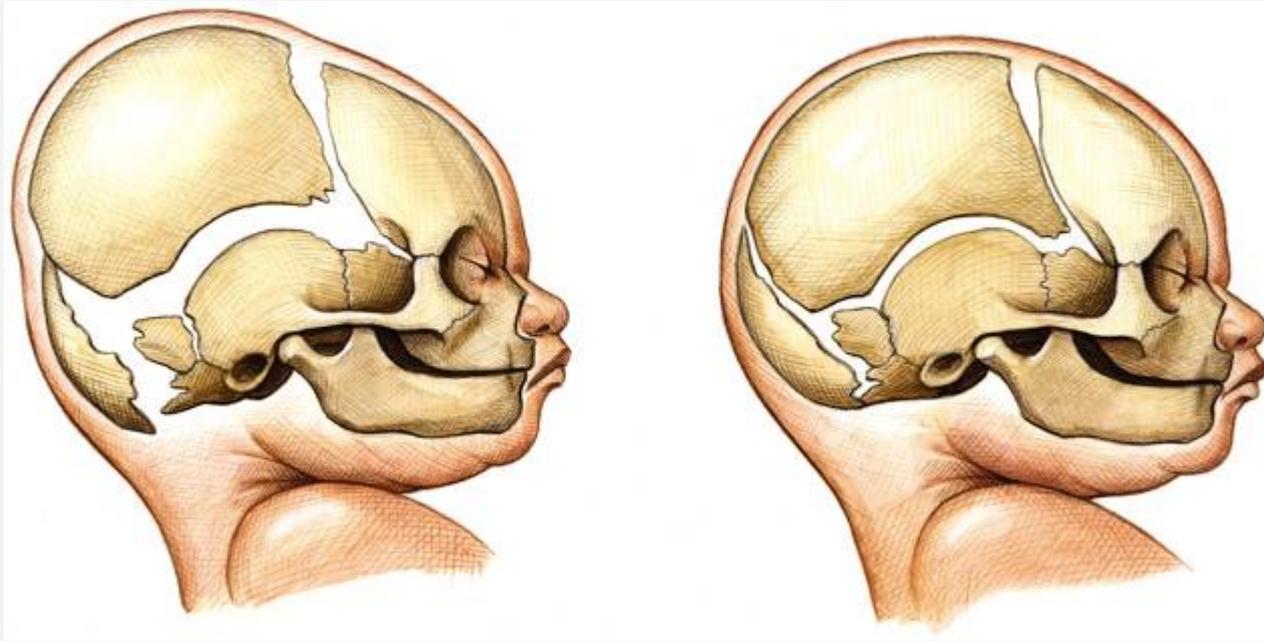
During Stage 2 the baby passes through the birth canal.

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

Kriterium	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte
Herzfrequenz	kein Herzschlag	unter 100 Schläge/min	über 100 Schläge/min
Atemanstrengung	Kein Atmen über eine Minute	unregelmäßig, flach	regelmäßig, Kind schreit
Muskeltonus	schlaff	leichte Beugung der Extremitäten	aktive Bewegung der Extremitäten
Reflexe	keine	Grimassieren	Lebhafte Reaktion (Schreien)
Farbe	blau, blass	Stamm rosig, Extremitäten blau	gesamter Körper rosig

Summe der Werte:

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**

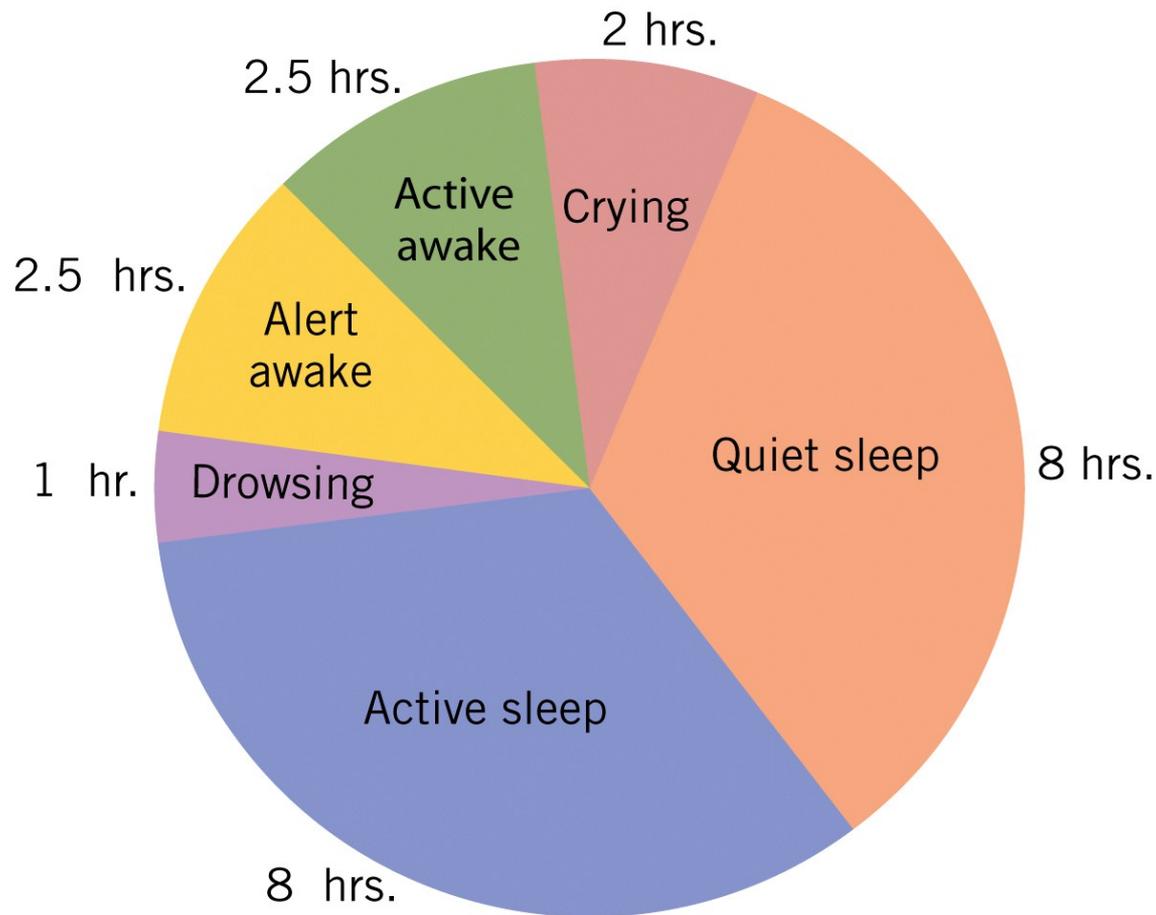
Klaus & Kennel (1976):

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:

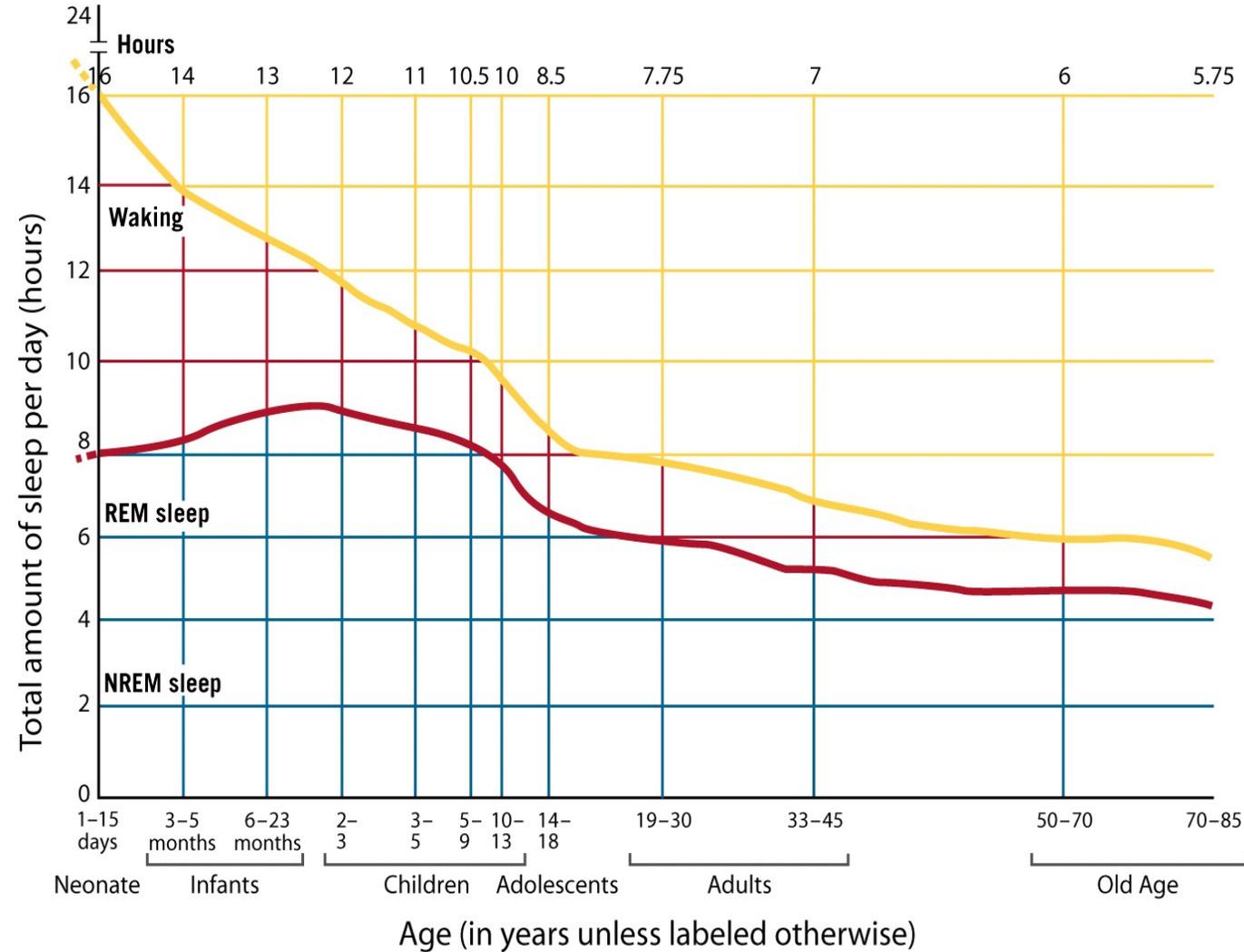
Kontinuum von Tiefschlaf
bis zu intensiver Aktivität



- 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.



Anteil von REM und Non-REM Schlaf über die Lebensspanne



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

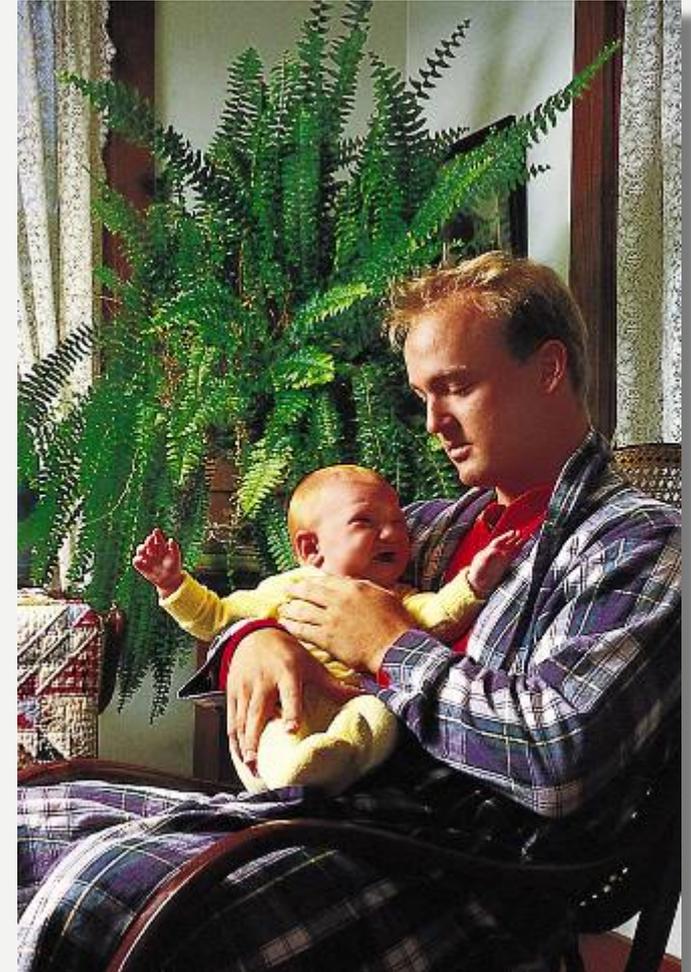



TABLE 2.3
Infant Mortality Worldwide — 1996

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



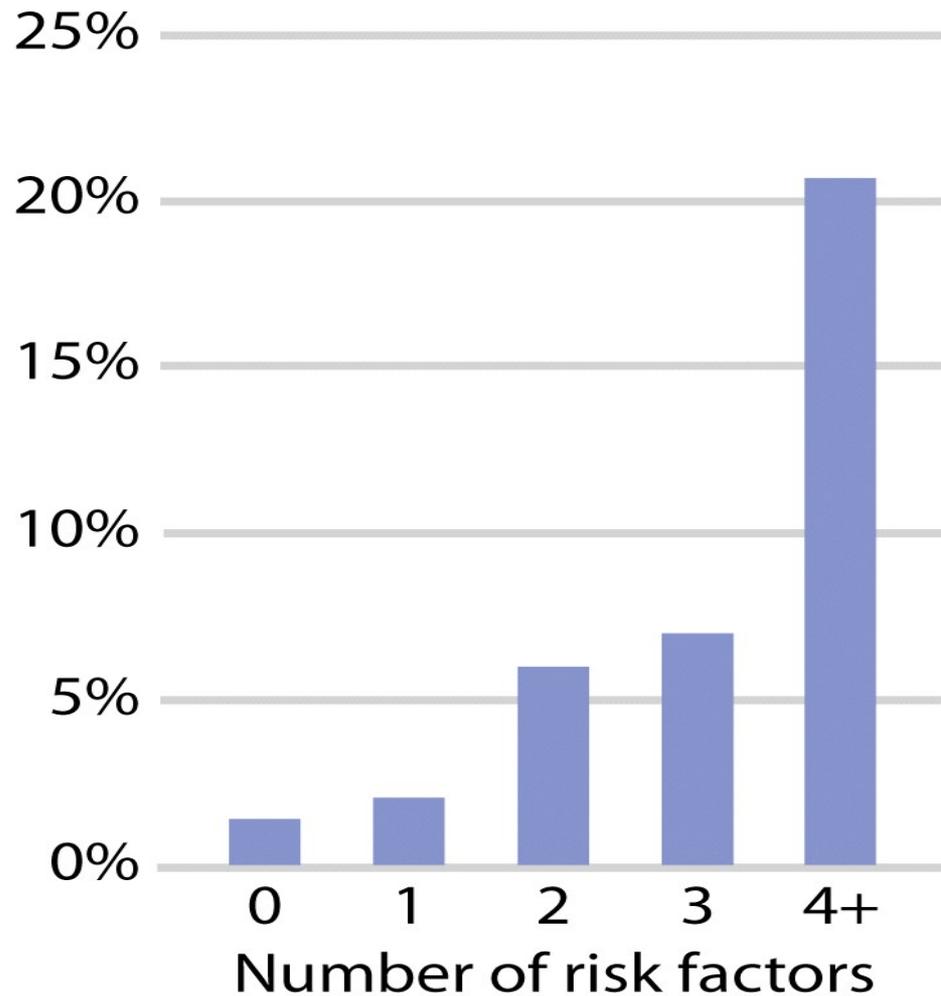
- Frühgeborene haben als Gruppe durchschnittlich mehr Entwicklungsprobleme (intellektuelle und soziale Entwicklung).
⇒ **Erhöhtes Risiko je geringer das Geburtsgewicht.**
 - Kompensation von Risiken mit zunehmendem Alter bei günstigen sozio-ökonomischen Bedingungen.
 - Bei extrem niedrigem Geburtsgewicht (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 einzelner Risikofaktor ableitbar.**



- Kumulative Effekte pränataler Risiken

- Gemeinsames Auftreten von
 - Alkohol- und Drogenabhängigkeit
 - schlechte Gesundheitsvorsorge
 - Fehlernährung
 - Armut

- **Bedeutung der Zahl der Risikofaktoren:**
Michael Rutter (1979): erhöhtes Risiko für psychiatrische Störungen bei Kindern mit 4 oder mehr Risikofaktoren.



Positive Entwicklung trotz Geburt in der 27. Woche



ASSOCIATED PRESS

(a)



AP / WIDE WORLD PHOTOS

(b)



⇒ **Erfolgreiche Entwicklung trotz mehrfacher und scheinbar überwältigender Entwicklungsrisiken.**

Begünstigende Faktoren:

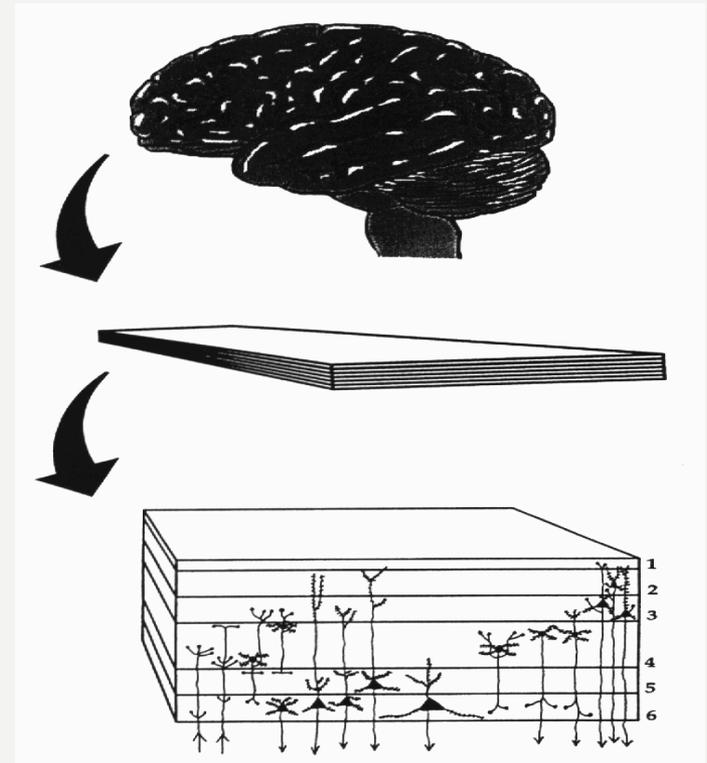
- Eine fürsorgliche Bezugsperson
- Intelligenz, Empathie, Erfolgsmotivation

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:**

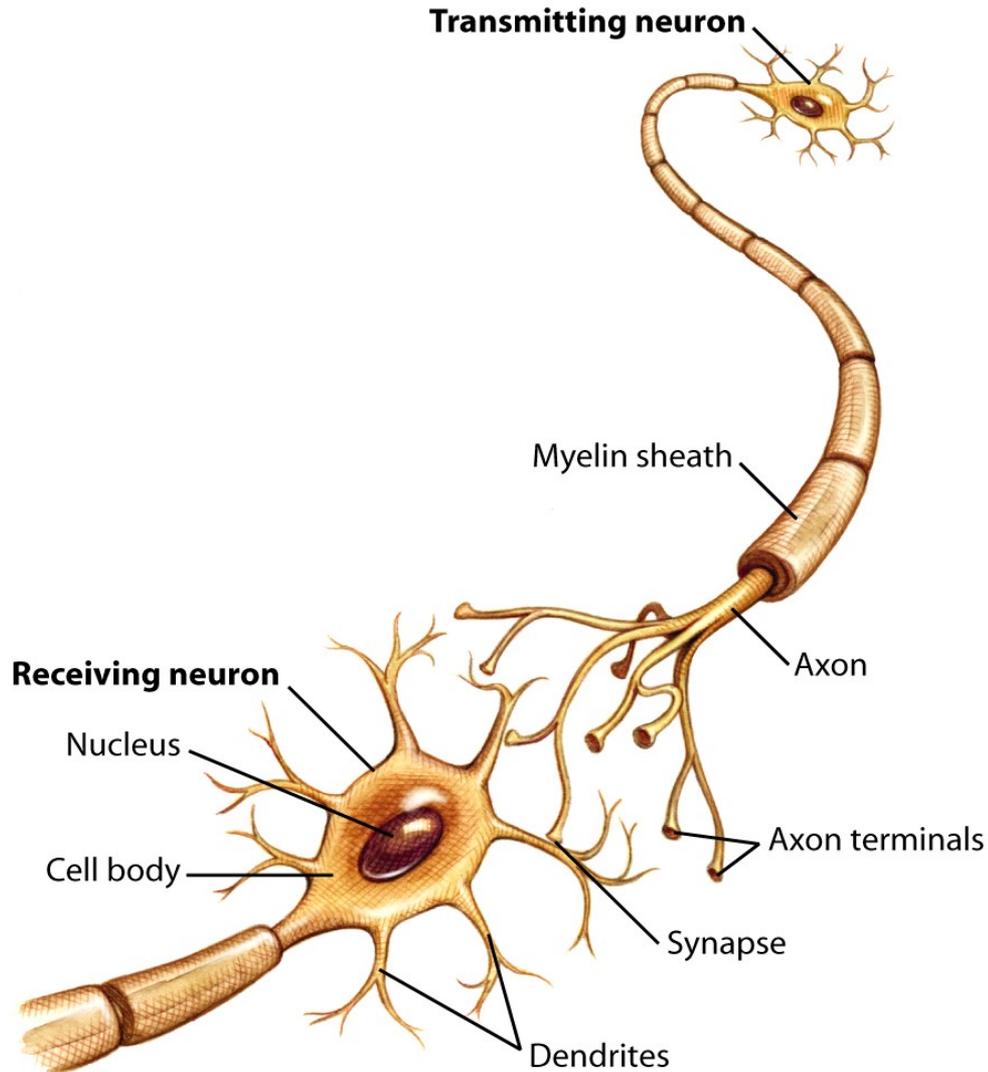
spezialisierte Zellen für das Senden und Empfangen elektrischer Botschaften zwischen dem Gehirn und allen Teilen des Körpers sowie innerhalb des Gehirns

- 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



Cerebraler Cortex:

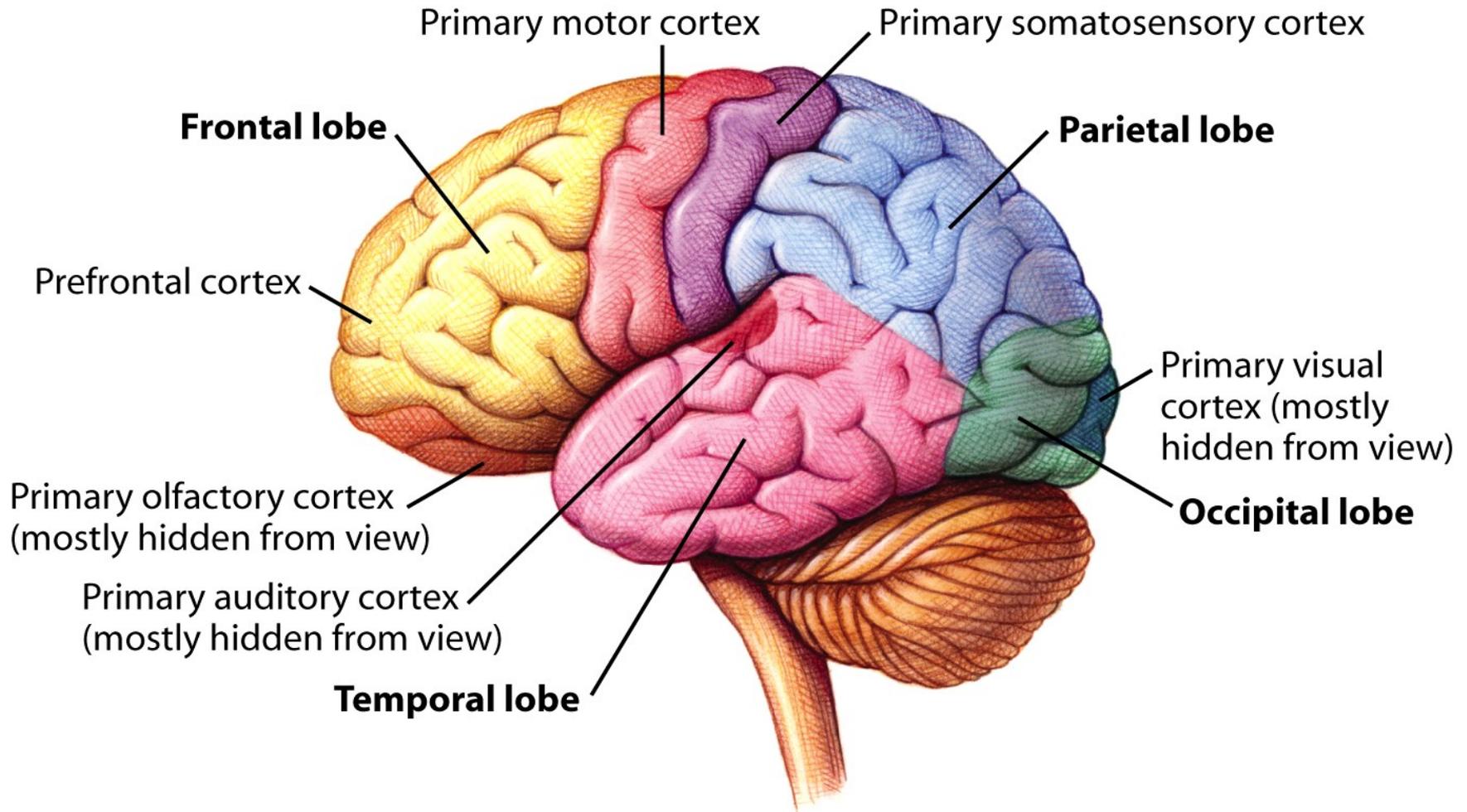
Besteht aus vier Lappen und Assoziationsfeldern, die zwischen den wichtigsten sensorischen und motorischen Feldern liegen und den Input aus diesen Feldern integrieren und verarbeiten.

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





- **Hemisphären:** 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 Information.

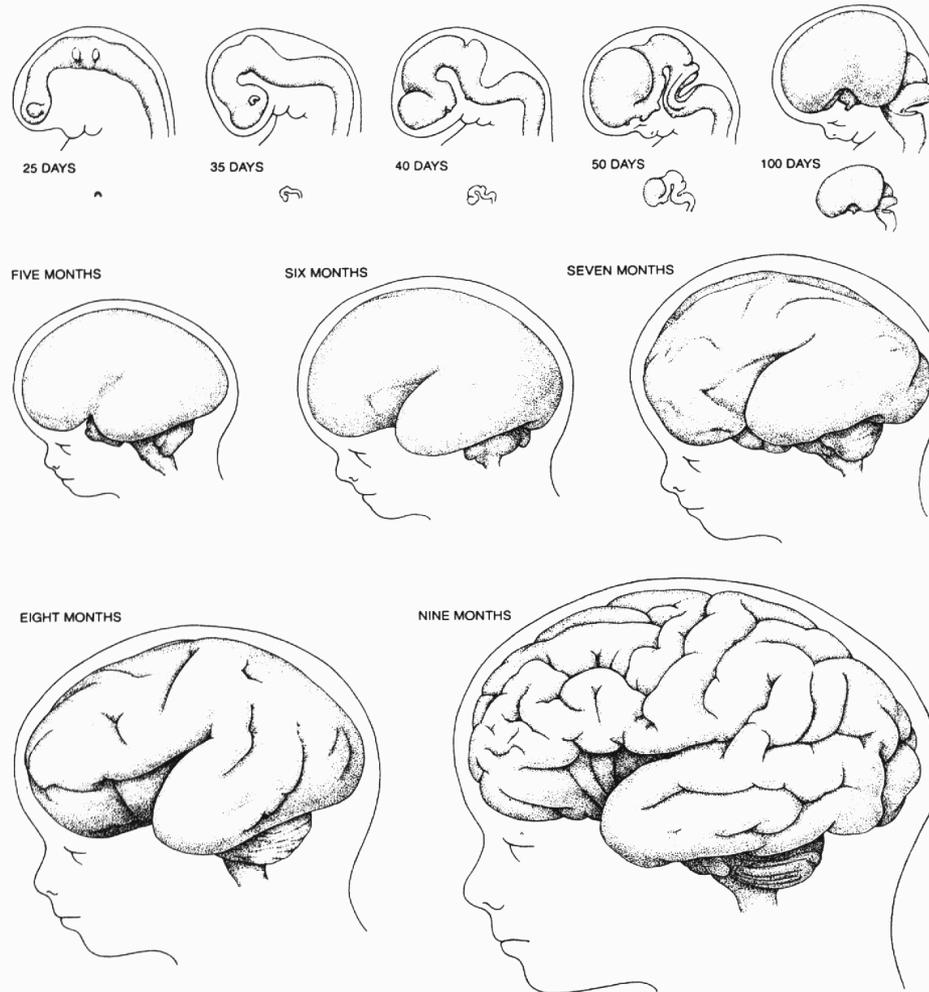
Entwicklungsprozesse



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

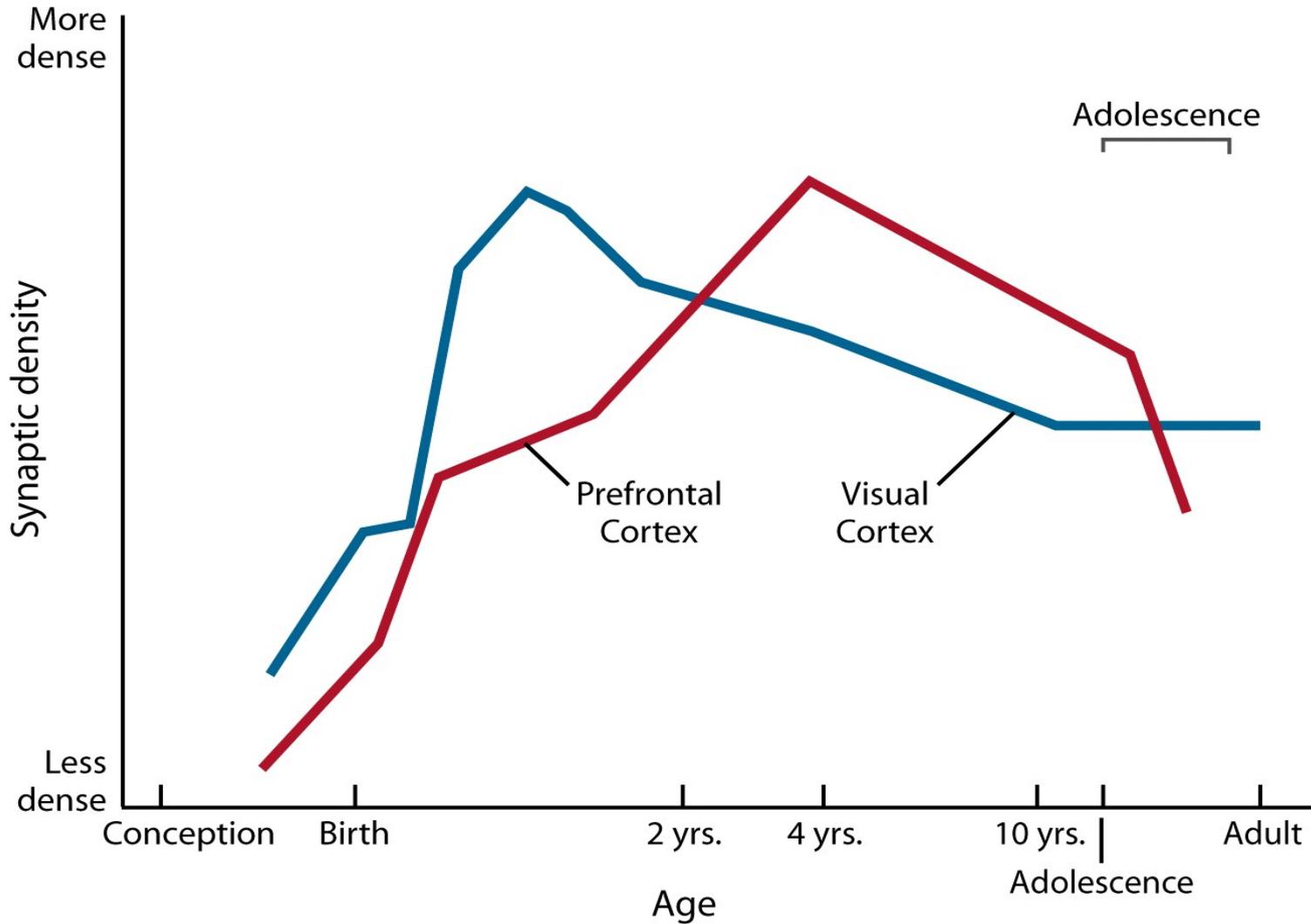


- Ein Teil des Ektoderms faltet sich zu einem Hohlzylinder, der Neuralröhre.
- Das Vorderende der Neuralröhre organisiert sich in eine Reihe von Ausstülpungen, Vorformen von Cortex, Thalamus, Hypothalamus, Kleinhirn.
- Innerhalb dieser Zonen entstehen Neurone und Gliazellen und wandern zu spezifischen 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.





- 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 Lebensjahr





- **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:**

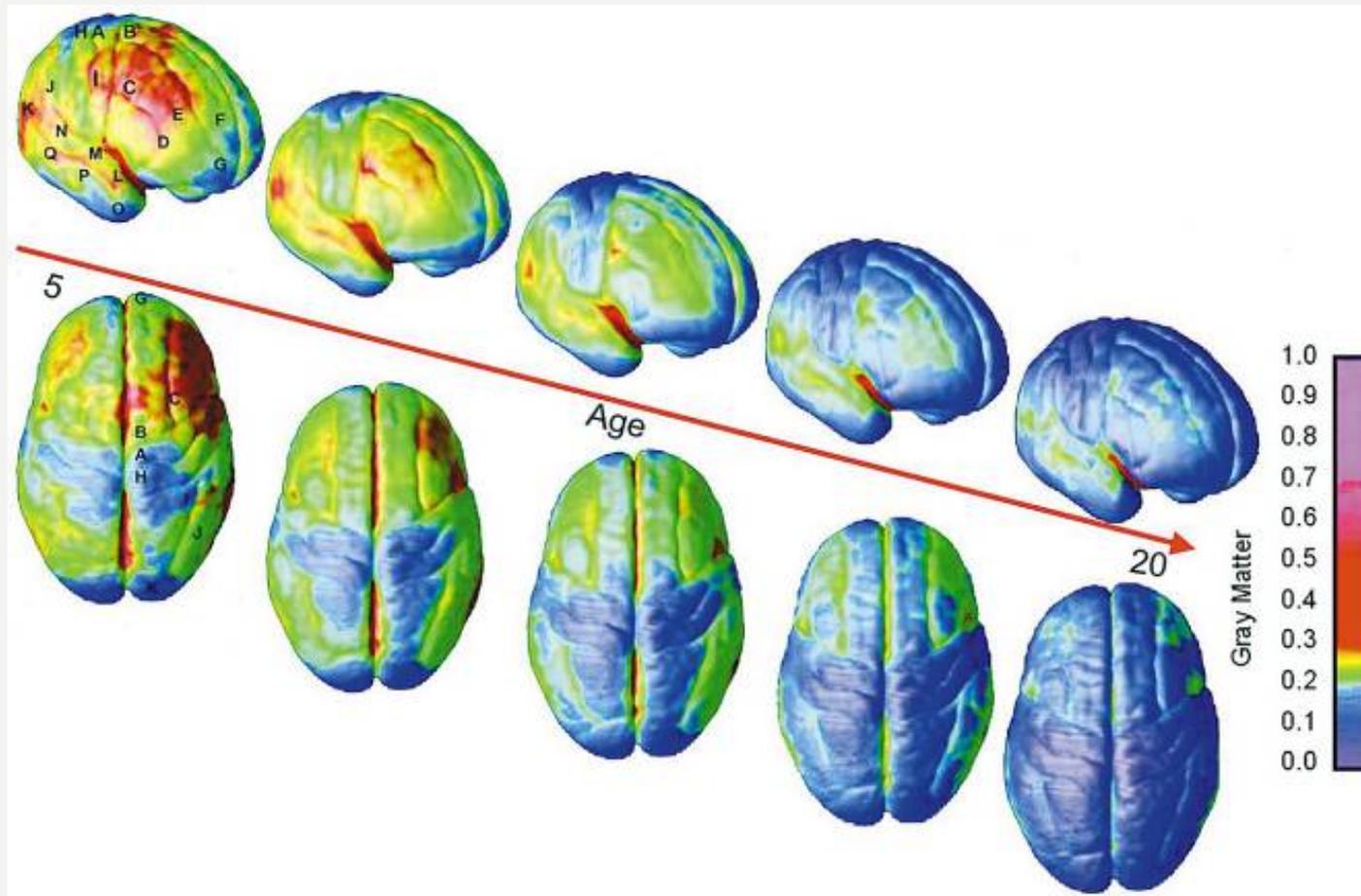
überschüssige Synapsen werden in unterschiedlichen Hirnregionen zu verschiedenen Zeiten eliminiert.



- 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

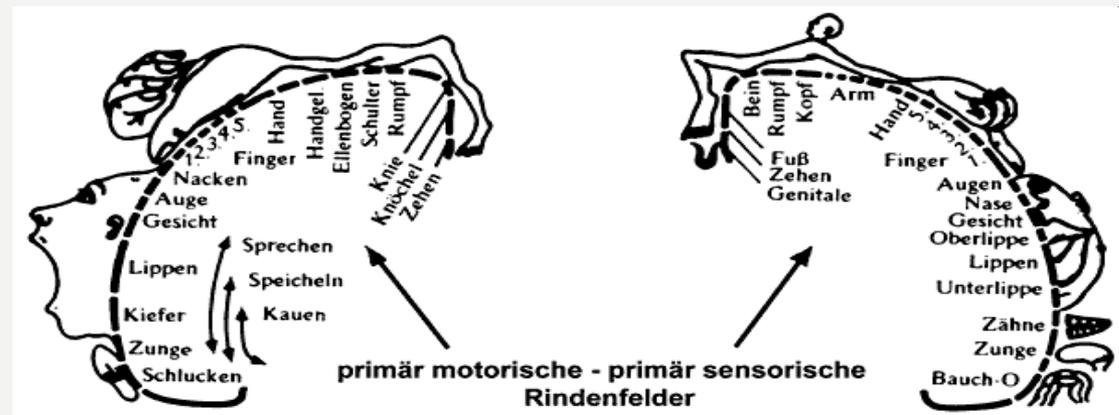
- Bsp.: Strabismus – Koordinationsmangel der Augenbewegungen, verschwommenes Sehen. Abdecken des dominanten Auges – bis zum Alter von sechs Jahren.

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.

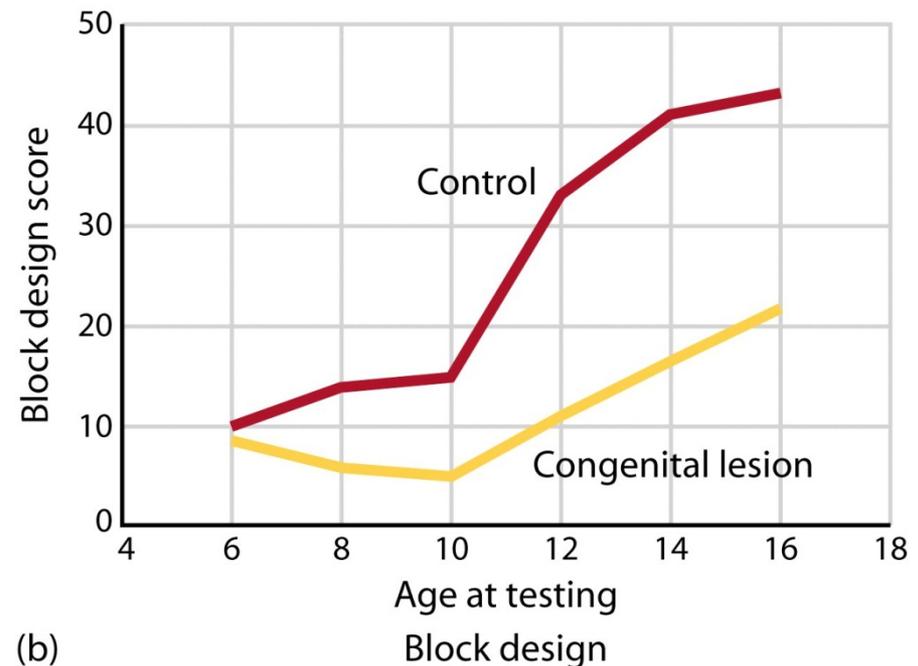
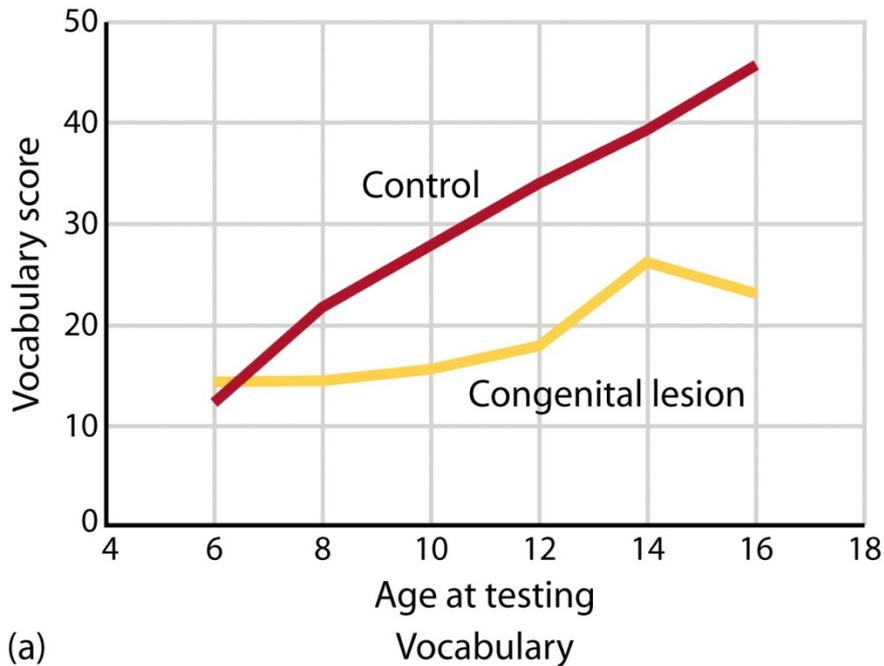
Erfahrungsabhängige Plastizität:

- 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!**