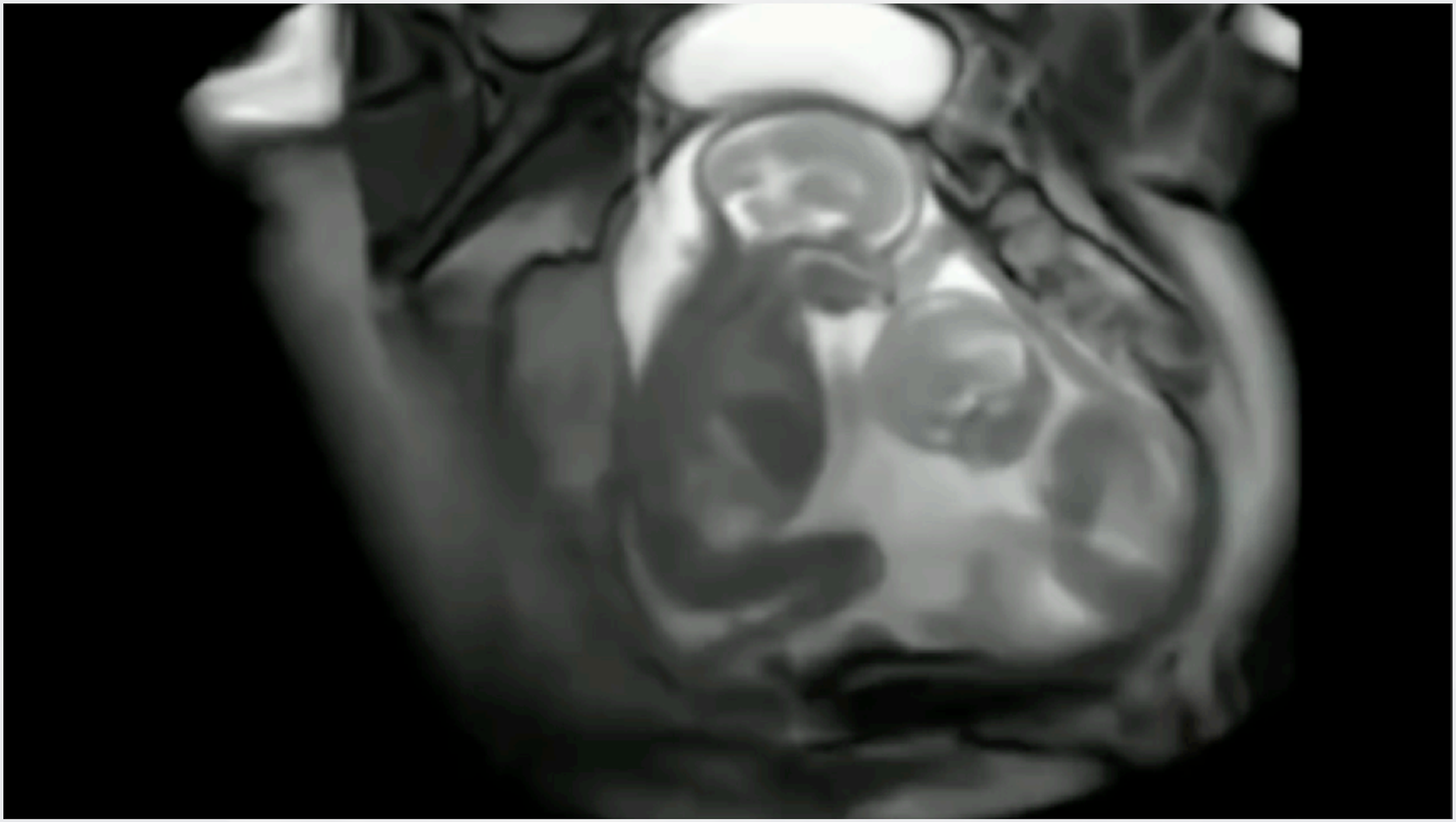
38. Saarländ. Gynäkologentag

Die intrauterine Erlebniswelt des Feten



25. November 2017 • Prof. Dr. Alexander Scharf • Praxis für Pränatalmedizin Mainz -Darmstadt

Die intrauterine Erlebniswelt des Feten

Inhalt - Gliederung

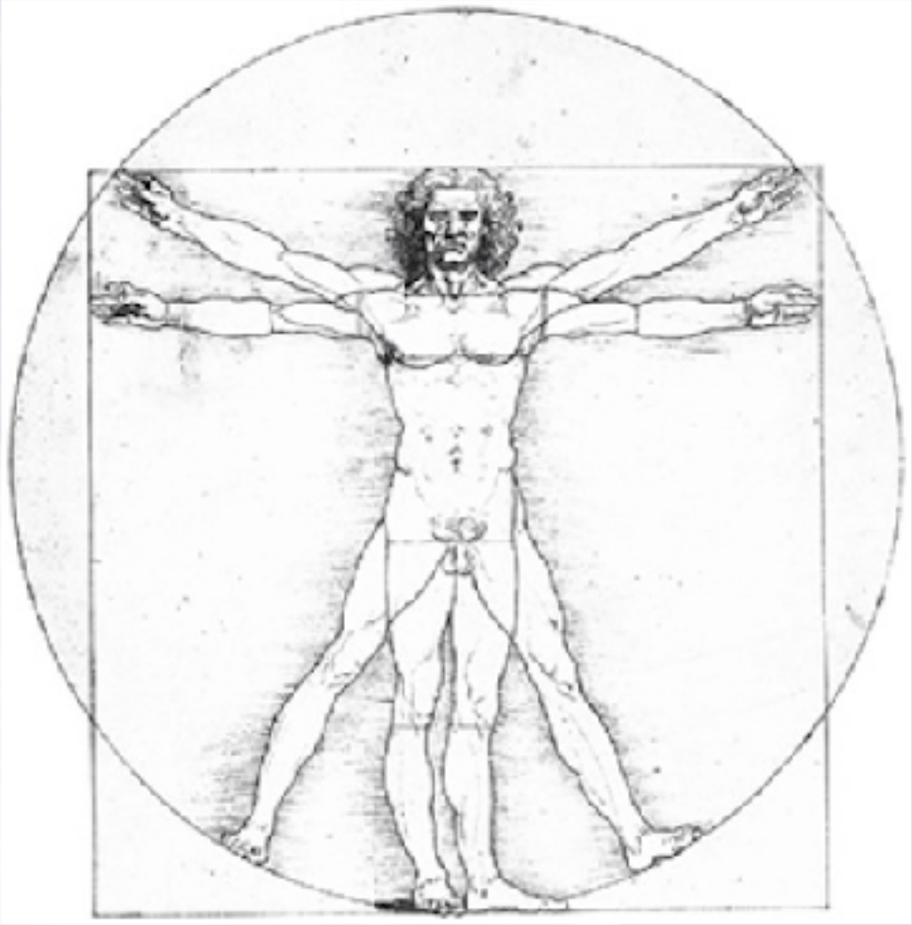
- Einleitung
- Der Blick ins Internet - Thesen der Pränatalpsychologie
- Naturwissenschaftlicher Zugang - Methodik
- Exkurs Plazenta
- Exkurs Bewusstsein - Modell GNW (Global Neuronal Workspace)
- Die 5 Sinne intrauterin
- Zusammenfassung

Faszination

Interesse jedes Einzelnen (Ichbezug)
Wo komme ich her, wo gehe ich hin?

-> Existenzphilosophie

- Wann wird aus dem Embryo bzw. Fetus ein Mensch?
- Was macht einen Menschen aus? Was bedeutet Beseelt-Sein?
- Was macht uns zu einem Individuum?
- Ab wann besitzen wir eine Persönlichkeit?
- Wann beginnt unsere Eigen- und Fremdwahrnehmung?



Folge der existenzphilosophischen Sicht auf ungeborenes Leben

- Art des gesellschaftlichen Umgangs mit ungeborenem Leben (medizinisch, ethisch, juristisch, sozial)

Interesse der werdenden Eltern - Fokus Kind („Baby“)

- **Neurophysiologie**
  - Was hört und fühlt mein Kind (sensorisch)?
  Ebene Reizweiterleitung -> von **Sinnesorganen <u>zum Gehirn</u>** (Stammhirn - limbisches System - Cortex)
  - Was davon nimmt es wahr?
  Ebene Rezeption -> Vorgang der bewussten (conscious) **Aufnahme und Verarbeitung** dieser Informationen **<u>im Gehirn</u>**

- **Pränatalpsychologie**
  - Was behält es (=was speichert es davon)? -> Gedächtnis-Erinnerung
  - Was lernt es daraus? -> Erwerb neuer Fertigkeiten
  - Hat dies Auswirkungen auf das spätere Leben? -> Persönlichkeitsbildung

Interesse der werdenden Eltern - Fokus Familie („Wir“)

- **Interaktion**
  - Kann ich mit meinem Baby kommunizieren? Wenn ja, ab wann und wie?
  - Wie kann ich mein Baby vorgeburtlich fördern?

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2

Prä- und Perinatalpsychologie: Thesen 1/2

- Rund um die zehnte Woche beginnt sich das Baby viel zu *bewegen* - da dies nicht reflexhaft, sondern *frei und zwanglos* geschieht, wird es als Zeichen erster "*persönlicher*" *Aktivität* ***gedeutet***.

Bewegung ist frei, nicht „reflexhaft“! Persönlicher Aktivität (Wille) ab 10. SSW!

- Mit dem Schmecken oder dem Hören entwickeln sich nun auch andere Sinne.

- Das Ungeborene *kann jedenfalls wahrnehmen*, was rundherum passiert.

  Und es lernt!

Fetus: Bewusste Wahrnehmung - Lernen!

- Je nachdem, welchen körperlichen und schließlich auch "seelischen" Erfahrungen es im Bauch ihrer Mutter ausgesetzt war, hat dies große Auswirkungen auf die spätere Einstellung zur Welt und zum eigenen Leben.

Prägung und Persönlichkeitsbildung beginnt in utero!

- *Kommunikation und Interaktion zwischen Mutter und Kind* spielen hier **vielleicht** noch eine größere Rolle als die genetische Veranlagung.

Vorgeburtliche Kommunikation prägender als Genetik!

- **Stress** aber wirkt sich definitiv negativ auf die kindliche Entwicklung aus. Er *senkt beim Baby die Intelligenz und erhöht das Risiko von Krankheiten* wie Depressionen, Diabetes oder Bluthochdruck. Auch kann Angst oder Depression während der Schwangerschaft zu niedrigerem Geburtsgewicht oder Frühgeburt führen, von den psychischen Auswirkungen auf die Kinder gar nicht zu sprechen: Spätere Störungen im Sozialverhalten, Aufmerksamkeits- oder Schlafstörungen können die Folge sein.

Stress macht dumm!

Prä- und Perinatalpsychologie: Thesen 2/2

- Gehirn bewahrt *Erinnerungsbilder vom Austausch des ungeborenen Babys mit der äußeren Welt.*

  Diese lassen sich später nicht in Worte fassen, könnten aber *über Körperempfindungen abgerufen werden*. Das Gefühl von Ablehnung kann später beispielsweise zu vermindertem Selbstwertgefühl oder Neurosen führen.

Fetus speichert Sinneseindrücke -> Erinnerung an die Zeit vor der eigenen Geburt in „Bildern“

- Neben dem familiären Netz haben sich die
  - Betreuung durch eine *eigene Hebamme*,
  - die emotionale Unterstützung durch eine geburtserfahrene Begleiterin, eine „*Doula*" (Frau, die einer werdenden Mutter vor, während und nach der Geburt als emotionale und physische Begleiterin zur Seite steht. Sie versteht sich als Schwangerschafts-, Geburts- und Wochenbettbegleiterin.),
  - oder auch die **vorgeburtliche Beziehungsförderung mittels sogenannter Bindungsanalyse** (*Prenatal Bonding*)

  bewährt:

Grundsätzliche Psychotherapie der Schwangeren -> verbesserte Bindung an Baby!

- Die **werdende Mama** vertieft dabei den Kontakt mit ihrem Baby, wird vom *Bindungsanalytiker* unterstützt und *lernt, negative lebensgeschichtliche Erfahrungen oder bestimmte Schwangerschaftserlebnisse zu integrieren*.

Therapie Schwangere -> negative Lebenserfahrung „integrieren“

- Meist **kommunizieren Mutter und Fetus** in Form eines *inneren Dialogs* oder mit *Bildern, Bewegungen und Empfindungen*. So kann die Mutter ihr Baby durch das Auf und Ab ihres Seelenlebens führen".

Kommunikation! Mutter erzählt Fetus von ihrem Leben

- Auch die **Bindungsanalyse** fußt darauf, dass *alle Gefühle der Schwangeren physiologische Reaktionen im Körper auslösen, die das Baby* <u>*eins zu eins*</u> (-> ungefiltert) *mitbekommt*.

Gefühle ungefiltert an Baby weitergegeben

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

Thesen Pränatalpsychologie-> Therapeutisches Konzept 1/2

- Behandlung von Stress, Trauma und Schock,
  deren Ursachen in der prä- und perinatalen Zeit – vor und während der Geburt – liegen:
  Unsere Gesundheit und unser Wohlbefinden werden zutiefst geprägt durch die Bedingungen, die wir während der Schwangerschaft und unserer Geburt erlebt haben.

  Die ***vorgeburtlichen Erfahrungen*** sowie die Geburt selbst *erzeugen eine* ***Grundprägung***. Diese beeinflusst viele Aspekte unseres Lebens:
  - Entscheidungsfindung,
  - Beziehungen,
  - Antrieb,
  - Süchte,
  - Selbstbewusstsein,
  - Essgewohnheiten,
  - Intimität,
  - Elternschaft.

- Als Erwachsene können wir

  durch die *Erforschung traumatischer Erlebnisse aus unserer pränatalen Zeit* und unserer Geburt

  eingefahrene, selbst-behindernde Verhaltensmuster dauerhaft verändern.

  Über das *Körper-Gedächtnis (??)* sind wir in der Lage, uns zu erinnern und unseren Körper von Trauma und Schock zu befreien.

- Prenatal stress can change the foetus' brain permanently.
- Prenatal stress can lead to mood disorders and learning disabilities later in life.
- Stress in early childhood can lead to aggression and serious health problems in adult years.

www.ippe.at/prä-und-perinatale-psychologie/

Thesen Pränatalpsychologie -> Therapeutisches Konzept 2/2

- Es gibt viele **Gründe für prä- und perinatalen Stress, Trauma und Schock.** Zu den häufigsten gehören

  - ein *unerwünschtes Kind* zu sein
  - Stress der Eltern während der Schwangerschaft
  - Abtreibungswünsche oder -versuche
  - ein verlorener Zwilling
  - Frühgeburt oder künstliche Geburtseinleitung
  - *Narkose und Medikamente*
  - Vergiftungen (Alkohol, Nikotin, Drogen)
  - chirurgische Interventionen (wie *Kaiserschnitt, Zange, Saugglocke*)
  - Nabelschnurkomplikationen
  - Beckenendlage
  - fehlendes Bonding

- Ziel:
  - Durch erneute positive Körpererfahrung einer erlebten traumatischen Situation eine neurologische Neuverknüpfung im Gehirn zu ermöglichen, damit dieses *Erlebnis von seinen traumatischen Elementen zu befreien (??)*

- Noch als Erwachsene können wir *durch* ***Auseinandersetzung mit*** *unserer* ***pränatalen Zeit*** und unserer Geburt

  eingefahrene, ***selbst-behindernde Verhaltensmuster*** *dauerhaft* ***verändern***.

www.ippe.at/prä-und-perinatale-psychologie/

Die intrauterine Erlebniswelt des Feten

Ist das so?

Wissenschaftlicher Zugang - Basis: Naturwissenschaften 1/2

- **(Neuro-)Physiologie**
  Was fühlt mein Kind sensorisch?
  Was davon nimmt es wahr?
  -> Ebene Sinne und Gehirn

- **Hierzu zählen Kenntnisse über**

1. Regelhaft angelegte Organstruktur ->**Anatomie** der Sinnesorgane und des ZNS

2. Funktionalität dieser Organe -> **Neurophysiologie <u>des Feten</u> im e. S.**

3. Einfluß der kindl. Umgebung -> (**Patho-)Physiologie von**

   <u>Plazenta</u>,
   Eihäuten,
   Fruchtwasser

Exkurs- Plazenta

- In Bedeutung häufig unterschätzt und fehleingeschätzt
- Grund: Ausschließlich pränatal und intrapartual existent
- Bedeckt 30% der Gebärmutterwand - größtes kindliches Organ - hohe Zellmasse
- Sonographisch und klinisch-praktisch fetales Gewebe!
- CAVE: Analogieschluß vom Verhalten eines Frühgeborenen im Inkubator auf Verhalten gleichalten Fetus im Mutterleib mit Plazenta -> *Ignoriert modulierenden Einfluß der Plazenta als größtes kindliches Organ auf die fetale Umwelt* („fetoplazentare Einheit“)
- Nahtstelle Mutter-Kind: Verbindung-*Anhaftung* fetalen Gewebes an Gebärmutterwand/Decidua *und dabei gleichzeitig Trennung* des mütterlichen und kindlichen Organismus („Plazentaschranke“)

Plazenta - Aufgaben, Funktion 1/2

1. **Gasaustausch (*respirator. Funktion*):**
   - O2 and CO2 simple diffusion across the fetal membrane

2. **Abgabe von Stoffwechselprodukten (*exkretor. Funktion —>*):**
   - Waste products from the fetus such as urea, uric acid, creatinine are excreted to the maternal blood by simple diffusion

3. **Aufnahme von Nährstoffen (*nutritive Funktion <—*)**
   - Glucose transferred to the fetus by facilitated diffusion
   - Lipids transferred across the fetal membrane or synthesized in the fetus
   - Amino acids are transferred by active transport
   - Water and electrolytes- Na, K ,Cl cross by simple diffusion, Ca , P, and Fe cross by active transport
   - Water soluble vitamins are transferred by active transport but the fat soluble vitamins are transferred slowly

4. **Physikalische und biochemische Schranke (*Filterfunktion*):**
   - protective barrier for the fetus against harmful agents in the maternal blood
   - Substances with large molecular weight or size like insulin or heparin are transferred minimally
   - Only IgG (not IgA or Ig M)antibodies and antigens can cross the placental barrier
   - Most drugs can cross the placental barrier and some can be teratogenic
   - Various viruses, bacteria, protozoa can cross the placenta and affect the fetus in utero

Plazenta - Aufgaben, Funktion 2/2

5. **Induktion einer Toleranz gegenüber der Plazenta als fremdes Gewebe (*Immunologische Funktion*):**
   - In spite of foreign paternally inherited antigens in the fetus and placenta, there is no graft rejection due to immunological protection provided by the placenta

6. **Produktion von Hormonen und Enzymen (*Endokrine Funktion*):**
   - secretes various hormones – Protein hormones like *HCG*, human placental lactogen,pregnancy specific beta 1 glycoprotein, pregnancy associated plasma protein (*PAPP-A*), steroidal hormones like *estrogen* and *progesterone*
   - Enzymes secreted are *diamine oxidase* (activates circulatory pressor amines), *oxytocinase* (neutralizes oxytocin), *phospholipase A2* (synthesizes arachidonic acid)

7. **„Pharmakologische“ Funktion:**

   Plazenta produziert autonom:

   - Pregnanolon (Neurosteroid) -> wirkt *anästhetisch*
   - Prostaglandin D2 -> wirkt *sedativ und schlafinduzierend*

(Mellor DJ, Diesch TJ, Gunn AJ, Bennet L 2005 The importance of ‘awareness' for understanding fetal pain. *Brain Res Brain Res Rev* **49**:455–471)

Wissenschaftlicher Zugang - Basis: Naturwissenschaften 2/2

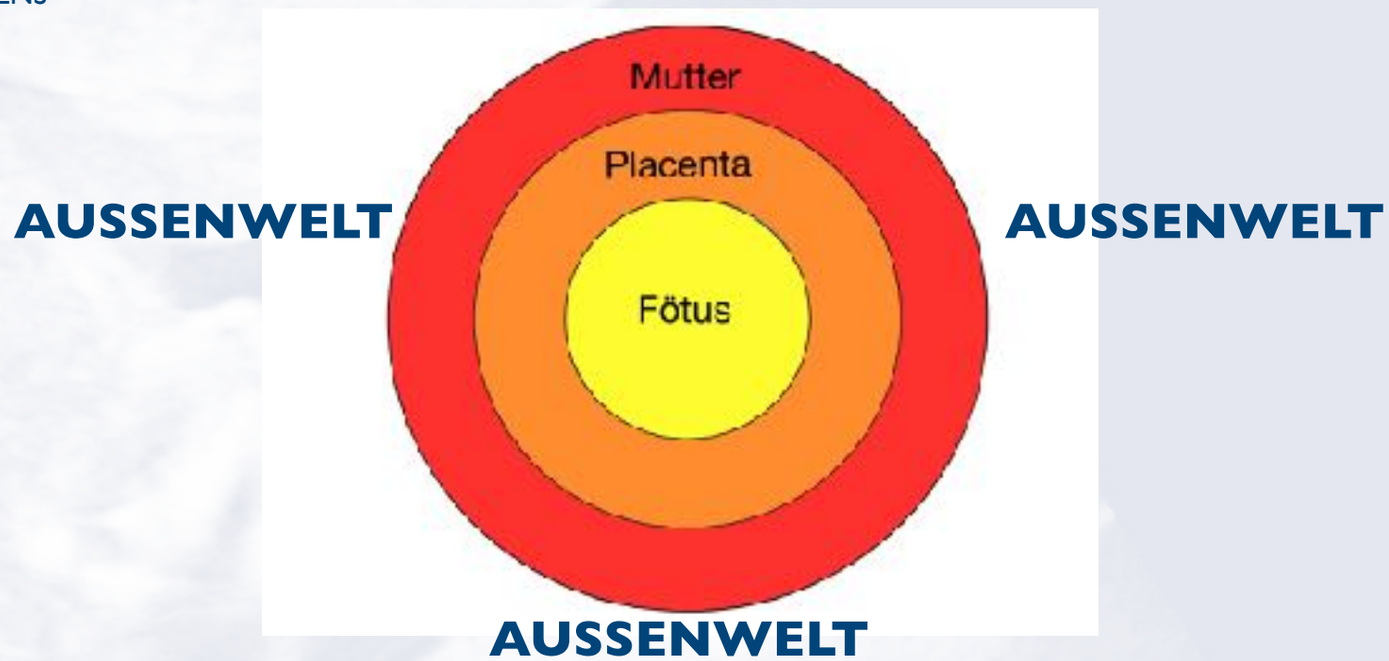
1. Regelhaft angelegte Organstruktur ->**Anatomie** der Sinnesorgane und des ZNS

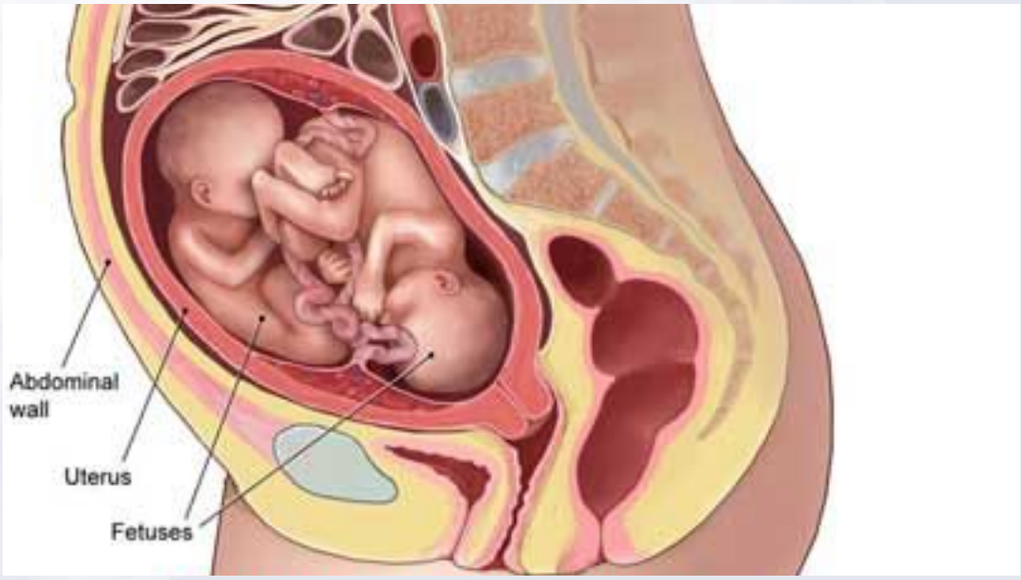
2. Funktionalität dieser Organe -> **Neurophysiologie <u>des Feten</u> im e. S.**

3. Einfluß der kindl. Umgebung -> (**Patho-)Physiologie von**

   <u>Plazenta</u>,
   Eihäuten,
   Fruchtwasser

4. Einfluß der mütterl. Umgebung ->
   (**Patho-)Physiologie von**
   Uterus,
   Bauchwand,
   Blut und seine Bestandteile
   sonstige maternale Nachbarorgane, bes. Darm



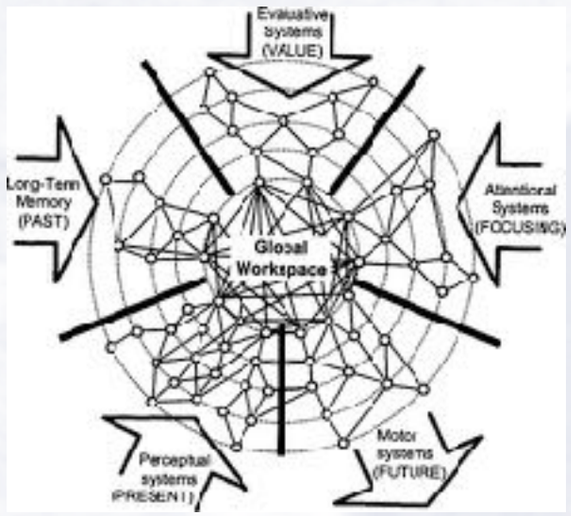


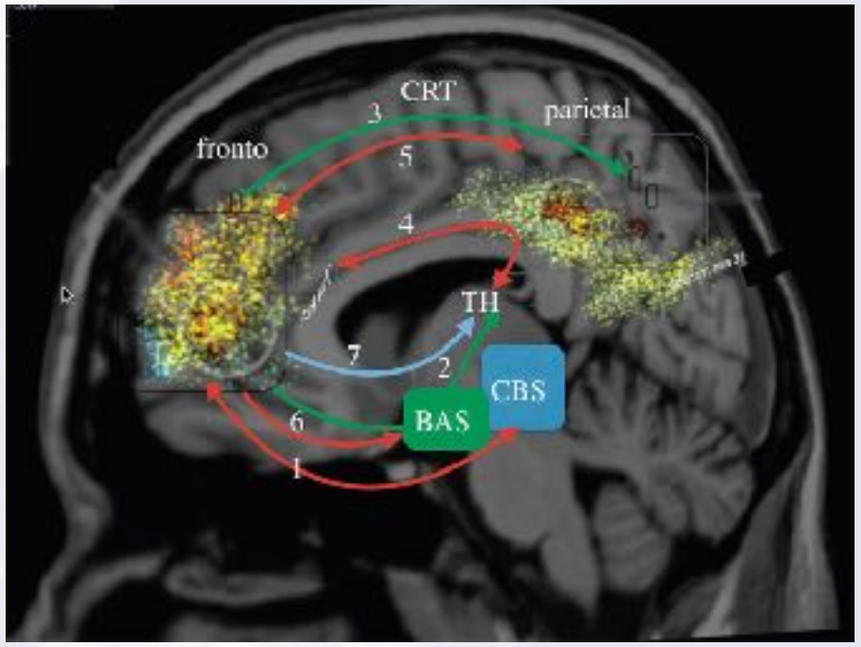
3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

Exkurs Bewusstsein - Consciousness
Wie können wir bewusstes Wahrnehmen naturwissenschaftlich erfassen?
Modell GNW - Global Neuronal Workspace 1/3

- Global Neuronal Workspace (GNW) hypothesis:
  Bewusstes Wahrnehmen:
  Gebunden an komplexe aktive Vernetzung verschiedener Regionen der Großhirnrinde

- The model distinguishes five relatively autonomous and specialized autonomous processors involved in perception, motor activity, attention, evaluation, and long-term memory connected throughout the brain by long-axon neurons of the GNW (Dehaene *et al.*, Proc Natl Acad Sci USA 95:14529-14534)

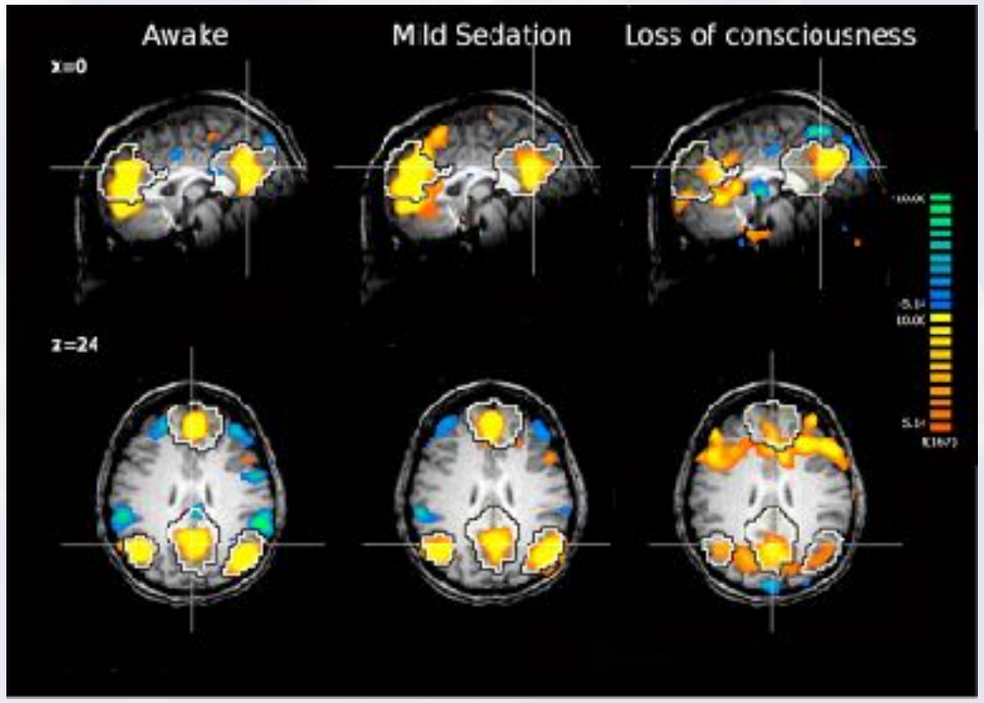




- In the GNW, multimodal perceptions, emotions and feelings (present), evoked memories (past), together with anticipations of actions (future) become subjectively integrated and modified by evaluative systems (value) and attentional systems (focusing) in a

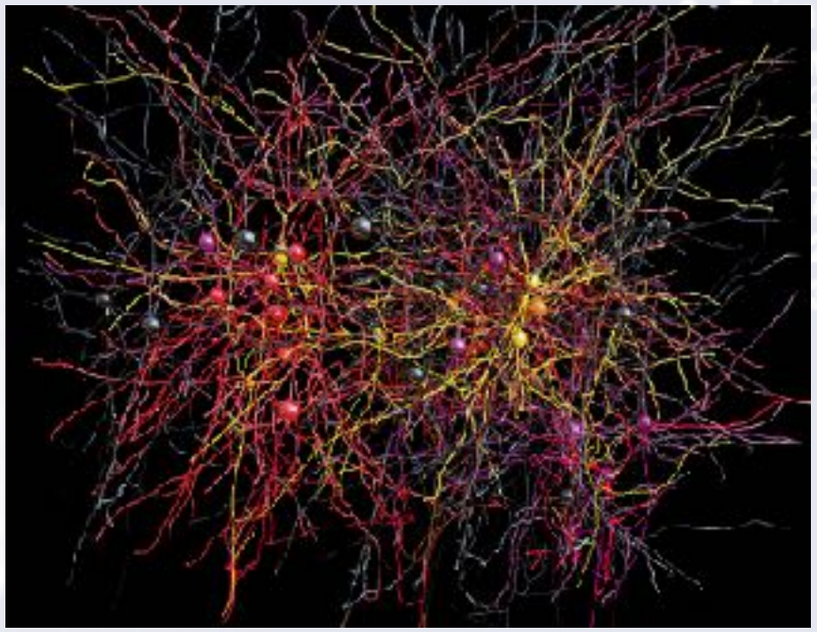
  (Interaktion dieser Zentren->) continuously changing and dynamic "flow of consciousness"

- This then leads to the distinction between the states of consciousness (wakefulness, sleep, coma, general anesthesia) and the content of the conscious experience
  —> Messbar über MRI



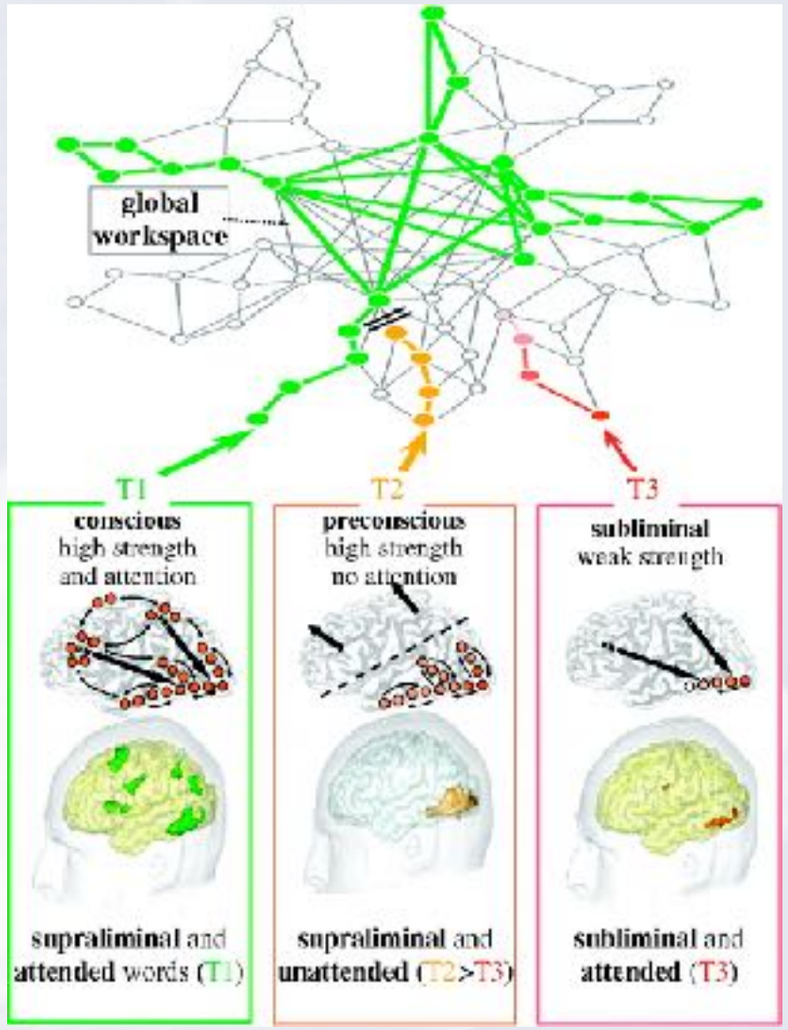
Lagercrantz H, Changeux JP: The Emergence of Human Consciousness: From Fetal to Neonatal Life, Pediatric Research (2009) ***65****, 255–260*

Exkurs Bewusstsein - Consciousness Modell GNW - Global Neuronal Workspace 2/3



- The states of consciousness are under vertical control of the brain stem and diencephalic subcortical structures and mediated by the corticothalamic relationships (Llinas RR, Steriade M 2006 Bursting of thalamic neurons and states of vigilance. *J Neurophysiol* **95**:3297–3308)

- The content of conscious experience (Baars BJ, Ramsoy TZ, Laureys S 2003 Brain, conscious experience and the observing self. *Trends Neurosci* **26**:671–675) is then viewed as being processed through a **recurrent horizontal network of cortical pyramidal neurons** with long-distance connections *assembling thalamocortical regions, particularly prefrontal and higher association areas, parietotemporal and cingulate cortices* (Posner MI, Rothbart MK 1998 Attention, self-regulation and consciousness. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* **353**:1915–1927) referred to here as GNW circuits (Changeux J-P, Dehaene S 2008 The neuronal workspace model: conscious processing and learning. In: Menzel R (ed) *Learning Theory and Behavior, Vol 1. J Byrne (ed) Learning and Memory: A Comprehensive Reference*. Elsevier, Oxford, pp 729–758)

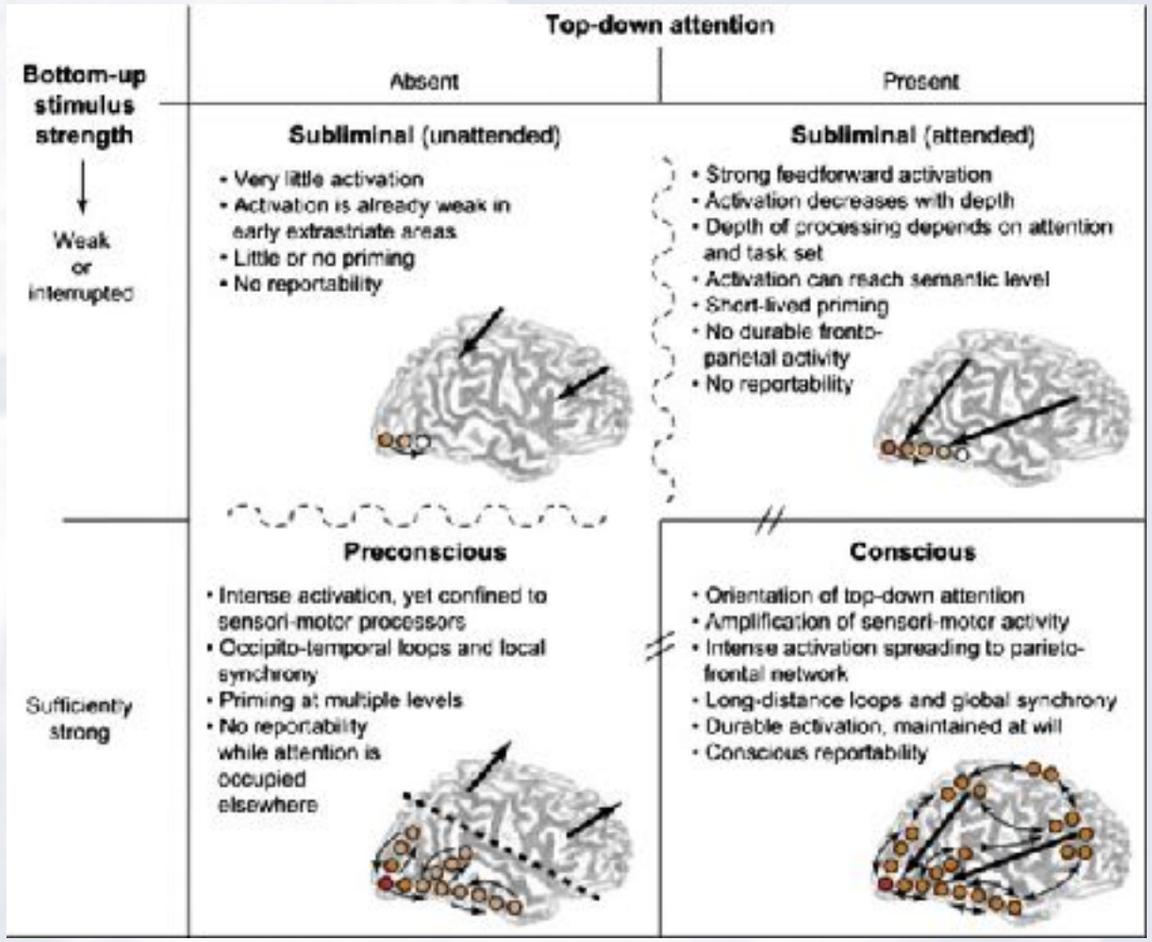


Lagercrantz H, Changeux JP: The Emergence of Human Consciousness: From Fetal to Neonatal Life, Pediatric Research (2009) ***65****, 255–260*

Exkurs Bewusstsein - Consciousness
Modell GNW - Global Neuronal Workspace 3/3

- **Mobilization of the GNW circuits constitutes an objective sign of access to consciousness** (Dehaene S, Changeux JP, Naccache L, Sackur J, Sergent C 2006 Conscious, preconscious, and subliminal processing: a testable taxonomy. *Trends Cogn Sci* **10**:204–211)

-> Der Nachweis der Aktivität des globalen neuronalen Netzwerkes stellt einen objektiven Nachweis des bewussten Wahrnehmens dar



Lagercrantz H, Changeux JP: The Emergence of Human Consciousness: From Fetal to Neonatal Life, Pediatric Research (2009) ***65****, 255–260*

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

Exkurs Bewusstsein - Consciousness - Pränatal

- The fetus is **mainly asleep**, although it shows vigorous continual activity, including breathing, eye openings, and facial expression *analog der REM-Phase postnatal*
  (Nijhuis JG 2003 Fetal behavior. The brain and behavior in different stages of human life. *Neurobiol Aging* **24**:S41–S46).

- Yet, most of these preprogrammed movements are from subcortical origin.

- Attempts to "wake up" the fetal sheep by noxious stimuli (*Schmerzreize*), such as pinching, cause inhibition instead of arousal (Rigatto H, Moore M, Cates D 1986 Fetal breathing and behavior measured through a double-wall Plexiglas window in sheep. *J Appl Physiol* **61**:160–164).

- Furthermore, the **fetus is sedated** by

  - the low oxygen tension of the fetal blood

  - and the neurosteroid anesthetics pregnanolone
    and the sleep-inducing prostaglandin D2 provided by the placenta

  (Mellor DJ, Diesch TJ, Gunn AJ, Bennet L 2005 The importance of 'awareness' for understanding fetal pain. *Brain Res Brain Res Rev* **49**:455–471).

Lagercrantz H, Changeux JP: The Emergence of Human Consciousness: From Fetal to Neonatal Life, Pediatric Research (2009) ***65****, 255–260*

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

Exkurs Bewusstsein - Consciousness - Pränatal

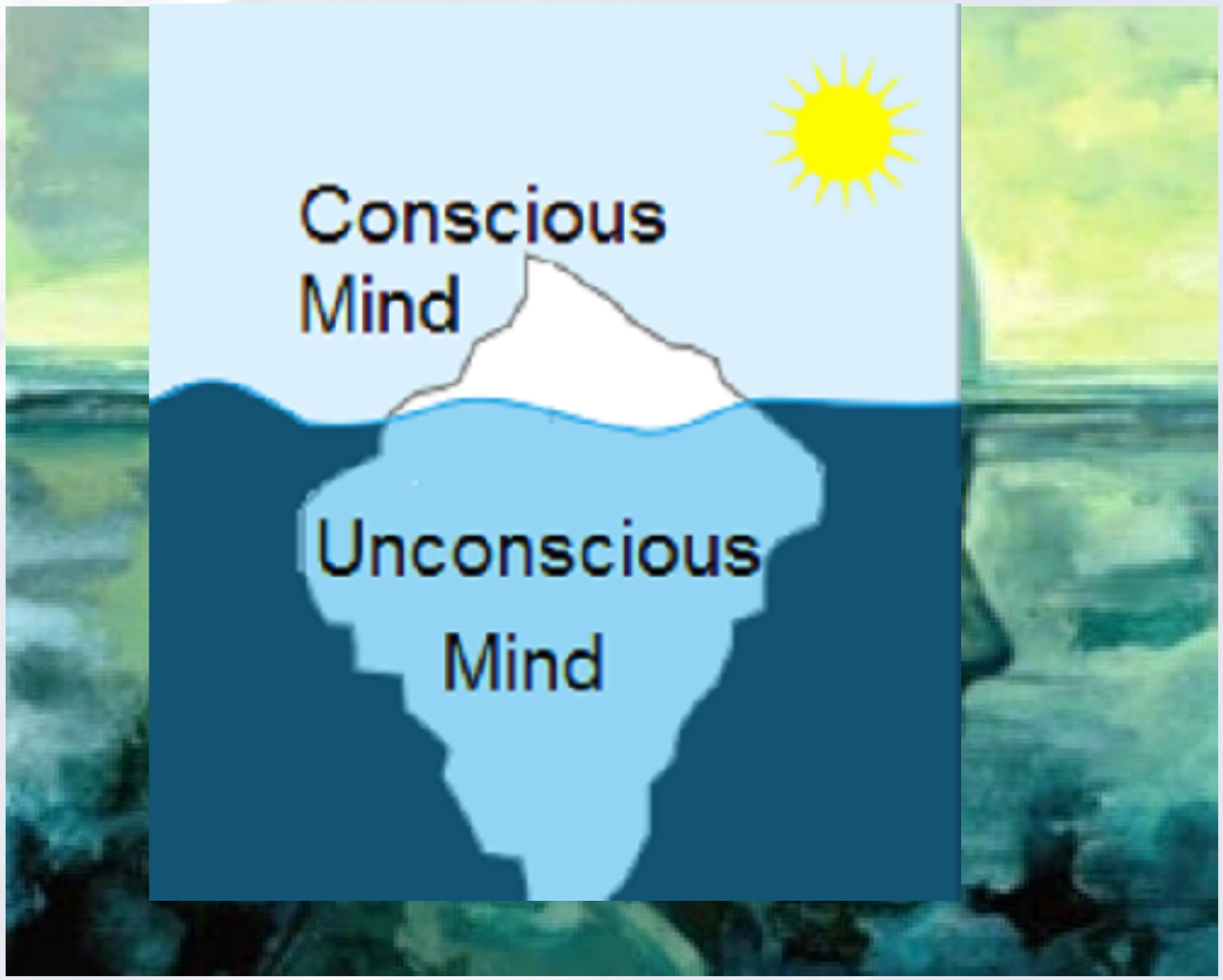
- **FAZIT**
  PRÄNATALES BEWUSSTSEIN:

  The most parsimonious, yet challenging, interpretation of these data are that *in utero* the fetus is mostly in a state of "unconsciousness" (Lagercrantz H., Changeux JP., The emergence of human consciousness: from fetal to neonatal life., Pediatr Res. 2009 Mar;65(3):255-6) irrespective of the functional capability of the fetal CNS

- **Die Interpretation dieser naturwissenschaftlichen Datenlage deutet darauf hin, dass der Fetus in utero sich vorwiegend in einem**

  Zustand des Unbewussten befindet,

  auch jenseits der funktionellen Reife des Großhirns (entsteht zwischen 24. und 36. SSW über die Anlage und Myelinisierung der thalamocoricalen Bahnen)



Lagercrantz H, Changeux JP: The Emergence of Human Consciousness: From Fetal to Neonatal Life, Pediatric Research (2009) ***65****, 255–260*

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2

Wissenschaftlicher Zugang - Implikationen für den Überbau der Geisteswissenschaften - Pränatalpsychologie

- **Pränatalpsychologie und Interaktion - Themen**
  - **Was speichert mein Kind?**
  - **Was lernt es daraus?**
  - **Hat dies Auswirkungen auf das spätere Leben?**
  - **Kann ich mit meinem Baby kommunizieren**
  - **Wenn ja, ab wann und wie?**
  - **Wie kann ich mein Baby vorgeburtlich fördern?**

- **Voraussetzung: Korrekte Methodik**

1) Kenntnis und rationale Würdigung der naturwissenschaftlichen Basis

2) Geisteswissenschaftlich anerkannte Messmethodik (Psychologie: im Unterschied zur Naturwissenschaft ist Beobachtung immer Beobachtung von Menschen -> soziale Situation):
- Systematische Beobachtung ↓
- Befragung (Interview, Exploration) ✗
- psychologische Testverfahren ✗
- Experiment ↑ (Biopsychologische und neurowissenschaftliche Messungen)

(Hager, 1987: Eine Untersuchung ist bezüglich einer unabhängigen Variablen X ein Experiment, wenn die gleichen Sachverhalte unter verschiedenen Bedingungen X1, X2, ..., Xk systematisch beobachtet werden und wenn Probanden und Bedingungen einander zufällig zugeordnet werden bzw. wenn die Pbn und die Reihenfolgen, in denen sie unter den Bedingungen X1, X2, ..., Xk systematisch beobachtet werden, einander zufällig zugeordnet werden.“)

Erstes Fazit 1/2

- Rational-analytisch untersucht und beschrieben werden kann auf der naturwissenschaftlichen Ebene:

  - die strukturell-anatomische *Anlage der Sinnesorgane*

  - der *Beginn* und die *volle Entfaltung ihrer neurophysiologischen Funktionalität* (Sinnesorgan -> ZNS)

  - *Weiterverarbeitung* dieser Signale *im ZNS* (wo, wie, ab wann)

- die *Modulation der Sinneseindrücke* durch *Fruchtwasser* (physikalisch), *Plazenta* (physikalisch und biochemisch) und *umgebendes mütterliches Gewebe* (physikalisch, biochemisch, pharmakologisch, neuronal)

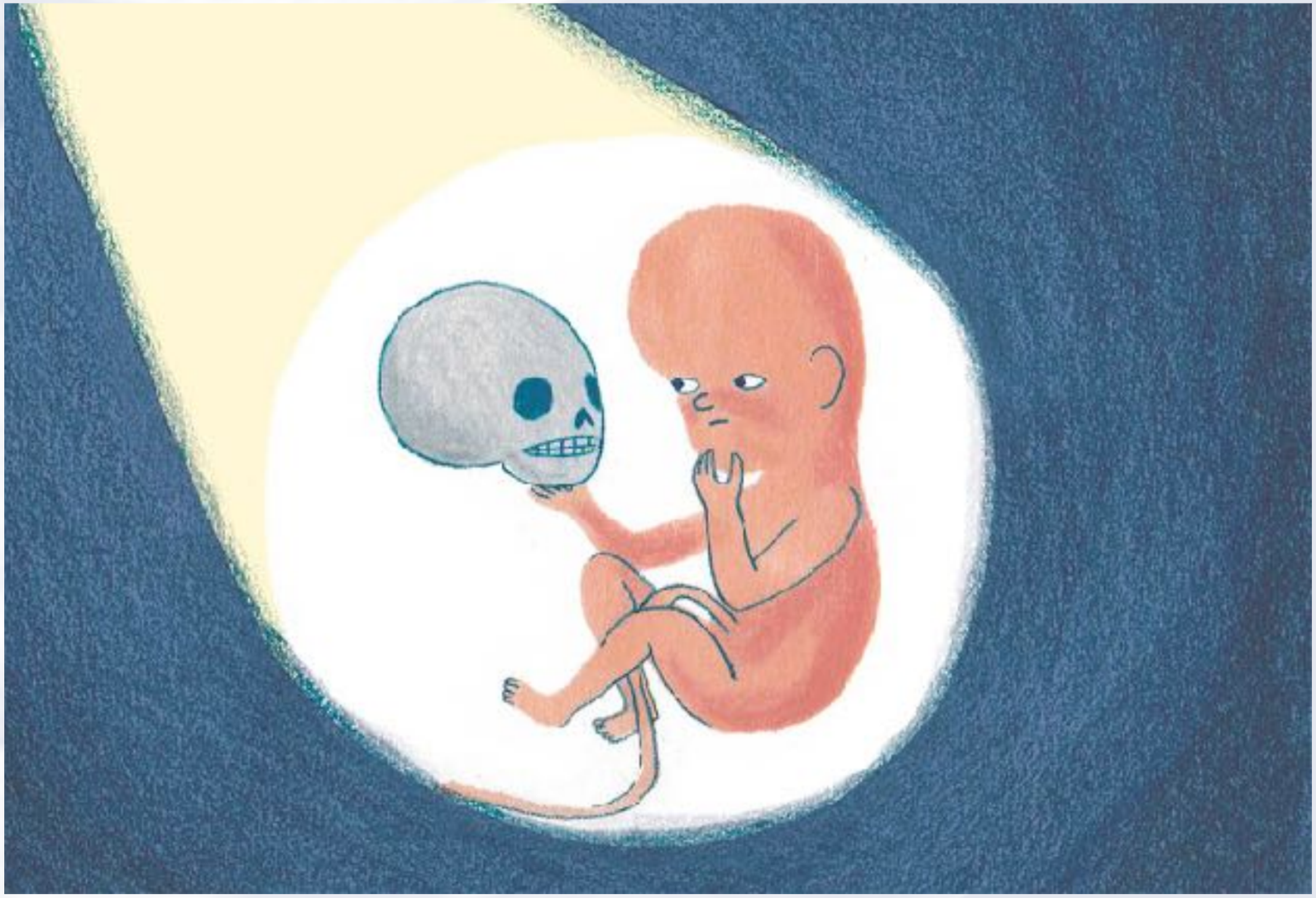
  - Es gibt *starke neurophysikalische* (GNW-Modell, O2-Sättigung) und *neurobiochemische bzw. neuropharmakologische* (Plazenta als Produzent sedativer Substanzen) *Indizien* dafür, daß

    - der Fetus in utero dauerhaft
    - auch nach Anlage der Sinnesorgane und
    - Etablierung ihrer (in Abh. v. SS-Alter und jeweiligen Sinnesorgan unterschiedlich stark ausgeprägten) Funktionalität

    sich in einem ***schlafähnlichen Zustand*** mit ***Fehlen eines Bewusstseins (unconsciousness)*** befindet

Erstes Fazit 2/2

- Es finden sich Hinweise darauf, daß gewisse sensorische Reize etwa ab der 28. SSW in anfangs primitiver, ab der 36. SSW zunehmend differenzierter Form gespeichert werden können; diese gespeicherte Information ermöglicht eine **Habituation** genannte vorgeburtliche mnestische Prägung des Feten
- Behavioristische Ansätze einer Pränatalpsychologie, welche bewusste Wahrnehmung und Lernen voraussetzen, sind in Kenntnis der präpartalen Neurophysiologie von Sinnesorganen und ZNS nach gegenwärtigem Stand des Wissens **mit äusserster Vorsicht zu bewerten**



Die 5 Sinne

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

- *Sinnesbasissysteme - Nahsinne* = **Fühlen**

  Entwicklung früh (8.-12. SSW) - Lage/Position, direkte Umgebung

  - Vestibularsystem (Gleichgewicht - Ohr)
  - Propriozeption (Gelenke - Muskel - Sehnenspindeln = Golgi-Organe)
  - taktiles System (Haut)

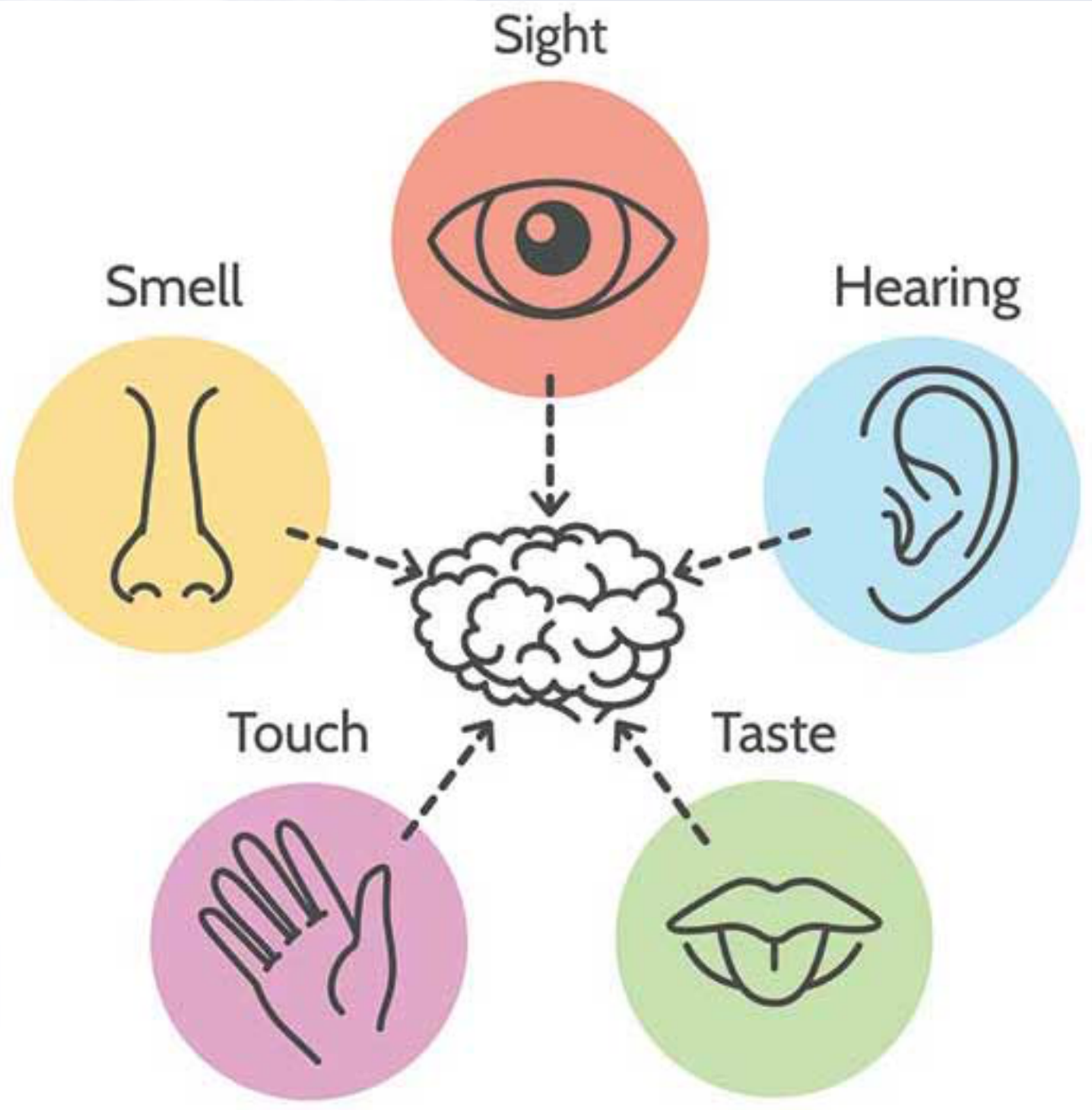
  Entwicklung spät (>20. SSW)

  - Nozizeption (Schmerzwahrnehmung -> freie Nervenendigungen des Rückenmarks in allen schmerzempfindlichen Regionen des Körpers)

- Fernsinne

  Entwicklung spät (>20. SSW)

  - Auditives System (**Hören**)
  - Visuelles System (**Sehen**)
  - Olfaktorisches System (**Riechen**)
  - Gustatorisches System (**Schmecken**)



Fühlen - Nozizeption - Schmerz 1/2

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

- Definition: An unpleasant sensory and emotional experience associated with actual or potential tissue damage, or described in terms of such damage. ... Pain is always subjective." (IASP standard definition of pain)

- *Pain requires perception* (= corticale Funktionalität gegeben)

- *Pain requires at least minimal consciousness (= GNW aktiv)*

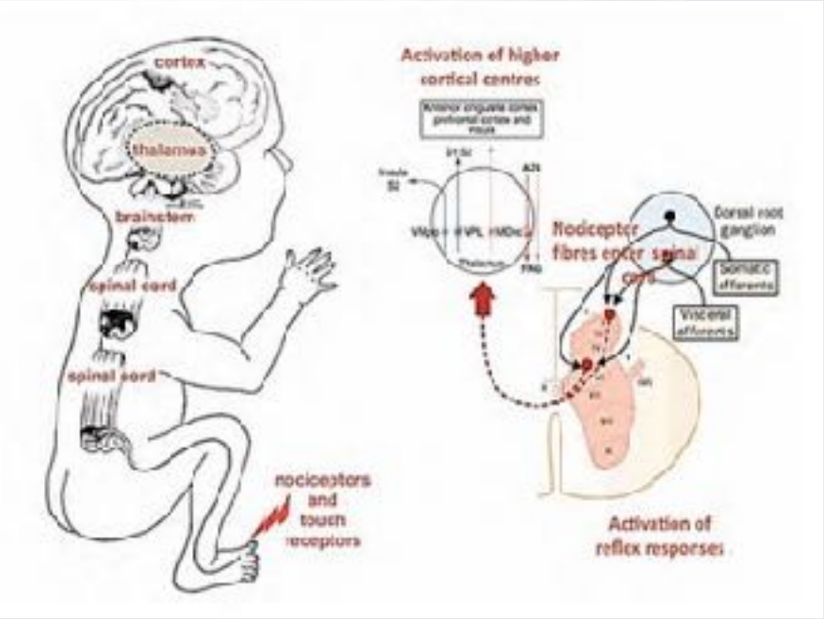
- Medizinischer Konsens: *Feten können höchstwahrscheinlich keinen Schmerz empfinden, zumindest nicht vor der 27. SSW* (Entwicklung Hirnanatomie, Anlage thalamocorticaler Bahnen zwi 24 und 30 SSW, Entwicklung Hirnfunktion (Konnektivität Hirnregionen), Entwicklung Großhirnfunktion -> Signalinterpretation/Perception)

- Subthalamische Schmerzreaktionen wie *Rückzugreflexe* (withdrawal reflexes) nachweisbar *ab 20. SSW*
(Lowery CL, Hardman MP, Manning N, Hall RW, Anand KJ 2007 Neurodevelopmental changes of fetal pain. *Semin Perinatol* **31**:275–282)

- Mit 20. SSW steigt bei Insertion einer Nadel in den Bauch des Feten die Konzentration an von:
  - Cortisol
  - ß-Endorphine
  - Noradrenalin

  (Glover V, Fisk NM 1999 Fetal pain: implications for research and practice. *Br J Obstet Gynaecol* **106**:881–886)

- *Vorsicht:*
Neither withdrawal reflexes nor hormonal stress responses to invasive procedures prove the existence of fetal pain, because they can be elicited by nonpainful stimuli and occur without conscious cortical processing
(*Susan* J. Lee & Henry J. Peter Ralston, et al., Fetal Pain: A Systematic Multidisciplinary Review of the Evidence, 294 JAMA 947 (2005))



Fühlen - Nozizeption - Schmerz 2/2

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

Table. Anatomical and Functional Development of Nociception and Pain Perception Pathways

Anatomical/ Functional Characteristic	Description	Gestational Age, wk	Source
Peripheral cutaneous sensory receptors	Perioral cutaneous sensory receptors	7.5	Humphrey,[13] 1964
	Palmar cutaneous sensory receptors	10-10.5	
	Abdominal cutaneous sensory receptors	15	
Spinal cord	Spinal reflex arc in response to nonnoxious stimuli	8	Okado and Kojima,[14] 1984
	Neurons for nociception in dorsal root ganglion	19	Konstantinidou et al,[15] 1995
Thalamic afferents	Thalamic afferents reach subplate zone	20-22	Kostovic and Rakic,[16] 1990 Hevner,[17] 2000
	Thalamic afferents reach cortical plate	23-24	Kostovic and Rakic,[16] 1984 Kostovic and Goldman-Rakic,[8] 1983
Cortical function*	Somatosensory evoked potentials with distinct, constant components	29	Klimach and Cooke,[20] 1988 Hrbek et al,[21] 1973
	First electrocardiographic pattern denoting both wakefulness and active sleep	30	Clancy et al,[22] 2003 Torres and Anderson,[23] 1985

*Earliest evidence of functional thalamocortical connections required for conscious perception of pain.

(**Lee SJ, Ralston HJ, Drey EA, Partridge JC, Rosen MA 2005 Fetal pain: a systematic multidisciplinary review of the evidence. *JAMA* 294:947–954**)

- Evidence regarding the capacity for fetal pain is limited but indicates that *fetal perception of pain is unlikely before the third trimester*. Little or no evidence addresses the effectiveness of direct fetal anesthetic or analgesic techniques.
  (*Lee SJ, Ralston HJ, Drey EA, Partridge JC, Rosen MA 2005 Fetal pain: a systematic multidisciplinary review of the evidence. JAMA 294:947–954*)

- Unberücksichtigt: *Effekt der placentaren Sedation und Anästhesie*

- **Fazit:**
  Es gibt derzeit keine gesicherten Daten, die auf ein <u>bewusstes</u> Schmerzempfinden des Feten hinweisen

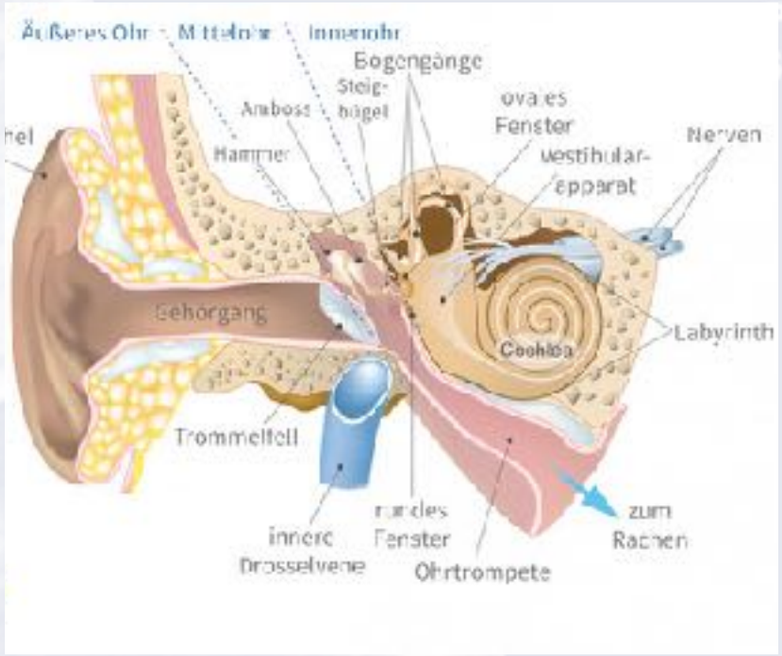
Audition - Hören

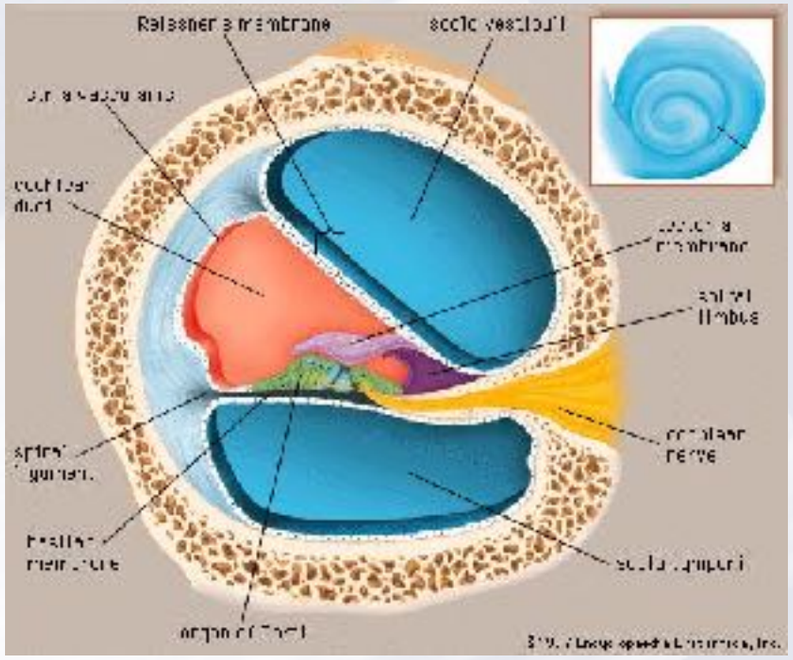
- *Responses to low frequency noise* can be recorded from approximately the *16th wk* in the fetus brain
  (Lecanuet JP, Schaal B 1996 Fetal sensory competencies. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* **68**:1–23)

- The *cochlea* is probably *structurally developed from around the 18th gestational week* to provide auditory input. However, the auditory cortex does not respond to hearing until around the 26th wk in preterm infants.

- At this age, ***brainstem*** *auditory evoked responses* **(=Hörreflexe)** can be first observed, although they may not be *reliable* until the *28th week*
  (Wilkinson AR, Jiang ZD 2006 Brainstem auditory evoked response in neonatal neurology. *Semin Fetal Neonatal Med* **11**:444–451)

- In a recent study, *cortical activation to sound* was detected in the fetus from the *33rd wk of gestation*
  (Jardri R, Pins D, Houfflin-Debarge V, Chaffiotte C, Rocourt N, Pruvo JP, Steinling M, Delion P, Thomas P 2008 Fetal cortical activation to sound at 33 weeks of gestation. A functional MRI study. *Neuroimage* **42**:10–18)

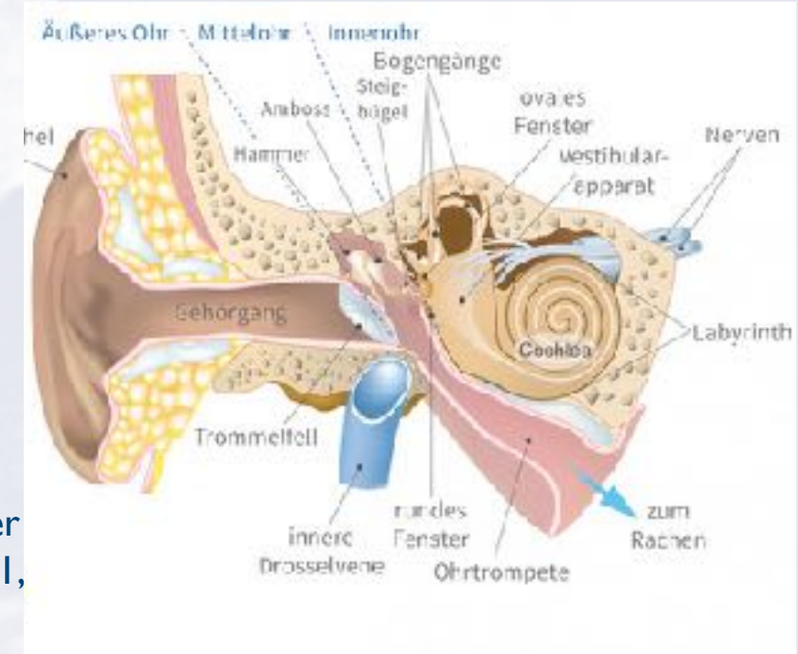




- **Fazit:**
  Hören frühestens ab 33. SSW

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

Sinnesorgane - Anatomie und Neurophysiologie
Ohr - Gehörsinn -> Corti-Organ und Mittelohr



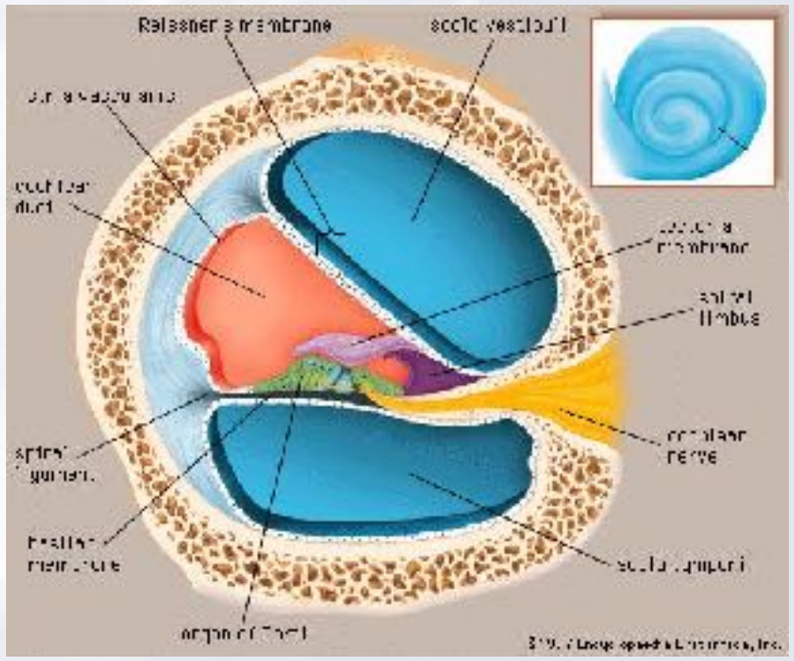
- Mittelohr: Paukenhöhle *(Tympanon) während Schwangerschaft mit Fruchtwasser gefüllt* (Gerhardt/ Abrams 1996) -> Schwingungsfähigkeit der Gehörknöchelchen in utero stark eingeschränkt -> davon auszugehen, dass intrauteriner Schallleitungsprozess von dem extrauterinen Schallleitungsprozess abweicht -> Tierversuche belegen ***mechanische Schallleitungsschwerhörigkeit***

  -> Funktionalität des fötalen Mittelohrs durch das Fruchtwasser wesentlich eingeschränkt. Weder Gehörgang noch Mittelohr für die Schallübertragung in utero von Bedeutung (Sohmer et al. 2001, Gerhardt et al. 1996; Gerhardt/Abrams 1996), ***Schallübertragung in utero*** *muss somit* ***über Knochenleitung*** *erfolgen*

- Auch das *mütterliche Gewebe (Uterusmuskulatur und Bauchdecke)* trägt, so Richards et al. (1992), *zusätzlich zu einer Dämpfung extracorporal generierter Schallereignisse (z.B. Sprache)* bei.

- *Bei Föten durch Hypoxie* (verminderter plazentarer O2-Partialdruck) verursachter *sensorineuraler Hörverlust (**Schallempfindungsschwerhörigkeit**)*

- Erst mit dem Wechsel von plazentarer zu pulmonaler Sauerstoffversorgung *ab Geburt* -> Anstieg der vom Blutsauerstoff abhängigen endocochleären Potenziale und eine damit einhergehende *Erhöhung der auditorischen Sensibilität* zu beobachten (Sohmer/Freeman 1995)



Mampe-Keller, Birgit Anna. *Auswirkungen der pränatalen Sprachumgebung auf die Schreimelodie - Ein Vergleich zwischen Neugeborenen mono- und bilingualer Mütter* . Würzburg: Universitätsbibliothek der Universität Würzburg, 2013.

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

Sinnesorgane - Anatomie und Neurophysiologie Ohr - Gehörsinn -> Corti-Organ und Mittelohr

- *Intrauteriner Hintergrund-Geräuschpegel:*
  mütterlicher Herzschlag (Vince et al. 1985, Gerhardt/Abrams 1996, Porcaro et al. 2006),
  Geräusche des gastro-intestinalen Trakts (Henshall 1972, Armitage et al. 1980, Vince et al. 1985, Gerhardt/Abrams 1996),
  Geräusche plazentaimmanenter Gefäße (Querleu 1985) und uteriner Blutgefäße (Bench 1968),
  mütterliche Atemgeräusche (Armitage et al. 1980, Vince et al. 1985, Gerhardt/Abrams 1996).

- vor allem durch *tiefere Frequenzen (500-700Hz)* gekennzeichnet (Lecanuet/Schaal 1996). Querleu et al. (1988), erreichen intrauterin Intensitäten von 28 bis 65dB
  -> im Falle eines komplikationslosen Schwangerschaftsverlaufs kann von einem konstanten intrauterinen Hintergrundgeräuschpegel von *etwa 28dB Intensität (=Lautstärke)* ausgegangen werden.

- *Grad der Dämpfung extracorporal generierter Geräusche* (Bench 1968):

  Externe Schallquelle mit 120 dB Lautstärke und unterschiedl. Tonhöhe: frequenzabhängige Dämpfung der präsentierten Schallereignisse (s. auch Querleu et al. 1988). Systematischen Anstieg der Dämpfung für steigende Frequenzen:

  - 200 Hz - 19 dB Dämpfung
  - 1 kHz - 38 dB Dämpfung
  - 2 kHz - 48 dB Dämpfung

- -> ***Schalleitungs-Schwerhörigkeit, Schallempfindungsschwerhörigkeit, Hintergrund-Geräuschpegel und starke mechanische Dämpfung extracorpoaler Geräusche wirken zusammen und führen zu geringer effektiver Intensität selbst lautester externer Schallquellen am Feten selbst***

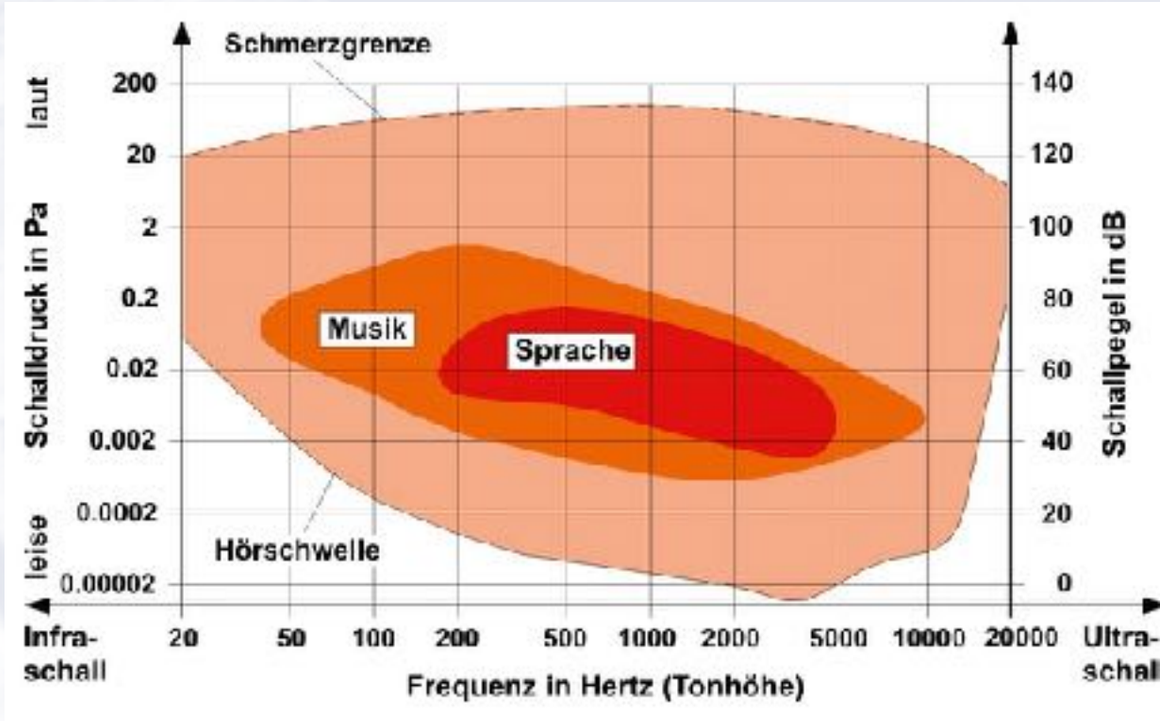
Tabelle 1

10 Dezibel : Atmen, raschelndes Blatt
20 Dezibel : Ticken einer Armbanduhr
30 Dezibel : Flüstern
40 Dezibel : leise Musik
45 Dezibel : übliche Geräusche in der Wohnung
50 Dezibel : Regen, Kühlschrankgeräusche
55 Dezibel : normales Gespräch
60 Dezibel : Nähmaschine, Gruppengespräch
65 Dezibel : Kantinenlärm
70 Dezibel : Fernseher, Schreien, Rasenmäher
75 Dezibel : Verkehrslärm
80 Dezibel: Telefonläuten, Presslufthammer
90 Dezibel : Lastwagen
100 Dezibel : Ghettoblaster
110 Dezibel : Diskomusik, Symphoniekonzert, Motorsäge, Autohupe
120 Dezibel : Kettensäge, Presslufthammer, Gewitterdonner
130 Dezibel : Autorennen, Düsenjäger

Mampe-Keller, Birgit Anna. *Auswirkungen der pränatalen Sprachumgebung auf die Schreimelodie - Ein Vergleich zwischen Neugeborenen mono- und bilingualer Mütter* . Würzburg: Universitätsbibliothek der Universität Würzburg, 2013.

Sinnesorgane - Anatomie und Neurophysiologie

Ohr - Gehörsinn -> Corti-Organ und Mittelohr



- *Fetale Hörschwelle:*
  Föten 28 bis 32 SSWochen reagieren erst auf Geräusche mit Intensitäten zwischen 105dB und 110dB, Föten 33 - 35 SW reagieren bereits ab 95dB auf die extracorporal generierten Stimuli (Kisilevsky et al. 2004)

- *Mütterl. Stimme:*
  Verstärkung um durchschnittlich 5,2dB. Verstärkungseffekt könnte durch Lage des Fötus im Becken der Mutter begründet sein: Das Becken, das wie ein großer Lautsprecher den fötalen Kopf, genauer gesagt die Gebärmutter umgibt, überträgt die Schwingungen der mütterlichen Stimme so direkt zum Fötus (Spitzer 2005)

Mampe-Keller, Birgit Anna. *Auswirkungen der pränatalen Sprachumgebung auf die Schreimelodie - Ein Vergleich zwischen Neugeborenen mono- und bilingualer Mütter* . Würzburg: Universitätsbibliothek der Universität Würzburg, 2013.

Vision - Sehen 1/2

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

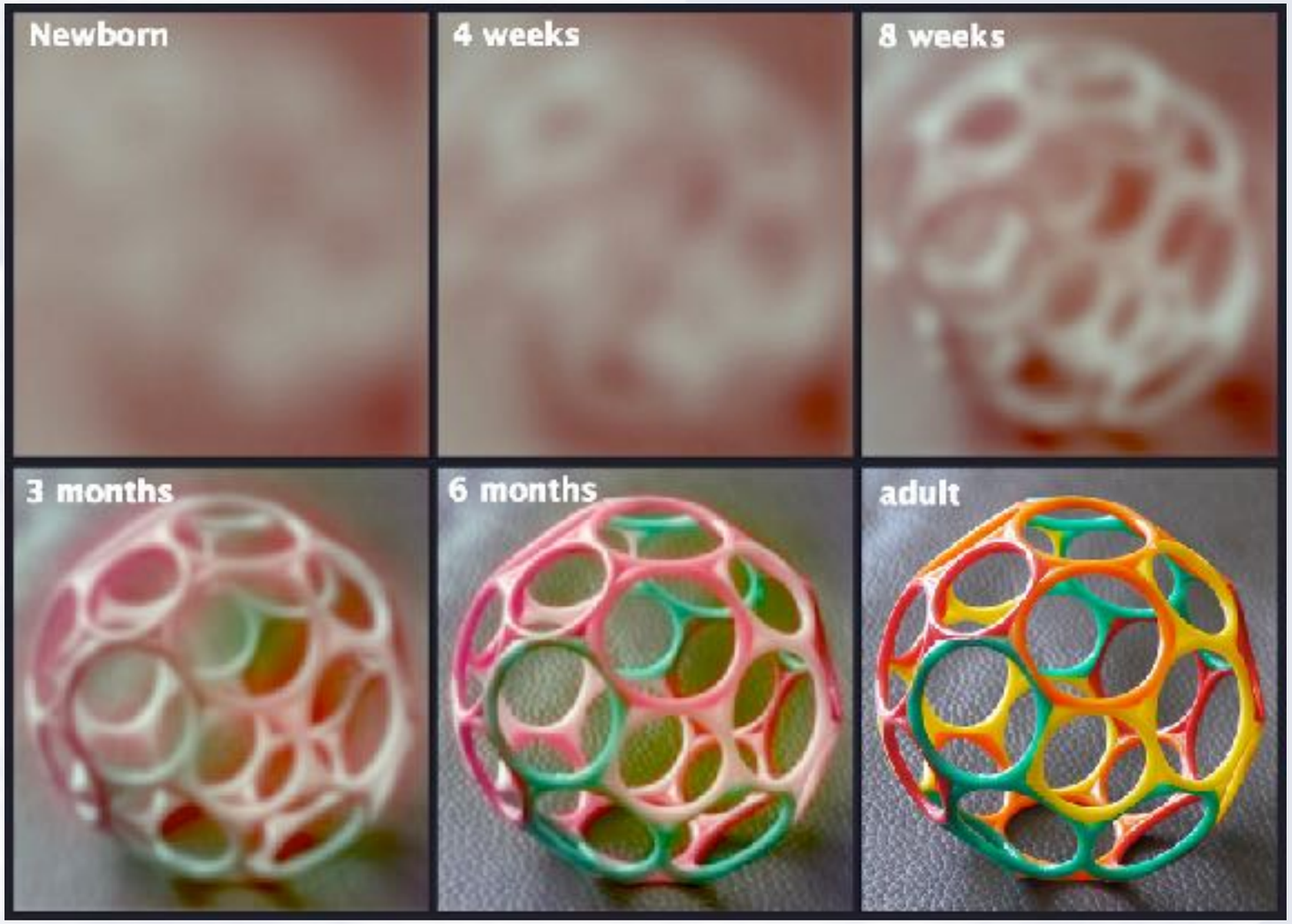
- Ab16. Schwangerschaftswoche: Fötus kann Augen bewegen, aber noch nicht sehen
- Als letzter Sinn *beginnt im achten Schwangerschaftsmonat (30.-32. SSW) der Sehsinn, sich zu differenzieren* (Johnson MH 2005 Subcortical face processing. *Nat Rev Neurosci* **6**:766–774)
- Selbst > 32. SSW in utero: Fehlende Helligkeitsreize -> Dunkel! (*auslösender Reiz fehlt!!*)
  (Postpartale Analogie: Sicht ohne Lichtquelle bei Endoskopien wie Hysteroskopie, Rectoskopie, Gastro-Duodenoskopie)
- **Fazit:**
  Der Fet sieht nichts in utero !

Geburt:
Licht am Ende des Tunnels!

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

Vision - Sehen 2/2

- Der Sehsinn ist auch bei der Geburt noch nicht völlig funktionsfähig, sondern entwickelt sich in sechs bis acht Monaten durch entsprechende Erfahrungen. Das *Gehirn eines Babys muss erst sehen lernen*.
- Seine Nervenzellen reagieren zunächst auf Licht und Schatten, Konturen und Kanten, senkrechte und waagerechte Striche. Doch erst im Lauf der Monate bekommen diese Informationen eine Bedeutung.
- *Neugeborene* können zwar schon Farben erkennen, aber nicht gut differenzieren. Sie *unterscheiden am besten Kontraste zwischen hell und dunkel*.
- In einem Abstand von etwa 20 Zentimetern können sie am besten, aber *noch nicht wirklich scharf sehen*.
  - Im zweiten und dritten Monat lernt der Säugling Farbtöne voneinander zu unterscheiden. am *Ende des vierten Monats* kann er alle *Farben wahrnehmen*.
  - Auch das Bewegungssehen entwickelt sich rapide. Zwar ist das Blickfeld nach der Geburt noch sehr begrenzt, doch mit *drei Monaten* können Säuglinge ein *bewegtes Objekt schon mit dem Blick verfolgen*.
  - Bis ein Kleinkind die *Tiefe eines Raumes* ermessen kann, vergehen *zwei Jahre*. Erst im Kindergarten- oder Schulalter ist es in der Lage, ein Objekt aufzufangen, dessen Bewegungsbahn ihm noch unbekannt ist. Noch schwieriger ist es, die Geschwindigkeit eines heranfahrenden Autos einzuschätzen. Grundschulkindern gelingt dies nur bis zu einer Geschwindigkeit von 30 km/h.



- **Fazit:**
  Das Neugeborene lernt in den ersten 2 Jahren das Sehen!

3. Trim.
Har-low
Pwr 100
Gn 9
C7 / M7
P3 / E2
SRI II 3

Olfaktion - Riechen 1/2

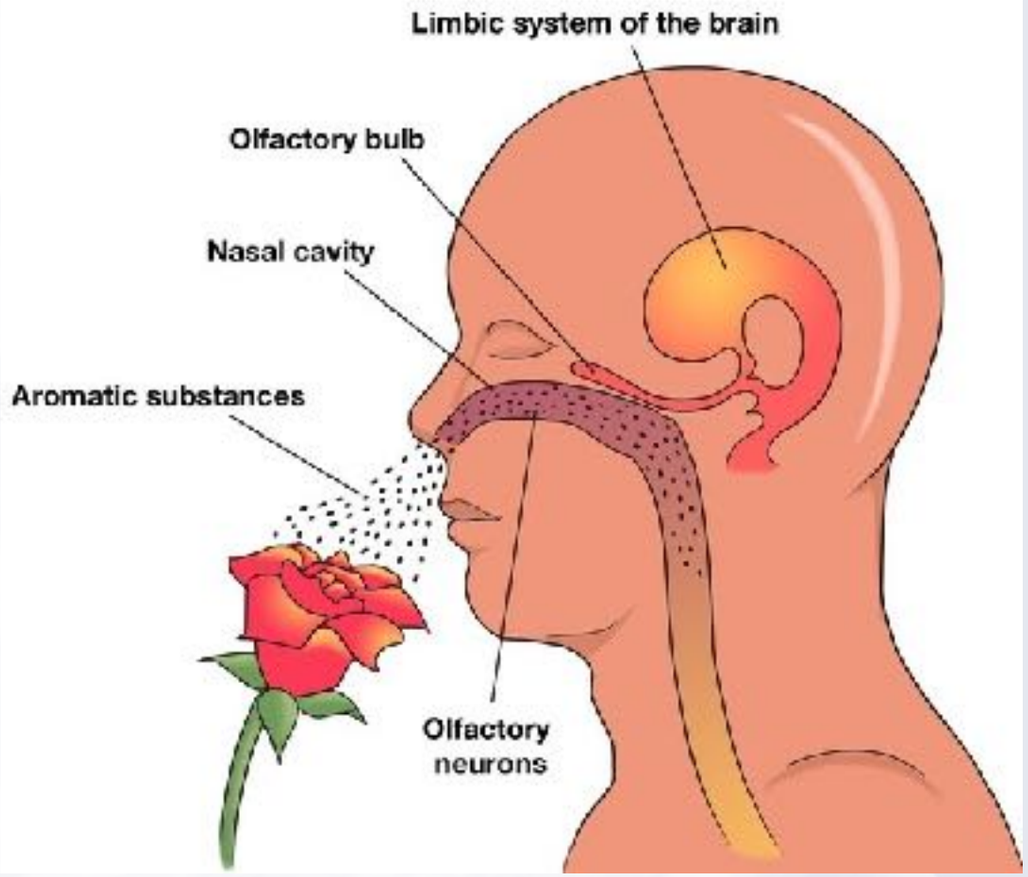
- Structural development of the olfactory system begins during the first trimester. By the 8th week of gestation, the olfactory bulb has differentiated from the forebrain, and primary olfactory receptors have appeared (B. Schaal**:** Olfaction in infants and children: developmental and functional perspectives. Chem. Senses, 13 (1988), pp. 145-190).

- *Olfactory marker proteins,* an indication of olfactory receptor maturity, are *present by the 28th–29th week of gestation* (M.I. Chuah, D.R. Zheng**:** Olfactory marker protein is present in olfactory receptor cells of human fetuses Neurosci, 23 (1987), pp. 363-370)

- Das Verhalten Neugeborener scheint beeinflusst zu werden durch *vorgeburtlich gespeicherte Geruchseindrücke* (Schaal B, Hummel T, Soussignan R 2004 Olfaction in the fetal and premature infant: functional status and clinical implications. *Clin Perinatol* **31**:261–285)

- Neugeborene werden durch den Geruch von Fruchtwasser stärker angezogen als durch andere Gerüche. Dieses übt einen beruhigenden Effekt auf NG aus.

- Klare Verhaltensantworten auf Geruch kann *bei Frühgeborenen ab der 30. SSW* nachgewiesen werden.



Olfaktion - Riechen 2/2

- Der *Fetus kann physikalisch frühestens ab der 20. SSW riechen* (-> Auflösung des Epithelpfropfens, welcher bis dahin die Nasenlöcher verschließt)
  (Schaal B, Hummel T, Soussignan R 2004 Olfaction in the fetal and premature infant: functional status and clinical implications. *Clin Perinatol* **31**:261–285)

- *Olfactory neurons,* apparently functional, are *present by about the 25th week* (
  Hernell 0, Schmitz J (eds): Feeding during Late Infancy and Early Childhood: Impact on Health. Nestle Nutr Workshop Ser Pediatr Program, vol 56, pp 127-141)

- Nah-Infrarot-Spektroskopie des linksanterioren Gyrus orbitofrontalis *bei reifen NG* löst einen erhöhten Blutfluß bei Exposition auf Gerüche wie Colostrum oder Vanille im Vergleich zu Wasser aus
  (Bartocci M, Winberg J, Ruggiero C, Bergqvist LL, Serra G, Lagercrantz H 2000 Activation of olfactory cortex in newborn infants after odor stimulation: a functional near-infrared spectroscopy study. *Pediatr Res* **48**:18–23)

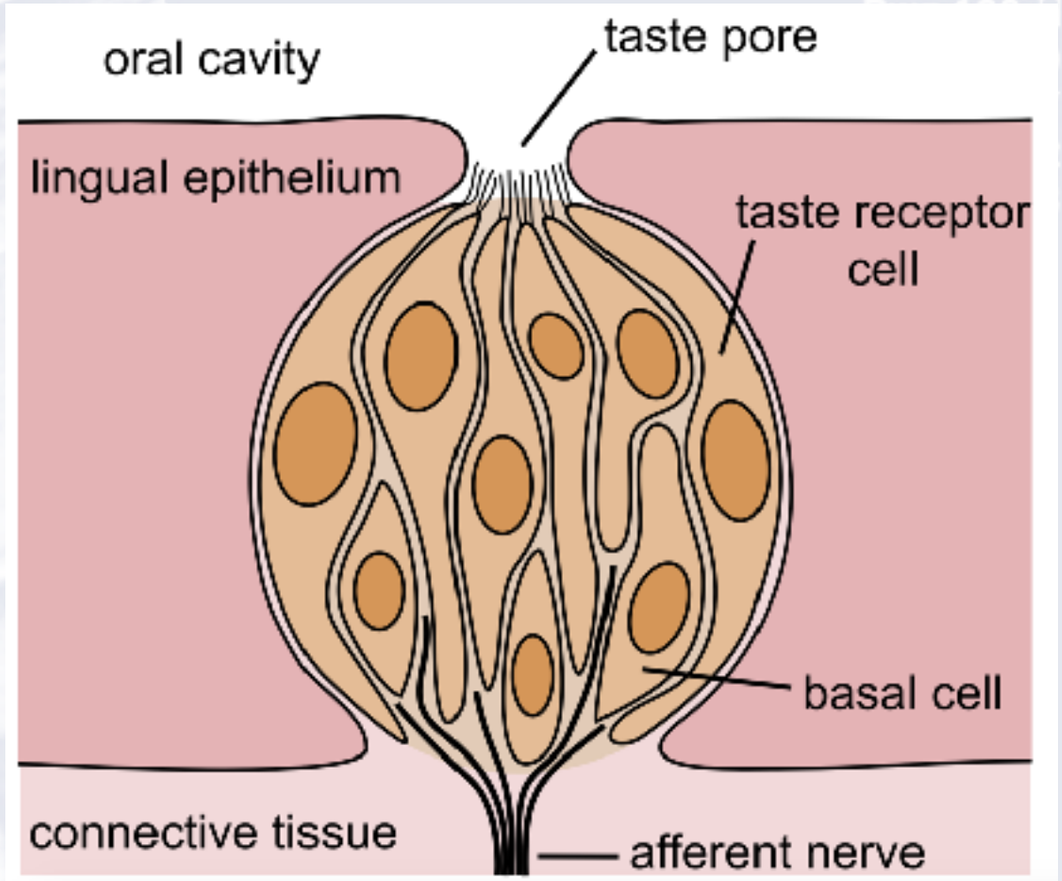
- Eine verminderte Durchblutungsreaktion findet sich bei Exposition der *reifen NG*-Babies zum Geruch von Desinfektionsmittel und Detergentien
  (Bartocci M, Winberg J, Papendieck G, Mustica T, Serra G, Lagercrantz H 2001 Cerebral hemodynamic response to unpleasant odors in the preterm newborn measured by near-infrared spectroscopy. *Pediatr Res* **50**:324–330)

- **Fazit:**
  Fetales Riechen <u>vermutlich</u> ab 25. SSW mgl., diese Geruchseindrücke können gespeichert und abgerufen werden postpartal bei FG frühestens ab der 30. SSW, bei Reifgeborenen unmittelbar nach Geburt

Gustation - Schmecken

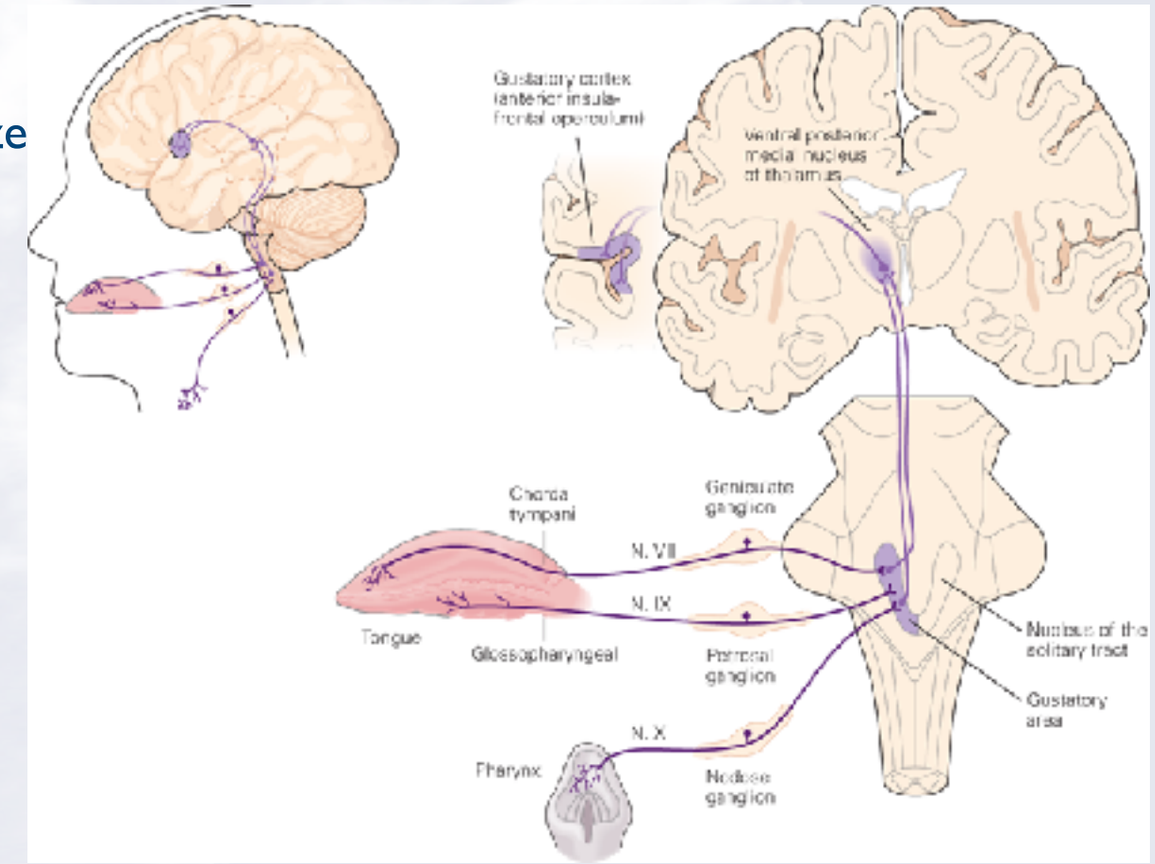
- Definition Gustation: Subjektiv erfahrenes Erlebnis von Empfindungen des **Schmeckens**, das durch *Reizung der Geschmacksknospen* hervorgerufen wird

- Sinneszellen des Geschmacksorgans in der Zungen- und Rachenschleimhaut und vermitteln **sechs Grundqualitäten**. *Saurer* und *bitterer* Geschmack können auf unreife, vergorene oder giftige Nahrungsmittel hinweisen.
  Die Geschmacksqualitäten *salzig, süß, umami* („fleischig", „würzig" oder „wohlschmeckend) und *fetthaltig* kennzeichnen eine Nahrung grob nach ihrem Gehalt an Mineralien und ernährungswichtigen Stoffen wie Kohlenhydraten, Eiweißen und Fetten.



- Die Signale der Geschmackszellen werden auf Endigungen zugeordneter Nervenzellen übertragen und über deren Fortsätze (Geschmacksfasern von Hirnnerven) zum Gehirn weitergeleitet. Die im Markhirn liegenden Kerngebiete *(Nucleus tractus solitarii)* dienen für den weiteren Verlauf als *Umschaltstelle*. Von hier aus bestehen Bahnen, über die zum einen *via Pons* der *Hypothalamus* und Regionen des *limbischen Systems* erreicht werden. Zum anderen führen *via Thalamus* Projektionen zu Arealen des *Gyrus postcentralis* und der *Insula*.

- Erst *auf diesem Integrationsniveau des Cortex cerebri* sind nach gängiger Auffassung *Wahrnehmungen möglich, die verbal mitgeteilt werden können*, etwa als „schmackhafter" Eindruck einer Speise.



Gustation - Schmecken

- Wenig bekannt:
- *Geschmacksknospen* (taste buds) formen sich zwischen *der 15. und 20. SSW*
- Because both amniotic fluid and breast milk contain molecules derived from the mother's diet, learning about flavors in foods begins in the womb and during early infancy. The sensory environment in which fetuses live, the amniotic sac, changes as a function of the food choices of the mother since these foods flavor amniotic fluid
  (Mennella JA, Johnson A, Beauchamp GK. Garlic ingestion by pregnant women alters the odor of amniotic fluid. Chem Senses. 1995;20:207–209)
- Mütterliche Speise-/Geschmackspräferenzen werden vom Fetus übernommen: Experiences with such flavors lead to heightened preferences for these flavors shortly at birth and at weaning
  (Mennella JA, Jagnow CP, Beauchamp GK. Prenatal and postnatal flavor learning by human infants. Pediatrics. 2001;107:E88)
- At birth, infants have a full anatomical and functional repertoire of taste buds and are able to detect and discriminate tastes.
  -> Normal full-term infants are born with all sensory systems functioning but not at an adult level
  (M. Cole, S.R. Cole, in: 2nd Edition, The Development of Children, Scientific American Books, New York, 1993, pp. 89–136)
- **Fazit:**
  Fetales Schmecken vor der 20. SSW ist anatomisch nicht möglich. Der Fet übernimmt im letzten SS-Drittel mütterliche Geschmackspräferenzen

Memory - Erinnerung

- If a *22-23 wk human fetus* is exposed to a *repetitive stimulus*, such as the vibration of an electric tooth brush, *it reacts by movements*;
  after *multiple stimuli* it does not react any longer, *it habituates*
  (Leader LR, Stevens AD, Lumbers ER 1988 Measurement of fetal responses to vibroacoustic stimuli. Habituation in fetal sheep. *Biol Neonate* **53**:73–85)

- *Newborn infants remember sounds, melodies, and rhythmic poems* they have been exposed to during fetal life
  (Bauer PJ 2006 Constructing a past in infancy: a neuro-developmental account. *Trends Cogn Sci* **10**:175–181)

- However, short-term memory is rather limited *in newborn infants, retention of visual objects lasts only for a few seconds.*

- A 2-mo-old baby remembers a soother or a face which suddenly disappears
  (Johnson MH 2001 Functional brain development in humans. *Nat Rev Neurosci* **2**:475–483)
  but *baby working memory* ***(Arbeitsspeicher)*** *is not fully efficient before 7 mo*
  (Bauer PJ 2006 Constructing a past in infancy: a neuro-developmental account. *Trends Cogn Sci* **10**:175–181)

- *Long-term memories disappear during early childhood* (infant amnesia) and ***full declarative memory develops only after 3 y***
  (Bauer PJ 2006 Constructing a past in infancy: a neuro-developmental account. *Trends Cogn Sci* **10**:175–181)
  - **Fazit:**
    Reaktion und Habituation ab 22. SSW, wiederholte akustische Reize können (vorübergehend?) gespeichert und erinnert werden, ZNS-Arbeitsspeicher (jetzt) ab 7. Monat nach Geburt, ZNS-Langzeitspeicher (=eigentliche Erinnerung, wass war = Vergangenheit) nach dem 3. LJ

Language - Sprache

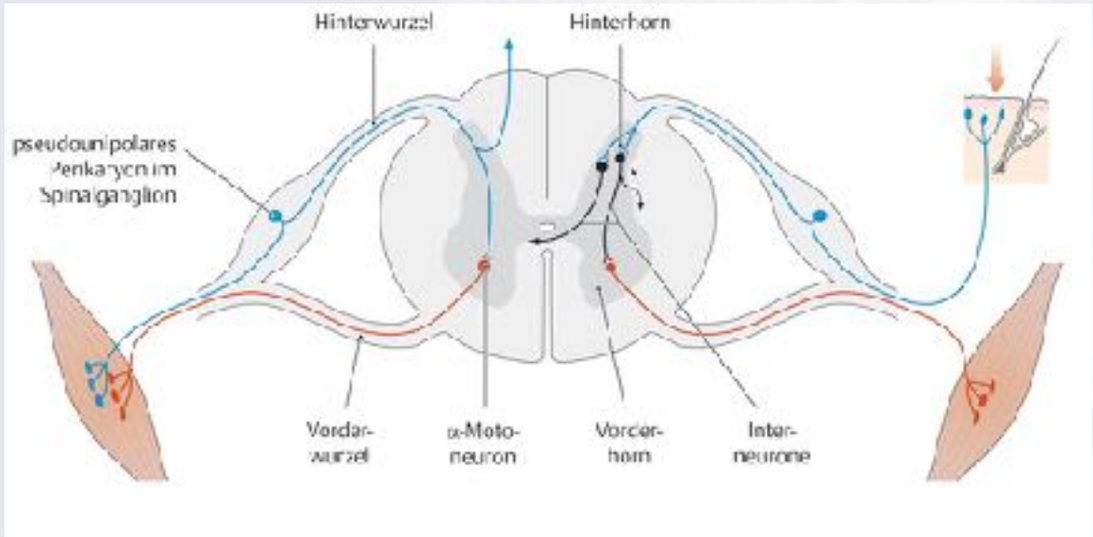
- Exposure of the mother speech *in utero* during the last week of fetal life, under sleeping "unconscious" conditions, may explain why neonates react to the maternal voice (DeCasper AJ, Prescott PA 1984 Human newborns' perception of male voices: preference, discrimination, and reinforcing value. *Dev Psychobiol* **17**:481–491)

- As early as *a few days after birth, babies can discriminate between speech excerpts* from language belonging to different rhythmic families, but prefer to listen to their native languages even when speakers are unknown (Kuhl PK 2004 Early language acquisition: cracking the speech code. *Nat Rev Neurosci* **5**:831–843)

- Infants display elaborate capacities for oral language perception that are rapidly modified by their linguistic environment (DeCasper AJ, Prescott PA 1984 Human newborns' perception of male voices: preference, discrimination, and reinforcing value. *Dev Psychobiol* **17**:481–491)

- **Fazit:**
  Sprache setzt Hören und Memorieren voraus, unbewusst und/oder kurzfristig ab 33. SSW, schnelle, zunehmende Kompetenz im Verständnis in den ersten beiden Lebensjahren

Zusammenfassung 1/3
Funktionalität Sinnes - Reflexe

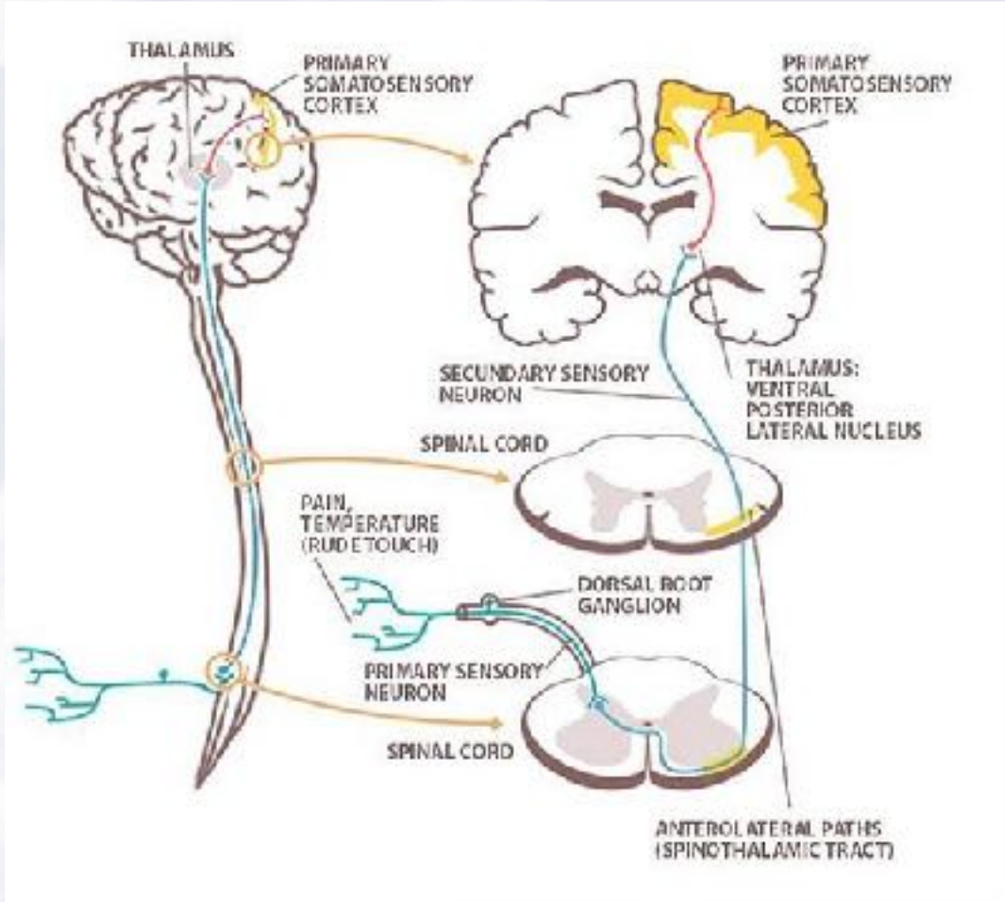


- Über die 5 Sinne nimmt der Fet Reize auf über die

- Reflexebene (unbewusst, fehlende Erinnerung) - Nahsinne intern (Haut, Muskel, Gelenke, Vestibularsinn) ab 14.-16. SSW

- Reflexebene (unbewusst, keine Wahrnehmung, fehlende Erinnerung)
  - Nahsinn extern = Schmerz ab 20. SSW

- Reflexebene (unbewusst, keine Wahrnehmung, fehlende Erinnerung)
  - Fernsinn
  Schmecken 22.-25. SSW,
  Riechen ab 25. SSW,
  Hören ab 28. SSW,
  Sehen ab 32. SSW



- **Fazit:**
  Fetale Reflexantworte auf Reize entstehen zwischen der 15. und 32. SSW

Zusammenfassung 2/3 - weitere stufenweise Hirnreifung

Herkunft Sinnesreiz	Sinnesart	Strukturelle Anlage Sinnesorgan(e) - SO in der Körperperipherie	Beginn Funktionalität der peripheren SO (Sender aktiv)	Anlage Verbindung peripheres SO - ZNS subcortical (anatomische Nervenverbindung)	Beginn Funktionalität der Achse SO - ZNS subcortical	Anlage thalamo-corticaler Bahnen	Beginn Funktionalität thalamo-corticaler Bahnen	Beginn Funktionalität primärer corticaler Zentren (primärer sensorischer Areale) -> unbewusste Wahrnehmung, erste vorbewusste Speicherung von Erfahrungsinhalten	Beginn Funktionalität GNW (Wachsein -> Voraussetzung f. Bewusstsein)		
	Nahsinn - Fühlen										
Innen	Vestibularsystem (Gleichgewicht - Ohr)	8.-12. SSW			14.-16. SSW	24.-30. SSW	ca. 30. SSW	30. SSW	Direkt bei Geburt		
Innen	Propriozeption (Gelenke - Muskel - Sehnenspindeln = Golgi-Organe)	8.-12. SSW			14.-16. SSW	24.-30. SSW	ca. 30. SSW	30. SSW	Direkt bei Geburt		
Aussen	taktiles System (Haut)	8.-12. SSW			14.-16. SSW	24.-30. SSW	ca. 30. SSW	30. SSW	Direkt bei Geburt		
Innen und Aussen	Nozizeption (Schmerzwahrnehmung) - freie Nervenendigungen in Haut und Geweben				20. SSW (Rückzugsreflex)	24.-30. SSW	ca. 30. SSW	> 32. SSW (Modifiziert durch plazentare Sedation-Anästhesie)	Direkt bei Geburt		
	Fernsinn - Hören, Sehen, Riechen, Schmecken										
Aussen	Hören	18. - 20. SSW	24.-26. SSW	18.-28.SSW	28.SSW	24.-30. SSW	26. SSW (FG)	33. -36. SSW, starke Dämpfung	Direkt bei Geburt, 1.-2. LJ (Sprache)		
Aussen	Sehen	16. SSW	30.-32. SSW (!)		32. SSW	24.-30. SSW	> 32. SSW	Ab Geburt	Erste beiden Lebensjahre		
Aussen	Riechen	8. SSW	28. SSW (Biochemische Produktion Rich-Marker-Proteine		25. SSW (N. olfactorius)	24.-30. SSW	ca. 30. SSW	30. SSW (FG)	Direkt bei Geburt		
Aussen	Schmecken	15.-20. SSW			22.-25. SSW	24.-30. SSW	ca. 30. SSW	30. SSW (FG)	Direkt bei Geburt		
Innen und Aussen	Erinnerung				22. SSW (Beginn Bewegung Fet auf Reize von Aussen)	24.-30. SSW	ca. 30. SSW		Direkt bei Geburt (Sekunden-erinnerung, dann Vergessen)	7. LMo Kurzzeit-gedächtnis	3Jahre Langzeit-gedächtnis = echte eigentl. Erinnerung

- **Fazit:**
  Funktionalität thalamocorticaler Bahnen (je nach Sinnenreiz zwi 26. und 32. SSW, Sehsinn erst bei Geburt) limitiert Fähigkeit zur zunächst unbewussten Wahrnehmung nach unten

3. Trim.
Har-low
Pwr 100

Zusammenfassung 3/3 - Wahrnehmung

- **Fazit:**
- **Unbewusste Sinnes-Wahrnehmung (Funktionalität Cortex ohne GNW-Aktivierung) frühestens ab 30. SSW**
- **Bewusste Wahrnehmung (Wachsein, GNW-Aktivierung) zunächst ohne Erinnerung (Sekundenspeicherung) ab Geburt (Fühlen, Riechen, Schmecken, pass. Hören), Sprechen (= Hören und Artikulieren) und Sehen 1. bis 2. LJ**
- **Bewusste Wahrnehmung mit kurzem Erinnern (Kurzzeitgedächtnis) ab 7. LMonat**
- **Bewusste Wahrnehmung mit Langzeitgedächtnis ab 3 Lebensjahren**

- **Danke für Ihre Aufmerksamkeit!**