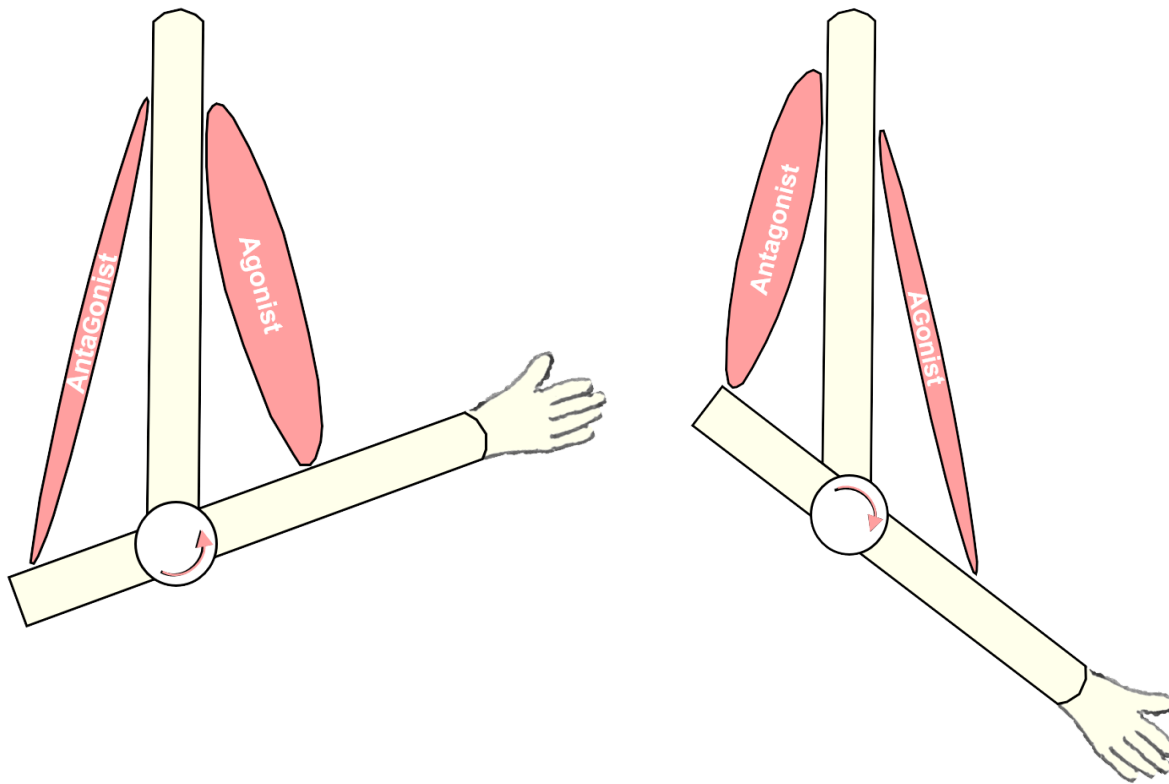


# Warum bin ich symmetrisch?



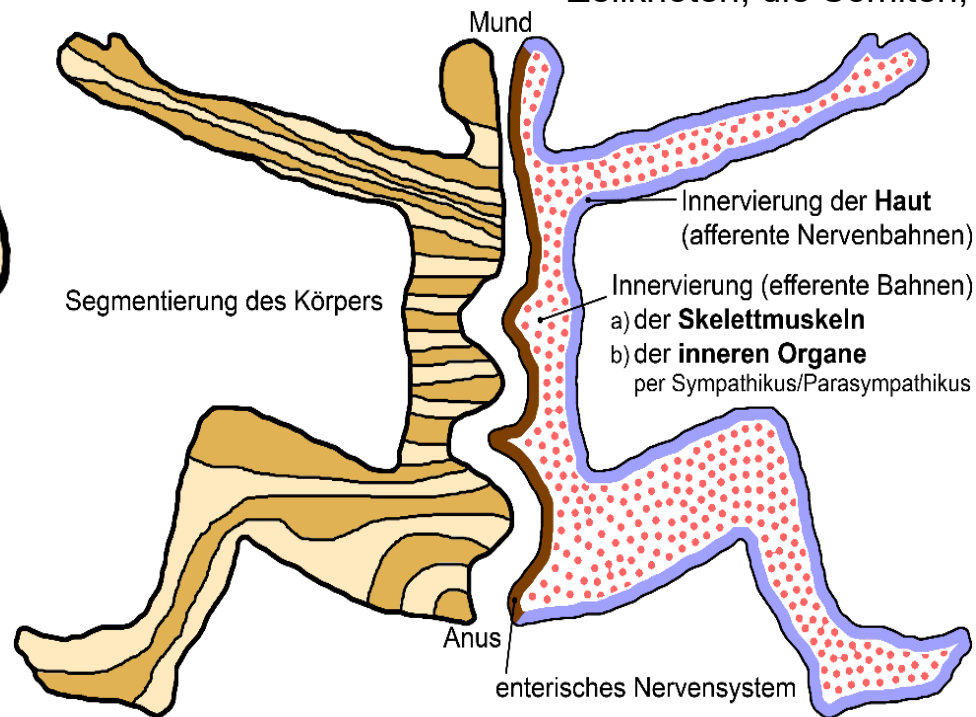
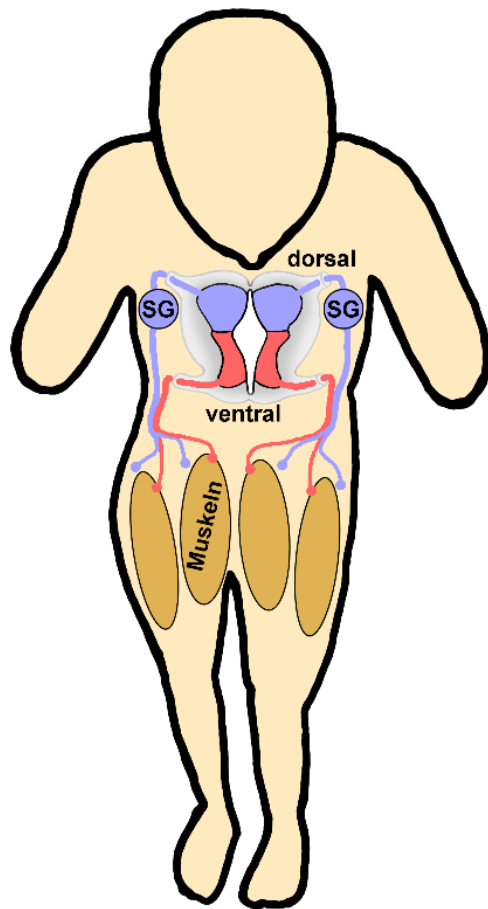
Der Evolutionsschritt zu bilateral-symmetrischen Körperformen vollzog sich in zeitlicher Nähe zum Aufkommen zentraler Nervensysteme. Diese Entwicklung war Wegbereiter für die kambrische Explosion der Artenvielfalt vor 540 Millionen Jahren.

Relevant für die Symmetrie-Entstehung ist die Gliederung in Beuger- und Strecker-Muskeln. Alle Muskeln des Körpers sind damit als Gegenspieler – Agonist und Antagonist – angeordnet. Das Gegenspieler-Prinzip erlaubt die kontrollierte Positionierung von Körperelementen bis zur Fein-Motorik. Es erlaubt dem Gehirn ein Erlernen des Körpers: Was ist wo und wie lassen sich unterschiedliche Reize einordnen ...

Beuger- und Strecker-Muskeln sind Grundbausteine der symmetrischen Körperform.

<https://www.integration4.com>

# Zentrales Nervensystem ist der Treiber



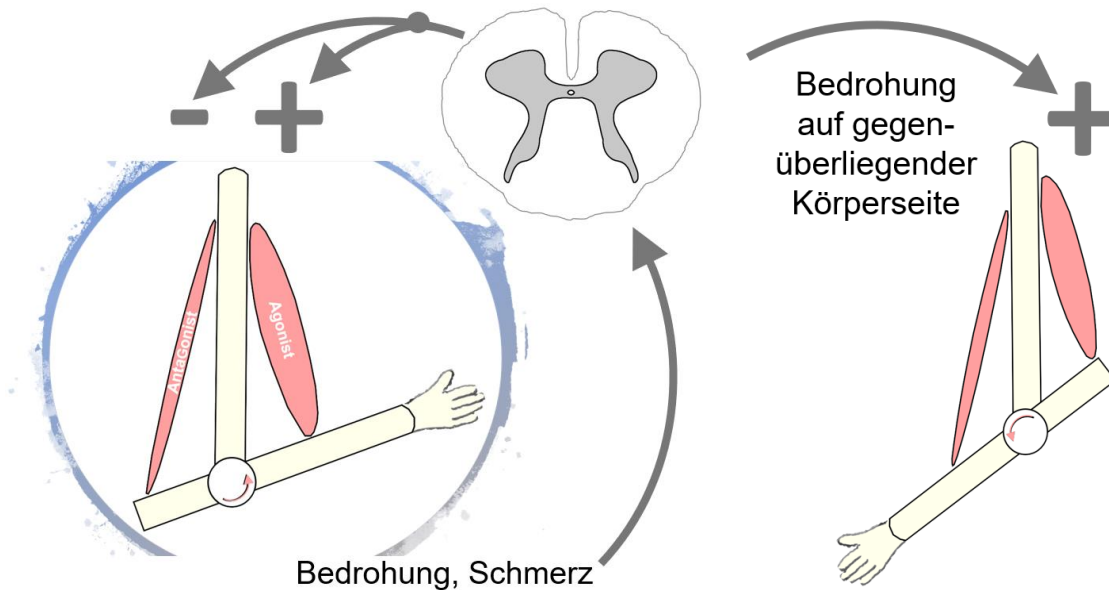
Aus den Zellen des seit den Bilateria zusätzlichen Keimblatts, dem Mesoderm, der Embryo-Entwicklung gehen Knochen, Muskulatur, Bindegewebe hervor. Im Keimblatt-Stadium zeichnen sich rechts und links der Symmetrieachse Zellknoten, die Somiten, als „Urwirbel“ ab.

Aus dem Ektoderm gehen alle Nervenzellen hervor. Die Innervation der Haut trägt zur Sensorik bei, die wir bewusst wahrnehmen. Die afferenten, aufsteigenden Nervenbahnen werden für jedes Körpersegment in Spinalganglien des Rückenmarks gebündelt und von dort auf Nervenzellen im sensiblen, dorsalen Teil des Rückenmarks weiterverschaltet oder gleich über die Hinterstrangbahn zum Thalamus des Gehirns.

Das zentrale Nervensystem als Basis bewusster Wahrnehmung ist Treiber bilateral-symmetrischer Körper.

Bündelung von Nervenreizen über das Rückenmark zum ZNS.

# Wechselwirkung gegenüberliegender Körperteile



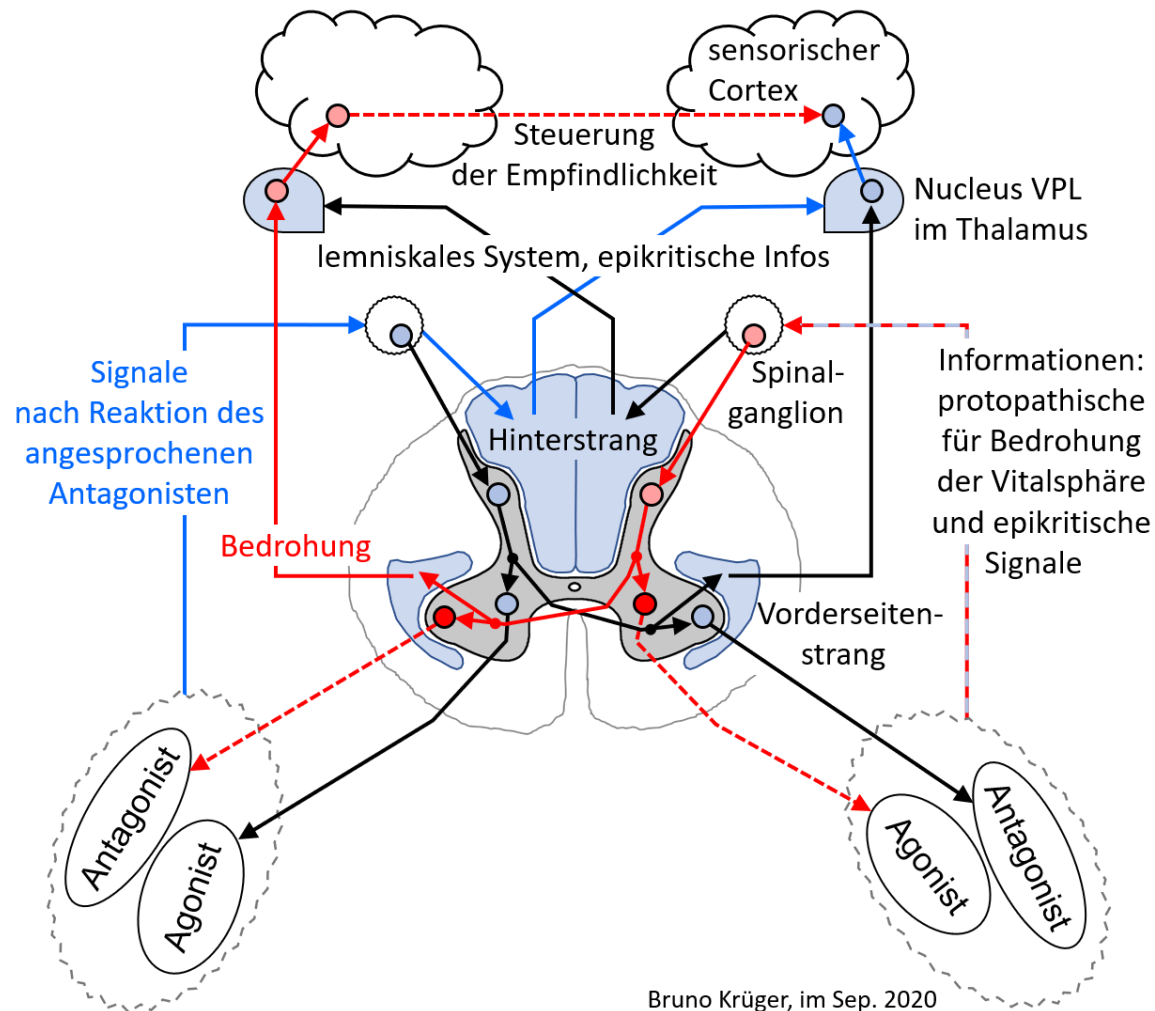
Nervenzellen bzw. Neurone leiten Reize weiter. Die Reizübertragung auf ein anderes Neuron erfolgt vorherrschend über chemische Synapsen. Diese verwenden Botenstoffe, die das Aktionspotenzial eines Ziel-Neurons sowohl steigern als auch hemmen können. Reflexe resultieren aus schnell wirkenden Verschaltungen im Rückenmark. Das kann über ein Zwischenneuron erfolgen, wie etwa beim Knieeibenreflex.

Zu den in Agonisten- und Antagonisten eingeteilten Muskeln gibt es eine symmetrische Wechselwirkung gegenüberliegender Körperseiten. Bei Auslösung eines direkten Agonist-Reflexes, mit zugleich hemmender Ansteuerung (im Bild: ',-' ) des Antagonisten, wird parallel ein Antagonist-Reflex (im Bild: ',+' ) des symmetrisch entspr. Muskelpaars auf der gegenüberliegenden Körperseite ausgelöst.

Reflexe zeigen symmetrische Wechselwirkung gegenüberliegender Körperseiten.

<https://www.kruegerGold.de>

# Verschaltung des Nervensystems ist der Schlüssel



Die zum Rückenmark gelangenden sensiblen Reize transportieren zwei grundsätzliche Informationsarten:

1. Protopathische Informationen signalisieren Schmerz, Hitze, Kälte, grobe Stellungsverschiebungen als Bedrohungen der Vitalsphäre;
2. Epikritische Informationen signalisieren Druck, Berührung und Stellungssinn und geben so ein differenzierteres Bild des Körpers.

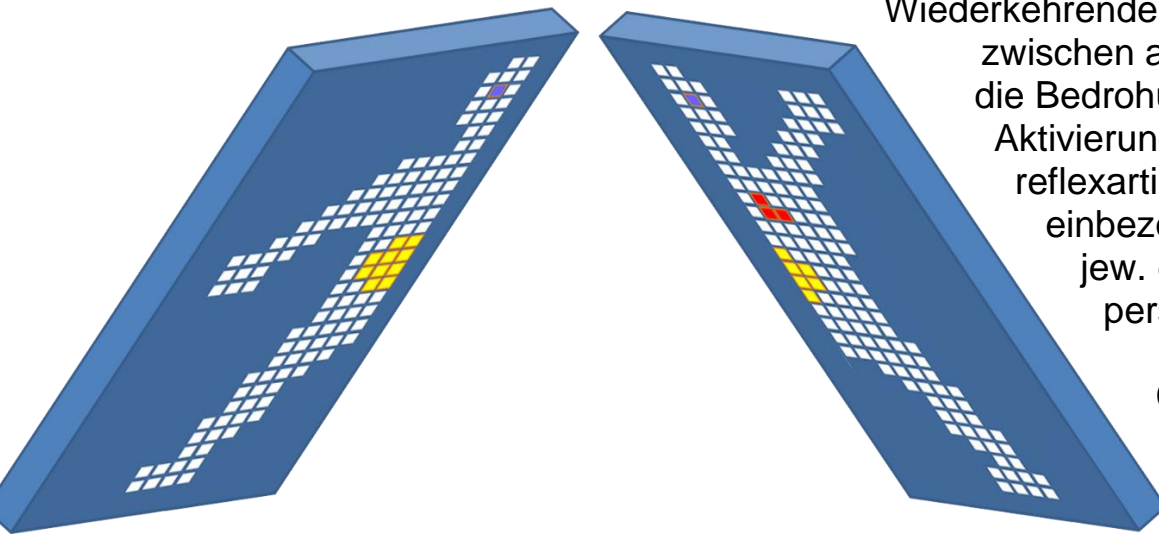
Protopathische Signale gelangen über Vorderseitenstrangbahn weiter zum Gehirn, epikritische über Hinterseitenstrang und lemniskales System.

Eingangsstelle für sensible Signale ist der Nucleus VPL im Thalamus der gegenüberliegenden Körperseite. Jedes protopathische Signale erreicht ein Zwischenneuron mit direkter Verschaltung zum sensorischen Cortex. Protopathische Signale lösen einen Agonist-Reflex auf ihrer Körperseite aus und wechseln auf Ebene des Rückenmarks zur anderen Seite. Von da aktivieren sie symmetrisch passende Antagonisten.

Die Verschaltung des ZNS im Rückenmark ermöglicht den Lernprozess im Gehirn und ist Schlüssel zu bilateral-symmetrischen Körperformen.

# Lernprozess und symmetrische Gestalt hängen zusammen

Am Anfang des Lernprozesses im Gehirn steht das Erlernen des eigenen Körpers, des Was-ist-wo. Grundlage sind Bereiche im Gehirn mit somatotopischer Anordnung, mit der die Lage von Neuronen der relativen Lage der Körperteile entspricht, die sie bei der Informationsverarbeitung repräsentieren. Bei Säugetieren und Menschen besitzen sensorischer und motorischer Cortex beider Gehirnhälften eine jeweils somatotopische Anordnung – man spricht auch vom Homunculus oder Menschlein. Gleiches gilt für den Sensorik-Eingangsbereich des Thalamus.

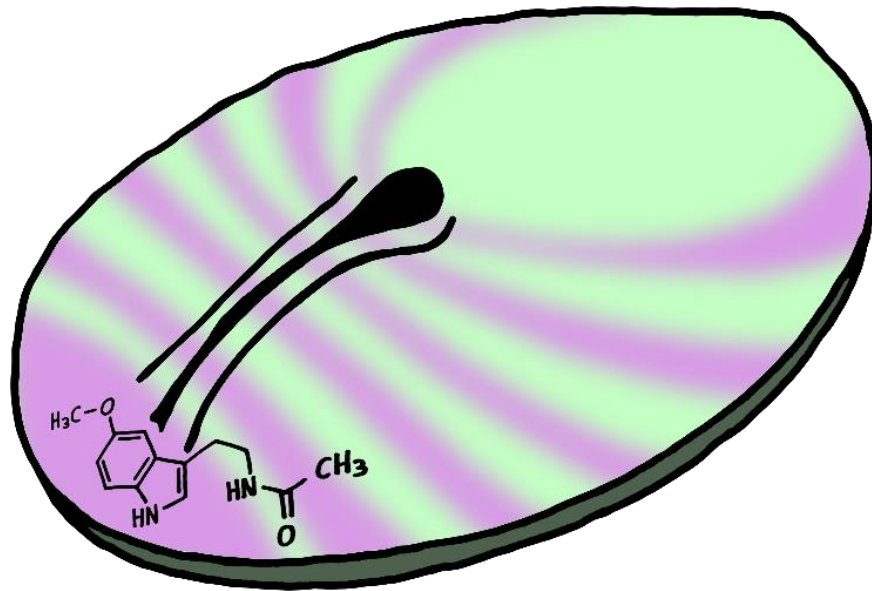


Wiederkehrende Aktivitäten führen zu Brückenbildungen und Signalschleifen zwischen aktiven Neuronen. Ein Lernprozess setzt ein. Bei Reizen, die die Bedrohung eines Körperteils signalisieren, erfolgt eine eindringliche Aktivierung in Thalamus und Cortex. Weitere Neurone, die wegen des reflexartig bewegten Körperteils aktiv sind, werden in Signalschleifen einbezogen. Agonist-Reflexe bewirken Wechselwirkungen mit dem jew. entsprechenden Antagonisten der gegenüberliegenden Körperseite. Das führt zu Muskel-Bewegungen und zu beidseitigen epikritischen Signalen. Im linken und rechten sensorischen Cortex und Thalamus kommt es in der Folge zur Aktivierung zueinander passender Neurone, die das spiegelbildlich vorhandene Körperteil links und rechts repräsentieren.

Der springende Punkt ist, dass sich Signalschleifen zwischen beiden Gehirnhälften ausprägen, die bei Bedrohungen wirken und eine Empfindlichkeit der nicht-bedrohten Körperseite für differenziertere Reize steuern. Das erst führt zur Fokussierung der Aufmerksamkeit.

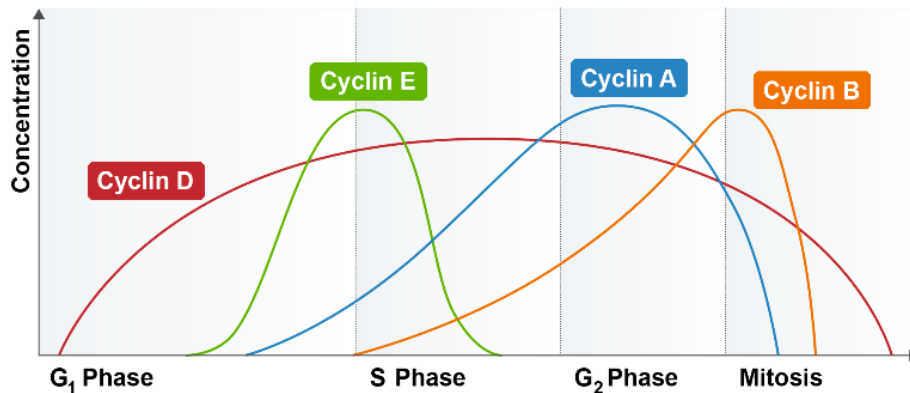


# Keimscheibe erzeugt bereits eine Symmetrieachse



Die Keimscheibe bringt die sog. Primitivrinne und damit eine Abgrenzung von links und rechts hervor. Zwei Mechanismen für die Symmetrie-Entwicklung werden hier vorgeschlagen:

- (1) An einem Randpunkt der Keimscheibe startet die Produktion eines Hormons, das Zellen fernhält und Zellteilung verhindert. Es breitet sich geradlinig aus und erzeugt die Primitivrinne. Seine lebenslange Relevanz und gehirnahe Produktion in der Zirbeldrüse spricht für Melatonin.
- (2) Somiten und Organ-Anlagen differenzieren sich paarig links und rechts und prägen die gegenseitige Steuerung ihrer Zellteilung über die Symmetrieachse hinweg aus. Diese Steuerung macht sich die Phasen der Zellteilung zunutze. Vermutet wird, dass für jede Phase sog. Cycline für ein Voranschreiten im Zellzyklus nötig sind. Vor dem Wechsel zu einer nächsten Phase sind Signalproteine der gegenüberliegenden Seite erforderlich. Diese sollen exklusiv nur bei einem passenden Typ an Organ-Anlage wirken. Dafür ist ein Schlüssel-Schlossmechanismus auf Basis von FGF-Signalproteinen vorstellbar.



Im Ergebnis werden spiegelbildliche Organ-Anlagen gleich groß, da sie sich im Wachstum gegenseitig synchron steuern.

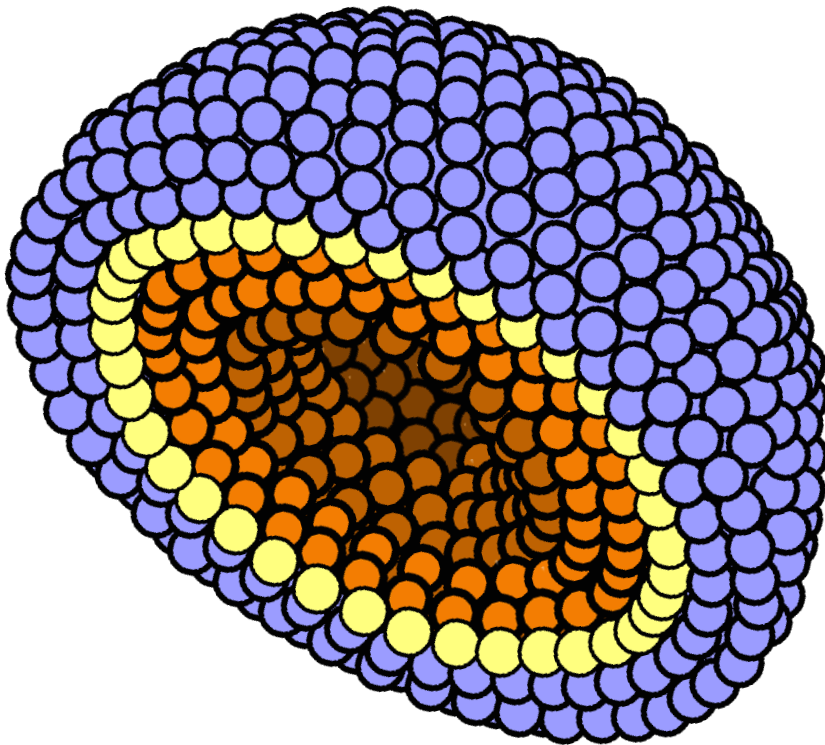
Keimscheibe mit Primitivrinne zeigt erstmals die Ausrichtung der Körpersymmetrie.

# Höhere Lebewesen mit geordneter Nährstoffversorgung

Lebewesen betreiben mit ihren Zellen Stoffwechsel. Entscheidend dafür sind Zuführung mit und Umsatz von Nährstoffen, also die Anbindung an eine Versorgung.

Eine erste Zelldifferenzierung aller Lebewesens ist die Aufteilung in übereinander liegende Keimblätter. Bei triploblastischen Gewebetieren entstehen drei Keimblätter – Entoderm, Mesoderm, Ektoderm. Das Entoderm bildet den Verdauungstrakt. Es wird im Entwicklungsschritt der Gastrulation nach innen gestülpt und bildet einen Hohlraum für Nährstoffe. Das Ektoderm bildet den Schutz nach außen und später das Nervensystem. Mit Gliederfüßern und Ringelwürmern entstand das symmetrische Nervensystem.

Zellen aus dem dritten Keimblatt füllen den Zwischenraum. Das erfordert die Anbindung der Körperoberfläche an Nährstoffe des Verdauungstrakts. Mit den Gliederfüßern hat sich dafür ein Kreislauf mit pumpendem Herz durchgesetzt. Die Bausteine für Gefäße, Pump-Muskeln und Blutzellen gehen aus dem Mesoderm hervor. Ein mit Nervensystem regulierter Einsatz von Kreislauf und Blutgefäßen ist eine Eigenschaft höherer Lebensformen. Damit erst werden symmetrische Körperbaupläne machbar.



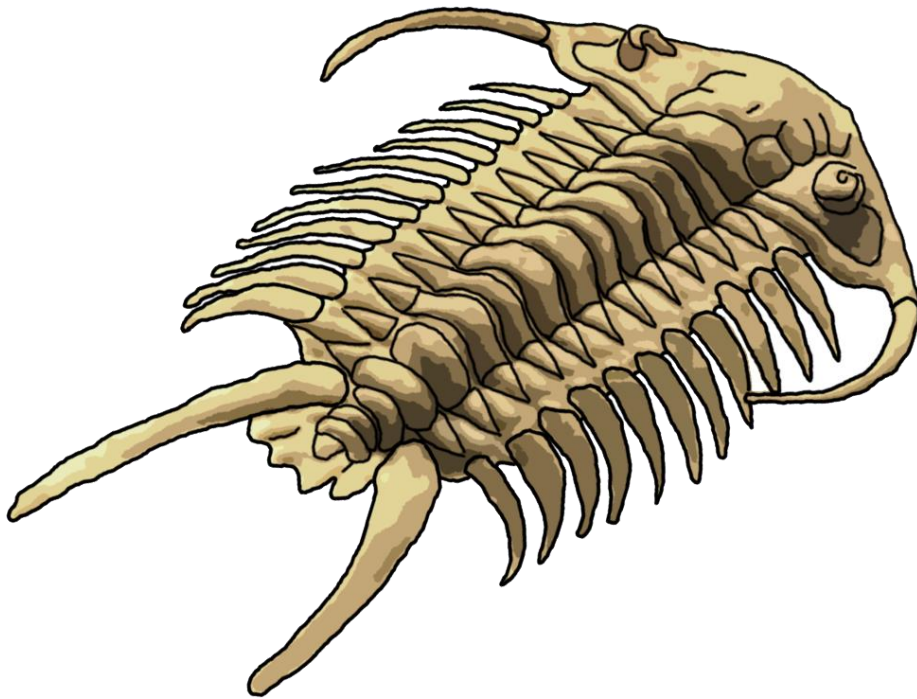
Unteres Keimblatt wird nach innen gestülpt, späterer Verdauungstrakt

# Regulierter Blutkreislauf reagiert auf Versorgungsbedarf

Blutgefäße bestehen innen aus Endothelzellen. Hinzu kommt eine Schicht aus glatter Muskulatur und äußeres Bindegewebe. Dieser Typ Muskel wird mit dem Sympathikus angesteuert. Blutgefäß-aktivierende Signale des ANS starten im Seitenhorn des Rückenmarks. Durch Verschaltung in Ganglien aktivieren Neurone der Seitenhörner bis zu 100 Blutgefäß-steuernde Neurone vor Ort.

Am Ende der vierten Schwangerschaftswoche des Menschen zeichnet sich eine ineinandergreifende Logik von Blutkreislauf und Nervensystem ab: (1) Blutgefäß-Häufung vor der Neuralplatte, (2) Blut-Kapillare in Plazenta-Zotten, (3) Schließen des Neuralrohrs als Rückenmark-Vorläufer, (4) Somiten als Urwirbel, die je Körpersegment Anlagen für Haut, Muskeln, Wirbelknochen enthalten.

Ab einem per Blutversorgung beschleunigten Wachstum beeinflusst nicht mehr das Keimblatt-Stadium, sondern das Nervensystem die Symmetrie. Die Sensorik meldet Versorgungsbedarf, der Sympathikus veranlasst Blutgefäße, ihren Inhalt herauszupressen. Damit das ortsgenau erfolgt, verfügt ein zentrales Gehirn über ein sensorisches Abbild des Körpers. Die fehlende Verbindung zwischen Sensorik und Ansteuerung erlernt das Gehirn auf Basis des Gegenspielerprinzips (siehe Lektionen 1 bis 5). Die nötige Orientierung beim Lernen leisten Signale von der jew. anderen Gehirnhälfte, die allein durch spiegelbildlichen Körperbauplan aussagekräftig sein können.



Skizze ausgestorbener Trilobit aus dem Kambrium; Gehirnhälften fokussieren sich als spiegelbildliche Beobachter bei initialen Lernprozessen gegenseitig.

Bruno Krüger, im November 2020

<https://www.integration4.com>