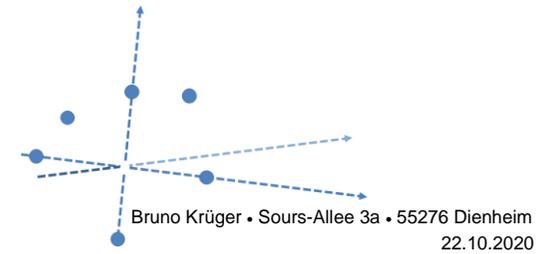


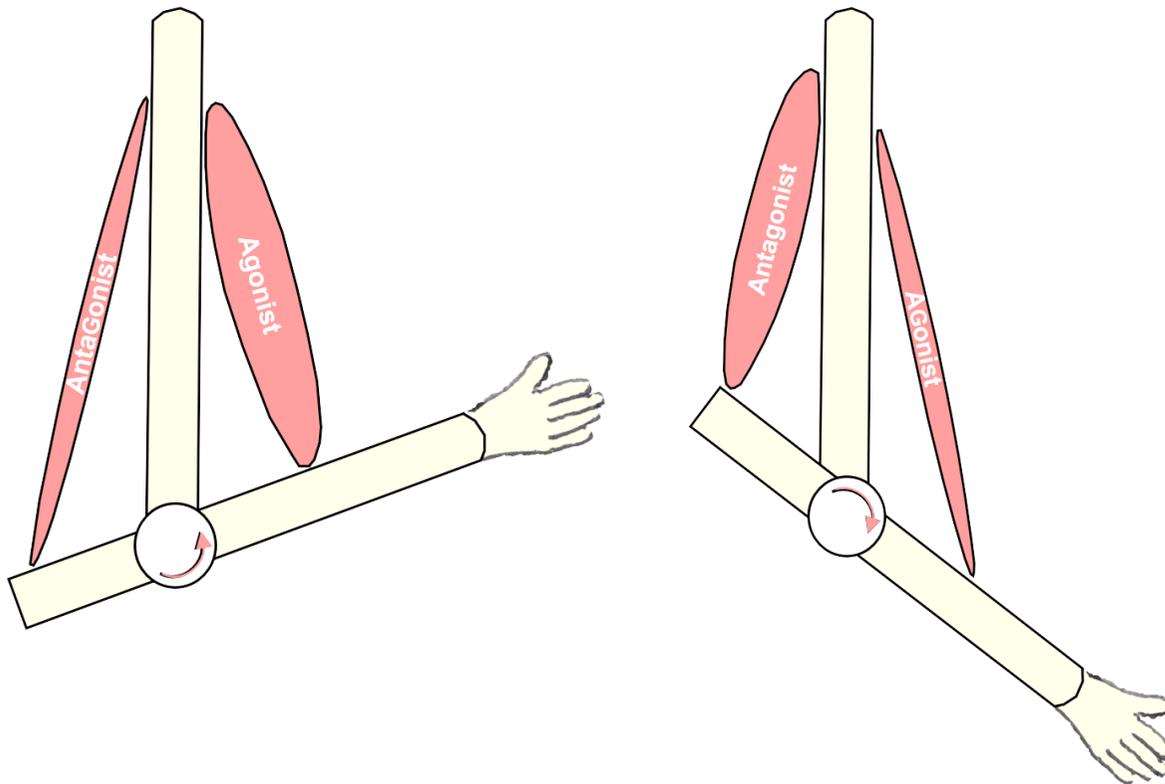
Warum bin ich symmetrisch?

Symmetrie der Bilateria und Menschen in fünf Lektionen

Der Evolutionsschritt zu bilateral-symmetrischen Körperformen vollzog sich in zeitlicher Nähe zum Aufkommen zentraler Nervensysteme. Ihm folgte die kambrische Explosion der Artenvielfalt vor 540 Millionen Jahren. Grundgedanke dieses Beitrags ist, dass das zeitliche Zusammentreffen von aufkommendem ZNS und kambrischer Explosion kein Zufall und damit eine Basis ist zur Erklärung eines fundamentalen Evolutionsschritts selbstorganisierender Lebensformen.



Lektion 1 ... Beuger- und Strecker-Muskeln sind Grundbausteine der symmetrischen Körperform



Mit Entstehung der Bilateria, den bilateral-symmetrisch gebauten Gewebetieren, kam auch das dritte Keimblatt der Embryo-Entwicklung hinzu. Aus den Zellen des hinzugewonnenen mittleren Keimblatts, genannt: Mesoderm, gehen Knochen, Muskulatur und Bindegewebe hervor. Diese Elemente modellieren die dreidimensionale Form eines Körpers.

Das dritte Keimblatt oder besser die daraus hervorgehenden Körperzellen realisieren (1) alle nötigen Stützfunktionen, in höheren Entwicklungsformen geschieht das mit Knochen und Knorpeln, (2) alle Verbindungsfunktionen mit Muskeln und Sehnen, welche diese mit den Knochen verbinden, und (3) ein Spannungsnetzwerk mit sogenannten Faszien (Bindegewebe).

Relevant für die selbstorganisierte Symmetrie-Entstehung ist die grundlegende 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 ...

Bild: Beuger- und Strecker-Muskeln, Grundbausteine der symmetrischen Körperform

<https://www.integration4.com>

Lektion 2 ... Zentrales Nervensystem ist der Treiber der symmetrischen Körperform

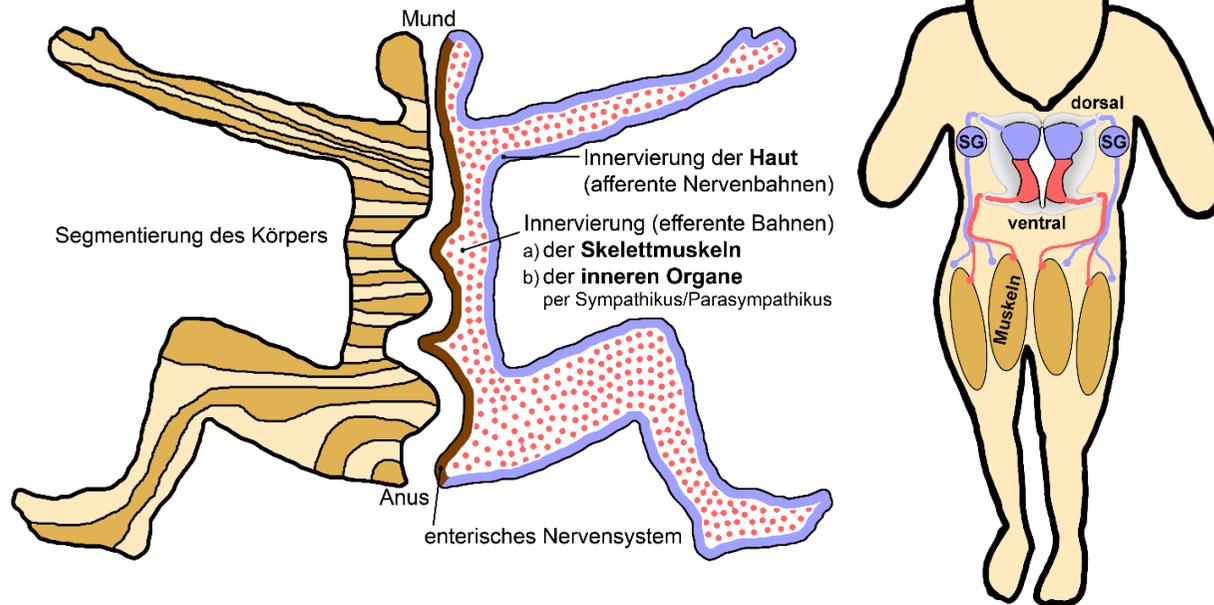


Bild: Bündelung von Nervenreizen über das Rückenmark zum zentralen Nervensystem

Aus den Zellen des seit den Bilateria zusätzlichen Keimblatts der Embryo-Entwicklung, dem Mesoderm, gehen Knochen, Muskulatur, Bindegewebe hervor. Dem stehen Entoderm als Ursprung der Zellen der inneren Organe, etwa für Verdauung, Atmung, sowie Ektoderm für Zellen der Haut und deren Reizbarkeit gegenüber. Beides Keimblätter, die gewissermaßen eine zweidimensionale innere und äußere Hüllfläche organisieren. Als frühes Merkmal der Segmentierung des Körpers zeichnen sich im Keimblatt-Stadium rechts und links einer Symmetrieachse Zellknoten, die Somiten, als „Urwirbel“ ab.

Aus dem Ektoderm gehen auch alle Nervenzellen hervor. Die Innervierung der Haut trägt im Wesentlichen zur Sensorik bei, die wir bewusst wahrnehmen. Deren afferente, aufsteigende Nervenbahnen werden für jedes Körpersegment in den Spinalganglien des Rückenmarks gebündelt und von dort auf Nervenzellen im sensiblen, dorsalen Teil des Rückenmarks weitergeschaltet oder gleich über die Hinterstrangbahn zum Thalamus des Gehirns. Die Innervierung der bewusst steuerbaren Skelettmuskeln erfolgt über Nervenzellen im motorischen, ventralen Teil des Rückenmarks. Diese werden ihrerseits angesteuert über Zwischenneurone des Rückenmarks oder über die Pyramidenbahn vom motorischen Kortex des Gehirns.

Das zentrale Nervensystem als Basis bewusster Wahrnehmung und Motorik ist Treiber bilateral-symmetrischer Körperformen.

<https://www.kruegerGold.de>

Die erste und die zweite Lektion stellen das Gegenspielerprinzip aller Muskeln des Körpers und eine Einordnung der Steuerung durch das Nervensystem vor. Mit gemeinsamer Abstammung aller Körperzellen aus den Keimblättern der Embryogenese wird die Rolle der Muskeln im Ablauf der Evolution verdeutlicht.

Lektion 3 ... Muskel-Reflexe und symmetrische Wechselwirkung gegenüberliegender Körperteile

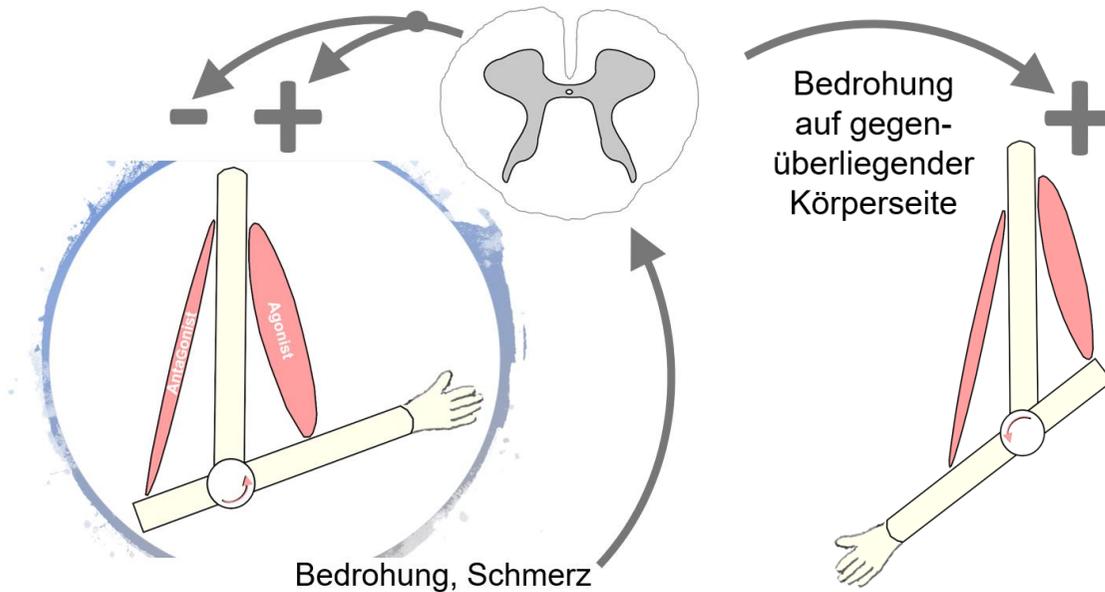


Bild: Reflexe zeigen symmetrische Wechselwirkung gegenüberliegender Körperseiten

Nervenzellen bzw. Neurone leiten Reize weiter. Die Reizübertragung auf ein anderes Neuron erfolgt vorherrschend über chemische, aber auch über elektrische Synapsen. Chemische Synapsen verwenden Neurotransmitter, sogenannte Botenstoffe, die das Aktionspotenzial eines Ziel-Neurons sowohl steigern als auch hemmen können. Nach Gestalt und Größe ihrer Dendriten und Axone unterscheidet man unipolare, bipolare, multipolare und pseudounipolare Nervenzellen. Nervenzellen sind für verschiedene Funktionen differenziert. Pyramidenzellen des motorischen Kortex eignen sich etwa für große Entfernungen bis über einen Meter, Interneurone im Rückenmark für kurze.

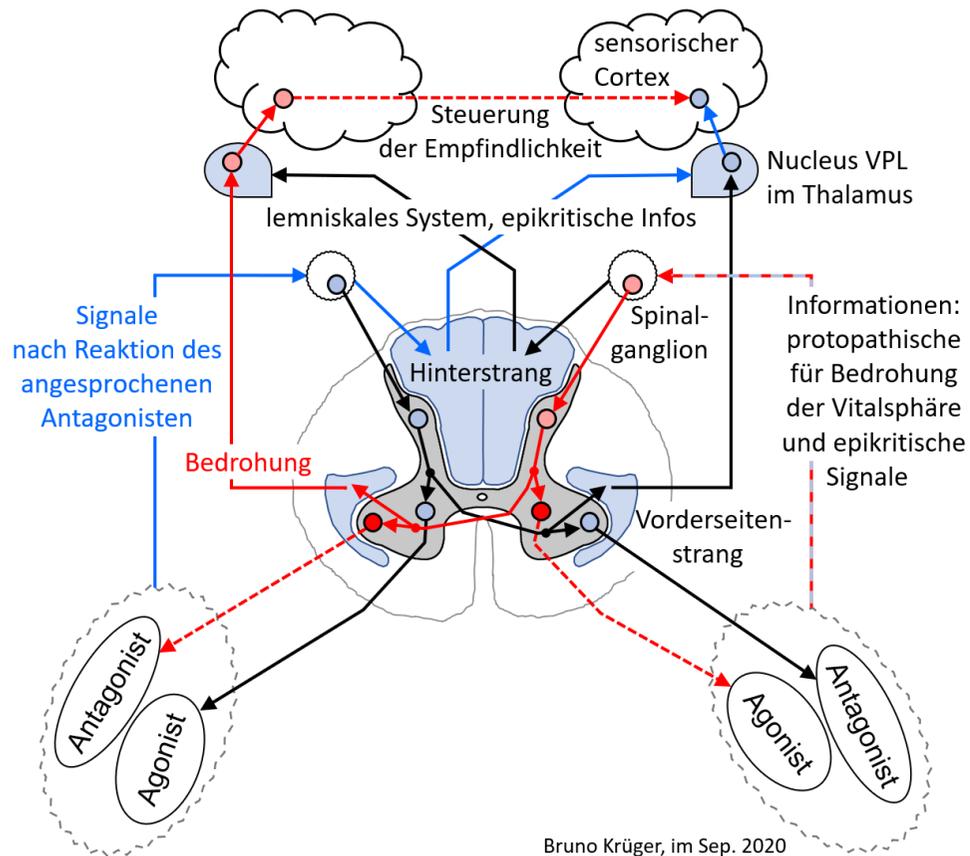
Reflexe resultieren aus schnell wirkenden Verschaltungen im Rückenmark. Dies kann über nur ein sensorisches Zwischenneuron, wie etwa beim Kniescheibenreflex, den man vom Arztbesuch kennt, erfolgen. Der Schlag auf die Patellarsehne aktiviert den Bein-Streckmuskel, in diesem Fall der Agonist. Daneben gibt es noch weit komplexere Verschaltungen, die sogar Wirbelsegmente überbrücken, um etwa bei Bedrohungen den passenden Muskel anzusprechen.

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 entsprechenden Muskelpaars auf der gegenüberliegenden Körperseite ausgelöst.

<https://www.kruegerGold.de>

Die dritte Lektion vermittelt einen Eindruck von der Wirkungsweise der Signalübertragung mit Nervenzellen. Besonderheit dabei ist, dass je nach chemischem Botenstoff der Synapsen nachfolgende Nervenzellen auch gehemmt werden. Grundlegend ist auch, dass Reflexe durch Reize, die eine Bedrohung eines Körperteils signalisieren, direkt auf Ebene des Rückenmarks verschaltet werden und sogar eine Wechselwirkung auf beiden Körperseiten auslösen können.

Lektion 4 ... Verschaltung des zentralen Nervensystems ist Schlüssel zum Symmetrie-Konzept



Die zum Rückenmark über das Spinalganglion gelangenden sensiblen Reize transportieren zwei grundsätzlich differenzierte 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 im Gehirn für alle sensiblen Signale ist der Nucleus VPL im Thalamus auf der gegenüberliegenden Körperseite. Jedes protopathische Signale erreicht hier jeweils genau ein Zwischenneuron mit direkter Verschaltung zum sensorischen Cortex.

Muskeln werden paarweise als Agonisten und Antagonisten organisiert. Motoneurone für Agonisten liegen im dorsalen Feld des Vorderhorns im Rückenmark, Motoneurone für Antagonisten im ventralen Feld. Siehe: <https://eref.thieme.de/cockpits/clAna0001/0/coAna00078/4-9836>. Protopathische Signale lösen auf ihrer Körperseite einen Agonist-Reflex aus und wechseln auf Ebene des Rückenmarks zur anderen Seite. Da werden sie im ventralen Feld des Vorderhorns mit dem symmetrisch passenden Antagonisten verschaltet, von wo sie aus dem Rückenmark austreten.

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

Bild: Verschaltung des ZNS im Rückenmark ist Schlüssel zum Symmetrie-Konzept

<https://www.kruegerGold.de>

Die vierte Lektion hebt die Verschaltung des ZNS im Rückenmark als wesentlichen Schlüsselschritt der Evolution hervor. Die funktionale Trennung protopathischer und epikritischer Reize, ihre getrennten Weiterleitungswege sowie Verschaltung und Lage der Motoneurone für Beuger- und Strecker-Muskeln springen als außerordentliche Merkmale geradezu hervor. Wichtige weitere Innovationen wie die Nervenzellen traten in der Evolution schon früher auf.

Lektion 5 ... Lernprozess im Gehirn und bilateral-symmetrische Körperform erschaffen sich gegenseitig

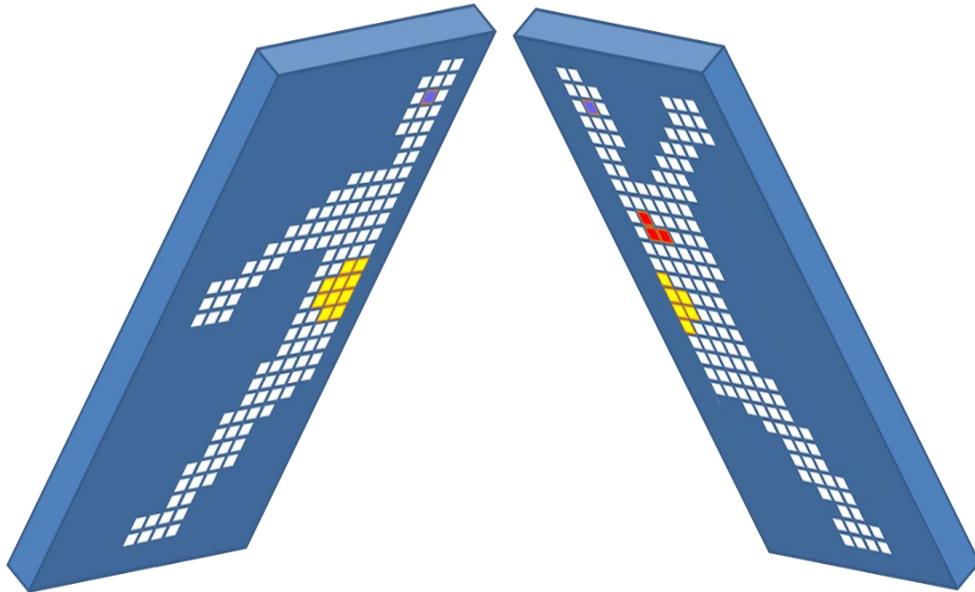


Bild: Lernprozess dank somatotopischer Abbildg. spiegelbildlicher Seiten

Am Anfang des Lernprozesses im Gehirn steht das Erlernen des eigenen Körpers, des Was-ist-wo. Grundlage dafür sind Bereiche im Gehirn mit somatotopischer Anordnung, in der also die Lage einzelner Neurone der relativen Lage der Körperteile entspricht, die sie bei der Informationsverarbeitung repräsentieren. Bei den Säugetieren und Menschen besitzen der sensorische und der motorische Cortex beider Gehirnhälften eine jeweils somatotopische Anordnung – man spricht auch vom sensorischen und motorischen Homunculus oder Menschlein. Ein weiterer Bereich liegt im Thalamus, in den die sensorischen Signale des Körpers eintreten.

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 von Neuronen der Sensorik in Thalamus und Cortex. Weitere Neurone, die wegen des reflexartig bewegten Körperteils aktiv sind, werden in Signalschleifen einbezogen. In der frühen Lernphase bewirken Agonist-Reflexe Wechselwirkungen mit dem jeweils entsprechenden Antagonisten auf der gegenüberliegenden Körperseite. Das führt zu Muskel-Bewegungen und damit auf beiden Seiten zu epikritischen Signalen ans Gehirn. Im linken und zugleich im rechten sensorischen Cortex und Thalamus kommt es in der Folge zur Aktivierung zueinander passender Neurone, die auf beiden Seiten das spiegelbildlich vorhandene Körperteil repräsentieren.

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

<https://www.integration4.com>

Die fünfte Lektion zeigt den Zusammenhang, wie mit der Anhäufung von Nervenzellen Selbstorganisation höherer Lebensformen entsteht. Ausgangspunkt ist das Erlernen des eigenen Körpers. Alles weitere Lernen bis hin zum komplexen Wissen des Menschen knüpft daran an. Der Kern der Erkenntnis ist, dass sich zwei Gehirnhälften gewissermaßen als spiegelbildliche Beobachter gegenüberstehen und gegenseitig die Fokussierung initialer Lernprozesse ansteuern.