



# Lisa Feldman Barrett Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn



## A INHALT

Ein kleine Bemerkung vorab	1
<b>Die halbe Lektion:</b>	
Ihr Gehirn ist nicht zum Denken da	1
<b>Lektion Nr. 1:</b>	
Lektion Nr. 1: Sie haben ein Gehirn (nicht drei)	6
<b>Lektion Nr. 2:</b>	
Ihr Gehirn ist ein Netzwerk	14
<b>Lektion Nr. 3:</b>	
Kleine Gehirne verschalten sich mit ihrer Welt	21
<b>Lektion Nr. 4:</b>	
Ihr Gehirn sagt (fast) alles vorher, was Sie tun	28
<b>Lektion Nr. 5:</b>	
Ihr Gehirn arbeitet heimlich mit anderen Gehirnen zusammen	36
<b>Lektion Nr. 6:</b>	
Gehirne erzeugen mehr als eine Art von Geist	43
<b>Lektion Nr. 7:</b>	
Ihr Gehirn kann Wirklichkeit erschaffen	48

## B ANHANG

### Anmerkungen zu *Die halbe Lektion: Ihr Gehirn ist nicht zum Denken da*

*Amphioxi oder Lanzettfischchen bevölkerten die Ozeane vor 550 Millionen Jahren:*

Diese uralten Geschöpfe gibt es heute noch. Sie sind unsere entwicklungsgeschichtlichen Cousins, denn: Menschen sind Wirbeltiere. Wir besitzen ein Rückgrat, das wir Wirbelsäule nennen, und einen Nervenstrang, den wir als Rückenmark bezeichnen. Amphioxi sind keine Wirbeltiere, sie haben aber eine Art Rückenmark, das man als Neuralrohr bezeichnet und das ihren gesamten Körper durchzieht. Amphioxi und Wirbeltiere gehören zu einer größeren Gruppe von Tieren, die man *Chordatiere* oder *Chordata* nennt. Wir haben jedenfalls einen gemeinsamen Vorfahren.

Den Amphioxi fehlt es an vielen Merkmalen, die Wirbeltiere von Wirbellosen unterscheiden. Sie haben kein Herz, keine Leber, keine Bauchspeicheldrüse oder Nieren. Es fehlt an allen internen Systemen, die mit diesen Organen verbunden sind. Allerdings besitzen sie gewisse Zellen, die ihren zirkadianen Rhythmus steuern, also ihre Schlaf- und Wachzeiten.

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

Amphioxi haben keinen erkennbaren Kopf und auch keines der sichtbaren Sinnesorgane, die den Kopf von Wirbeltieren auszeichnen wie Augen, Ohren, eine Nase etc. Der Amphioxus besitzt an seiner vordersten Spitze ein paar Zellen, die man Augenfleck nennt. Diese Zellen sind lichtempfindlich. Sie können starke Hell-Dunkel-Unterschiede erkennen. Wenn also ein Schatten auf das Tier fällt, flieht es. Die Zellen des Augenflecks haben gemeinsame Gene mit der Netzhaut der Wirbeltiere, aber die Lanzettfischchen haben keine Augen und können nicht sehen.

Sie können auch nicht schmecken oder riechen. Manche Zellen in ihrer Haut registrieren chemische Stoffe im Wasser, und auch diese Zellen enthalten Gene, die denen im Riechkolben der Wirbeltiere ähneln. Ob diese aber genauso funktionieren, ist bislang nicht geklärt. Außerdem besitzen Amphioxi im Inneren Zellcluster mit Haaren, die der Amphioxus nutzt, um die Schwerkraft und möglicherweise die Beschleunigung beim Schwimmen festzustellen (damit der Körper im Wasser Orientierung hat). Aber der Amphioxus besitzt kein Innenohr mit Haarzellen, mit denen er hören könnte, wie Wirbeltiere dies tun.

Der Amphioxus kann auch keine Nahrung ausmachen und sich darauf zubewegen. Er verschlingt, was immer ihm die Strömung an Mikroorganismen zuträgt. Allerdings registrieren bestimmte Zellen es, wenn nicht mehr genug Nahrung durch die Gegend treibt. Dann schlängelt sich das Geschöpf in eine vom Zufall bestimmte Richtung in der Hoffnung, so an eine Mahlzeit zu kommen. (Nach dem Motto: „Überall ist es besser als hier.“)

Siehe: [7half.info/amphioxus](http://7half.info/amphioxus).

*Ihr rudimentäres Nervensystem bestand aus einem Klacks Zellen, den man noch nicht als Gehirn bezeichnen konnte:*

Die Wissenschaft diskutiert noch darüber, ob Amphioxi ein Gehirn haben. Letztlich berührt das die Frage, was man als „Gehirn“ betrachtet und was nicht. Der Evolutionsbiologe Henry Gee fasst dies sehr schön zusammen: „Nichts, was einem Wirbeltier ähnelt, wird bei Manteltieren (zum Beispiel Seescheiden) oder dem Amphioxus gefunden. Allerdings lassen sich vor Vorstufen zu dessen Bauplan finden ... wenn man nur gründlich genug hinsieht.“

Die Wissenschaftler sind sich weitgehend einig, dass sich am vorderen Ende des Amphioxus-Neuralrohres eine Vorstufe zu den genetischen Umrissen des Wirbeltiergehirns findet. Diese Umrisse sind wenigstens 550 Millionen Jahre alt. Das heißt nicht, dass die Gene, die man am vorderen Ende des Neuralrohres findet auf die gleiche Weise arbeiten oder die gleichen Strukturen hervorbringen, wie sie dies bei Wirbeltieren wie Ihnen und mir tun. (Mehr dazu, was es heißt, wenn zwei Arten die gleichen Gene haben, finden Sie im Anhang-Eintrag zu Anmerkung 14.) An diesem Punkt gehen die Diskussionen los. Amphioxi weisen molekulare Muster auf, die bei den Wirbeltieren das Gehirn in bestimmte größere Areale unterteilen. Doch die Wissenschaft ist sich nicht sicher, welche Areale hier angelegt sind und welche Segmentierungsanweisungen fehlen. Ohnehin ist es auch eine diskussionswürdige Frage, ob bei den Amphioxi tatsächlich Segmente vorhanden sind. Ähnlich wie der Amphioxus zwar rudimentäre genetische Grundlagen für die Ausbildung eines Kopfes besitzt, aber trotzdem keinen Kopf hat.

Mehr über die Amphioxi finden Sie in Henry Gees Buch *Across the Bridge – Understanding the Origins of the Vertebrates*. Und im Werk der beiden Neurowissenschaftler Georg Striedter und Glenn Northcutt: *Brains Through Time – A Natural History of the Vertebrates*.

Siehe: [7half.info/amphioxus-brain](http://7half.info/amphioxus-brain).

*Ein Geschöpf, das Ihrem winzigen Altvorderen (...) sehr ähnlich ist:*

Wissenschaftler gehen davon aus, dass unser gemeinsamer Vorfahr den modernen Amphioxi sehr ähnlich war, weil die Umwelt des Amphioxus (seine Nische) sich in den letzten 550 Millionen Jahren kaum verändert hat. Es hat also keinen großen Anpassungsdruck gegeben. Im Gegensatz dazu haben sich die Wirbeltiere entwicklungsgeschichtlich enorm verändert, ebenso wie andere Chordatiere, zum Beispiel die Seescheide. Daher nehmen Wissenschaftler im Allgemeinen an, dass das Studium moderner Lanzettfischchen uns einiges über den gemeinsamen Vorfahren aller Chordatiere verraten kann.

Doch es gibt auch Wissenschaftler, die diese Annahme infrage stellen – weil es unwahrscheinlich ist, dass die Amphioxi sich in einer halben Milliarde Jahren überhaupt nicht verändert haben sollen! So erstreckt sich das Neuralrohr des Amphioxus (also sein zentrales Nervensystem) über die gesamte Länge seines Körpers, vom vorderen bis zum hinteren Ende. In Wirbeltieren hingegen endet das Rückenmark dort, wo das Gehirn beginnt. Nun fragt sich die

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

Wissenschaft, ob unser gemeinsamer Vorfahr ein Neuralrohr hatte wie der Amphioxus, das sich verkürzte, während sich das Wirbeltiergehirn herausbildete. Oder ob unser Vorfahr ein kürzeres Neuralrohr hatte, das beim Amphioxus entwicklungsgeschichtlich länger wurde. Vergleichbare Debatten gibt es auch über die Frage des Riechvermögens. Mehr über unseren amphioxusähnlichen Vorfahren finden Sie in Henry Gees Buch *Across the Bridge – Understanding the Origins of the Vertebrates*.

Siehe: [7half.info/ancestor](http://7half.info/ancestor).

*Warum aber hat sich ein Gehirn wie das Ihre überhaupt herausgebildet:*

Aussagen wie „Ihr Gehirn ist dafür bestimmt“ oder „Ihr Gehirn hat sich deshalb herausgebildet“ bezeichnet man als teleologisch. Der Begriff kommt vom griechischen *telos*, was so viel heißt wie „Zweck“ oder „Ziel“. Philosophie und Naturwissenschaft diskutieren verschiedene Formen der Teleologie. Die bekannteste, die beide Denkrichtungen ablehnen, besagt, *dass etwas bewusst auf ein bestimmtes Ziel hin mit einem festgesetzten Endpunkt geschaffen wurde*. Ein Beispiel wäre, dass unser Gehirn sich sukzessive höher entwickelte, zum Beispiel vom instinktgesteuerten zum rationalen Gehirn oder von den niederen zu den höheren Tierarten. Hinter dieser Art von Teleologie stehe ich nicht. Eine zweite Form von Teleologie, mit der ich hier sehr wohl arbeite, besagt, dass es sich um einen *Prozess handelt, der zwar ein Ziel hat, aber keinen vorgegebenen Endpunkt*. Wenn wir davon ausgehen, dass das Gehirn „nicht zum Denken da ist“, sondern dazu, den Körper innerhalb einer bestimmten Umweltische zu regulieren, dann heißt das nicht, dass die Körperbuchführung (also die Allostase) einen bestimmten Endpunkt kennt. Die Allostase ist ein Prozess, der auf den sich ständig wandelnden Input aus der Umwelt ausgerichtet ist und diesen möglichst vorwegnimmt. Alle Gehirne beherrschen die Allostase. Es gibt dabei keine planmäßige Progression von schlecht zu gut.

Die Psychologen Bethany Ojalehto, Sandra R. Waxman und Douglas L. Medin untersuchen, wie Menschen in allen Kulturen über die Natur denken. Ihre Forschungsarbeiten legen nahe, dass teleologische Aussagen, wie sie in diesem Kapitel getroffen werden, eine Wertschätzung der Beziehungen zwischen lebenden Wesen und ihrer Umwelt widerspiegeln. Sie sprechen hier von einer „kontextuellen und relationalen Wahrnehmung“. Eine Aussage wie „Ihr Gehirn ist nicht zum Denken da“ ist grundsätzlich relational (weil sie die Beziehung zwischen dem Gehirn, den Körpersystemen und der Umwelt berührt). Sie besagt nicht, dass das Gehirn bewusst für einen Zweck mit einem bestimmten Ende geschaffen wurde.

Meine Formulierungen (wie eben „Ihr Gehirn ist nicht zum Denken da“) stehen außerdem in einem bestimmten Kontext – in einem nicht fachspezifischen Essay, der Aspekte der Gehirnfunktion beschreibt. Die Aussage ist in ihrer Gesamtbedeutung abhängig von dem Kontext, in dem sie verwendet wird. Wenn Sie diesen weglassen, hört es sich so an, als verweise die Aussage auf die erste, problematische Form der Teleologie. Natürlich ist die Allostase nicht die einzige Ursache für die Entwicklung des Gehirns. Sie hat die Evolution auch nicht in planmäßigen Schritten vorangetrieben. Die Entwicklung des Gehirns ist Frucht der natürlichen Selektion, die zufällig und opportunistisch verläuft. Die Entwicklung des Gehirns wird außerdem von der kulturellen Evolution beeinflusst, eine Idee, der wir in Lektion Nr. 7 nachgehen werden.

Siehe: [7half.info/teleology](http://7half.info/teleology).

*Der wissenschaftliche Begriff für die Körperbuchführung ist Allostase:*

Allostase ist keineswegs die einzige Triebkraft bei der Frage, wie sich Gehirne entwickeln und wie sie funktionieren, aber sie gehört zu den wichtigsten. Die Allostase ist ein ununterbrochener Anpassungsprozess, der mit Voraussagen arbeitet. Es geht dabei nicht darum, eine einzige, stabile Situation für den Körper aufrechtzuerhalten. (Sie arbeitet nicht wie ein Thermostat.) Die Aufrechterhaltung eines stabilen Gleichgewichts nennt man Homöostase.

Siehe: [7half.info/allostasis](http://7half.info/allostasis).

*Der Aufwand sollte also der Mühe wert sein, wirtschaftlich betrachtet:*

Aktionen, die der Mühe wert sind, untersucht vor allem die Wirtschaftswissenschaft. Sie nennt dies dann ganz allgemein einen „Wert“.

Siehe: [7half.info/value](http://7half.info/value).

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

*In der Zwischenzeit entwickelten die urzeitlichen Tiere immer größere und komplexere Körper. Das hieß, dass auch deren Innenleben viel facettenreicher wurde:*

Die Organe in Ihrem Körper, wie etwa Herz, Magen und Lungen, sind sogenannte Viszeralorgane („Eingeweide“). Sie gehören zu den viszeralen Systemen unterhalb unseres Halses, zum Beispiel dem kardiovaskulären System, dem gastrointestinalen System und dem respiratorischen System. Die Bewegungen Ihres Herzens, Darms, in den Lungen und anderen Organen werden *viszeromotorisch* genannt. Ihr Gehirn kontrolliert die viszeralen Systeme (das heißt, es übt eine viszeromotorische Kontrolle aus). So wie Ihr Gehirn einen primären motorischen Cortex hat und Strukturen unterhalb des Cortex, die die Muskelbewegung steuern, hat es auch einen primären viszeromotorischen Cortex und entsprechende subkortikale Strukturen, die Ihre Eingeweide steuern. Manche inneren Organe wie die Lungen brauchen das Gehirn, um überhaupt funktionieren zu können. Herz und Darm hingegen haben ihren eigenen Rhythmus, das viszeromotorische System ist hier für die Feinabstimmung zuständig. Obendrein verfügt Ihr Körper noch über andere Systeme, die nicht mit einem Organ in Verbindung stehen, wie das Immunsystem und das endokrine (Hormon-)System. Deren Veränderungen aber bezeichnet man auch als „viszeromotorisch“.

So wie die motorischen Bewegungen Ihrer Arme und Beine, Ihres Kopfes und Rumpfs Sinnesdaten hervorbringen, die dem Gehirn gemeldet werden (speziell dem somatosensorischen System), so führen auch die viszeromotorischen Bewegungen zu sinnlich erfahrbaren Veränderungen, die man als *interozeptive* Daten bezeichnet. Diese werden ans Gehirn weitergeleitet (speziell an das interozeptive System). All diese Sinnesdaten helfen dem Gehirn, Ihre motorischen und viszeromotorischen Bewegungen zu kontrollieren.

Die besten wissenschaftlichen Erklärungsversuche legen aktuell nahe, dass sich das viszerale und viszeromotorische System bei Wirbeltieren mit den Sinnesorganen, dem sensorischen System, entwickelte. Nach der Empfängnis, wenn ein Embryo Gehirn und Körper ausbildet, entstehen das viszerale und das sensorische System aus dem gleichen temporären Zellcluster, das man Neuralleiste nennt. Das gilt auch für jenes Segment des Wirbeltiergehirns, das das viszeromotorische und interozeptive System umfasst und das wir als Vorderhirn kennen. Die Neuralleiste ist nur den Wirbeltieren eigen und tritt dort bei allen Arten auf, auch beim Menschen.

Das viszeromotorische und das interozeptive System spielen eine entscheidende Rolle bei der Bewertung jeder Bewegung, aber wir können nicht sagen, dass sich beides aus diesem Grund entwickelt hat. Denn es kam durchaus auch an anderer Stelle zum Selektionsdruck, der dafür verantwortlich war, zum Beispiel durch die Entwicklung größerer Körper, die neue Formen der Instandhaltung erforderten. So haben viele Tiere auf dieser Erde einen geringen Durchmesser. Manchmal trennen nur ein paar Zellen die Körpermitte von der Außenwelt. Das erleichtert bestimmte physiologische Funktionen wie den Gasaustausch (beim Atmen) und die Entsorgung von Abfallprodukten. In einem größeren Körper ist auch der Abstand zwischen der Innenseite des Körpers und der Außenwelt größer. Das erfordert neue Systeme wie zum Beispiel Kiemen, über die der Gasaustausch funktioniert. Oder Nieren beziehungsweise einen längeren Darm für die Ausscheidung von Abfallstoffen. Diese neuen Systeme machten die Wirbeltiere beispielsweise zu besseren Schwimmern und erfolgreicheren Prädatoren.

Siehe: [7half.info/visceral](http://7half.info/visceral).

### **Anmerkungen zu Lektion 1: Sie haben ein Gehirn (nicht drei)**

*Der menschliche Geist, so Platon, sei ein ständiger Kampf zwischen drei inneren Kräften:*

Plato schrieb über die Psyche, deren Bedeutung sich nicht mit unserer Vorstellung von Geist deckt. Ich orientiere mich hier an der Umgangssprache und verwende „Psyche“ und „Geist“ als Synonyme.

Siehe: [7half.info/plato](http://7half.info/plato).

*Die äußere Schicht, ein Teil der Großhirnrinde:*

Die vielen Begriffe, die sich um den „Cortex“ drehen, können verwirrend sein. Der *Cortex cerebri* (Großhirnrinde) ist eine Schicht von Neuronen, die in mehreren Lagen die subkortikalen („unter dem Cortex liegenden“) Partien des Gehirns bedecken. Nach landläufiger Meinung ist ein Teil der Großhirnrinde entwicklungsgeschichtlich alt und gehört zum limbischen System (zum Beispiel der *Gyrus cinguli*), während ein anderer Teil entwicklungsgeschichtlich neu ist und daher „Neocortex“ heißt. Diese Unterscheidung ist aus einem Missverständnis im Hinblick auf die Entwicklung der Großhirnrinde entstanden. Dieses Missverständnis ist Thema dieser Lektion.

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

*Die Geschichte vom dreieinigen Gehirn ist einer der erfolgreichsten und verbreitetsten Irrtümer in der Wissenschaft:*

Wissenschaftler vermeiden es gewöhnlich, etwas als „Tatsache“, „wahr“ oder „falsch“ zu bezeichnen. In der wirklichen Welt sind Fakten mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit in einem bestimmten Kontext wahr oder falsch. (Wie Henry Gee in seinem Buch *The Accidental Species – Misunderstandings of Human Evolution* sagt, ist Wissenschaft ein Prozess, bei dem man den Zweifel quantifiziert.) Im Falle des dreieinigen Gehirns aber ist eine absolutere Ausdrucksweise gerechtfertigt. Als MacLean 1990 sein Opus magnum veröffentlichte (*The Triune Brain in Evolution – Role in Paleocerebral Functions*), war schon eindeutig belegt, dass die Vorstellung vom dreieinigen Gehirn falsch war. Dass sie immer noch so populär ist, hat mehr mit Ideologie als mit wissenschaftlicher Forschung zu tun. Wissenschaftler bemühen sich sehr, jede Ideologie zu vermeiden, aber wir sind eben auch nur Menschen und lassen uns mitunter mehr vom Glauben leiten als von der Datenlage. (Siehe dazu Richard Lewontins Buch *Biology as Ideology*.) Fehler sind Teil des normalen Ablaufs in der Wissenschaft. Wenn Wissenschaftler sie bemerken, stoßen sie die Tür zu neuen Entdeckungen weit auf. Mehr dazu finden Sie in Stuart Firesteins Büchern: *Failure – Why Science is So Successful and Ignorance – Die Triebfeder der Wissenschaft*.

Siehe: [7half.info/triune-wrong](http://7half.info/triune-wrong).

*Wenn wir die gleichen Gene in Menschen- und Rattenneuronen finden, dann kann man davon ausgehen, dass unser letzter gemeinsamer Vorfahr ähnliche Neuronen mit diesen Genen besaß:*

Diese Annahme setzt voraus, dass es in den Zellen der verglichenen Tierarten keine großen Veränderungen gab. Gene erzählen nämlich keineswegs die ganze Geschichte, wenn man davon ausgeht, dass zwei Tierarten Gehirnmerkmale aufweisen, die man auf einen gemeinsamen Vorfahren zurückführen könnte, auch wenn diese Merkmale für das bloße Auge unterschiedlich aussehen. Gene können uns auf die falsche Spur führen. Manche Wissenschaftler nutzen auch andere Quellen biologischer Information, um festzustellen, ob zwei Gehirnstrukturen auf den gleichen Ahnherrn zurückgehen, zum Beispiel die Verbindungen zwischen Neuronen. Mehr über diese Fragestellung, die man als „Homologie“ bezeichnet, finden Sie in: Georg Striedter, *Principles of Brain Evolution* sowie Georg Striedter und Glenn Northcutt, *Brains Through Time – A Natural History of Vertebrates*.

Siehe: [7half.info/homology](http://7half.info/homology).

*Wie sich herausstellte, organisieren Gehirne sich neu, wenn sie entwicklungsgeschichtlich größer werden:*

Diese Idee stammt von dem Neurobiologen Georg Striedter. Er verglich Gehirne mit Unternehmen, die sich reorganisieren, um ihre Geschäftstätigkeit auszubauen. Siehe dazu: Georg Striedter, *Principles of Brain Evolution*. Es kann auch passieren, dass Gehirne entwicklungsgeschichtlich an Komplexität verlieren, wenn sie sich weiterentwickeln. Ein Beispiel dafür sind die Manteltiere (Seescheiden).

Siehe: [7half.info/reorg](http://7half.info/reorg).

*Die Aufteilung und die folgende Integration:*

Hier möchte ich Ihnen eine Analogie mitgeben, die meinen Vergleich des primären somatosensorischen Cortex bei Ratten und Menschen weiter erhellt. Der Autor und Küchenchef Thomas Keller erklärt: Wenn Sie mehrere Gemüsesorten zusammen in einem Topf kochen, bekommt das Ganze einen einzigen Geschmack. Keine einzelne Zutat sticht hervor. Aber, so Keller, es gibt einen besseren Weg, um solch ein Gericht zuzubereiten: Garen Sie jedes einzelne Gemüse separat und geben Sie sie erst am Schluss zusammen in den Topf. Dann ist jeder einzelne Löffel eine faszinierende Mischung verschiedenster Geschmacksrichtungen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Gartechniken ist derselbe wie der zwischen dem primären somatosensorischen Cortex bei der Ratte und beim Menschen. Das eine Areal der Ratte ist der Topf, in dem alle Gemüsesorten zusammen gekocht wurden. Die vier Areale beim Menschen sind quasi vier Töpfe mit verschiedenen Zutaten. In der Sprache von Lektion Nr. 2 formuliert heißt das: Die Vier-Topf-Technik verfügt über eine höhere Komplexität.

Siehe: [7half.info/keller](http://7half.info/keller).

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

*(...) dass sich die Neuronen von Reptilien beziehungsweise nicht-menschlichen Säugetieren und jene der Menschen gleichen:*

Damit meine ich, dass die Neuronen die gleiche molekulare Identität besitzen, entweder ein bestimmtes Gen oder eine Gensequenz (also einen Abschnitt der DNS), die die gleiche genetische Aktivität ausführt (das heißt: die gleichen Proteine hervorbringt). Ein bestimmtes Gen produziert nämlich keineswegs in jedem Tier, in dem es vorkommt, die gleichen Proteine. Zwei Tiere können die gleichen Gene haben, aber diese arbeiten vielleicht unterschiedlich oder produzieren verschiedene Strukturen. Selbst im gleichen Tier kann ein Netzwerk von Genen in den verschiedenen Entwicklungsstadien unterschiedliche genetische Aktivitäten ausführen. (Eine ausführlichere Erklärung beziehungsweise entsprechende Beispiele finden Sie in Henry Gees Buch *Across the Bridge*.) Die entscheidende Beobachtung ist hier, dass zwei Geschöpfe Neuronen mit einigen gleichen Genen besitzen können, die in beiden Tieren auf die gleiche Weise funktionieren. Und doch können sie sich unterscheiden im Hinblick auf ihre Organisation, was zu unterschiedlich aussehenden Gehirnen führt.

Siehe: [7half.info/same-neurons](http://7half.info/same-neurons)

*Der gewöhnliche Gehirnbauplan wird bereits kurz nach der Empfängnis angelegt:*

Diese Forschungsarbeiten gehen auf einen Beitrag der Evolutionsneurowissenschaftlerin Barbara Finlay zurück, die hier vom „Translating-Time“-Modell spricht. Finlay entwickelte ein mathematisches Modell, welches das Timing von 271 Schritten in der Entwicklung von Tiergehirnen erfasst, zum Beispiel: wann die Entwicklung von Neuronen beginnt, wann sich Axone ausbilden, wann die Konnektivität etabliert und ausgebaut wird, wann sich die Myelinscheiden um die Axone bilden, wann sich das Gehirnvolumen verändert und erweitert. Finlays Modell berechnet die Anzahl der Tage für diese Entwicklungsschritte bei achtzehn Säugetierarten, die bereits erforscht sind, und bei anderen Tierarten, die im ursprünglichen Modell nicht enthalten waren. Wenn man das vorhergesagte Timing aus ihrem Modell vergleicht mit der realen Entwicklung der Gehirnbildung, dann ergibt sich eine erstaunliche Korrelation von 0,993 (auf einer Skala von -1 bis 1). Das bedeutet, dass der Ablauf dieser Entwicklungsschritte für alle untersuchten Tierarten mehr oder weniger identisch ist, denn sie werden ja alle vom gleichen Modell beschrieben. Außerdem gibt es molekulargenetische Belege für Säugetiere, die zeigen, welche Gene in welchen Zellen zu finden sind – Gene, die sich auch in den Zellen von mit einem Kiefer bewehrten Fischen nachweisen lassen. Einige der Gene lassen sich bis zum Amphioxus zurückverfolgen und vermutlich sogar bis zu seinem gemeinsamen Vorfahren mit dem Menschen. Allein die genetischen Belege lassen also vermuten, dass der gemeinsame Bauplan (oder ein Teil davon) für alle *Gnathostomata* (Kiefermäuler) gleich war.

Siehe: [7half.info/manufacture](http://7half.info/manufacture).

*Das menschliche Gehirn (...) hat keine neuen Teile:*

Als Neurowissenschaftlerin bin ich von den Belegen überzeugt, die Finlays Hypothese eines gemeinsamen Gehirnbauplans unterstützen. Interessierte Leser sollten aber wissen, dass andere Wissenschaftler weiterhin an der Idee festhalten, dass sich einzelne Merkmale des menschlichen Gehirns, zum Beispiel der präfrontale Cortex, stärker entwickelt haben, als es die Vorstellung vom maßstabsgerecht erweiterten Primatengehirn erwarten ließ. Meiner Ansicht nach kommen einige der speziellen Fähigkeiten des menschlichen Gehirns einfach daher, dass wir einen großen Cortex cerebri haben (allerdings nicht größer, als man aufgrund unserer Gesamthirngröße erwarten kann, nur einfach absolut gesehen groß) und dass in bestimmten Arealen der Großhirnrinde die Neuronen extrem stark vernetzt sind, was auch die oberen Schichten des präfrontalen Cortex betrifft. Einige Forscher, darunter auch ich selbst, gehen davon aus, dass es diese Merkmale sind, die den Menschen erlauben, Dingen von ihrer Funktion her zu verstehen und nicht nur von ihrer physischen Form, wie ich in Lektion Nr. 7 und in meinem anderen Buch *Wie Gefühle entstehen – Eine neue Sicht auf unsere Emotionen* ausführen werde.

Siehe: [7half.info/parts](http://7half.info/parts).

*Es gibt kein limbisches System, das für unsere Emotionen verantwortlich ist:*

Obwohl das „limbische System“ ein Mythos ist, hat Ihr Gehirn so etwas wie einen „limbischen Schaltkreis“. Die Neuronen im limbischen Schaltkreis stehen in Verbindung mit den Nuclei im Hirnstamm, die Ihr autonomes Nervensystem steuern, Ihr Immunsystem, Hormonsystem und andere Systeme, deren Sinnesdaten die Interozeption bewirken, die

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin



Repräsentation Ihrer Körperempfindungen im Gehirn. Der limbische Schaltkreis ist keineswegs nur für Emotionen wichtig und umfasst verschiedene Gehirnnareale. Dazu gehören subkortikale Strukturen wie der Hypothalamus und der *Nucleus centralis* der Amygdala; allokortikale Strukturen wie der Hippocampus und der Riechkolben; und Teile der Großhirnrinde wie der *Gyrus cinguli* und der vordere Teil der Insula (Inselrinde).

Siehe: [7half.info/limbic](http://7half.info/limbic).

*Das dreieinige Gehirn (...) ist ein moderner Mythos:*

Das dreieinige Gehirn ist Teil einer Geschichte von Wissenschaftsmythen, die sich manchmal erstaunlich lange halten. Zu Ihrem Amüsement habe ich hier noch ein paar zusammengestellt. Im 18. Jahrhundert glaubten Wissenschaftler ernsthaft, dass Hitze durch ein Fluidum namens „kalorische Substanz“ entsteht und dass eine Verbrennung auf einen imaginären Stoff namens Phlogiston zurückgeht. Die Physiker des 19. Jahrhunderts gingen davon aus, dass das Universum von einer unsichtbaren Substanz namens „Lichtäther“ erfüllt sei, auf der sich die Lichtwellen ausbreiteten. Ihre Medizinerkollegen schrieben Epidemien wie die Pest fauligen Ausdünstungen namens „Miasmen“ zu. Jeder dieser Mythen wurde mehr als hundert Jahre lang oder länger für eine wissenschaftliche Tatsache gehalten, bevor er widerlegt wurde.

Siehe: [7half.info/myths](http://7half.info/myths).

*Wir sind nur eine interessante Tierart:*

Diese Idee habe ich Henry Gees Buch *The Accidental Species – Misunderstandings of Human Evolution* entnommen.

Siehe: [7half.info/interesting](http://7half.info/interesting).

## **Anmerkungen zu Lektion Nr. 2: Ihr Gehirn ist ein Netzwerk**

*Amphioxi oder Lanzettfischchen bevölkerten die Ozeane vor 550 Millionen Jahren:*

Diese urzeitlichen Geschöpfe gibt es heute noch. Sie sind unsere entwicklungsgeschichtlichen Cousins, denn: Menschen sind Wirbeltiere. Wir besitzen ein Rückgrat, das wir Wirbelsäule nennen, und einen Nervenstrang, den wir als Rückenmark bezeichnen. Amphioxi sind keine Wirbeltiere, sie haben aber eine Art Rückenmark, das man als Neuralrohr bezeichnet und das ihren gesamten Körper durchzieht. Amphioxi und Wirbeltiere gehören zu einer größeren Gruppe von Tieren, die man *Chordatiere* oder *Chordata* nennt. Wir haben jedenfalls einen gemeinsamen Vorfahren. (Mehr dazu in Kürze.)

*Ihr Gehirn ist ein Netzwerk:*

Ihr Gehirnnetzwerk besteht aus kleineren „Unternetzwerken“ von miteinander verbundenen Neuronen. Jedes dieser Unternetzwerke ist eine lose Ansammlung von Neuronen, die sich ein- oder ausklinken, je nachdem, wie das Netzwerk funktioniert. Das müssen Sie sich vorstellen wie eine Basketballmannschaft, die aus zwölf bis fünfzehn Spielern besteht, obwohl immer nur fünf auf einmal auf dem Spielfeld sind. Die Spieler kommen ins Spiel oder verlassen es, aber wir sehen die Leute auf dem Spielfeld immer noch als ein Team. Auf die gleiche Weise wird ein Unternetzwerk aufrechterhalten, auch wenn die Neuronen, aus denen es besteht, sich ein- und ausschalten. Diese Variabilität ist ein Beispiel für Degeneration (*degeneracy*), bei der strukturell ungleiche Elemente (wie Gruppen von Neuronen) dieselben Funktionen erfüllen.

Siehe: [7half.info/network](http://7half.info/network).

*Ein Netzwerk von 128 Milliarden Neuronen:*

Mit meiner Zählung der Neuronen, die sich durchschnittlich in einem Menschengehirn finden, liege ich höher als andere Autoren. Üblicherweise lesen Sie hier einen Wert von circa 85 Milliarden Neuronen. Das liegt daran, dass man die Neuronen auf unterschiedliche Weise zählen kann. Gewöhnlich kommen Wissenschaftler auf diesen Wert mithilfe stereologischer Methoden, zu denen Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung zählen. Hierbei wird auf die dreidimensionale Struktur des Gehirns anhand zweidimensionaler Aufnahmen von Gehirngewebe geschlossen.

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

Der Schätzwert von 128 Milliarden stützt sich auf einen Aufsatz von Forschern, die eine stereologische Methode namens optische Fraktionierung verwendet haben. Dabei wurden 19 Milliarden Neuronen im menschlichen Großhirn gezählt, inklusive Großhirnrinde, Hippocampus und Riechkolben. Weitere ungefähr 109 Milliarden Körnerzellen plus circa 28 Millionen Purkinjezellen im Kleinhirn. Die häufiger genannte Zahl von 85 Milliarden stützt sich auf eine andere Zählung: die Isotropenfraktionierung. Diese geht zwar einfacher und schneller, doch dabei fallen systembedingt bestimmte Neuronen aus der Zählung heraus.

Siehe: [7half.info/neurons](http://7half.info/neurons).

*Das Gehirnnetzwerk ist keine Metapher:*

Das Gehirn ist nicht wie ein Netzwerk – es ist tatsächlich eines und funktioniert ähnlich wie andere Netzwerke. Der Begriff „Netzwerk“ ist ein Konzept, kein Sinnbild. Es hilft uns zu verstehen, was das Gehirnnetzwerk ist und tut, indem wir uns auf andere, uns bekannte Netzwerke beziehen.

*Ganz allgemein gesprochen, sieht jedes dieser Neuronen aus wie ein stark verzweigter Baum:*

Das menschliche Gehirn besitzt verschiedene Typen von Neuronen unterschiedlicher Form und Größe. Das Neuron, das ich in dieser Lektion beschreibe, ist eine Pyramidenzelle in der Großhirnrinde.

*Der Einfachheit halber werde ich dieses Netzwerk künftig als die „Verschaltung“ Ihres Gehirns bezeichnen:*

Der einfache Begriff der „Verschaltung“ steht hier für eine spezifische Struktur. Im Allgemeinen besteht ein Neuron aus einem Zellkörper, einigen verästelten Armen, den Dendriten (die aussehen wie eine Baumkrone), und einem langen, schlanken Auswuchs, an dessen Ende sozusagen „Wurzeln“ sitzen. Dieser heißt Axon. Jedes Axon ist sehr viel dünner als ein menschliches Haar und hat an seinen Enden kleine Knöpfchen, die Axonterminale, die mit chemischen Stoffen gefüllt sind. Die Dendriten tragen Rezeptoren für eben diese chemischen Stoffe. Üblicherweise liegen die Axonenden nahe den Dendriten Tausender anderer Neuronen, die sie jedoch nicht berühren. Sie sind durch einen Spalt getrennt, den man Synapsenspalt nennt. Wenn die Dendriten eines Neurons diese Botenstoffe erkennen, „feuert“ das Neuron, indem es ein elektrisches Signal über das Axon aussendet. Die Axonendknöpfchen setzen daraufhin den Neurotransmitter in den Synapsenspalt frei. Dort lagern sie sich an die Rezeptoren auf den Dendriten anderer Neuronen an. (Andere Zellen, die Gliazellen, wirken dabei mit und sorgen dafür, dass es keine chemischen Lecks gibt.) Auf diese Weise erregen oder hemmen die Botenstoffe die empfangenden Neuronen und ändern so die Art, wie diese feuern. Über diesen Prozess kann ein einziges Neuron Tausende anderer Neuronen ansprechen, beziehungsweise Tausende Neuronen schicken einem anderen Neuron eine Botschaft – alles simultan. Das ist das Gehirn in Aktion.

Siehe: [7half.info/wiring](http://7half.info/wiring).

*(...) den „visuellen Cortex“:*

Was heißt es, wenn Sie „sehen“? Ihre bewusste Erfahrung von Dingen in der Welt, zum Beispiel die visuelle Wahrnehmung Ihrer Hand oder Ihres Handys, wird von den Neuronen in Ihrem Okzipitalcortex gesteuert. Doch selbst wenn diese Neuronen beschädigt sind, können Sie sich in der Welt zurechtfinden: Stellen Sie vor einem Menschen, dessen primärer visueller Cortex geschädigt ist, ein Hindernis auf, wird er dieses zwar nicht sehen, aber trotzdem darum herumgehen. Man nennt dies „Rindenblindheit“.

Siehe: [7half.info/blindsight](http://7half.info/blindsight).

*Lässt man Menschen mit einer normalen Sehfähigkeit mehrere Tage lang eine Augenbinde tragen:*

Die Studie an Menschen, denen die Augen verbunden wurden, damit sie Braille lernen konnten, zeigt einmal mehr, dass Neuronen viele verschiedene Funktionen übernehmen können. Störte der Versuchsleiter die Reizweiterleitung im primären visuellen Cortex (V1) mit einer Technik namens transkranielle Magnetstimulation (TMS), dann hatten die Probanden mit Augenbinde auch Probleme, Braille zu lesen. Das Problem verschwand 24 Stunden, nachdem man ihnen die Augenbinde abgenommen hatte und sie über V1 wieder direkten visuellen Input bekamen.

Siehe: [7half.info/blindfold](http://7half.info/blindfold).

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin



*Ein System besitzt einen „höheren“ oder „niedrigeren“ Grad von Komplexität:*

Komplexität heißt nicht, dass wir es phylogenetisch mit einem geregelten Fortschritt von weniger komplexen zu immer komplexeren Formen zu tun haben, wie es die *Scala Naturae* suggeriert, die das menschliche Gehirn als Höhepunkt dieser Entwicklung sieht.

Siehe: [7half.info/complexity](http://7half.info/complexity).

*Wir nennen dies das „Hackbratenhirn“:*

Die Inspiration zu dieser Bezeichnung habe ich Steven Pinkers Buch *Das unbeschriebene Blatt* entnommen. Dort heißt es, dass der Geist „keine homogene Entität mit umfassenden Fähigkeiten oder übergreifenden Merkmalen“ ist. (Frankfurt a. M. 2017, S. 71).

Siehe: [7half.info/meatloaf](http://7half.info/meatloaf).

*(...) daher nennen wir es das „Taschenmesserhirn“:*

Zu dieser Bezeichnung habe ich mich von den Psychologen Leda Cosmides und John Tooby inspirieren lassen, die den menschlichen Geist mit einem Schweizer Armeemesser vergleichen.

Siehe: [7half.info/pocketknife](http://7half.info/pocketknife).

*Ein echtes Taschenmesser mit, sagen wir mal, vierzehn Werkzeugen (...):*

Hier noch ein paar Erklärungen zur mathematischen Seite der Komplexität eines vierzehnteiligen Taschenmessers. In jeder Konfiguration der Werkzeuge, die ich als Muster bezeichne, kann jedes Instrument zwei Zustände einnehmen: benutzt oder nicht benutzt. Vierzehn Werkzeuge mit je zwei Zuständen, das ergibt für das ganze Taschenmesser insgesamt mehr als 16 000 mögliche Muster:

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^{14} = 16\,384$$

Kommt ein fünfzehntes Werkzeug dazu, verdoppelt sich die Anzahl der Muster:

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^{15} = 32\,768$$

Erhält jedes Werkzeug noch eine zusätzliche Funktion, kann es drei verschiedene Zustände einnehmen statt nur zwei: die erste Funktion, die zweite Funktion und als Drittes den Zustand „nicht benutzt“: #

$$3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 3^{14} = 4\,782\,969$$

Werkzeuge mit vier Funktionen würden  $4^{14} = 268\,435\,456$  Muster ergeben. Und so weiter.

*Neuronen sind nicht wirklich miteinander verschaltet:*

Diese Beobachtung geht auf meine Kollegin Dana Brooks im Department of Electrical and Computer Engineering an der Northeastern University zurück.

*Physiker sagen manchmal, dass Licht sich in „Wellen“ fortbewegt:*

Mit dieser Metapher beziehe ich mich nicht auf die Welle-Teilchen-Dualität der Natur von Licht, sondern auf den Mythos vom „Lichtäther“, wie ich ihn in Lektion Nr. 1 in Anmerkung 19 beschrieben habe.

Siehe: [7half.info/wave](http://7half.info/wave).

### **Anmerkungen zu Lektion Nr. 3: Kleine Gehirne verschalten sich mit ihrer Welt**

*(...) dass gerade geborene Tiere häufig viel kompetenter sind als neugeborene Menschen:*

Natürlich sind viele Tiere auch weniger kompetent als ein menschliches Neugeborenes, zum Beispiel die winzigen blinden, kahlen Kügelchen, als welche Ratten, Meerschweinchen und andere Nager zur Welt kommen.

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

„Neurons that fire together, wire together“:

Dieser Ausspruch wird dem Neurowissenschaftler Donald Hebb zugeschrieben. Bekannt ist er unter dem Begriff „Hebbsche Lernregel“. Streng genommen „feuern“ Neuronen natürlich nicht gleichzeitig, sondern nacheinander. Siehe dazu Hebbs Buch *The Organization of Behavior – A Neuropsychological Theory*.

Siehe: [7half.info/hebb](http://7half.info/hebb).

*Aber das Gehirn eines Neugeborenen hat noch keinen solchen Scheinwerfer:*

Die schöne Metapher von der „Lanterne der Aufmerksamkeit“ verdanke ich der Psychologin Alison Gopnik, die sich mit der kindlichen Entwicklung beschäftigt. Siehe ihr Buch *Kleine Philosophen – Was wir von unseren Kindern über Liebe, Wahrheit und den Sinn des Lebens lernen können*.

Neben der gelenkten Aufmerksamkeit sind noch andere Fähigkeiten nötig, um die Laterne der Aufmerksamkeit zu fokussieren. Dazu gehört zum Beispiel, dass das Gehirn die Kopfbewegungen kontrollieren kann, eine Fähigkeit, die sich in den ersten Lebensmonaten entwickelt. Oder die Kontrolle über die Augenmuskeln – die okulomotorische Kontrolle, die sich ebenfalls in den ersten Lebensmonaten stetig verbessert.

Die Wissenschaft diskutiert im Übrigen immer noch, wie viel Aufmerksamkeit ein Kind mitbringt, wenn es auf die Welt kommt, und welche Art von Aufmerksamkeit das ist. Viele Forscher, die sich mit der kindlichen Entwicklung beschäftigen, gehen davon aus, dass Kinder genetisch programmiert sind, bestimmte Merkmale der Welt wahrzunehmen (zum Beispiel, ob etwas lebendig oder tot ist), und dass die anschließende Entwicklung auf diesen Fähigkeiten aufsetzt.

Siehe: [7half.info/lantern](http://7half.info/lantern).

*Jüngere Schätzungen besagen, dass es viel billiger wäre, die Armut zu beseitigen, als deren spätere Folgen:*

Kinderarmut kostet die Gesellschaft nahezu 1 Billion Dollar pro Jahr. Das geht aus einem Bericht der National Academies of Sciences, Engineering and Medicine aus dem Jahr 2019 hervor, der den Titel „A Roadmap to Reducing Child Poverty“ trägt. Kinder aus der Armut zu befreien, so der Bericht, kommt weit billiger als später für die Folgen ihrer Armut aufzukommen. Mein Kollege, der Psychologe Isaiah Pickens, wies daraufhin, dass es nicht einer gewissen Ironie entbehrt, wenn wir Menschen ausgerechnet ab da als verantwortlich für ihr Handeln betrachten, wenn die negativen Auswirkungen von Armut und Leid sichtbar werden.

Siehe: [7half.info/poverty](http://7half.info/poverty).

#### **Anmerkungen zu Lektion Nr. 4: Ihr Gehirn sagt (fast) alles voraus, was Sie tun**

*(...) von einem Mann, der in den 1970er Jahren im Süden Afrikas in der rhodesischen Armee gedient hatte:*

Diese Geschichte ist Teil meines TEDx-Talk von 2018 mit dem Titel „Cultivating Wisdom: The Power of Mood“.

Verfügbar unter: [7half.info/tedx](http://7half.info/tedx).

*Konfrontiert mit diesen vieldeutigen Quäntchen von Sinnesdaten:*

Sinnesdaten sind nicht nur vieldeutig, sie sind auch unvollständig. Viele Informationen über die Welt und den Körper gehen verloren, wenn sie von der Netzhaut, der Hörschnecke und anderen Sinnesorganen verarbeitet und ans Gehirn weitergeleitet werden. Die Wissenschaft diskutiert noch darüber, wie viel tatsächlich verloren geht, aber man ist sich einig, dass die Neuronen weniger Sinnesdaten von Welt und Körper weitergeben, als sie aufnehmen.

Siehe: [7half.info/incomplete](http://7half.info/incomplete).

*Das Gehirn setzt diese Einzelteile zu Erinnerungen zusammen:*

Die Vorstellung, dass Ihr Gehirn frühere Erfahrungen dazu verwendet, um die ankommenden Sinnesdaten mit Sinn zu erfüllen, ähnelt in gewisser Weise der Idee des Immunologen und Neurowissenschaftlers Gerald Edelman, der davon ausgeht, dass Ihre laufende aktuelle Erfahrung die „erinnerte Gegenwart“ ist.

Siehe: [7half.info/present](http://7half.info/present).

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

*Ein paar schwarze Linien und Kleckse:*

Die drei Grafiken stellen Folgendes dar: ein U-Boot, das einen Wasserfall hinunterfährt; eine Spinne, die einen Handstand macht; ein Skispringer, der vor seinem Sprung auf die Menge hinunterblickt.

Die Grafiken stammen aus: *The Ultimate Doodle Compendium – The Absurdly Complete Collection of All the Classic Zany Creations of Roger Price*, 2019 Tallfellow Press. Abdruck mit Genehmigung des Verlags. Tallfellow.com.

*„Anteil des Betrachters“:*

Die Idee, dass der Betrachter zum Kunstwerk seinen Teil beiträgt, stammt von dem Kunsthistoriker Alois Riegl, der von der „Anerkennung des Betrachters“ sprach. Der Kunsttheoretiker Ernst Gombrich nannte dies dann den „Anteil des Betrachters“.

Siehe: [7half.info/art](http://7half.info/art).

*(...) eine sorgfältig durchkonstruierte Halluzination:*

Ich habe die bewusste Wahrnehmung und Erfahrung schon jahrelang als Alltagshalluzination bezeichnet, bevor ich erfahren habe, dass der Philosoph Andy Clark von der bewussten Erfahrung als „kontrollierter Halluzination“ spricht. Siehe dazu sein Buch *Surfing Uncertainty – Prediction, Action, and the Embodied Mind*. Heute gehen auch andere Forscher diesen Weg, vor allem der Neurowissenschaftler Anil Seth in seinem faszinierenden TED-Talk „Your Brain Hallucinates Your Conscious Reality“.

Siehe: [7half.info/hallucination](http://7half.info/hallucination).

*(...) wer ist dann verantwortlich, wenn Sie sich negativ verhalten:*

Mehr dazu in meinem TED-Talk von 2018 mit dem Titel: „You Aren’t at the Mercy of Your Emotions – Your Brain Creates Them“.

Siehe: [7half.info/ted](http://7half.info/ted).

## **Anmerkungen zu Lektion Nr. 5: Ihr Gehirn arbeitet heimlich mit anderen Gehirnen zusammen**

*„Es ist besser, geliebt und verloren zu haben, als nie geliebt zu haben“:*

Dieses Zitat stammt aus dem Gedicht „In Memoriam A.H.H.“ von Alfred Lord Tennyson aus dem Jahre 1849.

*(...) Experimente, die zeigen, welche Macht Worte über das Gehirn haben:*

In meinem Labor wurden Forschungsarbeiten zur Macht der Worte durchgeführt, bei denen sich die Probanden bestimmte Szenarien vorstellten, die man ihnen vorlas, während ihr Gehirn mit bildgebenden Verfahren gescannt wurde. Die Ergebnisse werden in mehreren wissenschaftlichen Aufsätzen vorgestellt.

Siehe: [7half.info/words](http://7half.info/words).

*Weil viele Gehirnareale, die zur Sprachverarbeitung nötig sind, auch das Innenleben Ihres Körpers steuern:*

Die Gehirnregionen, die das „Sprachnetzwerk“ steuern, decken sich weitgehend mit jenen, die für das Default Mode Network (DMN), das „Standardmodus-Netzwerk“, verantwortlich sind. Sie befinden sich vor allem in der linken Gehirnhälfte. Das DMN gehört zu einem größeren Verbund, der die inneren Systeme Ihres Körpers kontrolliert, darunter auch das autonome Nervensystem (das wiederum Ihr Herz-Kreislauf-System, Ihre Atmung und andere Organsysteme steuert), das Immunsystem und das endokrine System (zuständig für Hormone und Stoffwechsel).

Siehe: [7half.info/language-network](http://7half.info/language-network).

*(...) verbale Gewalt:*

Verbale Gewalt hängt, zumindest in ihrer leichteren Form, vom Kontext ab. Nicht jedes Schimpfwort ist verbale Aggression. So nennen Frauen sich gegenseitig manchmal *bitch* (Schlampe) als Zeichen der Freundschaft oder Selbstermächtigung. Außerdem können Worte, die in dem einen Kontext positiv wirken, in einem anderen einen

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

negativen Beiklang erhalten. Wenn Sie zu Ihrem Partner etwas Zärtliches sagen und er darauf antwortet: „Komm her und sag das noch mal“, dann wird Ihr Gehirn vermutlich einen Kuss vorhersagen. Wenn Sie hingegen einen Schläger anfauchen und der sagt: „Komm her und sag das noch mal“, dann wird Ihr Gehirn dies vermutlich als Drohung deuten.

Siehe: [7half.info/aggression](http://7half.info/aggression).

*Chronischer Stress über einen langen Zeitraum kann dem menschlichen Gehirn schaden:*

Studien zeigen, dass chronischer Stress Gehirn und Körper schädigt, ob er nun von körperlicher Misshandlung, sexuellem Missbrauch oder verbaler Aggression herrührt. Wissenschaftliche Resultate wie diese sind überraschend und stoßen auch nicht immer auf bereitwillige Aufnahme, daher ist es sinnvoll, sich die Belege genauer anzusehen, auch wenn wir an dieser Stelle nur wenig Raum dafür haben. Mehr dazu auf: [7half.info/chronic-stress](http://7half.info/chronic-stress).

Erstens führt chronischer Stress dazu, dass manche Regionen des Gehirns regelrecht ausdünnen. Der Stress baut das Gehirngewebe ab (Atrophie), vor allem in jenen Arealen, die für die Körperbuchführung (die Allostase), fürs Lernen und für kognitive Flexibilität zuständig sind.

Woran aber liegt es, dass das gestresste Gehirn Gewebe abbaut? Und wieso steigt dann die Wahrscheinlichkeit, körperlich zu erkranken und früher zu sterben? Hier untersucht die Wissenschaft noch die biologischen Zusammenhänge. Das Problem dabei ist, dass wir die Mikroarchitektur im Gehirn eines lebenden Menschen nicht so minutiös untersuchen können, dass uns dies Aufschluss über die Veränderungen in den betroffenen Arealen geben könnte. Daher studieren Forscher, welche Auswirkungen Stress auf nicht-menschliche Tiere hat, und übertragen die Erkenntnisse, sofern möglich, auf den Menschen. Siehe dazu beispielsweise die Arbeiten des Neuroendokrinologen Bruce McEwen.

Auch chronische verbale Gewalt in der Kindheit hat langfristige Auswirkungen. In einer Studie an 554 jungen Erwachsenen baten die Versuchsleiter ihre Probanden einzuschätzen, in welchem Ausmaß sie als Kinder verbaler Gewalt von Eltern oder Gleichaltrigen ausgesetzt waren. Die Wissenschaftler fanden heraus, dass Menschen, die verbale Gewalt erlitten hatten, auch als Erwachsene über Angst, Depressionen und Wut berichteten. Unglaublicherweise war dieser Zusammenhang stärker als bei Menschen, die unter physischer Gewalt durch ein Familienmitglied gelitten hatten. Und er war vergleichbar stark bei Menschen, die als Kind von einem Außenstehenden sexuell missbraucht worden waren. Diese Resultate lassen vermuten, dass chronische verbale Gewalt in der Kindheit die Anfälligkeit für seelische Störungen im Erwachsenenalter erhöht. Alternativ könnte es natürlich auch sein, dass Menschen, die unter seelischen Störungen leiden, sich eher an Missbrauchserfahrungen verbaler Natur erinnern. Daher wäre es sehr wichtig, zu diesem Thema weitere Studien durchzuführen, um klären zu können, welche der beiden Hypothesen eher zutrifft.

In einer solcher Studien ging es um die biologischen Auswirkungen, die das Aufwachsen in einer chaotischen Familienstruktur mit gehäuft auftretender verbaler Kritik und viel Streit mit sich bringt. Gemessen wurden ein Entzündungsmarker (Interleukin 6) und ein Stoffwechsellmarker (Cortisolresistenz) bei 135 weiblichen Heranwachsenden. Man legte den Teilnehmerinnen während des achtzehn Monate dauernden Versuchszeitraumes viermal einen Fragebogen vor. Die Probandinnen, die über eine schwierige Familienstruktur mit häufig vorkommender verbaler Gewalt berichtet hatten, zeigten im Laufe der Zeit eine stärkere Dysfunktion des Immunsystems und des Stoffwechsels. Bei den Teilnehmerinnen, die durchschnittlich oft durch verbale Gewalt belastet waren, veränderten sich diese Werte nicht. Wer am wenigsten mit verbaler Gewalt konfrontiert war, erwies sich insgesamt als am gesündesten. Andere Studien ergeben ähnliche Resultate. Dauerhafte Gewalterfahrungen zeichnen für die Jugendlichen eine Bahn vor, die von körperlicher und seelischer Erkrankung geprägt ist.

Eine zunehmende Anzahl von Studien zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen andauerndem sozialem Stress, zu dem gewöhnlich auch verbale Gewalterfahrungen gehören, und dem Auftreten von körperlichen und seelischen Störungen. So gibt es beispielsweise eindeutige Belege, dass verbale Gewalt das Immunsystem schädigt, sodass latente Herpesviren aktiviert werden, die Wirkung üblicher Impfstoffe herabgesetzt und die Wundheilung verlangsamt wird. Untersucht wurden keineswegs besonders dünnhäutige Menschen, sondern ein ganz normaler Personenkreis, der sich über das gesamte politische Spektrum verteilte. Außerdem möchte ich noch darauf hinweisen, dass diese Resultate unabhängig davon sind, ob die Probanden laut ihrer Selbsteinschätzung intensiven Stress erleben.

Siehe: [7half.info/chronic-stress](http://7half.info/chronic-stress).

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

(...) die Auswirkungen von Stress auf unser Essverhalten:

Hier geht es um zwei Studien, die den Effekt von Stress auf die Verstoffwechslung unserer Nahrung untersuchen. Beide Studien wurden von der Psychologin Janice K. Kiecolt-Glaser und Kollegen durchgeführt. Bei den gut fünf Kilo pro Jahr gehe ich davon aus, dass Sie täglich vor einer Mahlzeit Stress erfahren: 104 Kalorien mehr an 365 Tagen, geteilt durch 7000 Kalorien pro Kilo. Diese Zahlen referiere ich gerne auf etwas langweiligen Dinnerpartys.

Siehe: [7half.info/eat](https://7half.info/eat).

### Anmerkungen zu Lektion Nr. 6: Gehirne bringen mehr als nur eine Art von Geist hervor

Wenn Menschen von der indonesischen Insel Bali Angst haben, schlafen sie ein:

Dieses Beispiel verdanke ich den Psychologen Batja Mesquita und Nico Frijda. Die beiden zitieren eine ethnologische Studie („Balinese Character“) aus dem Jahr 1942 von Gregory Bateson und Margaret Mead. Die beiden Ethnologen beobachteten, dass Menschen auf Bali häufig einschliefen, wenn sie mit unbekanntem oder erschreckenden Ereignissen konfrontiert waren. Sie interpretierten dies als Vermeidungsstrategie, so ähnlich wie Sie die Augen schließen, wenn in einem Horrorfilm eine extreme Szene kommt. Bateson und Mead schlossen daraus, dass Schlaf in Bali eine sozial anerkannte Reaktion auf Angst ist. Die Balinesen nennen dies *takoet poeles*, übersetzt: „im Schreckensschlaf“.

Siehe: [7half.info/sleep](https://7half.info/sleep).

Thunbergs Geist zählt zum autistischen Spektrum:

Greta Thunberg sagt über sich, dass sie das Asperger-Syndrom hat. Die korrekte Diagnose lautet heute aber: Autismus-Spektrum-Störung (ASS).

Siehe: [7half.info/thunberg](https://7half.info/thunberg).

Hildegard von Bingen:

Hildegard von Bingen glaubte, dass ihre Visionen, die sie „Schatten des Lebendigen Lichts“ nannte, göttliche Anweisungen waren. Über die Jahre dokumentierte sie ihre Visionen in Wort und Bild. Eines allerdings möchte ich klarstellen: Ich diagnostiziere hier bei Hildegard von Bingen keineswegs eine Schizophrenie oder eine andere psychische Störung. Ich möchte nur darauf hinweisen, dass das, was bei dem einen Menschen als mystische Erfahrung gilt, bei einem anderen als Symptom einer Erkrankung betrachtet wird, je nach historischem und kulturellem Kontext. Es gibt eine ganze Reihe von Wissenschaftlern, die bei Hildegard von Bingen verschiedene psychische Störungen festzustellen meinten. Meiner Ansicht nach sollte man hier mit äußerster Vorsicht zu Werke gehen.

Siehe: [7half.info/bingen](https://7half.info/bingen).

Das wäre die Art von Geist, die ein „Hackbratenhirn“ voraussetzen würde/„Taschenmesserhirn“ hervorbringt:

Auf den Geist (und nicht auf das Gehirn) angewandt ist der Unterschied zwischen Taschenmesser- und Hackbratenhirn wohl am leichtesten zu erklären mit der Analogie Nativismus versus Empirismus. Bei dieser seit Jahrtausenden geführten philosophischen Debatte geht es darum, ob Wissen angeboren oder durch Erfahrung erlernt ist. In der Psychologie würde man von *Vermögens-* und von *Assoziationspsychologie* sprechen.

Siehe: [7half.info/nativism](https://7half.info/nativism).

(...) dass diese Vielfalt die Grundvoraussetzung für die natürliche Selektion ist:

In seinem Buch *Über den Ursprung der Arten* schreibt Charles Darwin, dass die Variation zwischen den Individuen einer Art entwicklungsgeschichtlich zu den Voraussetzungen für die natürliche Selektion zählt. Eine Art besteht aus diversen Gruppen von Individuen. Wer sich am besten an eine bestimmte Umgebung anpassen kann, hat eine höhere Wahrscheinlichkeit, zu überleben und seine Gene an seine Nachkommen weiterzugeben (die ihrerseits mit höherer Wahrscheinlichkeit überleben und sich fortpflanzen werden). Darwins Ideen über die Vielfalt, auch bekannt

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

als *Populationsdenken*, sind eine seiner wichtigsten Innovationen, meint der Evolutionsbiologe Ernst Mayr. Siehe dazu Mayrs Buch *Konzepte der Biologie*. Ausführlicher behandelt er das Thema in *Eine neue Philosophie der Biologie*.

Siehe: [7half.info/variation](http://7half.info/variation).

*Myers-Briggs-Typenindikator, kurz: MBTI:*

Der MBTI und andere Persönlichkeitstests haben die gleiche wissenschaftliche Aussagekraft wie Horoskope. Über die Jahre hinweg ist eindeutig belegt, dass der MBTI seinen eigenen Ansprüchen nicht gerecht wird und die berufliche Leistung nicht korrekt vorhersagt. Nichtsdestotrotz bringen diese Persönlichkeitstests immer noch an sich kluge Manager dazu, Entscheidungen zu treffen, die weder den Angestellten noch dem Unternehmen guttun. Warum aber wirken die Testresultate so stimmig, wenn man sie in Händen hält? Weil der Test danach fragt, was Sie über sich selbst glauben. Die Ergebnisse fassen Ihre Überzeugungen zusammen und spiegeln sie Ihnen zurück, und siehe da: Ja, das stimmt wirklich! Unterm Strich kann man sagen: Sie können Verhalten nicht untersuchen, indem Sie Menschen nach ihrer Meinung über ihr Verhalten fragen. Sie müssen dieses Verhalten schon in je unterschiedlichem Kontext beobachten. (Außerdem kann ein Mensch in dem einen Kontext ehrlich sein, während er im anderen Kontext nicht die Wahrheit sagt. In dem einen Kontext zeigt ein Mensch sich introvertiert, im anderen extrovertiert. Und so weiter, und so fort.

Siehe: [7half.info/mbti](http://7half.info/mbti).

*Affekte können angenehm oder unangenehm sein und von innerer Ruhe bis zu heftiger Erregung reichen:*

Affekte lassen sich durch eine Kreisstruktur namens Circumplex darstellen, wie sie Sie auf Seite xxx sehen. Sie wurde von dem Psychologen James A. Russell erstmals vorgestellt. Der Circumplex stellt Beziehungen dar, indem die einzelnen Elemente in einen Kreis eingetragen werden. In diesem Fall geht es um die Beziehungen zwischen den Affekten. Circumplex heißt übrigens „kreisförmige Anordnung von Komplexität“. Die fraglichen Emotionen werden also immer durch mindestens zwei grundlegende psychologische Aspekte dargestellt. Der Kreis zeigt auf, wie ähnlich bestimmte Gefühle einander sind. Die beiden Dimensionen beschreiben die Eigenschaften der Ähnlichkeit.

Siehe: [7half.info/circumplex](http://7half.info/circumplex).

*(...) eine App oder eine Smartwatch, die unser Körperbudget ganz präzise reguliert:*

Diese Analogie taucht ebenfalls in meinem TEDx-Talk „Cultivating Wisdom: The Power of Mood“ auf. Verfügbar unter: [7half.info/tedx2](http://7half.info/tedx2).

## **Anmerkungen zu Lektion Nr. 7: Ihr Gehirn kann Wirklichkeit erschaffen**

*Die Grenze zwischen sozialer und materieller Wirklichkeit ist durchlässig:*

Die Durchlässigkeit dieser Grenze zeigt sich sehr schön in Experimenten mit dem Geschmack von Genussmitteln wie Wein oder Kaffee. Ein gravierenderes Beispiel findet sich in Lektion Nr. 3, wo es um den Teufelskreis der Armut geht. Die Haltung der Gesellschaft gegenüber armen Menschen ist eine soziale Realität und beeinflusst insofern die physische Realität der Gehirnentwicklung. Diese wiederum erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass junge Gehirne sich so entwickeln, dass ihnen ein Leben in Armut auch als Erwachsene garantiert ist.

Siehe: [7half.info/porous](http://7half.info/porous).

*(...) mit einer Reihe von Fähigkeiten zusammenhängt, die ich die Fünf Ks nenne:*

Den Begriff der „Five C’s“ beziehungsweise „Fünf Ks“ habe ich selbst geprägt. Es geht hier um Charakteristika, die sich gemeinsam entwickeln und wechselseitig verstärken. Sie ermöglichen es dem Menschen, in großem Maßstab eine soziale Realität zu erschaffen. Vier dieser Fünf Ks (Kreativität, Kommunikation, Kopieren und Kooperation) entstammen den Forschungsarbeiten des Evolutionsbiologen Kevin Laland. Ich beziehe mich dabei auf sein Buch *Darwin’s Unfinished Symphony – How Culture Made the Human Mind*. Laland diskutiert zwar nicht die Rolle der sozialen Realität für die menschliche Entwicklung, aber er schreibt über das verwandte Konzept der kulturellen Evolution.

Siehe: [7half.info/5C](http://7half.info/5C).

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin



### Entdecker des 19. Jahrhunderts:

Das Beispiel jener Entdecker, die mit der indigenen Bevölkerung zusammengearbeitet haben, stammt von dem Ethnologen Joseph Henrich und seinem Buch *The Secret of Our Success – How Culture Is Driving Human Evolution, Domesticating Our Species, and Making Us Smarter*.

Siehe: [7half.info/explore](http://7half.info/explore).

### Sie brauchen auch das fünfte K, die Komprimierung:

Komprimierung tritt in vielen Gehirnarealen auf. Hier geht es um die Komprimierungsvorgänge in der Großhirnrinde, vor allem in Schicht 2 und 3. Das menschliche Gehirn hat diese kritischen Schichten massiv getunt, was die Komprimierung verstärkt.

Ein großes, komplexes Gehirn mit der Fähigkeit zur Komprimierung reicht vielleicht nicht aus, um verschiedene Elemente sozialer Realität zu einer kohärenten Zivilisation zu verbinden. Es müssen auch bestimmte Voraussetzungen hinsichtlich unseres Stoffwechsels erfüllt sein, sprich, es braucht eine landwirtschaftliche Produktion, damit wir genug Energie zu unserer Verfügung haben, um ein menschliches Gehirn mit seiner getunten Verschaltung zu erhalten. Wenn Sie mehr darüber wissen wollen, empfehle ich Ihnen Kevin Lalands Buch *Darwin's Unfinished Symphony* und das Buch des Evolutionsbiologen Richard Wrangham *Feuer fangen – Wie uns das Kochen zu Menschen machte*.

Siehe: [7half.info/metabolic](http://7half.info/metabolic).

### (...) die Daten von Augen, Ohren und anderen Sinnesorganen liefern:

Sinnesdaten werden von verschiedenen Sinnesorganen Ihres Körpers gesammelt, von den Augen, Ohren, der Nase und so weiter, und dann in neuronale Signale übersetzt, die das Gehirn lesen kann. Sinnesdaten durchlaufen auf ihrem Weg zum Gehirn üblicherweise mehrere Stationen. Beim Sehen beispielsweise wandeln Fotorezeptoren – das sind Zellen in Ihrer Netzhaut (der dünnen Schicht an der Innenseite Ihrer Augenhaut) – die Lichtenergie in ein neuronales Signal um. Diese neuronalen Signale durchlaufen ein Bündel von Nervenfasern, das wir „Sehnerv“ nennen. Ein Großteil dieser Sehnervfasern mündet in einer Gruppe von Neuronen, die man „seitlichen Kniehöcker“ nennt, welcher in einer Gehirnstruktur namens Thalamus liegt. Dessen Hauptaufgabe ist es, Sinnesdaten vom Körper und aus der Umwelt an die Großhirnrinde weiterzureichen. Vom seitlichen Kniehöcker des Thalamus wandern die neuronalen Signale weiter in den Okzipitalcortex an der Rückseite des Gehirns, den wir auch „primären visuellen Cortex“ nennen. Eine kleine Anzahl von Neuronen aber geht vom Sehnerv ab und dringt in andere Teile des Subcortex vor, zum Beispiel den Hypothalamus, eine subkortikale Gehirnstruktur, die die inneren Systeme des Körpers reguliert. Der Großteil der Sinne funktioniert ebenfalls auf diese Weise, vom Geruchssinn (olfaktorisches System) einmal abgesehen. Die Zellen, die chemische Signale aus der Luft in neuronale Signale umwandeln, finden sich im Riechkolben. Sie schicken die so gesammelten Informationen direkt an die Großhirnrinde, wobei der Thalamus umgangen wird. Die neuronalen Signale werden dann an einen Part der Insula oder Inselrinde weitergeleitet, den man auch „primären olfaktorischen Cortex“ (oder „piriformen Cortex“) nennt.

Siehe: [7half.info/sense-data](http://7half.info/sense-data).

### Komprimierung ist eine unabdingbare Voraussetzung für das abstrakte Denken:

Die Wissenschaft arbeitet immer noch daran, detailliert nachzuzeichnen, wie das Gehirn Information komprimiert und dies unsere Abstraktionsfähigkeit ermöglicht. Es gibt eine lange und leidenschaftlich geführte Diskussion darüber, wie viel Sinnes- und motorische Information in hochkomprimierten Abstraktionen noch enthalten ist. Manche Wissenschaftler gehen davon aus, dass Abstraktionen *multimodal* sind, das heißt, dass sie Informationen von allen Sinnen enthalten. Andere halten Abstraktionen für *amodal*, was hieße, dass sie gar keine Sinnesdaten aufweisen. Meiner Ansicht nach gibt es tragfähigere Belege für die Hypothese der Multimodalität. So kommen zum Beispiel die am stärksten komprimierten Zusammenfassungen in Bereichen der Großhirnrinde vor, die Neurologen und Neuroanatomen *heteromodal* nennen, weil sie Informationen von verschiedenen Sinnesorganen und motorische Informationen umfassen. Vermutlich kann das Gehirn Abstraktion auch auf anderen Wegen als der Komprimierung

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin

mierung erreichen. Andere Tiere ohne großes Gehirn (zum Beispiel Hunde) oder ohne Großhirnrinde (zum Beispiel Bienen) sind ebenfalls fähig, zwei Dinge aufgrund ihrer Funktion als gleich zu erkennen – was heißt, dass sie in gewissem Maße zur Abstraktion fähig sind.

Siehe: [7half.info/abstract](http://7half.info/abstract).

#### Beim Menschen aber verflechten und verstärken sich die Fünf Ks gegenseitig:

Auch diese Vorstellung und ihre Bedeutung für die menschliche Evolution ist Gegenstand einer fortgesetzten wissenschaftlichen Debatte. Eine Sicht, die man als „synthetische Evolutionstheorie“ oder „moderne Synthese“ bezeichnet, kombiniert die Wissenschaft von den Genen (beginnend mit Mendels Genetik) mit Darwins Theorie der natürlichen Selektion und nimmt an, dass Gene der einzig stabile Weg sind, um Information von einer Generation an die nächste weiterzugeben. Ein Beispiel wäre hier die Hypothese vom egoistischen Gen, die der Evolutionsbiologe Richard Dawkins aufgestellt hat. Eine andere Sicht, die Erweiterte Synthese der Evolutionstheorie, setzt auf die Fünf Ks und auf Resultate, die zeigen, dass auch andere Formen des Informationstransfers über Generationengrenzen hinweg stabil sein können (zum Beispiel Sinnesdaten aus der visuellen Umgebung, die das Gehirn während seiner Entwicklung beeinflussen, oder die kulturelle Übermittlung von Information). Die Erweiterte Synthese der Evolutionstheorie berücksichtigt neurowissenschaftliche Daten aus der Evolution und der Entwicklung („Evo-Devo“, von englisch: *evolutionary* und *developmental*) und geht davon aus, dass es auch andere Wege der Übermittlung gibt, etwa Epigenetik, die Konstruktion von Nischen sowie kulturelle Evolution und die Co-Evolution von Genen und Kultur. Beispiele hierfür sind die Arbeiten von Barbara Finlay und Kevin Laland. Diese Diskussion ist so umfassend, dass sie in den Lektionen dieses Buches nur ansatzweise dargestellt werden kann. Eine (englischsprachige) Leseliste finden Sie auf: [7half.info/synthesis](http://7half.info/synthesis).

#### denn damit würde man dem Stock eine Funktion zuweisen, die über seine materielle Dimension hinausgeht:

Schimpanzen und viele andere nicht-menschliche Tiere haben zwar Dominanzhierarchien, aber diese werden durch die soziale Realität weder vorgegeben noch aufrechterhalten. Wenn jeder Schimpanse einer Gruppe sich damit einverstanden erklärt, dass einer das Alphamännchen ist, dann liegt das daran, dass dieses Alphamännchen jeden Herausforderer töten kann. Das Töten ist eine physische Realität. Viele der heutigen menschlichen Führer bleiben an der Macht, ohne dass sie ihre Gegner töten.

Siehe: [7half.info/sticks](http://7half.info/sticks).

#### „Wir schaffen keine Fantasiewelt, um der Wirklichkeit zu entfliehen. Wir schaffen sie, damit wir in ihr bleiben können“:

Das Zitat stammt aus Lynda Barrys Buch *What It Is*.

Siehe: [7half.info/barry](http://7half.info/barry).

#### (...) körperliche Merkmale wie die Hautfarbe:

Die Hautpigmentierung hat sich in Abhängigkeit von der Menge ultravioletten Lichts in der Umgebung entwickelt. Menschen mit helleren Hauttönen kommen besser mit wenig UV-Licht zurecht und produzieren mehr Vitamin D, das nötig ist fürs Knochenwachstum, für die Knochenstärke und ein gesundes Immunsystem. Menschen mit dunklerer Haut sind besser an eine Umwelt mit mehr UV-Licht angepasst, denn die dunklere Hautpigmentierung verlangsamt den Abbau von Vitamin B9, auch Folsäure genannt. Dieses Vitamin ist wichtig für das Zellwachstum und den Stoffwechsel. Vor allem in den ersten Schwangerschaftsmonaten ist Folsäure wichtig. (Das Sonnenlicht baut Folsäure ab.) Die Intensität der UV-Strahlung hängt davon ab, wie nahe Sie am Äquator leben. Wie viel UV-Licht tatsächlich Ihre Haut durchdringt, hat mit der Hautfarbe zu tun. Mehr darüber finden Sie in dem Buch *Living Color – The Biological and Social Meaning of Skin Color* der Anthropologin Nina Jablonski.

Siehe: [7half.info/skin](http://7half.info/skin).

Dieses Digital-Booklet gehört zum Hörbuch *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Die Anmerkungen sind der Buchausgabe entnommen: *Siebeneinhalb Lektionen über das Gehirn* von Lisa Feldman Barrett. Copyright © 2023 by Rowohlt Verlag GmbH, Hamburg. © 2023 Argon Verlag AVE GmbH, Berlin