

A.3.1

ALLGEMEINE PSYCHOLOGIE

Oktober 2025

MMag.^a Elisabeth Bruckmoser

MMag.^a Birgit Peham

Folien, Skriptum, Prüfungsmodalität finden Sie auch unter
<https://padlet.com/birgitpeham/AP1>
(Achtung! Dieser Link ist nur begrenzte Zeit verfügbar)

Inhaltsverzeichnis

Was ist ‚Allgemeine Psychologie‘?	3
Verortung der Allgemeinen Psychologie innerhalb der Psychologie	3
Allgemeine Psychologie und angrenzende wissenschaftliche Disziplinen	4
Aktuelle Herausforderungen für die Allgemeine Psychologie	5
Das Gehirn – die Nervenzelle	7
Aufbau eines Neurons	7
Synapse.....	8
Ruhepotential von Neuronen.....	10
Veränderung des elektrischen Potentials	10
Aktionspotential	12
Das Gehirn – Funktionsprinzipien.....	13
Allostase - Gleichgewichtszustände als Regulationsprinzip	13
Plastizität – Anpassungs- und Lernfähigkeit des Gehirns.....	15
Netzwerke – Dynamische Verbände als Organisationsprinzip.....	16
Konstruktion – das Gehirn als Realitätsmaschine	17
Predictive Processing.....	18
Simulation – das Gehirn als Vorhersagemaschine	20
Simulation auf der Basis von Konzepten	23
Das Gehirn – weiterführende Aspekte.....	26
Zur Biologie des Verhaltens.....	26
Sensible Perioden	28
Psychische Störungen neu betrachten	30
Was sind Emotionen?	32
Diagnostische Elemente von Emotion.....	32
Abgrenzung	33
Welche Arten von Emotionstheorien gibt es?	34
Motivations-Tradition: Reflexivistische Ansätze	35
Charles Darwins Emotionstheorie	35
Paul Ekman's Theorie der Basisemotionen	37
Evaluative Tradition: Kausale Ansätze	38
Klaus Scherers Komponenten-Prozess-Modell	38
Gefühls-Tradition: Konstruktivistische Ansätze.....	40
James-Lange-Theorie.....	40
The Theory of Constructed Emotion – Lisa Feldman Barrett.....	41
Verbindungen zu Themen der Psychotherapie	45
Emotionskonzepte lernen – Individuelle Ebene.....	45
Emotionskonzepte lernen – Kulturelle Ebene.....	46
Neue psychopathologische Konzepte	47
Anhang	50

Worksheet Allostase	51
Worksheet Konstruktion.....	56
Worksheet Wahrnehmen als Schlussfolgern.....	59
Konstruktion in der Psychotherapie – Fallbeispiel.....	62
Gehirn als Vorhersagemaschine – Zitate.....	63
Prädiktive Hierarchien – Metapher	65
Babybeobachtung „Mutter und Baby in Harmonie“	68
Literaturverzeichnis.....	69

Was ist ‚Allgemeine Psychologie‘?

Verortung der Allgemeinen Psychologie innerhalb der Psychologie

Die *Allgemeine Psychologie* ist eine Teildisziplin der Psychologie. *Psychologie* ist die Wissenschaft vom menschlichen Erleben und Verhalten. Sie kann in Grundlagen-, Anwendungs- und Methodikfächer unterteilt werden. Die Allgemeine Psychologie zählt zu den Grundlagenfächern.

Die Allgemeine Psychologie versteht sich als „*universalistische psychologische Funktionslehre*“ (Prinz et al 2017).



Abbildung 1: Allgemeine Psychologie – Verortung und Themenbereiche

Sie untersucht demnach, nach welchen allgemein gültigen („universellen“) Mechanismen Erleben und Verhalten „funktionieren“. Neben „Universalismus“ und „Funktionalismus“ werden „experimentelle Methoden“ teilweise als drittes Erkennungs- oder Distinktionsmerkmal der Allgemeinen Psychologie genannt (Bermeitinger et al. 2016).

Mit diesem methodischen Schwerpunkt verortet sich die Allgemeine Psychologie als naturwissenschaftliche Disziplin. Sie versucht schwerpunktmäßig, unter kontrollierten (Labor)-Bedingungen interessierende Merkmale zu modifizieren und diese Veränderungen quantitativ zu erfassen. Als Teilgebiete der Allgemeinen Psychologie werden gemeinhin genannt:

- Wahrnehmung
- Aufmerksamkeit
- Bewusstsein
- Emotion
- Motivation
- Handeln
- Denken
- Gedächtnis
- Lernen

Zwei der englischen Bezeichnungen für Allgemeine Psychologie – „Experimental Psychology“ und „Cognitive Psychology“ (Bermeitinger et al 2016, 1)– heben die naturwissenschaftliche Ausrichtung bzw. die Beschäftigung mit kognitiven Phänomenen (mentalenen Prozessen) hervor. „General Psychology“ wäre ein weiterer englischer Begriff für Allgemeine Psychologie.

Indem sie nach Gesetzmäßigkeiten sucht, die für alle Menschen gleichermaßen gelten, grenzt sie sich ab von Disziplinen, die individuelle Unterschiede in den Fokus rücken (zB Differentielle Psychologie/ Persönlichkeitspsychologie).

Indem sie nach dem WIE (Form) von Erleben und Verhalten sucht, grenzt sie sich ab von Disziplinen, die das WAS (Inhalt) in den Fokus rücken (zB Teilbereiche der Klinischen Psychologie). Dies zieht nach sich, dass „die Gegenstände der Forschung nicht offen zutage liegen. Sie liegen nicht in den beobachtbaren Inhalten des Erlebens und Verhaltens, sondern in den verborgenen Vorgängen, die diese beobachtbaren Inhalte erzeugen“ (Prinz et al 2017, 5).

Indem sie experimentelle Methoden anwendet, grenzt sie sich ab von beispielsweise geisteswissenschaftlichen Herangehensweisen. Dies wird aber auch kritisch hinterfragt (s.u.).

Allgemeine Psychologie und angrenzende wissenschaftliche Disziplinen

Da sich die Allgemeine Psychologie mit grundlegenden Prozessen und Funktionen des Menschen beschäftigt, hat sie naturgemäß viele Überschneidungsbereiche mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen sowie anderen psychologischen Forschungsbereichen. Einige davon seien beispielhaft angeführt:

Neurowissenschaften – Ansätze, die sich mit Aufbau und Funktionsweise von Nervensystemen befassen – spielen in der Allgemeinen Psychologie eine große Rolle. Um Wahrnehmungs-, Gedächtnis-, Bewusstseins-,...-prozesse erforschen und erklären zu können, werden Mechanismen auf der Ebene von Nervenzellen, Hirnstrukturen oder neurochemischen Vorgängen untersucht. Dabei kommen bildgebende Verfahren und Computermodelle zum Einsatz.

Wenngleich der Fokus der Allgemeinen Psychologie auf naturwissenschaftlicher Forschung liegt, tangiert sie auch *philosophische Teilgebiete*, wie die Philosophie des Geistes oder die Erkenntnistheorie. Die Philosophie des Geistes erkundet zentral das Verhältnis von Körper und Geist und hat dazu eine Vielzahl an Theorien entwickelt.

Die *Biologische Anthropologie* beschäftigt sich mit der evolutionären Gewordenheit von Organismen. Auch in die Allgemeine Psychologie fließen derartige Überlegungen ein, wenn beispielsweise die Frage auftaucht, warum beim Menschen Bewusstsein entstanden ist – nicht jedoch bei anderen Lebewesen. Oder welchen Selektionsvorteil die Entstehung von Emotionen oder der Ausdruck von Emotionen gehabt haben könnte.

Mit der *Entwicklungspsychologie* teilt die Allgemeine Psychologie das Interesse, wie sich Phänomene wie Emotionen oder Lernen über die Lebensspanne verändern.

Aktuelle Herausforderungen für die Allgemeine Psychologie

Abgrenzbarkeit: Die Distinktionsmerkmale des Universalismus, des Funktionalismus und der experimentellen Methoden bilden keine klare Grenzsteine zu anderen Disziplinen. Darüber hinaus sind sie innerhalb der Disziplin nicht unhinterfragt. Was in Einführungswerken als einheitliche Definition und Leitprinzipien der Allgemeinen Psychologie präsentiert wird, steht einer „Pluralität an theoretischen und methodischen Zugängen“ gegenüber bzw. einem Wunsch nach größerer Perspektivenvielfalt (Dege und Sichler 2018, 3).

Druck zur Anwendbarkeit: Gesellschaftlich gibt es einen Trend zur Anwendungsorientierung im Bereich der Wissenschaften. Grundlagenfächer und -forschung geraten dadurch unter Druck. Dies betrifft auch die Allgemeine Psychologie (Bermeitinger et al 2016).

Hyperspezialisierung und Fragmentierung: Jeder Teilbereich der (Allgemeinen) Psychologie wird hochdifferenziert und mit teils massivem Publikationsoutput erforscht (Dege und Sichler 2018). Diese „Hyperspezialisierung“ und „Fragmentierung“ (Pickren and Teo, 2020), die u.a. einer zunehmend Ökonomisierung des Wissenschaftsbetriebs zuzurechnen ist, geht zulasten eines Blicks, der gewissermaßen aus diesen Detailfragen „auszoomt“, übergreifende Theorien entwickelt, Begriffe klärt bzw. human- oder geisteswissenschaftlicher Perspektiven stärker integriert (ebd.).

Allgemeine Psychologie und Neurowissenschaften: Die Teilgebiete der Allgemeinen Psychologie sind an der Schnittstelle Körper-Geist angesiedelt. Prozesse wie Bewusstsein, Wahrnehmen, Denken, Fühlen, Handeln... sind einerseits an körperliches Substrat wie die Sinnesorgane, das Nervensystem oder auch den motorischen Apparat gekoppelt. Andererseits werden sie subjektiv erlebt und verweisen damit auf die Psyche oder den Geist, welcher vielerorts als das Materielle transzendierend erachtet wird/wurde. Die Debatte, wie das Verhältnis Körper-Geist zu denken und welche Methoden zur Erforschung psychischer Phänomene zulässig – und somit welche wissenschaftlichen Disziplinen inwieweit „zuständig“ - sind, wird weiterhin leidenschaftlich geführt. Roth et al lehnen sich als Hirnforscher:innen entspannt zurück:

Das Seelische ist aus heutiger Sicht unabdingbar an Gehirnvorgänge gebunden. Es unterliegt den Naturgesetzen (etwa den Erhaltungssätzen) und wird von Prozessen beeinflusst, die mit Mitteln der Naturwissenschaften untersucht und erklärt werden können. Ob mit diesen Erkenntnissen das Gehirn-Geist-Problem gelöst, einer Lösung entscheidend nähergebracht oder überhaupt nicht berührt wurde, ist nach wie vor heftig diskutierte Frage. (Roth et al 2020, 13)

In einem Positionspapier zur „Lage der Allgemeinen Psychologie“ im Jahr 2016, verfasst von Allgemeinen Psycholog:innen, klingt dies etwas alarmierter:

Man muss daher gelegentlich in Erinnerung rufen, dass Forschungsvorhaben, die sich allein auf kognitive oder andere mentale Prozesse beziehen, genauso berechtigt, förderungswürdig und hilfreich sind wie solche, die die neuronale Realisierung dieser Prozesse untersuchen. (Bermeitinger et al. 2016, 2)

„Allgemeine Psychologie“ in der Krise? Die Forschungsergebnisse aus dem Bereich der Allgemeinen Psychologie, werden letztlich nicht unbedingt der „Allgemeinen Psychologie“ zugeordnet. Im deutschsprachigen Raum existiert aktuell (Jänner 24) keine eigene regelmäßig verlegte Fachzeitschrift, die die Allgemeine Psychologie im Titel hätte – wobei es zahlreiche Fachzeitschriften gibt, die sich den Themen der Allgemeinen Psychologie zuordnen lassen (s.u.). Die „Allgemeine Psychologie“ wird

mancherorts reduziert zum Titel von Lehrbüchern oder Lehrveranstaltungen der Studieneingangsphase (oder psychotherapeutischer Propädeutika), um Studierenden einen Einblick über elementare Phänomene wie Aufmerksamkeit, Bewusstsein oder Emotionen zu geben (Lück u. Rothe 2018).

➔ Zum Vertiefen

🔒 *Journal für Psychologie Jg. 26 Nr.1 – Allgemeine Psychologie revisited*



„Das Themenheft 1/2018 des Journals für Psychologie möchte dazu beitragen, den theoretischen bzw. metatheoretischen Diskurs der Allgemeinen Psychologie wiederzubeleben“ (ebd.)

<https://journal-fuer-psychologie.de/issue/view/62>

🔒 *Wichtige Zeitschriften für das Feld der Allgemeinen Psychologie*



Die *Fachgruppe Allgemeine Psychologie* der Deutschen Gesellschaft für Psychologie (DGPs) hat eine (unvollständige) Liste wichtiger Fachzeitschriften als pdf online gestellt.

https://www.dgps.de/fileadmin/user_upload/Fachgruppen/Allgemeine_Psychologie/PDF/Zeitschriften_Allgemeine_Psychologie.pdf

Das Gehirn – die Nervenzelle

Da die Phänomene, mit denen sich die Allgemeine Psychologie beschäftigt, eng geknüpft sind an Vorgänge im Gehirn, werden wir uns im Folgenden zwei Schwerpunkten zuwenden:

- der *Nervenzelle* (Neuron) und der Signalübertragung von Nervenzelle zu Nervenzelle
- den *grundlegenden Funktionsprinzipien des Gehirns*, wie in aktuellen neurowissenschaftlichen Ansätzen vertreten

Die folgenden Ausführungen zur Nervenzelle basieren – wenn nicht anders angegeben – auf den Kapiteln *Neurophysiologie* (von Engelhardt, 2020) im Buch Psychoneurowissenschaften und *Die Anatomie des Nervensystems* sowie *Nervenleitung und synaptische Übertragung* (Pinel et al. 2019) im Buch Biopsychologie.

Aufbau eines Neurons

Neurone (Nervenzellen) sind jene Zellen im Nervensystem, die für die Signalübertragung zuständig sind.

Der Aufbau einer Nervenzelle ist in Abbildung 2 vereinfacht dargestellt: Im *Zellkörper* (Soma) befindet sich der Zellkern (Nucleus), der – so wie in allen Körperzellen – die Chromosomen und mit ihnen die DNA (Genmaterial) beinhaltet. Ebenfalls im Zellkörper – hier nicht abgebildet – befinden sich *Zellorganellen*, also kleine „Organe“ der Zelle mit jeweils speziellen Funktionen. Am Neuron sind zwei Arten von Zellfortsätzen beobachtbar:

- *Dendrite* sind Zellfortsätze am Zellkörper, die Signale *zum* Zellkörper leiten. Da Dendrite oft vielzählig und verästelt sind, wird auch vom „Dendritenbaum“ gesprochen.
- Das *Axon* ist ein Zellfortsatz, der Signale *weg* vom Zellkörper leitet. Am Ende des Axons befinden sich die *synaptischen Endknöpfchen*.

Oligodendrozyten gehören zu den *Gliazellen*, einem zweiten Zelltyp (neben Neuronen), der sich im Nervengewebe findet. Oligodendrozyten haben Fortsätze, mit denen sie Axone von Neuronen des Zentralen Nervensystems umhüllen. Sie bilden eine Art fetthaltiger „Isolierung“, *Myelinscheide* genannt, die jedoch immer wieder unterbrochen ist (*Ranvierscher Schnürring*).

Nervenzellen und Gliazellen bilden zusammen das *Nervensystem* und durchziehen den gesamten Körper. Als *Zentrales Nervensystem* (ZNS) werden Gehirn und Rückenmark bezeichnet.

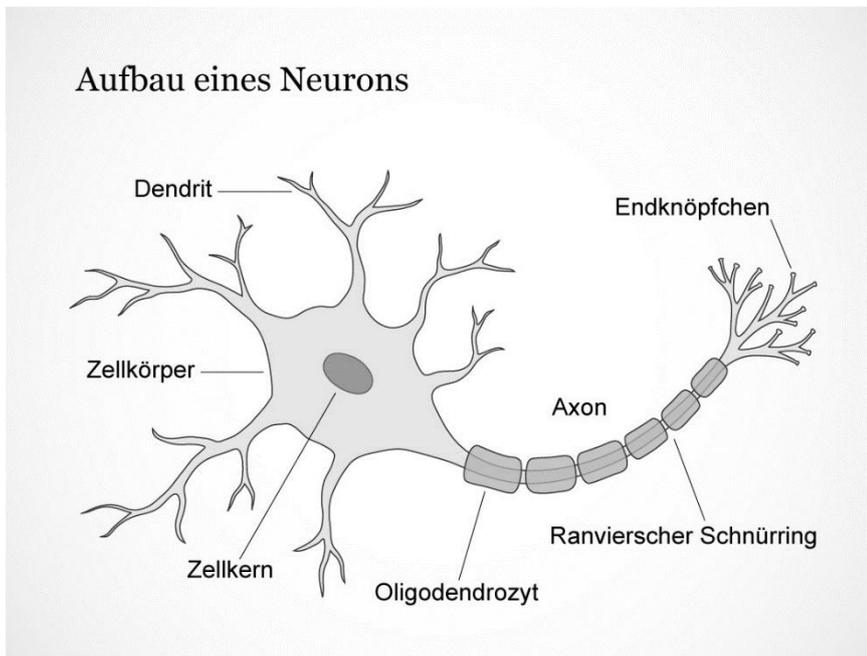


Abbildung 2: Aufbau eines Neurons
© dasgehirn.info

Synapse

Als *Synapse* wird jene Stelle bezeichnet, an der zwei Neurone in Kontakt treten und miteinander kommunizieren (siehe Abbildung 3).

Im Folgenden wird der Aufbau einer chemischen Synapse beschrieben, also einer Synapse, die durch einen chemischen Botenstoff (*Neurotransmitter*) gesteuert wird. Sie besteht aus

- dem *synaptischen Spalt*; die beiden Nervenzellen sind somit nicht in direktem Kontakt, sondern prä- und postsynaptische Region trennt ein kleiner flüssigkeitsgefüllter Zwischenraum; „vor“ dem Spalt ist die sendende Zelle, „nach“ dem Spalt die empfangende Zelle
- dem *synaptischen Endknöpfchen* am Ende des Axons der „sendenden“ Nervenzelle (s.o.); das Endknöpfchen bildet zugleich die präsynaptische Endigung
- der *postsynaptischen Region* an der Membran einer weiteren, „empfangenden“ Nervenzelle; die postsynaptische Region kann am Zellkörper, an einem Dendriten, am Axon oder direkt an einem weiteren Endknöpfchen der empfangenden Zelle liegen; an der postsynaptischen Region befinden sich *Rezeptoren*

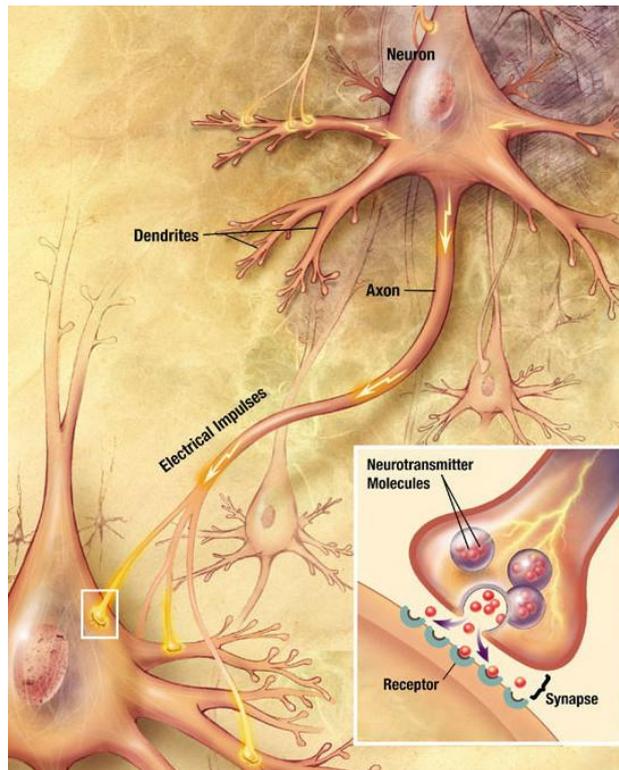


Abbildung 3: Vereinfachte Darstellung einer Synapse
 ©nia.nih.gov via Wikimedia commons

Wird die sendende Zelle so stark elektrisch erregt, dass sie feuert (s.u.), dann verschmelzen kleine Bläschen (*Vesikel*), die mit Botenstoffen (*Neurotransmittern*) gefüllt sind, an der präsynaptischen Endigung mit der präsynaptischen Membran. Die Botenstoffe ergießen sich nun in den synaptischen Spalt. An der postsynaptischen Membran (der empfangenden Zelle) wiederum befinden sich Rezeptoren für die Botenstoffe, an die sich diese binden (siehe Abbildung 3).

Es gibt zwei Arten von Rezeptoren: *Ionotrope Rezeptoren* sind Teile von ligandengesteuerten *Ionenkanälen*, also Schleusen für elektrisch geladene Teilchen. Die Transmitter bewirken bei der Bindung an den Rezeptor, dass sich ein Ionenkanal öffnet. Im Folgenden konzentrieren wir uns auf die Funktionsweise von ionotropen Rezeptoren.

Es gibt eine zweite Klasse von Rezeptoren, die sich nicht an Ionenkanälen befindet: Bindet ein Botenstoff an einen sogenannten *metabotropen Rezeptor*, aktiviert dieser in der empfangenden Zelle Botenstoffe, die wiederum in intrazelluläre Stoffwechselprozesse eingreifen. „Metabotrope Rezeptoren sind häufiger, ihre Effekte entwickeln sich langsamer, sind diffuser und variieren mehr“ (Pinel et al 2019, 105). Da die Ausführungen dieses Kapitels dazu dienen, Ihnen die Grundlagen der Signalübertragung näher zu bringen, klammern wir metabotrope Rezeptoren im Folgenden aus.

Die meisten Neurotransmitter können an mehrere verschiedene Arten von Rezeptoren binden und dann auch unterschiedliche Reaktionen hervorrufen.

Ruhepotential von Neuronen

Vorhin war davon die Rede, dass die Neurotransmitter-Ausschüttung (*Exocytose*) durch das „Feuern“ des Neurons ausgelöst wird. Was genau ist damit gemeint?

Ein Neuron „feuert“, wenn sein Ruhezustand, das sogenannte *Ruhepotential*, in ausreichendem Maße gestört wird. Bevor wir uns anschauen, wann das Neuron „feuert“ und was dies bedeutet, müssen wir verstehen, was der Ruhezustand der Zelle ist.

Der Ruhezustand der Nervenzelle zeichnet sich durch ein negatives elektrisches Gefälle aus. In diesem Fall ist das Innere der Nervenzelle negativer geladen als das Äußere der Zelle. Das Ruhepotential von Neuronen beträgt in der Regel -70mV . Die elektrische Spannungsdifferenz entsteht durch positiv und negativ geladene Teilchen (Ionen), die in unterschiedlicher Konzentration und Ladungsstärke im Inneren und Äußeren des Neurons verteilt sind.

Obwohl die Ionen danach streben, das Gefälle an Spannung und Konzentration auszugleichen (gegen 0mV), ist dies nicht möglich, weil die Membran der Zelle nicht für alle Ionen gleichermaßen gut durchlässig ist (*selektive Membranpermeabilität*) und weil spezielle „Ionenpumpen“ in der Zellmembran immer wieder mehr positiv geladene Teilchen aus als in die Zelle befördern.

Veränderung des elektrischen Potentials

Nun befindet sich die Nervenzelle jedoch nicht immer im Ruhezustand, sondern sie empfängt permanent über ihre Synapsen Signale: Im Falle von chemischen Synapsen haben wir gesehen, dass „ein Signal Empfangen“ bedeutet, dass Neurotransmitter in den synaptischen Spalt ausgeschüttet werden. Wenn diese an einen ionotropen Rezeptor binden, „betätigt“ dieser wiederum einen Ionenkanal (siehe Abbildung 4). Beim Öffnen des Ionenkanals können elektrisch geladene Teilchen die Membran passieren. Wenn elektrisch geladene Teilchen die Membran passieren, verändern sie auch das elektrische Potential der postsynaptischen Zelle. Je nach Art des Ionenkanals (und Art der durchgelassenen Ionen) kann dies für die postsynaptische Zelle zweierlei bedeuten:

Gelangen mehr positive Ionen in die Zelle, wird das im Ruhezustand negative Spannungspotential herabgesetzt (tendiert also von -70mV Richtung null oder positiv). Man spricht auch von einer *Depolarisation*. Postsynaptische Depolarisationen werden als „*exzitatorische postsynaptische Potenziale*“ (*EPSPs*) bezeichnet, also erregende Potenziale. EPSPs erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass das postsynaptische Neuron feuert.

Gelangen mehr negative Teilchen in die Zelle, wird das im Ruhezustand negative Spannungspotential erhöht (also noch stärker negativ). Man spricht von einer *Hyperpolarisation*. Postsynaptische Hyperpolarisationen werden als „*inhibitorische postsynaptische Potenziale*“ (*IPSPs*) bezeichnet, also hemmende Potenziale. IPSPs verringern die Wahrscheinlichkeit, dass das postsynaptische Neuron feuert.

Die meisten Neurotransmitter haben entweder immer eine erregende oder immer eine hemmende Wirkung, manche können ihre Wirkung jedoch unter bestimmten Bedingungen wechseln.

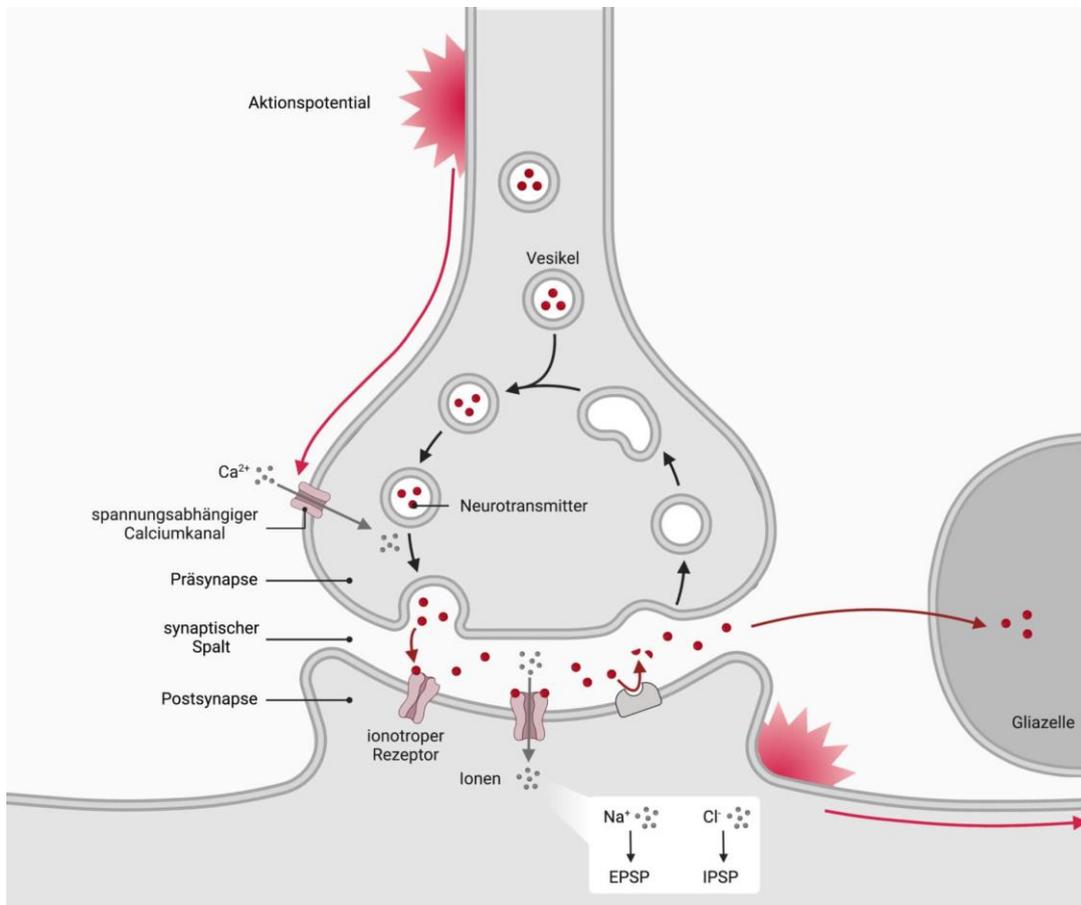


Abbildung 4: Neurotransmitter binden an ionotrope Rezeptoren

Die sendende Nervenzelle schüttet Neurotransmitter aus, die an Ionenkanäle der empfangenden Zelle binden und in der Folge das elektrische Potential im Inneren der postsynaptischen (empfangenden) Zelle verändern. Wenn positiv geladene Teilchen ins Zellinnere gelangen, wird die empfangende Zelle erregt, wenn negativ geladene Teilchen eindringen, wird sie gehemmt.

© flexicon.doccheck.com

Aktionspotential

Nun haben wir erarbeitet, dass der Ruhezustand einer Nervenzelle durch eine negative Spannung im Zellinneren definiert ist. Dieser Ruhezustand wird gestört, wenn positiv oder negativ geladene Teilchen ins Zellinnere eindringen. Im Folgenden sehen wir, dass unter bestimmten Bedingungen diese Veränderung des Potentials zum Feuern eines Neurons führen:

Die postsynaptischen Potenziale, die an einer einzelnen Synapse entstehen, beeinflussen das Feuern des postsynaptischen Neurons normalerweise kaum. Die rezeptiven Bereiche der meisten Neuronen sind mit Tausenden Synapsen bedeckt und ob ein Neuron feuert, hängt vom *Nettoeffekt* ihrer Aktivität ab. Konkret ist das Feuern eines Neurons von der Bilanz exzitatorischer und inhibitorischer Signale, die sein Axon erreichen, abhängig. (Pinel et al 2019, 94; Hervorhebung BP)

Der oben beschriebene *Nettoeffekt* ist im Prinzip eine Addition der EPSPs und IPSPs, die das Axon erreichen. Wenn dieser Nettoeffekt dazu führt, dass sich das Ruhepotential (-70mV) derartig verändert, dass es den Wert von -65mV erreicht, wird ein *Aktionspotential* ausgelöst. Das Aktionspotential ist gleichzusetzen mit dem „Feuern“ eines Neurons. Anders als die elektrischen postsynaptischen Signale, die abgestufte Reaktionen hervorrufen, funktioniert das Aktionspotential nach dem „Alles-Oder-Nichts-Prinzip“: Wird die Erregungsschwelle von -50mV erreicht, feuert die Zelle in vollem Ausmaß, ansonsten nicht. Wenn Sie „feuert“, leitet sie ein elektrisches Signal vom Anfang des Axons in Richtung Axonende (also in Richtung der Synapsen). Das Signal „springt“ dabei von Ranvierschem Schnürring zu Schnürring.

Kurz zusammengefasst funktioniert die elektrochemische Signalübertragung von Nervenzellen über ionotrope Rezeptoren also folgendermaßen: Jedes Neuron erhält viele unterschiedliche elektrische Signale über Synapsen, die an ihm angedockt sind. Diese Signale „verrechnet“ es am Axoninitial. Ergibt diese Verrechnung eine massive Störung des Ruhepotentials (-70mV), indem das Potential nun die Schwelle von -65mV erreicht, feuert die Nervenzelle (Aktionspotential). Das bedeutet, sie leitet ein elektrisches Signal vom Axon in Richtung seiner eigenen synaptischen Endknöpfchen. Dort werden daraufhin Neurotransmitter freigesetzt. Sofern diese an ionotrope Rezeptoren binden, werden die nachfolgenden Neurone elektrisch erregt oder gehemmt. Jedes der nachfolgenden Neurone verrechnet wiederum die Summe seiner einlangenden Signale usw usf.

➔ Zum Vertiefen

Interaktive Grafik „Das Neuron – Form und Funktion“



Interaktive Slides zu Form und Funktion des Neurons; klicken Sie zur letzten Folie „Das durchschnittliche Neuron“ – alle hier türkis erscheinenden Beschriftungen erlauben weitere Klicks zu weiterführenden Infos/Grafiken, zB zu erregenden/hemmenden Synapsen oder zum Ablauf von Aktionspotentialen; für PC optimiert

<https://www.dasgehirn.info/grundlagen/kommunikation-der-zellen/interaktiv-das-neuron-form-und-funktion>

▶ Animation Aktionspotential > EPSP



45sekündige Animation; zeigt folgende Kaskade: Aktionspotential > Vesikel verschmelzen mit präsynaptischer Membran > Transmitter-Ausschüttung > Bindung an ionotropen Rezeptor > EPSP

<https://youtu.be/1nPGKqbeBHo>

Das Gehirn – Funktionsprinzipien

Auf der Basis dessen, wie Nervenzellen miteinander kommunizieren erarbeiten wir uns nun, wie das Gehirn als Ganzes funktioniert. Wir zoomen also im Folgenden von der Zellebene auf die Ebene des Nervensystems und erarbeiten uns einige der zentralen Funktionsprinzipien, die momentan in den Neurowissenschaften postuliert werden:

- **Allotase** – Gleichgewichtszustände als (oberstes) Regulationsprinzip
- **Plastizität** – Anpassungs- und Lernfähigkeit des Gehirns
- **Netzwerke** – Dynamische Verbände als Organisationsprinzip
- **Konstruktion** – das Gehirn als Realitätsmaschine
- **Simulation** – das Gehirn als Vorhersagemaschine

Diese Prinzipien stellen zugleich das Grundgerüst eines relativ aktuellen, interdisziplinären wissenschaftlichen Konzepts dar, des *Predictive Coding* oder *Predictive Processing*.

Allotase - Gleichgewichtszustände als Regulationsprinzip

Bevor wir uns dem Begriff und Konzept der „Allotase“ zuwenden, ist es hilfreich, sich mit „Homöostase“ auseinander zu setzen:

Um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurde von Claude Bernard ein neues Konzept der Regulation vorgeschlagen: ‚...Alle vitalen Mechanismen...haben immer ein Ziel, nämlich die Gleichheit der Lebensbedingungen im internen Milieu zu erhalten...[3]‘. Eine Generation später hat Cannon dieses Konzept zusammengefasst und es ‚Homöostase‘ genannt [4]. Das Konzept wurde schließlich mit einem Diagramm formalisiert, das vorschlägt, dass Stabilität für jeden vitalen Parameter erreicht wird, indem ein Sensor Abweichungen von einem Sollwert detektiert und dieses ‚Fehlersignal‘ an einen Controller zurückmeldet, der den Wert zur Normalität zurückbringt (Fig. 1). [...]

Dieses Modell hat die Forschung zu normaler und Patho-Physiologie für das nächste Jahrhundert dominiert, tut es noch immer und hat damit auch den vorrangigen Zugang zu Therapeutika festgesetzt. In der Folge befragt dich ein moderner Arzt auch wenig zu deinem Geist. Eher studiert er Laborwerte und, sollte er Abweichungen feststellen – empfiehlt ein Medikament, um dies zu korrigieren. (Sterling 2012, 6)

Homöostase bezeichnet demnach ein – zunächst - körperliches Regulationsprinzip, wonach physiologische Parameter immer wieder auf einen bestimmten, konstanten Sollwert ausgerichtet werden. Mit dem Erreichen des Sollwertes ist auch ein Zustand des Gleichgewichts verbunden.

Im vorigen Kapitel ist uns dies am Beispiel der Nervenzelle begegnet: Das Neuron stellt immer wieder ein Ruhepotential von -50mV her. Dies ist also einer der Sollwerte der Nervenzelle, zu denen es nach einem Aktionspotential oder einlangenden EPSPs und IPSPs immer wieder versucht, zurückzukehren.

Homöostase findet im Körper auf unterschiedlichen Ebenen – nicht nur auf Zellebene - statt. Weitere Beispiele wären die Körpertemperatur, der Sauerstoffgehalt im Blut (und damit verbunden der Atemrhythmus, der Herzrhythmus), unser zirkadianer Rhythmus, aber auch Bedürfnisse wie Hunger oder Durst. Jede Zelle, jedes Organ, auch komplexe organübergreifende Systeme wie das Immunsystem kennen multiple Sollwerte, an denen sie sich orientieren. Letztlich versucht der Organismus als Ganzes, im Gleichgewicht zu sein.

Der Neurowissenschaftler Peter Sterling und der Epidemiologe Joseph Eyer haben erstmals 1988 das Prinzip der Homöostase in Frage gestellt und durch ein neues Konzept, das der *Allostase*, ersetzt (Sterling & Eyer 1988). Die Annahme, dass es einen Normalwert gebe, zu dem jedes Organ mittels Fehlerkorrektur immer wieder zurückkehre, sei zu simpel. Vielmehr gehe es darum, den Organismus als Ganzes in den Blick zu nehmen und ihn als dynamisches System zu fassen. Der Organismus *als Ganzes* (und nicht nur einzelne Teile) muss im Gleichgewicht sein, es gibt eine Vielzahl an Parametern, die homöostatisch überwacht werden müssen. Der Organismus verfügt über ein Gesamt-Energie-Budget, das dazu genutzt wird, diese Gleichgewichte herzustellen. – Oder anders ausgedrückt: Ein Energie-Budget, das dazu genutzt wird, um die unterschiedlichen Bedürfnisse der Subsysteme zu befriedigen.

Hier schließt sich der Bogen zum Thema dieses Kapitels - den Funktionsprinzipien des Gehirns -, denn nun kommt das Gehirn als zentrales Regulationsorgan ins Spiel: Die Aufgabe des Gehirns ist es, Allostase sicherzustellen, also den Gesamtorganismus – und alle seine Subsysteme - im Gleichgewicht zu halten, sodass der Organismus bestmöglich funktionieren kann (bestmöglich an seine Umwelt angepasst ist) und sein Überleben sichergestellt ist. Allostase ist demnach kein Zustand, sondern ein *Prozess*.

Dasselbe trifft im Grunde auf alle Parameter zu: Temperatur, Blutverteilung, Hormonlevel und so weiter. Alle verändern sich mit unterschiedlichen Amplituden und Zeitkonstanten und alle diese Fluktuationen teilen ein gemeinsames Ziel: Allerdings ist das Ziel nicht Konstanz, sondern eine koordinierte Variation von breiten Mustern, um die Leistung zu den geringsten Kosten zu optimieren. Das ist die Kernidee von prädiktiver Regulation [...]. (Sterling 2012, 8; Übersetzung BP)

Drei Anpassungen des Homöostase-Konzepts im Rahmen der Allostase sind für unsere Zwecke zentral:

(1) Der Energie-Bedarf des Systems variiert ständig, weshalb es sinnvoll ist, die Sollwerte *dynamisch* zu gestalten. Es kann beispielsweise Sinn machen, bei körperlicher Anstrengung für einen bestimmten Zeitraum eine erhöhte Herzfrequenz zu tolerieren (anstatt davon auszugehen, dass das System sofort im Sinne einer Fehlerkorrektur zum Sollwert zurückkehren „möchte“). Das Konzept der Homöostase sieht solche Anpassungen nicht vor.

(2) Wird der Organismus als Gesamtes betrachtet, als System mit einem Gesamt-Energie-Budget, so machen *Trade-Offs* Sinn. Wenn bestimmte Teile des Systems gerade einen erhöhten Energie-Bedarf haben, verteilt das Gehirn Ressourcen dorthin, während es zugleich andere Subsysteme temporär hintan stellt. Für das Gesamtsystems stellt dies eine effiziente Lösung dar, solange keines der Subsysteme dadurch gefährdet ist.

(3) Homöostase ist konzipiert als System, im Rahmen dessen Fehler (Abweichungen vom Sollwert) immer wieder Richtung Sollwert korrigiert werden. Tatsächlich wäre es für den Organismus energie-effizienter, wenn es nicht auf Abweichungen reagieren müsste, sondern vorausschauend agieren würde. Allostase wird daher konzipiert als *vorausschauende Anpassung*: Bedürfnisse werden befriedigt, bevor sie entstehen. Energie-Bedarf wird antizipiert, anstatt reaktionär erfüllt.

Sie finden hier Zitate aus Primär- und Sekundärliteratur zum Thema „Allostase“.

 Zum Vertiefen

 *Allostasis – A model of predictive regulation (2012)*



Peter Sterling beschreibt in diesem Artikel erstmals umfassend sein Konzept der Allostase und die Vorteile, die der Organismus durch allostatistische Regulierung hat – im Gegensatz zu homöostatischer Regulierung.

<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.06.004>

Plastizität – Anpassungs- und Lernfähigkeit des Gehirns

Charles Darwin hat postuliert, dass jeder Organismus nach bestmöglicher Anpassung an seine Umwelt strebt, um so Überleben und Reproduktion sicher stellen zu können. Im vorigen Unterkapitel haben wir gelernt, dass Allostase – als Prozess der vorausschauenden Ressourcenverwaltung – diesem Ziel auf effiziente Weise dient.

Bestmögliche Anpassung an sich permanent verändernde Bedingungen und sich permanent verändernde Ressourcenanforderungen, dies ist nur möglich, wenn das Gehirn selbst als Regulationsorgan plastisch, also anpassungsfähig ist. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass unsere Erfahrungen (also die „Umwelten“, in denen wir leben) unser Gehirn – und somit die Art und Weise, wie wir denken, wahrnehmen, fühlen,... - formen.

Neurowissenschaftler:innen untersuchen Neuroplastizität auf unterschiedlichen Ebenen: Auf Ebene der einzelnen Nervenzelle (intrinsische Plastizität), auf Ebene der Verbindung zwischen Nervenzellen (synaptische Plastizität) und auf der Ebene von Hirnregionen (strukturelle Plastizität). Aber nicht nur die Nervenzellen selbst, sondern auch die Gliazellen, die mit ihrer Myelinschicht um das Axon für eine reibungslose Reizweiterleitung sorgen, sind plastisch.

Neuronale Plastizität bedeutet letztlich, dass die Kommunikation zwischen Nervenzellen adaptierbar ist, dass die Verbindungen zwischen Nervenzellen gestärkt oder geschwächt werden, je nachdem, ob die Verbindungen häufig oder selten „gebraucht“ werden.

Die Plastizität des Gehirns ist die physiologische Basis von Lernen und Gedächtnis. Sensible Phasen (siehe weiter unten) stellen Zeitfenster in der individuellen Entwicklung dar, in denen das Gehirn besonders lernfähig ist.

 Zum Vertiefen

 *Spektrum Kompakt 9/2020 Neuroplastizität - Formbares Gehirn*



Diese Ausgabe beinhaltet populärwissenschaftliche Artikel der letzten Jahre aus den Spektrum-Heften zum Thema Neuroplastizität, darunter den sehr gut lesbaren Beitrag „Selbst ist das Hirn“ von Lutz Jäncke aus 2017; als pdf oder Zeitschrift zu kaufen

<https://www.spektrum.de/pdf/spektrum-kompakt-neuroplastizitaet/1703292>

Netzwerke – Dynamische Verbände als Organisationsprinzip

Wie kann das plastische Gehirn, dessen Aufgabe es ist, den Energiehaushalt des Organismus zu regulieren, seine Kommunikation möglichst effizient gestalten? Wie kann es die Verbindungen zwischen den Nervenzellen, aber auch zwischen Gehirnregionen anlegen, sodass Informationen ressourcenschonend weitergeleitet werden? Wie können auf der Basis einzelner Nervenzellen komplexe Prozesse – Emotionen, Gedächtnis, Kognition - entstehen? Mit diesen Fragen beschäftigt sich die Netzwerk-Neurowissenschaft. Sie entwickelt folgendes Organisationsmodell des Gehirns:

Gemäß dem aktuell anerkanntesten Modell, mit dem Neurowissenschaftler die Funktionsweise des Gehirns theoretisch erklären, sind die einzelnen Nervenzellen zunächst in kleinen Verbänden zusammengeschaltet, in so genannten Modulen. Mehrere dieser Schaltkreise bilden wiederum größere Cluster. Die Verbindungswege zwischen solchen Strukturen bezeichnen die Neurowissenschaftler als Pfade. Einige der Module bilden besonders wichtige Knotenpunkte im Netz, so genannte Hubs.

Man kann sich das Gehirn also als ein System vorstellen, dessen grundlegende Bausteine sich in Ensembles verschiedener Größen organisieren, die wiederum miteinander verknüpft sind und so Netzwerke unterschiedlicher Größenordnungen bilden. Ein derartiger Aufbau ist enorm effizient, da jede einzelne Nervenzelle Teil unterschiedlicher Gruppierungen und Schaltkreise ist – und somit auch mehrere Aufgaben übernehmen kann. Werden bestimmte Ensembles gerade nicht gebraucht, lassen sie sich aktiv ausschalten. Die Netzwerke können zudem parallel arbeiten und passen sich stets an neue Anforderungen an: Sie entwickeln sich gewissermaßen permanent weiter. (Deeg 2020)

Das *Konnektom* bezeichnet die Gesamtheit aller Verbindungen im menschlichen Nervensystem. Indem diese Verbindungen mittels bildgebender Verfahren sichtbar gemacht werden, erhofft man sich weitere Einblicke in die Funktionsweise des Gehirns und die Spezifika seiner Schaltkreise.

Zum Vertiefen

Gut Vernetzt (2020)



Populärwissenschaftlicher Artikel auf der Webseite [dasgehirn.info](https://www.dasgehirn.info), der eine gute Einführung gibt, wie neuronale Organisation in Netzwerken funktioniert. Auf der Webseite findet sich eine Reihe weiterer Artikel zum Thema.

<https://www.dasgehirn.info/grundlagen/struktur-und-funktion/gut-vernetzt>

 *Spektrum Kompakt 10/2017 Das Konnektom*



Diese Ausgabe beinhaltet populärwissenschaftliche Artikel der letzten Jahre aus den Spektrum-Heften zum „Schaltplan des Gehirns“; als pdf oder Zeitschrift zu kaufen

<https://www.spektrum.de/pdf/spektrum-kompakt-konnektom/1438521>

Konstruktion – das Gehirn als Realitätsmaschine

Wir haben uns in den vorangehenden Unterkapiteln damit befasst, dass das Gehirn jenes Organ ist, dass die Anpassung des Organismus an seine Umgebung reguliert. Es ist dafür zuständig, unseren Energiehaushalt zu managen (Allostase), sodass die Anpassung bestmöglich gelingt. Die Plastizität des Gehirns und die Organisation in Netzwerken ermöglichen es, diese Aufgabe energie-effizient zu meistern. Offen bleibt, wie das Gehirn an die Informationen gelangt, die es benötigt, um diese permanente, dynamische Anpassungsleistung zu vollbringen.

Vom Moment unserer Geburt bis zum Moment unseres letzten Atemzugs ist unser Gehirn in einer dunklen, stillen Box gefangen, die Schädel genannt wird. Tagein, tagaus erhält es Sinnesdaten von der Außenwelt über unsere Augen, Ohren, Nase und andere Sinnesorgane. Diese Daten kommen nicht in Form jener bedeutungsvollen Anblicke, Gerüche, Geräusche und anderer Sensationen an, die die meisten von uns erfahren. Sie sind nur ein Trommelfeuer an Lichtwellen, Chemikalien und Veränderungen des Luftdrucks mit keiner inhärenten Bedeutung.

Konfrontiert mit diesen mehrdeutigen Bruchstücken von Sinnesdaten muss das Gehirn irgendwie herausfinden was als Nächstes zu tun ist. Wir erinnern uns, die wichtigste Aufgabe des Gehirns ist es, unseren Körper zu kontrollieren, damit wir am Leben und gesund bleiben. Unser Gehirn muss irgendwie Bedeutung gewinnen aus dem Ansturm von Sinnesdaten, den es empfängt damit wir nicht eine Stiege hinunterfallen oder als Mittagessen irgendeines wilden Tieres enden. (Feldman Barrett 2020b, 66f; Übersetzung BP)

Was die amerikanische Neurowissenschaftlerin Lisa Feldman Barrett hier beschreibt, ist die Tatsache, dass das Gehirn – wir – nicht sehen, schmecken, spüren kann, was „wirklich“ in der Welt passiert. Womit das Gehirn arbeiten muss, um unsere Außenwelt zu verstehen und abzubilden, sind Rückmeldungen aus unserem Körper in Form neuronaler Erregungsmuster, denen es Bedeutung gibt, um überleben zu können. Der Prozess der Bedeutungszuschreibung passiert unter Bezugnahme auf bereits gemachte, ähnliche Erfahrungen: „Aha, dieses neuronale Erregungsmuster bedeutet: Ich sitze in einer Lehrveranstaltung.“ Wie wir im Kapitel „Plastizität“ gesehen haben, sind die neuronalen Erregungsmuster in hohem Maße durch Erfahrungen formbar. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass das, was wir sehen, schmecken, spüren, hören,... durch Erfahrung geformt ist. Wir könnten auch sagen: Wir *konstruieren* unsere Wirklichkeit. Wir bilden nicht die Wirklichkeit im Sinne eines Reiz-Reaktions-Schemas ab, wonach gleichsam ein „Abbild“ der Realität in unser Gehirn projiziert wird. Vielmehr ist dieses Abbild durch unsere Erfahrungen geformt, es ist eine aktive Konstruktion der Realität, die nicht von der „tatsächlichen“ Wirklichkeit (so es sie gibt) getrennt werden kann.

Zusatzmaterial im Anhang

Worksheet Konstruktion

Seite 56

Sie finden hier Zitate aus Primär- und Sekundärliteratur zum Thema „Konstruktion“

Worksheet Wahrnehmen als Schlussfolgern

Seite 59

Enthält Auszüge aus einem Grundlagentext von Hermann von Helmholtz aus dem Jahr 1867, in dem er den Wahrnehmungsprozess als Akt des Schlussfolgerns beschreibt.

Eine Fallvignette aus einem psychotherapeutischen Lehrbuch zeigt, wie Konstruktionen (in diesem Fall des Psychotherapeuten durch die Patientin) innerhalb kurzer Zeit fluktuieren können.

➔ Zum Vertiefen

▶ *Do we all perceive the world the same way?*



Der Bewusstseinsforscher Anil Seth erklärt in diesem 5-minütigen Video der BBC (2022), wie unser Gehirn Wahrnehmung konstruiert.

<https://www.bbc.co.uk/ideas/videos/do-we-all-perceive-the-world-the-same-way/p0cjqx25>

Illusion of the Year



Auf dieser Webseite werden optische Illusionen (die allesamt die Konstruiertheit von Wahrnehmung demonstrieren) präsentiert und einmal jährlich prämiert.

www.illusionoftheyear.com

Predictive Processing

Bevor wir nun zum letzten der Funktionsprinzipien – Simulation – kommen, sei ein Forschungsansatz eingeführt, der sich mit genau diesem Funktionsprinzip beschäftigt.

Predictive Processing ist ein neurowissenschaftliches Konzept bzw. eher eine „Familie an Forschungsansätzen“ (Hutchinson et al. 2019), welche herkömmliche Theorien darüber, wie das Gehirn Reize verarbeitet, Bedeutung erzeugt oder den Körper und seinen Energie-Haushalt reguliert, in Frage stellt.

Das Gehirn – und mit ihm unser gesamter Organismus inklusive unserer mentalen Vorgänge – werden als komplexes, selbstorganisierendes System verstanden. Wie der Name „*Predictive Processing*“ (PP) schon sagt, ist eine der zentralen Annahmen, dass dies in Form von Vorhersagen passiert. Nicht nur *konstruiert* das Gehirn also unsere Welt, der besondere Twist des PP ist, dass es diese *vorhersagt* (simuliert). Das Gehirn entwickelt ein inneres Arbeitsmodell darüber, wie der Organismus selbst, aber auch die Welt um uns herum funktionieren. Auf der Basis dieses Arbeitsmodells antizipiert das Gehirn, was als Nächstes zu tun ist. Unsere Wahrnehmung, unser Denken, unser Fühlen sind demnach nicht Reaktionen auf Reize (herkömmliche Reiz-Reaktions-Schemata), sondern letztlich Vorhersagen – dazu kommen wir später im Detail. Weil das Gehirn aus dem, was gerade ist, mit Hilfe des inneren Arbeitsmodells auf das schließt, was als Nächstes zu tun ist, wird in diesem Zusammenhang auch das Schlagwort „active inference“ benutzt: Wahrnehmen, Denken, Erinnern,... beruht auf aktivem Schlussfolgern.

Predictive Processing kommt aus der „computational neuroscience“, also der computergestützten Neurowissenschaft. Sie geht davon aus, dass das Gehirn letztlich Wahrscheinlichkeitsrechnungen ausführt, wenn wir wahrnehmen, denken, fühlen, lernen oder erinnern. Wissenschaftler:innen entwickeln in der Folge Computermodelle, die die zugrundeliegenden Prozesse im Gehirn als probabilistische Algorithmen (mathematische Modelle) simulieren.

Wir werden uns im Folgenden nicht in die mathematischen Tiefen dieses Modells einarbeiten, sondern in seine Grundannahmen, die auch ohne Formeln verstehbar sind.

Seven and a half lessons about the brain (2020)



Ein dünnes populärwissenschaftliches Büchlein von Lisa Feldman Barrett, in dem sie unter anderem auf die oben besprochenen Funktionsprinzipien des Gehirns eingeht.

Vanilla PP for Philosophers: A Primer on Predictive Processing (2017)



18-seitiger englischer Artikel, der in Predictive Processing einführt und zu Beginn und am Ende ein Glossar mit den wichtigsten Begriffen enthält.

<https://predictive-mind.net/papers/vanilla-pp-for-philosophers-a-primer-on-predictive-processing>

The Power of Predictions: An Emerging Paradigm for Psychological Research (2019)

In diesem Artikel beschreiben die Autor:innen die Grundannahmen von Predictive Processing und wie diese auf mentale Prozesse angewandt werden können.

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0963721419831992>

Simulation – das Gehirn als Vorhersagemaschine

Wir haben gesehen, dass das Gehirn die Realität konstruiert, indem es den eingehenden sensorischen Rückmeldungen aus dem Körperinneren und der Außenwelt Bedeutung gibt. Lichtwellen, Muskelspannung, Herzrhythmus, Schallwellen, viszerale Empfindungen etc. werden unter Einbezug der bisherigen Lebenserfahrung und des Kontexts zu multisensorischen Erfahrungen wie „Ich sitze in einer Lehrveranstaltung, höre zu und versuche, zu verstehen.“ Diese Art der Realitätskonstruktion dient letztlich der bestmöglichen Verteilung von Ressourcen, um das Wohlergehen des Organismus sicher zu stellen.

Was nun folgt, ist eine Weiterführung dieser Idee, die in hohem Maße kontraintuitiv ist. Sie wurde u.a. vom Neurowissenschaftler Karl Friston entwickelt, der Computermodelle entwirft, um die organisatorische Struktur des Gehirns bzw. seine Funktionsweise zu erforschen. Friston und mit ihm inzwischen viele Neurowissenschaftler:innen (Friston war der meistzitierte Wissenschaftler des Jahres 2016) postulieren: Das Gehirn *konstruiert* nicht nur die Realität, sondern es *simuliert* sie in hohem Maße. Unsere Wahrnehmungen aus dem Körperinneren und der Welt basieren auf *Vorhersagen*. Die zugehörige Theorie wird „Prädiktive Kodierung“ (Predictive Coding) genannt (Friston 2018).

Wir haben diesen Gedanken bereits mit dem Konzept der Allostase kennen gelernt: Das Gehirn reagiert auf Bedürfnisse, *bevor* sie entstehen. Um dies bewerkstelligen zu können, muss das Gehirn vom jeweils aktuellen Moment auf den nächsten schließen. Dies wird auch als „active inference“ bezeichnet, also aktives Schlußfolgern: Das Gehirn schließt aus dem, was ist, auf das, was es als Nächstes tun wird (Barrett 2020a).

Wissenschaftler:innen sind sich aktuell ziemlich sicher, dass das Gehirn in der Tat beginnt, Veränderungen in der Welt um uns herum von Moment zu Moment zu erahnen *bevor* diese Lichtwellen, Chemikalien und anderen Sinnesdaten beim Gehirn einlangen. Dasselbe gilt für die Moment-zu-Moment-Veränderungen in unserem Körper – das Gehirn beginnt sie zu erahnen, bevor relevante Daten von den Organen, Hormonen und verschiedenen anderen Körpersystemen ankommen. Wir nehmen unsere Sinne nicht auf diese Weise wahr, aber das ist die Art und Weise wie unser Gehirn durch die Welt navigiert und unseren Körper steuert. (Barrett 2020b, 72; Übersetzung BP; Hervorhebung im Original)

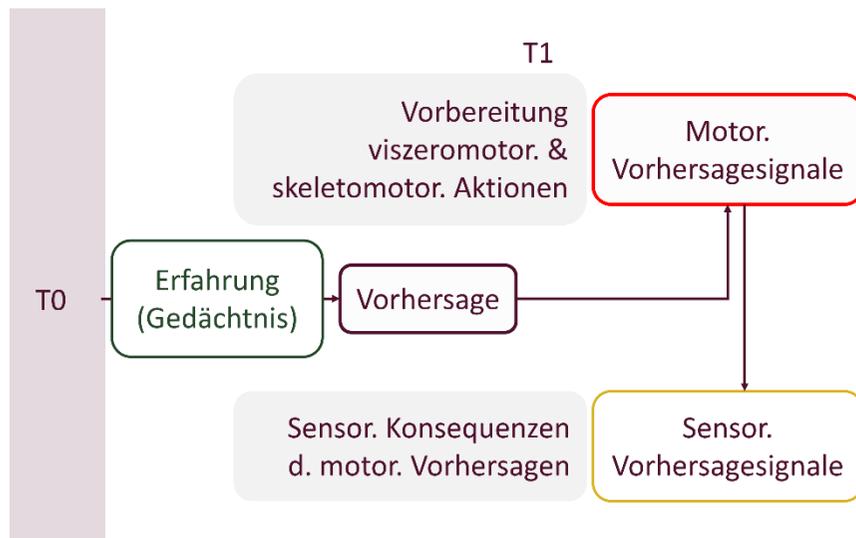


Abbildung 6: Vorhersage auf der Basis von Erfahrung

Zu einem gegebenen Zeitpunkt T0 „weiß“ das Gehirn über den aktuellen Zustand des Körpers und der Welt Bescheid. Es fragt sich nun im übertragenen Sinn: „In einer ähnlichen Situation in der Vergangenheit, welche Aktion/en habe ich gesetzt?“ Es macht eine Vorhersage auf der Basis von Erfahrung und Ähnlichkeit mit der aktuellen Situation. Diese Vorhersage ist zweiteilig: Zum einen werden motorische Vorhersagesignale erstellt, um motorische Aktionen willentlich und unwillentlich steuerbarer Muskulatur vorzubereiten. Kopien dieser Vorhersagen werden als sensorische Vorhersagesignale konstruiert („Was werde ich sehen, hören, tasten,... wenn ich diese Aktion/en setze?“). Die sensorischen Neurone im Gehirn feuern nun so, als ob die Aktionen bereits gesetzt wären und sie dadurch tatsächliche sensorische Rückmeldungen aus dem Körper oder der Welt empfangen würden (*Simulation*) (Hutchinson und Barrett 2019; Shaffer et al 2022).

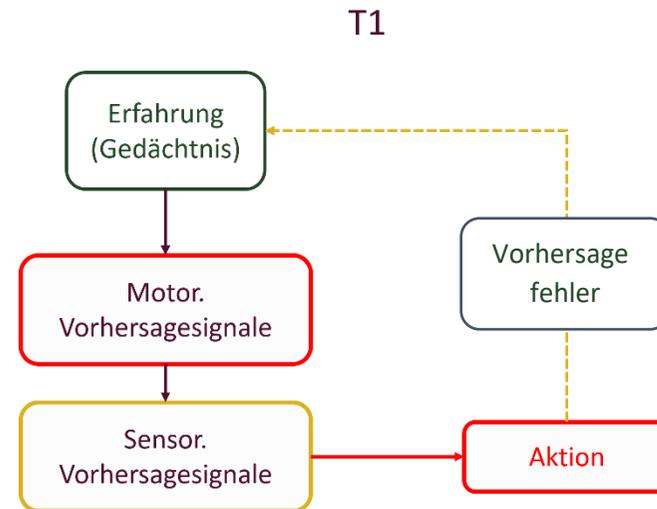


Abbildung 5: Aktion und Rückmeldung

Auf der Basis von Erfahrung wird eine motorische Aktion vorbereitet und entsprechende sensorische Vorhersagesignale konstruiert (siehe Abbildung 6). Nun erfolgt die tatsächliche Aktion. Diese erzeugt tatsächliche afferente Signale. Interessanterweise werden jedoch nicht diese afferenten Signale ins Gehirn geleitet, sondern lediglich *Abweichungen* von der Vorhersage (*Vorhersagefehler bzw. Lernsignale*). Für das Gehirn relevant sind also jene Informationen, die nicht zur Simulation/Vorhersage passen. Sie fließen als Lernsignale in den Erfahrungsschatz des Organismus ein. Nun ist der Kreis geschlossen, das Gehirn "weiß" über den aktuellen Zustand des Körpers und der Welt zum Zeitpunkt T1 Bescheid und kann Vorhersagen für T2 treffen (Hutchinson und Barrett 2019; Shaffer et al 2022).

Das bedeutet konkret, dass das Gehirn aus dem aktuellen Zustand des Organismus, der aktuellen Situation sowie seiner bisherigen Lebenserfahrung auf das schließt, was es als Nächstes tut. Das Gehirn simuliert den nächsten Moment bzw. die sensorischen Eindrücke, die es im nächsten Moment haben wird (dieses und jenes werde ich sehen, fühlen, aus dem Körperinneren rückgemeldet bekommen etc.). Folglich feuern im Gehirn bereits Neurone, die bestimmte Sinneswahrnehmungen repräsentieren, *bevor* die eigentlichen Wahrnehmungen aus der Welt und dem Körperinneren eintreffen, so, *als ob* diese Wahrnehmungen bereits eintreffen würden und *als ob* das Gehirn bereits Aktionen¹ im Körper veranlasst hätte. In Abbildung 6 und Abbildung 5 werden die zugehörigen Abläufe etwas detaillierter beschrieben. Während die sensorische Simulation läuft, erfolgt die tatsächliche Aktion.

Was nun passiert, ist erstaunlich: Wenn durch die Aktion/en tatsächliche sensorische Rückmeldungen erzeugt werden – im Körperinneren und über die Sinnesorgane –, dann werden diese nicht ans Gehirn weitergeleitet, sondern die tatsächlichen Eindrücke werden mit der Vorhersage – der Simulation – abgeglichen. Rückgemeldet werden schließlich nur *Vorhersagefehler*, also Abweichungen von der Simulation. Dies ist eine sehr effiziente und „schlanke“ Art des Gehirns, mit einlangender Information umzugehen. Informationsverarbeitung ist energieaufwändig und lediglich Fehler rückzumelden ist ressourcenschonender als jeweils *alle* sensorischen Eindrücke integrieren zu müssen. Stellen Sie sich eine ihrer alltäglichen Routinen vor, beispielsweise Zähne Putzen. Der Vorgang läuft automatisiert ab, dh, das Gehirn kann „ungestört“ ein Vorhersageprogramm abspulen. Erst, wenn die Zahnbürste nicht am erwarteten Platz steht, die Zahnpastatube leer ist oder die Batterie der elektrischen Zahnbürste plötzlich entleert ist, wird das Programm „unterbrochen“. – Ein Vorhersagefehler ist passiert, etwas Unerwartetes aufgetreten, das eine Modifikation des Programms verlangt. Ausschließlich diese Abweichungen verlangen Aufmerksamkeit und sind den Aufwand des sensorischen Feedbacks wert. Der Neurowissenschaftler und Psychoanalytiker Mark Solms hat eine Metapher entworfen, mit deren Hilfe dieses Prinzip der Fehler-Rückmeldung leichter verständlich wird (siehe Anhang Seite 65).

Das Gehirn als Vorhersagemaschine zu konzipieren stellt eine weitere Annahme auf den Kopf: Nicht nur ist Wahrnehmung *keine* Abbildung des „Wirklichen“, nicht nur wird Wirklichkeit *konstruiert* und – mehr noch - *simuliert*. Zusätzlich ist Wahrnehmen in diesem Modell auch etwas, das *nach* dem Handeln (nach Aktionen) vervollständigt wird. Erst die vom Gehirn veranlassten Aktionen liefern die Informationen, auf die eine fehlerkorrigierte Wahrnehmung folgt und erst *nach* der Aktion kann das Gehirn feststellen: „Aha, das passiert gerade innerhalb und außerhalb des Körpers.“ Das traditionell veranschlagte Schema *Reiz* ⇒ *Verarbeitung durch den Organismus* ⇒ *(Re-)Aktion* ist umgedreht und sieht in diesem Modell wie folgt aus: *Organismus* ⇒ *vorhersagende Reiz-Simulation* ⇒ *Aktion* ⇒ *etwaige Reiz-Simulations-Korrektur*.

¹ Eine „Aktion“ ist in diesem Zusammenhang jede vom Gehirn veranlasste Veränderung der willentlich oder unwillentlich steuerbaren Muskulatur. Es kann also eine „Handlung“ sein, wie Sie im alltäglichen Sprachgebrauch verstanden wird (zB nach einem Glas Wasser greifen), aber auch zB eine Erhöhung des Herzschlags.

Wahrnehmung läuft *von innen nach außen ab*, immer gesehen von Standpunkt des Subjekts aus. Es ist eigentlich Apperzeption, ein schlussfolgernder Prozess [...] Was man sieht, ist unsere beste Schätzung darüber, was tatsächlich da draußen ist; es ist *unsere vorgeschlagene Antwort auf die Fragen, die wir gerade an die Welt stellen*.

Das Gehirn muss auf die ehest möglichen Gründe seiner einlangenden Signale schließen ohne direkten Zugang zur unbekanntem Welt außerhalb seiner Hülle zu haben. [...] Seine Aufgabe ist es, diese Signale zu benutzen, um ein probabilistisches Modell der Gesetzmäßigkeiten, die in der realen Welt (oder besser, zwischen ihm selbst und der Welt) bestehen, zu kreieren, welches es dann benutzt, um Schlüsse daraus zu ziehen, die seine Aktionen anleiten – Aktionen, die das Überleben in dieser Welt sicherstellen müssen. Die Aktionen wiederum generieren neue sensorische Proben, die dann gebraucht werden, um das Modell weiter upzudaten, was notwendig ist, weil Modelle unperfekte Dinge sind. Das führt zu neuen Aktionen; und so fort.

Aktionen können also als *Experimente* angesehen werden, die Hypothesen testen, die aus dem generativen Modell entstehen. Wenn ein Experiment nicht die vorhergesagten sensorischen Daten liefert, dann muss das System entweder (1) seine Vorhersage ändern, um die Daten besser vorher zu sagen, oder, wenn es zuversichtlich hinsichtlich der ursprünglichen Vorhersage bleibt, (2) muss es bessere Daten einholen; das heißt, es muss Aktionen setzen, die seinen sensorischen Input verändern. Diese zwei Optionen – die Vorhersage ändern oder den Input – sind die fundamentalen Mechanismen von Wahrnehmung und Handlung. (Solms 2021, 185f; Übersetzung BP; Hervorhebung im Original)

Simulation auf der Basis von Konzepten

Was bislang als „Vorhersage“ bezeichnet wurde, kann noch weiter differenziert werden: Jede Simulation, jede Vorhersage, basiert auf unserer bisherigen Lebenserfahrung, oder, anders ausgedrückt, auf einem *inneren Arbeitsmodell*, wie die Welt und der Organismus funktionieren. Dieses innere Arbeitsmodell ist – so wie die daraus resultierenden Vorhersagen – auf unterschiedlichen *Abstraktionsniveaus* angesiedelt.

Ein relativ abstraktes Konzept über den aktuellen Zustand des Körpers wäre beispielsweise: „Ich will nach einem Glas Wasser greifen.“ Dieses abstrakte Konzept beinhaltet (erwartete) Informationen aus verschiedenen Sinnesmodalitäten (das *Spüren* des Wasserglases, das *Sehen* des Wasserglases), es beinhaltet motorische Aktionen (die *Armbewegung* hin zum Glas, meine koordinierten *Fingerbewegungen* beim Greifen), die an *Erinnerungen* an bisherige ähnliche Situationen (abgespeicherte Bewegungsabläufe) gekoppelt sind; es beinhaltet sogar ein bewusst wahrgenommenes *Gefühl* (Durst) und in diesem Fall auch eine *sprachliche Benennung* und einen *bewussten mentalen Willensakt* („Ich will greifen.“).

„Konzepte“ sind nicht immer sprachlicher Natur oder beinhalten nicht immer sprachliche Elemente. Manche Autor:innen sprechen daher statt von „Konzepten“ von „Bildern“ (Damasio 2021).

Nun wird dieses abstrakte Konzept auf mehreren Ebenen konkretisiert, beispielsweise in die unterschiedlichen erwarteten sensorischen Eindrücke aufgedröselt (was genau erwarte ich zu sehen) oder in detaillierte motorische Akte (Wie genau werde ich greifen? Welche Muskeln müssen wie zusammenspielen?). Die Vorhersage wird auf jede dieser Ebenen herunter gebrochen. Wenn dann die tatsächliche Aktion erfolgt und Rückmeldungen in Form von Vorhersagefehlern einlangen, werden diese in der Abstraktionshierarchie von unten nach oben weitergeleitet. – Also zunächst vielleicht auf einer der unteren Abstraktionsebenen so etwas wie: Der Fingermuskel xy hätte besser etwas anders bewegt werden sollen. Das Wasserglas hat sich wärmer angefühlert als erwartet. Es war auch etwas leichter als simuliert, weshalb Muskel z weniger beansprucht wurde als vorhergesagt. Auf der obersten Abstraktionsebene erfährt das Konzept „Ich will nach einem Glas Wasser greifen“ in unserem Beispiel keine grundlegende Überarbeitung, aber doch ein paar feine Aktualisierungen, die in der nächsten ähnlichen Situation zu einer leicht veränderten Vorhersage führen werden (=zu leicht abweichenden spatiotemporalen Erregungsmustern im Gehirn) (Hutchinson und Barrett 2019).

Wenn wir nun die zentralen Funktionsprinzipien zusammenfassen, dann etwa so: *Simulationen* sind Vorhersagen des Gehirns auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus. Es sind Vorhersagen darüber, was es als Nächstes tun und empfinden wird. Auf neuronaler Ebene sind Simulationen *plastische* spatiotemporale Erregungsmuster (*neuronale Netze*). Sobald Vorhersagefehler im Gehirn einlangen, werden die spatiotemporalen Muster adaptiert, also neue Verbindungen zwischen Neuronen gebildet, manch bestehende Verbindungen gestärkt, wiederum andere geschwächt. All dies dient letztlich einer optimierten Anpassung an die jeweilige Umwelt des Organismus, also dem Wohlergehen des Organismus, also einer optimierten *Allostase*: Je besser das Gehirn vorhersagt, umso effizienter kann es seine Ressourcen handhaben.

Zusatzmaterial im Anhang

Prädiktive Hierarchien – Metapher

Seite 65

Der südafrikanische Neuropsychanalytiker Mark Solms hat in seinem Buch „The Hidden Spring“ (2021) eine Metapher entworfen, die das oben beschriebene Modell der Vorhersagehierarchien besser verständlich macht.

Gehirn als Vorhersagemaschine – Zitate

Seite 63

Einige Zitate aus der Literatur, die die Vorstellung des Gehirns als Vorhersagemaschine weiter verdeutlichen helfen.

Zum Vertiefen

The Genius Neuroscientist Who Might Hold the Key to True AI (2018)



Artikel im Magazin „Wired“, in dem der Neurowissenschaftler Karl Friston und einige seiner zentralen Ideen vorgestellt werden.

<https://www.wired.com/story/karl-friston-free-energy-principle-artificial-intelligence/>

 *Simulation (How Emotions are Made)*



4-minütiges Video der Neurowissenschaftlerin und Psychologin Lisa Feldman Barrett aus dem Jahr 2017, in dem sie die Idee, dass das Gehirn Simulationen entwirft, erklärt.

<https://www.youtube.com/watch?v=luK5Evf8Ejs>

Das Gehirn – weiterführende Aspekte

Die zentralen Funktionsprinzipien der Allostase, der Plastizität, der Netzwerke und der Simulation hängen eng miteinander zusammen. Im Folgenden werden einige weiterführende Aspekte behandelt, die diese zentralen Funktionsprinzipien anhand von Beispielen verdeutlichen und zugleich eine Brücke zur Psychotherapie schlagen.

Zur Biologie des Verhaltens

Wenn davon die Rede war, dass das Gehirn die Realität simuliert und Vorhersagefehler als Lernsignale verarbeitet, um den Erfahrungsschatz des Organismus anzureichern, dann sprechen wir letztlich nicht nur von der Bildung und Adaptierung neuronaler Netze. Die folgende Grafik (siehe Abbildung 7: Biologie des Verhaltens) zeigt, dass die Erfahrungen, die wir machen, auch mit unserem genetischen Material interagieren. Durch die Art und Weise, wie wir die Realität simulieren, durch unser Selbst- und Weltbild, durch die Erfahrungen, die wir machen (konstruieren), greifen wir in die Aktivität unserer Gene ein.

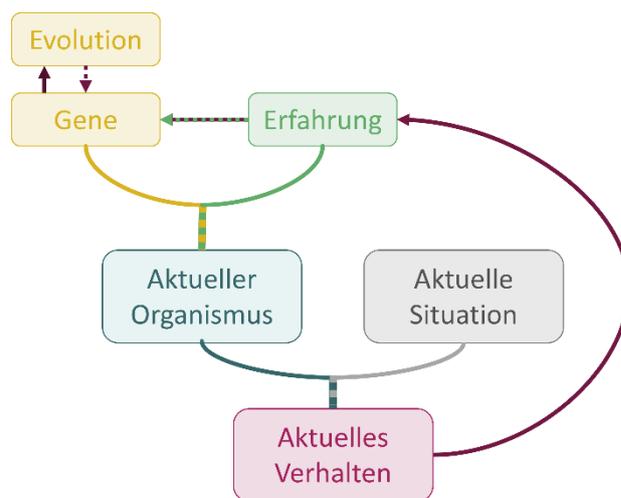


Abbildung 7: Biologie des Verhaltens

Der aktuelle Organismus befindet sich in einer aktuellen Situation, auf die er mit einem aktuellen Verhalten reagiert. Dieses Verhalten informiert den Erfahrungsschatz des Organismus. Erfahrungen wiederum beeinflussen die genetische Ausstattung des Organismus. Dies bedeutet, dass das angeborene Set an Genen nicht unveränderlich, sondern zu einem bestimmten Grad plastisch ist. Die genetische Ausstattung wiederum wird über Reproduktion an die nächste Generation weitergegeben, so wie auch der aktuelle Organismus seine genetische Ausstattung von seinen Eltern/Vorfahren erhalten hat.

Nach Pinel et al 2019, 29

Epigenetik bezeichnet jenes Fach, das sich damit beschäftigt, wie die *Aktivität* von Genen (zB durch Umwelteinflüsse, durch Erfahrung) verändert werden kann und diese Veränderungen bei der Zellteilung an Tochterzellen ‚vererbt‘ werden können. Epigenetik beschäftigt sich also *nicht* mit Veränderungen des genetischen Codes bzw. der DNA-Sequenz an sich, wie sie zB durch Mutationen auftritt, sondern, vereinfacht gesagt, damit, wie und unter welchen Umständen Gene „ein- und ausgeschaltet“ werden.

Für uns als Psychotherapeut:innen gibt es dabei viele interessante Fragestellungen und teilweise auch bereits Forschungsergebnisse. Auszugsweise seien drei Bereiche in Form von Zitaten herausgegriffen:

1. Epigenetisch nachweisbare Einflüsse von frühen Stresserfahrungen

Die Basis für Gesundheit und Krankheit wird bereits früh in der Entwicklung gelegt. Hierbei beeinflusst die Wechselwirkung zwischen der Form frühtraumatischer Erfahrungen und der individuellen genetischen Ausstattung, ob und in welcher Weise belastende Ereignisse in frühen Entwicklungsphasen neurobiologische Spuren hinterlassen, die die Betroffenen über die gesamte Lebensspanne hinweg anfällig für die Entwicklung stressassoziierter Erkrankungen machen und sogar an die nächste Generation weitergegeben werden können. (Knop et al. 2020, 200)

2. Transgenerationale Weitergabe von epigenetischen Veränderungen

Epigenetische Mechanismen können nachgewiesenermaßen andauernde Veränderungen erzeugen. Aber können diese erfahrungsinduzierten Veränderungen auch an zukünftige Generationen weitergegeben werden? Das heißt, könnten die Erfahrungen Ihrer Eltern an Sie und Ihre Kinder weitergegeben worden sein? Biologen haben eine Vererbung epigenetischer Effekte an nachfolgende Generationen zunächst an Pflanzen beobachtet, aber mittlerweile wurden solche Effekte auch für Säugetiere berichtet. (Pinel et al. 2019, 50)

3. Nachweis der Wirksamkeit von Psychotherapie über epigenetische Veränderungen

Wichtige und interessante Forschungsfragen im Rahmen der epigenetischen Forschung sind, ob bestimmte Psychopathologien mit bestimmten epigenetischen Risikoprofilen in Zusammenhang stehen und ob Psychotherapie solche epigenetischen Risikoprofile wieder normalisieren kann. Erste Arbeiten legen dies nahe und bestätigen eine Schlüsselrolle epigenetischer Mechanismen an der Schnittstelle zwischen Risiko und Resilienz... (Pinel et al. 2019, 50)

Die bisherigen Ausführungen machen deutlich, dass eine extremistische Kontroverse Natur-Kultur inzwischen fehl am Platze ist: Weder macht es Sinn, ausschließlich nach „genetischen“ Ursachen für unser Verhalten zu suchen, noch, ausschließlich von „individuell anezogenen“ oder „soziokulturell geprägten“ Verhaltensdeterminanten zu sprechen. Wie wir sind, in welcher Umgebung wir leben, schreibt sich auf unterschiedlichen Ebenen in unseren Körper und Geist ein.

Sensible Perioden

Der Mensch ist eine „physiologische Frühgeburt“. Das bedeutet, wir kommen nicht lebensfähig auf die Welt, sondern sind angewiesen auf unsere primären Bezugspersonen – darauf, dass sie uns versorgen und uns Lernerfahrungen ermöglichen, die uns fit für den weiteren Lebensweg machen.

Auf neurologischer Ebene bedeutet dies, dass das kindliche Gehirn so angelegt ist, dass es offen für Erfahrungen ist. Es ist also nicht von Beginn an „fix verkabelt“. Die konkreten, individuellen „Verschaltungen“ und Netzwerke werden im Laufe der Entwicklung erworben (Plastizität!). Auf neurophysiologischer Ebene zeigt sich, dass das Gehirn zunächst mehr Fortsätze und Synapsen ausbildet, als es benötigt. Die Erfahrungen, die das Kind macht, festigen dann nur bestimmte Verbindungen. Jene, die nicht „gebraucht“ werden, werden wieder beseitigt. Diese Beseitigung wird als „synaptic pruning“ (synaptisches „Zurechtstutzen“ bzw. Synapseneliminierung) bezeichnet. In einem letzten Schritt verfestigen („konsolidieren“) sich die synaptischen Verbindungen, die vermehrt aktiv sind. Das Kind hat also nun bestimmte Erfahrungen erworben und in seinem Gehirn/Gedächtnis in Form von feste(re)n Netzwerken angelegt (Strüber und Roth 2020).

Nun scheint es so zu sein, dass das Gehirn zu bestimmten Phasen in der individuellen Entwicklung besonders sensibel für Erfahrungen ist („sensible Perioden“) oder sogar bestimmte Erfahrungen/Eindrücke benötigt, damit sich Gehirnbereiche – und daraus folgend bestimmte Kompetenzen – entwickeln („kritische Phasen“)(Strüber und Roth 2020). Die ersten beiden Lebensjahre und die Pubertät scheinen sensitive Perioden der Hirnentwicklung darzustellen (Knop et al. 2020).

Für die psychotherapeutische Arbeit ist das Wissen um „sensible Perioden“ in mehrerer Hinsicht relevant:

Es macht Sinn, dass Sie als PsychotherapeutIn in der Anamnese (dem Erfassen der bisherigen Lebensgeschichte) und während der Therapie der/des Patient:in diese sensiblen Phasen besonders im Blick haben und hier insbesondere Faktoren, die kurz- oder langfristig zu großer Belastung geführt haben.

Sensible Phasen der Hirnentwicklung tragen folglich zum Verständnis bei, weshalb frühtraumatische Erfahrungen in der Kindheit und Jugend solch vielfältige Auswirkungen auf den Organismus haben und demzufolge verschiedene Veränderungen auf der neurobiologischen Ebene und infolgedessen auch im Verhalten bedingen können. (Knop et al. 2020, 191)

Das Wissen um sensible Phasen hilft, anzuerkennen, dass widrige Umstände in den ersten Lebensjahren weitreichende Folgen auch noch in späteren Lebensjahren haben können und dass diese Folgen sich nicht auf die psychische Gesundheit beschränken, sondern auch körperliche Syndrome umfassen können.

In der Literatur wird im Zusammenhang mit chronischen Stressoren auch von „allostatic load/overload“ gesprochen. Gemeint ist damit, dass permanente Belastungsfaktoren die Fähigkeit des Organismus/ des jungen Kindes, sich in einem homöostatischen Gleichgewicht zu halten, überfordern. Als Konsequenz entsteht ein permanentes homöostatisches Ungleichgewicht mit zahlreichen körperlichen und psychischen (Langzeit)Folgen. Zu diesen Folgen zählen Asthma, Übergewicht, Depressionen, Arthritis oder Autoimmunerkrankungen (National Scientific Council on the Developing Child 2020).



Abbildung 8: Allostatic overload

Wiederkehrende oder permanente Stressoren aus der Umwelt des Kindes führen zu einer chronischen Dysregulation.

National Scientific Council on the Developing Child. (2020). Connecting the Brain to the Rest of the Body: Early Childhood Development and Lifelong Health Are Deeply Intertwined: Working Paper No. 15. Retrieved from www.developingchild.harvard.edu

Nicht zuletzt ist für die psychotherapeutische Arbeit eine weitere Erkenntnis relevant: Es scheint, dass sensible Phasen nicht starr sind:

Das bedeutet: deren Zeitraum ist nicht unwiederbringlich genetisch festgelegt, vielmehr werden auch das Öffnen und Schließen der Zeitfenster von Erfahrungen beeinflusst. Entsprechend können sensible Perioden experimentell verzögert oder beschleunigt werden. Unter bestimmten Bedingungen scheint auch später ein molekulares Milieu wiederhergestellt werden zu können, in dem umfangreiche Änderungen möglich sind. Die Zeitfenster werden erneut geöffnet. Dies hat natürlich eine große Bedeutung für die Fähigkeit eines Menschen, sich, etwa im Rahmen einer Psychotherapie, ändern zu können. (Strüber und Roth 2020, 128)

Diskutiert wird, ob die Öffnung von Zeitfenstern auch psychopharmakologisch unterstützt werden könne, die diesbezügliche Forschung steht jedoch erst am Anfang (ebd.).

➔ Zum Vertiefen

Psychoneurowissenschaften (2020)



Dieser im Springer-Verlag erschienene und von Roth, Heinz und Walter herausgegebene Sammelband bietet einen guten Einstieg in neurologische Themen, die auch für die Psychotherapie relevant sind.

Bucharest Early Intervention Project (BEIP)

Das BEIP ist eine wissenschaftliche Langzeitstudie, die Auswirkungen von Vernachlässigung in der frühen Kindheit anhand von rumänischen Kindern untersucht, die unter Ceausescu zunächst in Waisenhäusern unter teils verheerenden Umständen aufwuchsen. Auf der Webseite ist nicht nur das Projekt beschrieben, sondern es finden sich auch Publikationen zum Download.

<https://bucharestearlyinterventionproject.org/>

30 years ago, Romania deprived thousands of babies of human contact (2020)



Reportage im „The Atlantic“, die anhand eines Einzelschicksals sehr eindrücklich festhält, welche Langzeitfolgen Deprivation (aber auch Auslands-Adoption) auf Kinder und ihre Beziehungsfähigkeit und Alltagstauglichkeit haben kann.

<https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2020/07/can-an-unloved-child-learn-to-love/612253/>

Psychische Störungen neu betrachten

Die Explosion an wissenschaftlichen Innovationen führen auch zu neuen Perspektiven auf psychisches Leid und deren Klassifikation:

Psychische Störungen werden international mit Hilfe von Diagnose-Schemata oder Klassifikationssystemen identifiziert. Im Bereich der psychischen Störungen sind vor allem das DSM-V (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders; entwickelt von der American Psychiatric Association APA) und das ICD-10/11 (International Classification of Diseases; entwickelt von der Weltgesundheitsorganisation WHO) in Verwendung und anerkannt. Diese anerkannten Diagnose-Schemata bilden psychische Störungen rein deskriptiv ab: Wenn eine bestimmte Anzahl an Symptomen über eine bestimmte Zeitdauer vorhanden ist und bestimmte andere Krankheitsursachen ausgeschlossen werden können, dann kann die psychische Störung XY diagnostiziert werden. Diese Diagnoseschemata unterliegen auch Kritik. So wird unter anderem beanstandet, dass die Krankheitskategorien nicht unbedingt aktuellen neurowissenschaftlichen Forschungsergebnissen entsprechen, sondern rein symptom basiert sind (Überblick bspw. Walter 2020).

Eine Initiative, die bemüht ist, neue Zugänge zu finden, soll hier kurz vorgestellt werden:

Die *Research Domain Criteria (RDoC)* sind ein Projekt des US-amerikanischen National Institute of Mental Health (NIMH). Es stellt ein wissenschaftliches Rahmenmodell zur Verfügung, anhand dessen psychische Störungen („mental disorders“) erforscht werden können (siehe Abbildung 9: RDoC Framework). Auf diese Weise sollen neue Erkenntnisse gewonnen werden, auch abseits der bisher verwendeten international üblichen diagnostischen Kataloge. Das Rahmenmodell lädt ein, mentale Prozesse entlang von sechs Domänen zu erforschen, die wiederum in Unterkategorien unterteilt sind. Dabei sollen ganz unterschiedliche Arten von Variablen einbezogen werden (behaviorale und physiologische Daten, aber auch Daten aus Selbst-Reporten). Es handelt sich beim RDoC also nicht um ein neues Klassifikationsschema, sondern ein Modell, das möglicherweise zu einer Neu-Klassifikation psychischer Störungen führen kann.

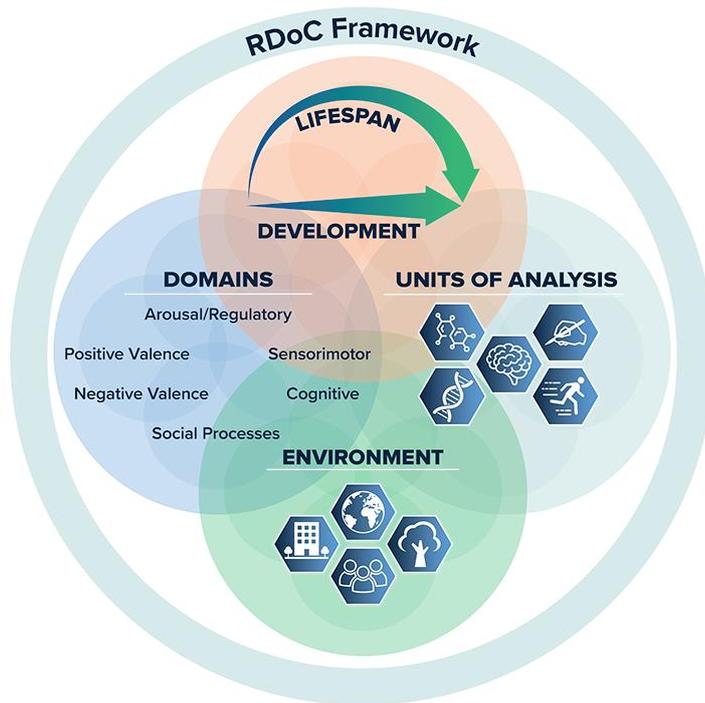


Abbildung 9: RDoC Framework

Domains (Domänen): Sechs große Bereiche des „menschlichen Funktionierens“, die wiederum in weitere forschungsrelevante „constructs“ (Konstrukte; hier nicht abgebildet) unterteilt sind.

Units of Analysis (Analyse-Einheiten): sollen unterschiedliche methodische Zugänge darstellen, darunter genetische, neuronale, behaviorale Erhebungen sowie Selbst-Reporte.

Environment (Umwelt): Jede der Domänen ist eingebettet in und beeinflusst durch unterschiedliche Umwelt-Kontexte.

Development (Entwicklung): Über die Lebensspanne hinweg unterliegen die Domänen und ihre Konstrukte Veränderungen.

<https://www.nimh.nih.gov/research/research-funded-by-nimh/rdoc/about-rdoc>

➔ Zum Vertiefen

RDoC – Research Domain Criteria

Die Webseite des National Institute of Mental Health, auf dem die RDoC näher vorgestellt wird:

<https://www.nimh.nih.gov/research/research-funded-by-nimh/rdoc>

„Wir brauchen eine neue Ordnung für psychische Störungen“ (2021)



Interview mit dem deutschen Psychologen Hans Zimmermann in der Zeitschrift „Spektrum der Wissenschaft“, in dem er ein alternatives Klassifikationsschema (Hierarchische Taxonomie der Psychopathologie HiTOP) vorstellt.

<https://www.spektrum.de/news/eine-neue-ordnung-fuer-psychische-stoerungen/1923280>

Was sind Emotionen?

Wir haben uns bislang mit dem Gehirn und seinen zentralen Funktionsweisen beschäftigt. Dabei haben wir allgemeinspsychologische Themenbereiche wie Wahrnehmung, Gedächtnis, Lernen und Handeln gestreift. Nun wenden wir uns einem Themenbereich der Allgemeinen Psychologie näher zu, der insbesondere für uns Psychotherapeut:innen interessant ist: den Emotionen.

Was Emotionen sind und wie sie entstehen, darüber gibt es unterschiedliche Auffassungen, die sich in einer großen Bandbreite an Emotionstheorien in Philosophie, Psychologie und Neurowissenschaften niederschlagen (s.u.). Einigkeit besteht lediglich darüber, welche Elemente im Rahmen einer emotionalen Erfahrung auszumachen sind. Wie diese „diagnostischen“ Elemente miteinander in Bezug stehen, ist offen für Diskussionen (Scarantino 2016).

Diagnostische Elemente von Emotion

- **Expression:** Damit ist der (typische) Ausdruck einer Emotion im *Verhalten* gemeint. Wir werden sehen, dass es Emotionstheorien gibt, die sich extensiv damit beschäftigen, welche Gesichtsausdrücke, Körperhaltungen, Gesten etc. mit bestimmten Emotionen einher gehen oder diese gar definieren.
- **Physiologische Reaktion(en):** Hier sind traditionell eher Reaktionen des Autonomen Nervensystems gemeint, wie ein veränderter Herzschlag, Atemrhythmus, Erröten, körperliche Anspannung etc., die durch Emotionen ausgelöst werden oder die eine Emotion auslösen (auch darüber herrscht Uneinigkeit). Aktuellere neurowissenschaftliche Forschung sucht nach neuronalen „Fingerprints“ von Emotionen, also Gehirnregionen, neuronalen Erregungsmustern, Neurotransmittern,... die für (bestimmte) Emotionen verantwortlich oder typisch sind.
- **Motivation:** Im Gegensatz zur Expression meint die Motivation eine *Verhaltenstendenz*, oder *-strategie*. So wird mit Furcht oftmals die „fight-or-flight“ (Kampf oder Flucht)-Tendenz assoziiert, also eine Bereitschaft, entweder in die Offensive oder den Rückzug zu gehen. Die *Motivation* zum „Kampf“ könnte in unterschiedlichen Situationen durch sehr unterschiedliche konkrete *Handlungen* ausgedrückt werden: eine Verbalattacke, einen Schlag auf den Tisch, einen inneren Monolog oder einen Faustschlag Richtung AngreiferIn beispielsweise.
- **Kognition:** Emotionen gehen immer mit *Bedeutungszuschreibungen* (engl. „appraisal“) einher. Ich bewerte mich selbst, beurteile eine Situation, schätze ab, was als Nächstes passiert, erinnere mich an ähnliche Erfahrungen usw. Theorien, die ihren Fokus auf diesen Zuschreibungsprozess legen, sind momentan federführend im Diskurs.

- **Subjektives Erleben (Gefühl):** Emotionen werden mitunter (immer?) bewusst erlebt. Ich habe Angst, weil ich Angst *fühle*. „*Emotion*“ wäre somit der Ausdruck für das Gesamtereignis mit allen diagnostischen Merkmalen, „*Gefühl*“ wäre der Begriff, der für einen Teilaspekt reserviert ist, nämlich das „Spüren“ oder auch den Zusatz des Bewusstseins: Sobald ich Angst *fühle*, bin ich mir *bewusst*, dass ich Angst habe – ist die Angst in mein Bewusstsein getreten und ich habe ein subjektives Angsterlebnis.

Abgrenzung

So, wie das Verhältnis dieser Elemente zueinander diskutiert wird, so wird auch „*Emotion*“ je nach wissenschaftlicher Tradition von ähnlichen Begriffen abgegrenzt (oder eben nicht):

- **Affekt:** Im deutschen Sprachraum bezeichnet Affekt oft ein sehr starkes, unkontrollierbares Gefühl („im Affekt handeln“), weiter unten werden wir eine Emotionstheorie kennen lernen, in der Affekt als eine Art körpernaher Vorstufe von Emotionen bezeichnet wird (Barrett 2020a; Barrett 2020b).
- **Stimmung:** Teilweise werden Stimmungen von Emotionen abgegrenzt, indem der Emotion ein Objekt zugeordnet wird (ich fürchte mich *vor* etwas; ich freue mich *auf* etwas), die Stimmung sich jedoch nicht auf etwas Bestimmtes bezieht, diffus ist und länger andauert.
- **Hunger, Durst, Schmerz,...:** Handelt es sich hier um Gefühle, körperliche Zustände oder – im Fall von Hunger und Durst – um Bedürfnisse und wenn ja, sind sie damit von der Emotion grundsätzlich zu unterscheiden oder Spezialvarianten derselben?

Wenn Sie Texte über „*Emotionen*“ lesen, beachten Sie also, dass oben genannte Begriffe teilweise austauschbar verwendet werden und teilweise eine für die jeweilige Emotionstheorie ganz spezifische Definition erhalten. Nicht zuletzt bedingen die unterschiedlichen theoretischen Ansätze auch, dass Uneinigkeit darüber besteht, wie viele und welche Emotionen es gibt (Ist Liebe eine Emotion?) und ob alle Menschen durch ein gleiches Set an Emotionen oder Emotionsausdrücken geeint sind.

Worauf namhafte Emotionstheoretiker:innen sich in einem Positionspapier im Jahr 2021 jedoch einigen konnten, war Folgendes:

...Emotionen formen nicht nur, wie wir die Welt interpretieren, sondern auch, welche Aspekte der Welt unsere Aufmerksamkeit brauchen und welche ignoriert werden können: Emotionen drehen sich nicht nur darum, was ist, sondern auch darum, was bedeutsam ist. (Dukes et al. 2021, 816)

Ebenfalls in diesem Positionspapier wurde auf das steigende Forschungs-Interesse an Emotionen und den wachsenden diesbezüglichen Publikations-Output in unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen hingewiesen. Im Artikel wird sogar über eine neue Ära des „Affektionismus“ spekuliert, die nun nach dem „Behaviourismus“ und „Kognitivismus“ eingeläutet werden könnte (ebd.).

Welche Arten von Emotionstheorien gibt es?

Die zahlreichen Emotionstheorien werden in der Literatur unterschiedlich zusammengefasst und gruppiert. Ich halte mich im Folgenden an eine Darstellung von Scarantino (2016), der drei große Traditionen von Emotionstheorien unterscheidet, die er wiederum in zahlreiche Untergruppen gliedert. Im Folgenden stelle ich kurz die drei großen Traditionen vor und darunter ausschließlich jene Vertreter:innen, auf die wir näher eingehen. Somit ist diese Liste unvollständig, der ganze Stammbaum der Emotionstheorien kann im oben genannten Artikel nachgelesen werden.

(1) **Motivations-Tradition:** Theorien, die darauf fokussieren, dass Emotionen mit bestimmten Verhaltensweisen in Verbindung stehen. Eine der Untergruppierungen sind „Reflexivistische Ansätze“, die davon ausgehen, dass Emotionen gleichsam reflexartig bestimmte Expressionen oder physiologische Kaskaden nach sich ziehen. Wir lernen zwei reflexivistische Ansätze kennen:

- **Darwins Emotionstheorie:** Darwin hat Ende des 19. Jahrhunderts eine Emotionstheorie entwickelt, die eine Anwendung seiner Evolutionstheorie darstellt.
- **Paul Ekman's Theorie der Basisemotionen:** In den 70er Jahren hat der amerikanische Psychologe Paul Ekman auf der Basis von Darwins Werk eine Emotionstheorie entwickelt, die stark auf die *Emotionsexpression* fokussiert.

(2) **Evaluative Tradition:** Theorien dieser Tradition rücken Appraisalprozesse, also das kognitive Element der Bedeutungszuschreibung oder Einschätzung ins Zentrum. Wir lernen einen „kausalen Ansatz“ kennen. Kausale Ansätze gehen davon aus, dass Emotionen durch Bedeutungszuschreibungen erst *entstehen* – und nicht etwa, dass Emotionen Evaluationen von Situationen *sind* („konstitutive Ansätze“):

- **Komponenten-Prozess-Modell:** Klaus Scherer, auf den dieses Modell zurück geht, ordnet im Emotionsprozess unterschiedliche Bewertungsstufen, die dann jeweils mit den anderen diagnostischen Elementen von Emotion Rückkoppelungsschleifen bilden.

(3) **Gefühlstradition:** Theorien, bei denen das subjektive Gefühl („feeling“) im Zentrum steht. Eine der Untergruppierungen der Gefühlstradition sind die „konstruktivistischen Theorien“, von denen wir zwei Varianten kennen lernen. Konstruktivistische Theorien sehen Emotionen als emergente Ereignisse an, die aus Konstruktionsprozessen grundlegender körperlicher „Bausteine“ hervorgehen.

- **James-Lange-Theorie:** Eine Emotionstheorie, die Ende des 19. Jahrhunderts zeitgleich von zwei Wissenschaftlern entworfen wurde. Diese Theorie sieht vor, dass „Gefühle“ aus den zugehörigen körperlichen Zuständen entstehen.
- **Theory of constructed emotion:** Eine aktuelle, neurowissenschaftlich fundierte Theorie, die Emotionen als konzeptuelle Vorhersagen (Konstrukte) des Gehirns definiert.

Motivations-Tradition: Reflexivistische Ansätze

Charles Darwins Emotionstheorie

Als Charles Darwin von seiner Forschungsreise auf der HMS Beagle (1831-36) zurückkehrt, verfügt er über umfangreiche Aufzeichnungen über Geologie, Flora, Fauna und Kulturen, die er in den Jahren danach in zahlreichen Publikationen verarbeitet. 20 Jahre nach der Reise publiziert er das populärwissenschaftliche Buch „On the Origin of Species by Means of Natural Selection or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life“. Mit diesem hoch erfolgreichen Buch begründet er die Evolutionstheorie. Zentrale Aussagen der Evolutionstheorie sind, wie bereits im Titel angekündigt:

- **Natürliche Selektion:** Innerhalb einer Art gibt es eine natürliche Variation an genetischer Ausstattung. Im „Struggle for Life“ setzen sich jene Individuen durch, die aufgrund ihrer genetischen Ausstattung bestangepasst an ihre Umgebung sind. Diese Individuen haben die höchste Wahrscheinlichkeit, sich zu reproduzieren und ihr genetisches Material (somit den genetischen Vorteil) weiterzugeben.
- **Entstehung der Arten:** Es gibt nicht – wie zu jener Zeit häufig angenommen – eine fixe Anzahl an Arten, sondern Arten entwickeln sich über Generationen hinweg und diversifizieren sich. Der Mensch ist letztlich ein Tier und stammt vom Affen ab.

Wiederum 15 Jahre später publiziert Darwin das Buch „The Expression of the Emotions in Man and Animals“ (1872), das eine Ausformulierung der Evolutionstheorie für den Bereich der Emotionen darstellt. Darwin fokussiert darin vor allem auf den Emotionsausdruck: „I have endeavoured to show in considerable detail that all the chief expressions exhibited by man are the same throughout the world“ (Darwin 1872, 361).

Emotionsexpressionen sind für Darwin also universal – auf der ganzen Welt gleich. Unsere Vorfahren entwickelten sie und sie sind in gleicher Form bis heute weitervererbt worden. Darwin verortet Emotionen und Emotionsexpression nicht nur beim Menschen, sondern auch bei Tieren – Affen, Hunden, Katzen oder Hühnern. Er beschreibt, wie dieser Ausdruck ursprünglich aus einer dienlichen Handlung entstand, die zu einer Gewohnheit und schließlich an die nächste Generation weitervererbt wurde. Seine zahlreichen episodischen Beispiele stammen unter anderem aus der Beobachtung seiner eigenen Kinder und aus Rückmeldungen aus einem Fragebogen, den er einige Jahre zuvor an Freund:innen und Familie in aller Welt gesandt hatte (Queries about Expression, 1867). Die Emotionsexpression hat laut Darwin eine kommunikative Funktion, sie zeigt den Mitmenschen an, wie es uns geht und wie wir eine Situation bewerten. Je stärker eine Emotion *ausgedrückt* wird, umso stärker wird sie auch *empfunden* (Darwin 1872).



Abbildung 10: Fotografische Tafel II – Traurigkeit
 In sein Buch über Emotionsexpression hat Darwin auch fotografische Tafeln aufgenommen, um die Universalität von Emotionsausdrücken zu dokumentieren. Hier die Tafel zur Emotion „Traurigkeit“.

© darwin-online.org.uk

➔ Zum Vertiefen

Darwin Correspondence Project – The expression of emotions



Die Webseite des „Darwin Correspondence Project“ enthält unter anderem Hintergrundinformationen zur Entstehung von Darwins Buch über Emotionsexpression. Darunter seine „Queries“, also den Fragebogen über Emotionsexpression, den er versandte und auch die Antworten, die er erhielt.
<https://www.darwinproject.ac.uk/expression-emotions>

Paul Ekmans Theorie der Basisemotionen

In den 1970er Jahren hat der amerikanische Wissenschaftler Paul Ekman versucht, direkt an Darwins Hypothesen anzuschließen. Während Charles Darwin sich auf unsystematische Beobachtungen verlässt, versucht Paul Ekman die Universalität von Emotionsexpressionen systematisch empirisch zu erheben. Er reist dafür unter anderem nach Papua Neuguinea und untersucht jene Angehörige eines abgelegenen Stammes – den Fore -, die bislang noch keinen Kontakt zur westlichen Kultur oder Menschen weißer Hautfarbe hatten.

Ekman geht davon aus, dass es ein Set von 5-7 Primäremotionen gibt, die bei allen Menschen mit denselben mimischen Eigenheiten einhergehen – und sei es, dass der Ausdruck nur für den Bruchteil einer Sekunde gezeigt wird (Mikroexpressionen).

Die Basisemotionen laut Ekman:

- Freude
- Wut
- Ekel
- Furcht
- Trauer
- Überraschung
- Verachtung

In seiner Beschreibung der Charakteristika von Basisemotionen (Ekman 1999) postuliert Ekman unter anderem, dass jede der Basisemotionen mit distinkten physiologischen Kaskaden, Bedeutungszuschreibungen und subjektivem Empfinden einher geht.

Paul Ekmans Theorie erfreut sich großer Popularität und die Idee von Basisemotionen wurde von vielen Forscher:innen aufgegriffen und variiert. Sie ist fixer Bestandteil vieler Lehrbücher, bleibt aber nicht unwidersprochen, wie wir weiter unten sehen werden.

Zum Vertiefen

Atlas of Emotions



Auf dieser Webseite, die in unterschiedlichen Sprachen (auch auf Deutsch) abrufbar ist, stellt Paul Ekman in Kooperation mit dem Dalai Lama sein Emotionskonzept anschaulich dar.

<http://atlasofemotions.org>

Paul Ekman Group



Mit der Paul Ekman Group hat der Wissenschaftler ein Unternehmen gegründet. Über die Webseite können Informationen über Leben und Werk (inkl. Publikationen) des Wissenschaftlers abgerufen, aber auch Seminare zur Dekodierung von Mikroexpressionen gebucht werden.

www.paulekman.com

Evaluative Tradition: Kausale Ansätze

Die evaluative Tradition erfreut sich angesichts der so genannten „kognitiven Wende“ großer Beliebtheit. Im deutschen Sprachraum werden Theorien dieser Tradition auch „Bewertungstheorien“ oder „Einschätzungstheorien“ genannt, im englischen „Appraisal-Theorien“ oder „Cognitive Appraisal Theorien“. Wie bereits erwähnt, spielt hier die kognitive Bewertung innerhalb des Emotionsprozesses eine zentrale Rolle – entweder als Auslöser (kausale Ansätze) von Emotionen oder als Bestandteil der emotionalen Erfahrung.

Klaus Scherers Komponenten-Prozess-Modell

Wir werfen einen Blick auf das Komponenten-Prozess-Modell (Component-Process-Model CPM), das einerseits als „klassisch“ angesehen werden kann – insofern es in Lehrbüchern (bbspw. Müsseler et al. 2017) wie in Überblicksarbeiten (Moors 2020; Scarantino 2016) aufgeführt wird – andererseits aber eine aktuelle Theorie darstellt.

Klaus Scherer ist ein Schweizer Psychologe, der vier aufeinander folgende Bewertungsstufen im Rahmen eines emotionalen Ereignisses veranschlagt (Brosch und Scherer 2008):

1. **Relevanz:** Wie relevant ist das Ereignis für mich und meine soziale Referenzgruppe?
2. **Implikationen:** Was sind die Konsequenzen für mich, meine Ziele und mein Wohlbefinden?
3. **Coping-Potential:** Wie gut kann ich mit den Folgen des Ereignisses zurecht kommen?
4. **Normative Signifikanz:** Wie wichtig ist dieses Ereignis in Bezug auf mein Selbstkonzept und soziale Normen und Werte?

Auf jeder dieser Bewertungsstufen finden Rückkoppelungsprozesse mit den anderen Komponenten von Emotionen (autonome Physiologie, Handlungstendenzen, motorischer Ausdruck und subjektives Gefühl) sowie anderen mentalen/psychischen Prozessen wie Aufmerksamkeit, Gedächtnis, Motivation, Identität oder logischem Denken statt. Auf diese Weise kann derselbe Auslösereiz bei unterschiedlichen Personen unterschiedliche Emotionen (und natürlich unterschiedliche Teilprozesse) hervorrufen.

Scherer selbst forscht intensiv zu Gesichtsausdrücken, wählt dafür jedoch eine etwas andere Herangehensweise als Ekman: Er geht davon aus, dass der Gesichtsausdruck Ergebnis eines Appraisal-Prozesses ist (und nicht so sehr eine Art Reflex), glaubt jedoch auch, dass bestimmte Kombinationen an Bewertungen zu typischen Gesichtsausdrücken führen (Scherer et al. 2019). Die Emotionserkennung in Gesichtern Anderer würde diesen Prozess umdrehen, sei also ein Schlussfolgern vom Gesichtsausdruck auf den zugrundeliegenden Bewertungsprozess (ebd.).

Geneva Emotion Profiler



Scherer arbeitet am „Swiss Center for Affective Sciences“ in Genf. Dort wurde unter anderem der „Geneva Emotion Profiler“ – basierend auf dem CPM) entworfen. Mit diesem Online-Tool können Sie überprüfen, ob das Emotionswort, mit dem sie eine spezifische emotionale Episode beschreiben, übereinstimmt mit dem Wort, das die meisten Menschen verwenden würden.

Dauer: 10 Minuten

<https://sites.cisa-unige.ch/properemo/gep/start.php?lang=de>

Gefühls-Tradition: Konstruktivistische Ansätze

In der Gefühls-Tradition steht das subjektive Erleben im Zentrum. Die konstruktivistischen Ansätze gehen davon aus, dass Emotion aus elementaren körperlichen Bausteinen „konstruiert“ wird.

James-Lange-Theorie

Die James-Lange-Theorie zählt zu den historischen Ansätzen. Sie geht auf zwei Wissenschaftler zurück – den Amerikaner William James und den Dänen Carl Lange – die Ende des 19. Jahrhunderts fast zeitgleich unabhängig voneinander dieselbe Emotionstheorie entwarfen. Die Theorie wurde von Beginn bis heute kritisiert, vereinnahmt und misinterpretiert (bspw. Barrett 2017a; Ellsworth 1994; James 1894). Im Folgenden soll die Theorie in ihrer Ausformulierung durch William James (1884) in seinem klassischen Aufsatz „What is an Emotion“ zitiert werden:

Unsere natürliche Denkweise bezüglich dieser Standardemotionen ist, dass die mentale Wahrnehmung eines bestimmten Ereignisses die mentale Affektion, die Emotion genannt wird, hervorruft und dass dieser mentale Zustand den körperlichen Ausdruck erzeugt. *Meine These ist im Gegensatz dazu, dass die körperlichen Veränderungen direkt der WAHRNEHMUNG des erregenden Ereignisses folgen und dass unser Gefühl ebendieser Veränderungen während sie auftreten die Emotion IST.* Der Hausverstand sagt, wir verlieren unser Vermögen, bedauern dies und weinen; wir treffen auf einen Bären, fürchten uns und laufen weg; wir werden von einem Rivalen beleidigt, werden wütend und schlagen zu. Die Hypothese, die hier verteidigt wird, besagt, dass diese Reihenfolge inkorrekt ist, dass der eine mentale Zustand nicht sofort durch den anderen induziert wird, dass die körperlichen Manifestationen dazwischen geschaltet werden müssen und dass das rationalere Argument ist, dass wir bedauern, weil wir weinen, wütend sind, weil wir zuschlagen, uns fürchten, weil wir beben und nicht, dass wir weinen, zuschlagen oder beben, weil wir bedauern, wütend oder ängstlich sind, je nach Umstand. Ohne die körperlichen Zustände, die auf die Wahrnehmung folgen, würde das Letztere nur kognitiv in seiner Form sein, blass, farblos und bar jeder emotionaler Wärme. (James 1884, 189f; Übersetzung BP; Hervorhebung im Original)

Ohne die körperliche Reaktion bliebe eine rein intellektuelle Reaktion auf den Reiz, so James. Insofern ist die körperliche Reaktion nicht die Emotion (wie das obige Zitat nahelegt, James selbst aber 1894 korrigierend erläutert). Vielmehr sind die körperlichen Reaktionen basale Bausteine, aus denen Emotionen konstruiert werden bzw. als emergente Phänomene hervor gehen. James sieht die körperliche Reaktion ebenso wenig als „Fingerprint“ einer Emotion, was bedeuten würde, dass jede Emotion mit ganz bestimmten körperlichen Reaktionen einher ginge.

Ohne direkt darauf einzugehen, erwähnt James in seinen Erläuterungen 1894 auch die Bedeutung der kognitiven Bewertung, so dass die körperliche Reaktion durch Appraisal moderiert wäre – zumindest ist dies die Lesart von Anhänger:innen der evaluativen Tradition mehr als 100 Jahre später (Ellsworth 1994).

Hausverstand



William James



Abbildung 11: Emotionsentstehung - Hausverstand vs. William James

The Theory of Constructed Emotion – Lisa Feldman Barrett

Wir kommen zur letzten der in diesem Skriptum besprochenen Emotionstheorien. Sie wurde von der Klinischen Psychologin und Neurowissenschaftlerin Lisa Feldman Barrett und ihrem Team entwickelt und basiert direkt auf den von uns bereits erarbeiteten Funktionsprinzipien des Gehirns. In der Zwischenzeit haben Barrett und Kolleg:innen ihre Theorie von der „Theory of Constructed Emotion“ zum „Constructed Mind Approach“ (Shaffer et al. 2022) umformuliert, da sie davon ausgehen, dass mit den beschriebenen Simulations-Prozessen nicht nur die Entstehung von Emotionen, sondern auch andere mentale Prozesse erklärbar sind.

Lisa Feldman Barrett entwirft Emotionen als Teil des bereits vorgestellten Zyklus aus Vorhersage und Vorhersagefehlern zum Zwecke der Allostase. Emotionen, so die Theory of Constructed Emotion, sind Simulationen von inneren Zuständen. Rufen wir uns dafür nochmal in Erinnerung, dass das Gehirn Aktionen vorbereitet (motorische Vorhersage), um danach sensorische Kopien davon zu erstellen (sensorische Vorhersage) – die sensorischen Neurone beginnen also bereits in einem Als-ob-Modus zu feuern (wir „halluzinieren“ die Wirklichkeit), bevor die geplanten Aktionen tatsächlich Rückmeldungen ans Gehirn senden (siehe Abbildung 5 und Abbildung 6 Seite 21). Sowohl die motorische, als auch die sensorische Vorhersage bezieht sich auf Eindrücke aus der Innen- und Außenwelt. Wir lenken nun den Fokus auf Eindrücke aus bzw. Vorhersagen betreffend die „Innenwelt“.

Interozeption und Affekt

Als Interozeption wird die Wahrnehmung von Sensationen aus dem Körper(inneren) bezeichnet. Sie wird von der Exterozeption (Wahrnehmung von Sensationen aus der Außenwelt) unterschieden – also von dem, was gemeinhin als „Wahrnehmung“ bezeichnet wird: Verarbeitung visueller, auditiver, olfaktorischer,... Eindrücke.

Interozeptionen umfassen die Empfindung von Temperatur, Schmerz, Jucken, Kitzeln, Berührung, muskuläre und viszerale Sensationen, vasomotorisches Strömen, Hunger, Durst, Luft-Hunger (Air hunger) (Craig 2002). Manche Wissenschafternnen verwenden eine breitere Definition und beziehen chemische Prozesse mit ein – wie Veränderungen im Hormonhaushalt, Immunsystem, Verdauungstrakt oder Neurotransmittersystemen (Sennesh et al. 2021).

Interozeptionen enthalten Informationen über den allostatischen Zustand des Organismus, also darüber, wie es dem Organismus und seinen Teilsystemen geht, das heißt, ob Energieressourcen ausreichend vorhanden sind. Interozeptionen werden als *Affekte* wahrgenommen. „Affekt ist die beste

Einschätzung deines Gehirns über den Zustand deines Körperbudgets“ (Barrett 2017a, 82; Übersetzung BP). Warum der Körper diese Art der Information als „Affekt“ spürbar macht, bleibt ein Mysterium, schreibt Barrett (Barrett 2017a). (Affekte werden in diesem Modell von *Emotionen* abgegrenzt; dazu, was eine „Emotion“ ist, kommen wir gleich!)

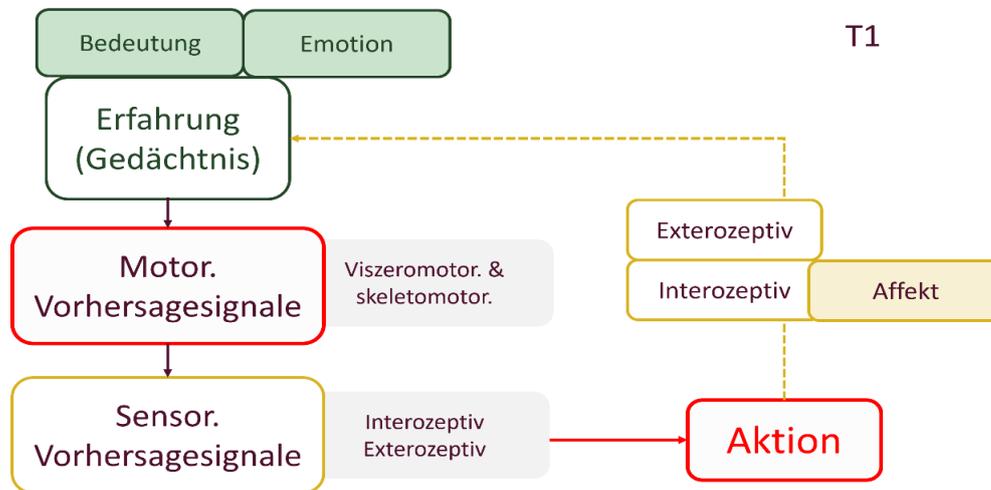


Abbildung 12: Emotionsentstehung gemäß der Theorie der Constructed Emotion

Affekte sind so etwas wie *allgemeine* Gefühlszustände („general sense of feeling“). Sie bewegen sich entlang zweier Achsen: zwischen angenehm und unangenehm (Valenz) sowie zwischen erregt und unerregt (Arousal). So könnte beispielsweise ein Sättigungsgefühl nach dem Essen als angenehm und wenig erregt wahrgenommen werden (gerade die richtige Portion, angenehme Schwere stellt sich ein), sich „überessen“ zu haben jedoch als unangenehm und sehr erregt (wenn sie sogar Übelkeit verspüren).

Affekte sind immer bewusst. Da Interozeption und die dazugehörige Empfindung von Affekten Teil jeder bewussten Episode ist, schlagen Barrett und Kolleg:innen vor: „Valenz und Arousal wären vielleicht besser konzipiert als Eigenschaften von Bewusstsein, denn als Eigenschaft von emotionalen Episoden an sich“ (Hutchinson und Barrett 2019; Übersetzung BP).

Emotionen

Affekte können zu Emotionen werden, wenn eine weitere Zutat hinzukommt: *Bedeutung* (Appraisal). Eine Emotion wird aus einem Affekt unter Einbezug von Erfahrung und der aktuellen Situation *konstruiert*. Eine Emotion ist ein *Konzept*, also Teil des inneren Arbeitsmodells, das versucht, aus der Wirklichkeit Sinn zu konstruieren. Die Konstruktion von Sinn kann auch beinhalten, dass Wörter für die aktuelle Situation gefunden werden, dass das Emotionskonzept also auch sprachliche Elemente beinhaltet. Emotionen beinhalten Handlungsmotivationen, denn körperliche Veränderungen (Interozeptionen), die ins Bewusstsein rücken, zeigen Handlungsbedarf an: „Gefühle lassen Kreaturen wie uns notwendige Dinge tun. In diesem Sinn sind sie ein Maß für Tätigkeitsbedarf.“ (Solms 2021, 97; Übersetzung BP).

Versuchen wir den Weg vom Affekt zur Emotion am oben genannten Beispiel des Hungers: Es beginnt damit, dass sich Ihr Magen langsam leert und der Blutzuckerspiegel sinkt. Zunächst geschehen diese und weitere zugehörige körperliche Veränderungen, ohne dass Sie es bewusst wahrnehmen. Irgendwann wird die Wahrnehmungsschwelle überschritten, Sie werden sich eines unangenehmen Gefühls in der Magengegend bewusst (Affekt). An einem Punkt stellen Sie für sich fest: „Ich habe Hunger!“ (Emotion). Sie haben dies aus Ihrem körperlichen Gefühl geschlossen, unter Zuhilfenahme

Ihrer Erfahrung: Sie erinnern sich, dass Ihre letzte Mahlzeit mehr als zwei Stunden her ist, dass sich bei Ihnen jedoch zwei Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme tagsüber jeweils Hunger einstellt; seit Sie denken können, konnten Sie dieses Gefühl mit erneuter Nahrungsaufnahme stillen und Sie wissen auch, was passiert, wenn Sie Ihr Bedürfnis nicht (gleich) stillen. Daher beginnen Sie zu überlegen, wie Sie nun an Essen kommen können.

Emotionskonzepte sind nicht statisch, sie verändern sich und entwickeln sich über die Lebensspanne: Hat ein Neugeborenes Hunger, bleibt es vermutlich zunächst bei einem affektiven Zustand, den es erlebt. Zunehmend lernt es jedoch, Interozeptionen und situative Elemente zu kombinieren. Es formiert sich ein basales emotionales Konzept: etwas tut weh, großes Unwohlsein, die Mutter erscheint, sagt etwas, gibt Nahrung. Später kann differenziert werden: der Bauch tut weh, das Wort „Hunger“, das die Mutter jeweils zur Benennung der Situation verwendet hat, wird identifiziert und auf diese Weise verändert sich das emotionale Konzept „Hunger“, wird differenzierter. Wieder später kann das Kind das Wort „Hunger“ selbst verwenden, um seine Emotion zu erkennen und auszudrücken.

Wir schauen uns den Simulationsakt, der bei der Konstruktion von Emotionen von statten geht, unter Verwendung der bereits bekannten Grafik an (Abbildung 12):

Zum Zeitpunkt T0 (nicht Teil der Abbildung) „weiß“ das Gehirn über seinen aktuellen Zustand Bescheid. Es fragt sich: In einer ähnlichen Situation in der Vergangenheit, welche Aktion habe ich als Nächstes gesetzt? Mit anderen Worten: Das Gehirn fragt: Welches Konzept passt zu dieser Situation? Nun bereitet das Gehirn zum Zeitpunkt T1 unter Zuhilfenahme bisheriger Erfahrungen eine motorische Aktion vor und entwirft als Kopie davon sensorische Vorhersagesignale, die sensorische Rückmeldungen simulieren. Im Fall einer Emotions-Simulation entspringt der Einschätzung der aktuellen Situation ein Emotions-Konzept. Emotionskonzepte beinhalten Handlungsaufforderungen („Ich habe Hunger, mein Bauch tut weh, ich brauche Essen!“). Die nun vorbereiteten Aktionen und deren interozeptive Rückmeldungen erzeugen erneute affektive Zustände, die wiederum mit der Simulation abgeglichen werden. Wenn ich zu essen beginne und mein Unwohlsein nachlässt, dann hat sich die ursprüngliche Simulation bestätigt. Ich hatte tatsächlich Hunger!

Genauso verhält es sich auch mit anderen Emotionen, die weniger „körpernah“ und offener in Gestalt und Handlungsaufforderung sind. Dabei wird auch deutlich, dass Emotionen gemäß dieser Theorie keine eindeutigen Fingerprints haben (können) – weder im Ausdruck (Expression), noch in neuronalen Korrelaten. Wenn Sie bei sich „Traurigkeit“ orten, so kann dieses Gefühl sehr unterschiedlich im Ausdruck sein. Vielleicht sind Sie ruhig und ihr Gesichtsausdruck neutral, vielleicht weinen Sie aber auch laut mit starker Gestik und Mimik, vielleicht ist es auch einmal so und einmal so. Auch der Umgang mit Ihrer Traurigkeit kann variieren: Suchen Sie Trost bei jemandem – wenn ja, sehnen Sie sich nach einem Gespräch oder einer wortlosen Umarmung? Lenken Sie sich ab – mit Sport, mit Fernsehen, mit Lesen,...? Berauschen Sie sich? Konzepte von Traurigkeit (und anderen Emotionen) weisen also unendliche Bandbreite auf allen Abstraktionsebenen auf – interindividuell und intraindividuell, sind sozial und kulturell geformt. Konzepte von Traurigkeit (und anderen Emotionen) sind auch unterschiedlich differenziert: Kennen Sie Abstufungen von Traurigkeit – und Worte dafür? Differenzieren Sie Ihren Ausdruck? Reagieren Sie unterschiedlich?

Zum Vertiefen

How Emotions Are Made (2017)



Das populärwissenschaftliche Buch, in dem Lisa Feldman Barrett ihre Theorie mit vielen Beispielen gut leserlich zusammenfasst.

Webseite von Lisa Feldman Barrett

Auf der Webseite der Wissenschaftlerin finden Sie unter anderem Videos, wissenschaftliche und populärwissenschaftliche Artikel, die ihre Theorie darstellen.

<https://lisafeldmanbarrett.com/>

▶ *Making Emotion (How Emotions Are Made) (2017)*



Lisa Feldman Barrett erklärt den zentralen Aspekt ihrer Theory of Constructed Emotions.

<https://youtu.be/RVD4OsLEntY?feature=shared>

▶ *Simulation (How Emotions Are Made)(2017)*



Video von Lisa Feldman Barrett, in dem sie die Simulation von Emotionen erklärt.

<https://youtu.be/luK5Evf8Ejs>

Feeling & Knowing – Making Minds Conscious (2021)



In diesem kurzen Büchlein fasst der renommierte Neurowissenschaftler Antonio Damasio viele der Erkenntnisse, die wir uns in diesem Kapitel erarbeitet haben, zusammen.

Verbindungen zu Themen der Psychotherapie

Die Theory of Constructed Emotion und einer ihrer Stützpfiler, das Predictive Coding, sind für unsere Zwecke relevant, weil sich zahlreiche Querverbindungen zur psychotherapeutischen Arbeit ziehen lassen. Einige davon werden wir im Folgenden kurz anreißen:

Emotionskonzepte lernen – Individuelle Ebene

Es wird deutlich, dass wir Emotionskonzepte im Laufe unserer individuellen Entwicklung lernen und sie vorausschauend auf Situationen anwenden. Genauso verhält es sich mit Beziehungserfahrungen. Diese Einsicht deckt sich mit psychoanalytischen Konzepten, die die Relevanz von ersten Beziehungserfahrungen und der Internalisierung dieser Erfahrungen anerkennen:

Das Kind bringt in die Interaktion mit der Mutter libidinöse und aggressive Triebimpulse ein, die seinem körperlichen Bindungsbedarf und seinem Drang nach Selbstbehauptung entsprechen. Aber wie dieses Verlangen nach Körperkontakt und nach Eigenaktivität befriedigt wird, hängt davon ab, wie die Mutter ihrer jeweiligen Affektlage entsprechend darauf eingeht. Je nachdem, ob sie warmherzig auf das Kind reagiert, es bereitwillig und liebevoll an sich drückt und Verständnis dafür zeigt, dass es selbstständig mit Objekten umgehen und sie ausprobieren will, oder ob sie angespannt ist, sich durch kindliche Bedürftigkeit überfordert fühlt, es abweisend auf dem Arm hält, seinen Tatendrang einschränkt oder unterbindet, so entwickeln sich in der Affektkommunikation zwischen Mutter und Kind ganz unterschiedliche Szenen, aufgrund derer libidinöse und aggressive Wünsche auf sehr unterschiedliche Weise inhaltlich ausgeformt werden.

Da sich solche Szenen immer wieder auf die gleiche Weise wiederholen, weil die eine Mutter liebesfähiger und verständnisvoller, die andere hingegen angestrengt, affektdistanziert und verständnislos ist, entwickeln die Kinder ganz unterschiedliche Wünsche. Während das eine Kind es als befriedigend erlebt, Nähe und Kontakt mit anderen Menschen herzustellen, braucht das andere Kind Abstand und fühlt sich im Kontakt nur bei einer gewissen Distanz wohl. (König 2014, 72)

Es ist nicht schwer, dieses Zitat in die Theory of Constructed Emotion zu übersetzen: Was hier beschrieben wird, ist die Ausformulierung von Emotionskonzepten und Beziehungskonzepten in ihrer Variabilität, gestaltet durch die Interaktion mit der Umwelt (Mutter). Wir erwarten, dass sich andere Personen uns gegenüber auf bestimmte Weise verhalten, wir erwarten, dass wir uns dann so oder so fühlen basierend auf den bisherigen Interaktionserfahrungen, die wir gemacht haben und die uns geprägt haben (sensible Phasen!). Entsprechend diesen Erfahrungen entwerfen wir unsere Simulationen und Aktionen.

Modelle zur *Bindung*, *Mentalisierungsfähigkeit*, *Emotionsregulation* oder der Entwicklung der *psychischen Struktur* sind nur einige Beispiele wie diese Vorgänge – meist ohne Rückgriff auf die von uns erarbeiteten neurologischen Grundlagen - in psychologische und psychoanalytische Terminologie gefasst werden.

In einer kurzen Sequenz wird eine gelungene Interaktion zwischen einem Baby und seiner Mutter geschildert.

Emotionskonzepte lernen – Kulturelle Ebene

Emotionskonzepte sind nicht nur durch die individuelle Lebensgeschichte geformt, sondern werden auch kulturell geprägt. Dies zeigt sich unter anderem in Emotionsworten wie „Schadenfreude“, das es zB im Englischen ursprünglich nicht gab (das deutsche Wort wurde ins Englische inkorporiert). Jemand, der das Wort „Schadenfreude“ nicht kennt, kann die Emotion aus verschiedenen anderen Konzepten kombinieren. Das Wort „Schadenfreude“ aber formiert ein neues Emotionskonzept, das sozusagen eine elegantere, effizientere Lösung darstellt als die *Kombination* von Konzepten – und, wie wir nun bereits ausreichend gesehen haben, (Energie-)Effizienz ist das Nonplusultra des Gehirns (Barrett 2017a).

Nicht nur gibt es in manchen Kulturen Emotionskonzepte, die es in anderen Kulturen nicht (als Worte) gibt. Auch gibt es Wörter für Emotionen wie „Angst“ in vielen Sprachen, eine kürzlich erschienene wissenschaftliche Studie zeigt jedoch, dass der Bedeutungshof dieser Worte durchaus unterschiedlich sein kann (Jackson et al. 2019). Über 2.000 Sprachen wurden ausgewertet und in fünf Sprachfamilien zusammengefasst. Es wurde für jede Sprachfamilie ein Netzwerk zentraler Emotionen erstellt, das jeweils die Nähe und Verbundenheit zwischen denselben ausdrückte. Daraus geht beispielsweise hervor, dass „Angst“ („anxiety“) in der Austro-Asiatischen Sprachfamilie eng mit „Trauer“ und „Reue“ verwandt ist, in der Tai-Kadai-Sprachfamilie jedoch mit „Furcht“ („fear“) (S5).

Für Ihre psychotherapeutische Arbeit stellt sich im interkulturellen Kontext also die Frage: Wenn Sie von „Angst“ sprechen und Ihr PatientIn mit anderem kulturellem Hintergrund ebenso – sprechen Sie dann vom Selben? Hat das Wort dieselbe Bedeutung? Wird das Gefühl auf dieselbe Weise ausgedrückt? Welche Reaktionen erwartet Ihr Gegenüber aufgrund ihres/seines kulturellen Hintergrunds, wenn sie/er dieses Gefühl zeigt? Dies kann in der psychotherapeutischen Bearbeitung des Gefühls eine Herausforderung darstellen, insofern viele Aspekte des Konzepts sowohl von Ihrer als auch Patient:innen-Seite als selbstverständlich vorausgesetzt werden.

In einem weiteren Auswertungsschritt wurden in oben genannter Studie die erstellten begrifflichen Netzwerke weiter analysiert. Die Wissenschaftler:innen versuchten herauszufinden, ob die Emotionen über die Sprachfamilien hinweg anhand ähnlicher Dimensionen angeordnet/verbunden waren. Von sechs untersuchten Dimensionen waren „Valenz“ und „Aktivierung“ („activation“, wohl gleichzusetzen mit „arousal“) – also die zentralen Dimensionen von Affekt (s.o.) – am aussagekräftigsten (S. 5). Das legt nahe, dass „Sprachen überall auf der Welt Emotionen auf der Basis von Valenz und Aktivierung differenzieren“ (ebd.; Übersetzung BP).

Neue psychopathologische Konzepte

Das Zusammenwirken von Körper und Geist, von Gehirn und Psyche, auf die von uns erarbeitete Weise zu begreifen, zieht auch veränderte Erklärungsmodelle von Psychopathologie nach sich.

Neuropsychanalyse ist ein relativ junges wissenschaftliches Feld, das sich um einen Dialog zwischen Neurowissenschaften und Psychoanalyse bemüht. Reformulierungen von zentralen psychoanalytischen Konzepten, wie sie durch diesen Dialog angeregt werden, ziehen auch Konsequenzen für die Theorie psychischen Leidens und die psychoanalytische Praxis nach sich.

Im Folgenden soll dies anhand eines Beispiels verdeutlicht werden. Wir stellen uns die Frage, ob es Aufgabe der psychoanalytischen Psychotherapie sein kann, *unbewusste Gefühle bewusst zu machen*:

Ob das Unbewusste Emotionen enthält, es also „unbewusste Gefühle“ gibt, ist bereits bei Freud unklar und wird bis heute sowohl in der Psychoanalyse, als auch unter Neurowissenschaftler:innen diskutiert (zusammenfassender Überblick siehe Benecke und Brauner 2017, 118f). Die Theory of Constructed Emotion und andere neurowissenschaftliche Theorien, die auf Predicted Processing beruhen, beziehen hier eindeutig Stellung: Sie sind sich einig, dass Gefühle *bewusst* sind. Sie definieren als *conditio sine qua non* für Gefühle deren Bewusstheit:

Offensichtlicherweise sind Gefühle alleinig unter den mentalen Funktionen *notwendigerweise* bewusst. Wer hat schon jemals von einem Gefühl gehört, das keine subjektive Qualität hat? Was wäre der Sinn eines Gefühls, wenn wir es nicht fühlen würden? (Solms 2021, 87; Übersetzung BP)

Vor dem Hintergrund dieser Annahme macht es keinen Sinn, als Zielsetzung von psychoanalytischer Psychotherapie die Bewusstmachung unbewusster *Gefühle* zu definieren und dies als heilendes Element zu betrachten (Flores Mosri 2021, 7). Vielmehr müsse es in der psychotherapeutischen Arbeit darum gehen, ineffiziente Simulationen, die Patient:innen sich angeeignet haben, um ihre Emotionen zu regulieren, zu korrigieren.

Nach allem, was ich gesagt habe, ist – so hoffe ich – klar, warum *unsere Patient:innen hauptsächlich an Gefühlen leiden*. Sie kommen nicht zu uns und sagen: ‚Doktor, da gibt es etwas, über das ich mir nicht bewusst bin, könnten Sie mir bitte sagen, was es ist?‘ Was sie sagen ist: ‚Doktor, ich habe dieses (allzu bewusste) Gefühl, das ich nicht haben möchte, könnten Sie mir bitte sagen, was das ist?‘ Psychopharmakologen versuchen, ihnen in dieser Hinsicht zu gefallen. Der analytische Ansatz, im Gegensatz dazu, ist, ihnen stattdessen zu helfen, ihre unwillkommenen Gefühle zu *verstehen*, das heißt, fehlgeleitete Vorhersagen, die diese Gefühle *hervorrufen*, wahrzunehmen – die unbewussten, verdrängten Vorhersagen, die unsere Patient:innen fälschlicherweise (und unwissentlich) zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse anwenden...(Solms 2017, 95; Übersetzung BP; Hervorhebung im Original)

Dieses Beispiel aus dem Bereich der Neuropsychanalyse zeigt, wie die aktuellen Erkenntnisse der Neurowissenschaften verwendet werden, um zur Frage der möglichen Unbewusstheit von Gefühlen (nicht möglich aus aktueller neurowissenschaftlicher Sicht) und zugleich zur Zielsetzung von psychoanalytischer Psychotherapie (nicht die Bewusstmachung von Gefühlen, sondern das Verständnis von Annahmen) Stellung zu beziehen.

Auch abseits der Neuropsychanalyse werden die Postulate des Predictive Coding verwendet, um die Entstehung psychischen Leidens zu erklären und mögliche Behandlungsansätze zu formulieren:

Psychisches Leid ist oft gekennzeichnet durch „negative Gefühle“. Ein dauerhaft negativer Affekt zeigt gemäß dieser neurowissenschaftlichen Ansätze eine homöostatische Dysregulation an bzw. eine dauerhaft unzureichende Form, Interozeptionen adäquat zu interpretieren und auf sie zu reagieren. Das psychopathologische Symptom des negativen Gefühls ist also ein unzureichender Versuch des Organismus/der Person, ein Bedürfnis zu stillen. Es ist zugleich ein Hinweis darauf, dass ein optimaler Umgang mit diesem Bedürfnis noch nicht gefunden wurde (Flores Mosri 2021).

Um homoöstatische Dysregulationen, die zu psychischen Fehlfunktionen führen, im Detail zu erforschen, entwerfen Wissenschaftler:innen Modelle von psychopathologischen Prozessen von zwei Richtungen kommend:

Zum einen gibt es *konzeptuelle Entwürfe*, die basierend auf den Postulaten des Predictive Coding theoretische Überlegungen anstellen. Am Beispiel der Depression gehen zB Barrett und Kolleg:innen davon aus, dass mehrere dysfunktionale prädiktive Mechanismen letztlich dazu führen, dass das Gehirn Überzeugungen über Körperzustände nicht updatet (also insensitiv gegenüber Vorhersagefehlern ist) und dadurch den homöostatischen Zustand des Körpers dauerhaft stört, was nicht nur zu andauerndem negativen Affekt, sondern auch zu den typischen vegetativen depressiven Symptomen wie Erschöpfung (aufgrund eines unausgewogenen Energiehaushalts) führt (Shaffer et al. 2022):

Jede Person mit einer diagnostizierten psychischen Erkrankung, die substantielle Veränderungen in der Stimmung erlebt, könnte an metabolischer Dysregulation leiden, die vom Vorhersagemodell des Gehirns über den Körper stammt.

... Jede physische Krankheit, in die eine Dysfunktion der effizienten Energieregulation involviert ist, wird schlussendlich von affektiven Symptomen begleitet sein. (ebd. S 28; Übersetzung BP)

Zum anderen gibt es *formale* Modelle, die versuchen, Annahmen über psychopathologische Prozesse in Computer-Simulationen, die den Vorgaben des Predictive Coding entsprechen, zu überprüfen. Dabei werden neuronale Netzwerke mit mehreren Hierarchie-Ebenen am Computer konstruiert, um diese dann wiederum mit empirischen Ergebnissen von zB bildgebenden Verfahren abzugleichen (Smith, Badcock und Friston 2020).

Aus diesen Erkenntnissen ließen sich dann maßgeschneiderte Interventionen ableiten:

Wenn, zum Beispiel, geringe Eigenwahrnehmung („self-awareness“; Anm.) auf ein individuelles Emotionskonzept zurückzuführen ist, das unpräzise Vorhersagen generiert, dann würde dies die Notwendigkeit von psychoedukativen Interventionen nahe legen, die einem Individuum helfen, sich Emotionen achtsam zuzuwenden und ein präziseres Emotionskonzept-Wissen zu entwickeln (ebd. S 10; Übersetzung BP)

Wenig überraschend sind die Interventions-Vorschläge eher dem Maßnahmen-Spektrum der Kognitiv-Behaviouralen Therapie zuzuordnen (zB Psychoedukation, Exposition).

Neuropsychanalyse (2021)



Der deutsche Neurowissenschaftler und angehende Psychoanalytiker Gerd Thomas Waldhauser führt in diesem dünnen Heft in die Neuropsychanalyse ein und bezieht sich dabei auch auf das in dieser Lehrveranstaltung besprochene Predictive Coding.

Anhang

Worksheet Allostase

➔ gehört zum Kapitel Allostase - Gleichgewichtszustände als Regulationsprinzip Seite 13

Zitate

„Was auch immer Dein Gehirn sonst macht – denken, fühlen, wahrnehmen, Gefühle ausdrücken – es reguliert auch dein autonomes Nervensystem, dein Immunsystem und dein endokrinologisches System, während du Ressourcen verbrauchst, um weitere Ressourcen zu suchen und zu sichern. Alle Gehirne von Tieren operieren auf diese Weise [...].“ Barrett 2017b, 5 (Übersetzung BP)

**

„Warum hat sich ein Gehirn wie das Unsere entwickelt? Diese Frage ist unbeantwortbar, weil Evolution nicht mit Absicht handelt – es gibt kein ‚Warum‘.

Wir können allerdings sagen, was die wichtigste Aufgabe unseres Gehirns ist. Es ist nicht Rationalität. Nicht Emotion. Nicht Imagination, oder Kreativität, oder Empathie. Der wichtigste Job deines Gehirns ist es, deinen Körper zu kontrollieren – Allostase herzustellen – indem Energiebedarf vorhergesagt wird noch bevor er entsteht, um dann auf effiziente Weise rentable Bewegungen zu tätigen und zu überleben. [...]

Natürlich, dein Gehirn denkt, fühlt und imaginiert und kreiert hunderte anderer Erfahrungen, so wie es dich lesen und dieses Buch verstehen lässt. Aber alle diese mentalen Fähigkeiten sind Konsequenzen der zentralen Mission, dich am Leben und Wohlauf zu halten durch das Management deines Körperbudgets. Alles, was dein Gehirn hervorbringt, von Erinnerungen bis zu Halluzinationen, von Ekstase bis zu Scham, ist Teil dieser Mission. Manchmal budgetiert dein Gehirn kurzfristig, wenn du zum Beispiel Kaffee trinkst, um lang auf zu bleiben und ein Projekt abzuschließen im Wissen, dass du Energie borgst wofür du morgen bezahlen wirst. Ein andermal budgetiert dein Gehirn langfristig, wenn du zum Beispiel Jahre damit verbringst, eine schwierige Fähigkeit zu erlernen, wie Mathematik oder Tischlern, was ein nachhaltiges Investment erfordert aber dir letztlich hilft zu überleben und erfolgreich zu sein.

Du und ich erleben nicht jeden einzelnen Gedanken, jedes Gefühl von Glück oder Wut oder Ehrfurcht, jede Umarmung, die wir geben oder empfangen, jede Freundlichkeit, die wir zuteil werden lassen und jede Kränkung, die wir ertragen als Einlage in oder Abhebung von unserem metabolischen Budget, aber unterm Strich passiert genau das. Diese Idee ist der Schlüssel zum Verständnis, wie dein Gehirn funktioniert und, im Umkehrschluss, wie man gesund bleibt und länger lebt und ein erfüllteres Leben führt.“ Barrett 2020b, 10f (Übersetzung BP)

**

„Biologie-Studierenden wird seit 150 Jahren Claude Bernards weitreichende Aussage vorgesetzt: ‚Alle vitalen Mechanismen haben nur ein Ziel – die Bedingungen der inneren Umwelt konstant zu halten‘. Im Anschluss an diese Aussage wurde ein Gebäude physiologischer Theorien und Experimente konstruiert mit der Intention zu zeigen, dass physiologische Regulation in erster Linie bedeutet, dass jeder interne Parameter an einem bestimmten Sollwert gehalten wird und dass Feedback dazu verwendet wird, um diesen Wert gegen Fehler zu ‚verteidigen‘. In seinem Buch ‚Weisheit des Körpers‘

hat Walter Cannon diese körper-zentrierte, fehler-korrigierende Theorie der Regulation ‚Homöostase‘ genannt – Stabilität durch Konstanz [2], and beinahe ein Jahrhundert später wird dies immer noch in allen Lehrbüchern und Kursen in Biologie und Medizin nacherzählt.

Dennoch, just als Bernard erklärte, dass das Ziel aller Regulation Konstanz ist, schlug Darwin vor, dass das wahre Ziel Fitness ist – Erfolg im Wettbewerb um limitierte Ressourcen um zu überleben und sich fortzupflanzen [3]. Beide Aussagen können nicht wahr sein. Ein Organismus, der alle internen Parameter an einem vorgegebenen Wert hält, wird unter jenen Umständen optimal funktionieren, die diesen Werten am besten dienen. Jede Veränderung der Bedingungen muss die vorbestimmten Werte suboptimal – und den Organismus weniger fit – machen. Umgekehrt, um fit zu sein, muss ein Organismus kontinuierlich verändernde Bedingungen antizipieren und feed-forward Signale nutzen, um alle Parameter zu adjustieren, um die vorausgesagten Bedürfnisse zu erfüllen.

Ein regulatorisches System, das Fehler verhindert ist intrinsisch effizienter als eines, das diese einfach nur korrigiert. Insofern, unter der Annahme von Darwins Theorie, muss Bernards Theorie logisch zurückgewiesen werden. Mit Fitness als Ziel und Effizienz als Einschränkung müssen alle Parameter variieren. Als vorausschauende Kontrolle (predictive control) als dominantes Regulationsmodell vorgeschlagen wurde und ‚Allostase‘ (Stabilität durch Veränderung) genannt wurde [4], gab es Zweifel, ob ein zusätzliches Konzept notwendig war, ganz zu schweigen von einem neuen Begriff [5]. Dennoch, die Beweise haben sich verdichtet für die Relevanz von vorausschauender Kontrolle und wir setzen hier Allostase in diesen angereicherten Kontext. Wir klären auch, dass Allostase Homöostase nicht ausschließt. Eher sind die beiden ergänzend, wo Vorhersagen scheitern, gibt es Fehler zu beheben, also bedarf es beider Arten von Kontrolle. Schulkin & Sterling 2019, 740

**

Homöostase

„Homöostase (altgriechisch ὁμοιοστάσις homoiostásis, deutsch ‚Gleichstand‘) bezeichnet einen Gleichgewichtszustand eines offenen dynamischen Systems, der durch einen internen regelnden Prozess aufrechterhalten wird. Sie ist damit ein Spezialfall der Selbstregulation von Systemen. Der Begriff wird in zahlreichen Disziplinen wie zum Beispiel in der Physik, Chemie, Biologie, Ökologie, in den Wirtschaftswissenschaften, der Soziologie, der Psychologie, der Medizin oder in der Rechtswissenschaft angewendet. Ein System in Homöostase ist ein Homöostat.“ Wikipedia, n.d.-c

**

„Um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurde von Claude Bernard ein neues Konzept der Regulation vorgeschlagen: ‚...Alle vitalen Mechanismen...haben immer ein Ziel, nämlich die Gleichheit der Lebensbedingungen im internen Milieu zu erhalten...[3]‘. Eine Generation später hat Cannon dieses Konzept zusammengefasst und es ‚Homöostase‘ genannt [4]. Das Konzept wurde schließlich mit einem Diagramm formalisiert, das vorschlägt, dass Stabilität für jeden vitalen Parameter erreicht wird, indem ein Sensor Abweichungen von einem Sollwert detektiert und dieses ‚Fehlensignal‘ an einen Kontroller feedback, der den Wert zur Normalität zurück bringt (Fig. 1). [...]

Dieses Modell hat die Forschung zu normaler und Patho-Physiologie für das nächste Jahrhundert dominiert, tut es noch immer und hat damit auch den vorrangigen Zugang zu Therapeutika festgesetzt. In der Folge befragt dich ein moderner Arzt auch wenig zu deinem Geist. Eher studiert er Laborwerte und, sollte er Abweichungen feststellen – empfiehlt ein Medikament, um dies zu korrigieren. Das Homöostase-Modell der Regulierung ist so gut etabliert und ist so erfolgreich, dass es weder eine Überprüfung, noch eine Verteidigung braucht. [...]

Man muss endlich anerkennen, dass Bernards Diktum fehlerhaft ist. [...]

Zuerst, wenn ein Parameter durch negatives Feedback konstant gehalten (eingeklemmt) wird, dann kann er nicht auf Veränderungen der Nachfrage antworten. Zum Beispiel, wenn eine Steigerung des Blutdrucks prompt durch eine Reduktion von Herzfrequenz und Herzschlagvolumen ‚korrigiert‘ würde, dann könnte ein Organismus seinen erhöhten Bedarf an sauerstoffgesättigtem Blut nicht befriedigen. Diese Schwierigkeit blieb tendenziell unbemerkt in einer Zeit, als Organe in vitro oder bei anästhesierten Tieren studiert wurden – wo der Bedarf relativ stabil ist. Jedoch fluktuiert der Bedarf ständig bei einem alerten Tier in der wirklichen Welt und erfordert entsprechende Veränderungen in der Antwortgröße. Eine fixierte Kapazität wäre für kleinere Belastungen überschießend (demnach verschwenderisch) aber nicht ausreichend bei größeren Belastungen (demnach gefährlich). Natürlich haben Cannon und Selye Ausnahmen bemerkt, um schwerwiegende Bedingungen (Kampf, Flucht, Stress) zu bewältigen, aber diese wurden als Notfallsysteme erachtet, die das zugrunde liegende homöostatische System überlagerten. [...]

Ein zweiter Grund, warum homöostatische Kontrolle ineffizient wäre, ist, dass, wenn sich jedes Organ unabhängig selbst regulieren würde, Gelegenheiten für effiziente Trade-offs entgehen würden. Daher würde jedes Organ seine eigenen Reservekapazitäten erfordern; das würde zusätzlichen Treibstoff und Blut erfordern, und daher mehr Verdauungskapazität, ein größeres Herz und so weiter -, um diese teure Infrastruktur zu unterhalten, die kaum jemals genutzt wird. Effizienz erfordert, dass Organe Ressourcen austauschen, in anderen Worten, sich kurzfristige Darlehen geben [...].

Ein viertes Problem für Homöostase ist, dass es nicht designt wurde, um Fehler zu minimieren. Obwohl Fehler unvermeidlich sind, sind sie schlecht. Sie können akut katastrophisch sein, zum Beispiel muss eine neue Verteilung des Blutdrucks etabliert werden bevor die Haltung verändert wird, so wie beim Aufstehen, ansonsten könnte der Fehler („posturale Hypotension“) zu Ohnmacht führen. [...] Ein effizientes System muss nicht nur Fehler korrigieren sondern Wege finden, ihre Größe und Häufigkeit zu minimieren.“ Sterling 2012, 6f; Übersetzung BP; Hervorhebung im Original

**

Allostase

„The Prämisse des Standard Regulationsmodells, ‚Homöostase‘, ist fehlerhaft: Das Ziel von Regulation ist nicht, das interne Milieu konstant zu halten. Vielmehr geht es darum, das Milieu kontinuierlich anzupassen, um Überleben und Reproduktion sicher zu stellen. Regulatorische Mechanismen müssen effizient sein, aber Homöostase (Fehlerkorrektur durch Feedback) ist auf inhärente Weise ineffizient. Daher können Feedbacks – obwohl sie sicherlich allgegenwärtig sind – wohl nicht als vorrangige Regulationsmechanismen gedient haben.

Ein neueres Modell, ‚Allostase‘, schlägt vor, dass effiziente Regulation die Vorhersage von Bedürfnissen verlangt sowie Vorbereitungen, diese zu befriedigen, bevor sie entstehen. [...] Diese Regulationsstrategie braucht ein zweckbestimmtes Organ, das Gehirn.

Das Gehirn verfolgt unterschiedlichste Variablen und integriert ihre Werte mit vorausgehendem Wissen, um Bedürfnisse vorherzusagen und Prioritäten zu setzen. Das Gehirn koordiniert Effektoren um Ressourcen aus Körperreserven zu mobilisieren und implementiert ein System flexibler Trade-Offs: von jedem Organ gemäß seiner Fähigkeiten, zu jedem Organ gemäß seinen Bedürfnissen. Das Gehirn hilft auch das interne Milieu zu regulieren, indem es antizipatorisches Verhalten steuert. Auf diese Weise kann ein Tier Energie konservieren, indem es sich zu einem wärmeren Ort bewegt – bevor es abkühlt, und es konserviert Salz und Wasser, indem es sich zu einem kühleren Ort bewegt – bevor es schwitzt.

Die Verhaltensstrategie erfordert ein kontinuierliches Update eines Sets an spezifischen ‚Einkaufslisten‘, die das wachsende Bedürfnis nach jeder Schlüssel-Komponente (Wärme, Nahrung, Salz, Wasser) dokumentieren. Diese Appetite münden in einen gemeinsamen Pfad, der sich eines ‚Stabes‘ bedient, der den Organismus in Richtung der Bedürfnisbefriedigung treibt, plus einer ‚Karotte‘, die den Organismus entspannt, wenn das Bedürfnis befriedigt ist. Der Stab korrespondiert weitgehend mit einem Gefühl der Angst, und die Karotte weitgehend mit einem Gefühl der Lust (pleasure, Anmerkung BP). Dieses Design bedingt, dass Ängste nicht-adaptiv sind und Lustgefühle kurz – schnell-adaptierend – um sogleich für die nächste Angst Platz zu machen. Die Stab/Karotte-Mechanismen haben sich früh entwickelt und erweitert, sodass sie beim Menschen Lernen auf höherer Ebene und soziale Ordnung steuern. Entsprechend haben sich die ‚Mündungen‘ erweitert, um eine Vielzahl an Aktivitäten und Erfahrungen zu erlauben, die jede für sich non-adaptive Ängste und kurze Lustgefühle bereiten, deren Belohnungswerte teilweise vom investierten Aufwand abhängen.“ Sterling 2012, 5; Übersetzung BP; Hervorhebungen im Original

**

„Allostase nimmt an, dass effiziente Regulation die Vorhersage von Bedürfnissen und die Bereitschaft, diese zu befriedigen, bevor sie entstehen erfordert – im Gegensatz zu Homöostase, welche einen stabilen Zustand als Ziel hat. Allostase, Stabilität durch Variation, wurde von Sterling und Eyer 1988 als neues Modell physiologischer Regulierung vorgeschlagen. Es unterscheidet sich in mehreren Aspekten vom Standardmodell der Homöostase, d.h. Stabilität durch Konstanz.“ Wikipedia, n.d.-b; Übersetzung BP

**

„Der im Allostase-Konzept zentralen Variabilität wird größte Bedeutung dafür zugeschrieben, dass sich komplexe Organismen auf sich verändernde Umwelt- und Lebensbedingungen einstellen können. Das Allostase-Konzept erweitert nach den Autoren das einfachere Homöostase-Konzept, nach welchem der Körper in jeder Situation v. a. eine Aufrechterhaltung eines inneren Gleichgewichts anstrebt. Nach dem dynamischeren Allostase-Konzept spielt für allostatistische Reaktionen auf komplexe Problemlagen und die Antizipation kommender Belastungen insbesondere das Gehirn eine Schlüsselrolle.[1][3]“ Wikipedia, n.d.-a

**

„Alle Gehirne vollbringen dieselbe Kernaufgabe (Sterling and Laughlin 2015): auf effiziente Weise Ressourcen zu sichern für die physiologischen Systeme innerhalb des Körpers des Tieres (d.h. sein inneres Milieu), sodass das Tier wachsen, überleben und sich reproduzieren kann. Dieser Balanceakt wird ‚Allostase‘ genannt (Sterling 2012). Wachstum, Überleben und Reproduktion (und demnach die Weitergabe von Genen) erfordern die kontinuierliche Aufnahme von metabolischen und anderen biologischen Ressourcen. Metabolische und andere Aufwendungen werden benötigt, um physische Bewegungen zu planen und auszuführen, die wiederum notwendig sind, um an diese Ressourcen überhaupt erst zu gelangen (und zum Schutz gegen Bedrohung und Gefahr). Allostase ist kein Zustand des Körpers, sondern ein Prozess, der beschreibt, wie das Gehirn den Körper nach Maßgabe von Kosten und Nutzen reguliert.“ Barrett 2017b, 3; Übersetzung BP

**

Allostase ist... „eine konservative Tendenz, die den Organismus innerhalb seiner phänotypisch funktionsfähigen Grenzen hält, und zwar über viele biologische Parameter hinweg.“ Solms 2020, 7

**

„Man kann zeigen, dass zwischen den Gegebenheiten der Umwelt und den Verhaltensweisen eine Passung vorhanden sein muss in dem Sinne, dass das Leben und Überleben in unserer natürlichen und sozialen Umwelt nach externen Kriterien der physischen Fortdauer und internen Kriterien des biologischen und psychischen Wohlbefindens gesichert ist.“ Roth 2003, 86

**

„Dasselbe trifft im Grunde auf alle Parameter zu: Temperatur, Blutverteilung, Hormonlevel und so weiter. Alle verändern sich mit unterschiedlichen Amplituden und Zeitkonstanten und alle diese Fluktuationen teilen ein gemeinsames Ziel: Allerdings ist das Ziel nicht Konstanz, sondern eine koordinierte Variation von breiten Mustern um die Leistung zu den geringsten Kosten zu optimieren. Das ist die Kernidee von prädiktiver Regulation [...].“ Sterling 2012, 8; Übersetzung BP

**

„Vorausschauende Kontrolle wird über drei breite Strategien implementiert. Erstens wahrt das Gehirn die Zeit. Indem es den 24h-Tag in Perioden von Ruhe und Aktivität teilt, koordiniert das Gehirn die gesamte Biochemie und Physiologie des Organismus in einem effizienten Menü von Enzymen und Metaboliten [6]. Zweitens, das Gehirn sammelt und analysiert Informationen um zu kalkulieren, was der Körper möglicherweise benötigt. Als nächstes ändert es dynamisch alle Parameter um ‚gerade genug, gerade zur rechten Zeit‘ Ressourcen zu liefern. Drittens, das Gehirn steuert Trade-offs, welche benötigte Vorräte von metabolisch tolerantem Gewebe, wie Haut, Bauch und Nieren, in Richtung bedürftigerer Gewebe wie Herz- und Skelettmuskeln verteilen. Diese Strategie minimiert ‚überschüssige Kapazitäten‘, um auf diese Weise die jeweilige Leistung zu den geringsten Kosten zu bewerkstelligen [7]. Auf der Verhaltensebene erlauben Trade-offs eine dynamische Reorganisation von Prioritäten je nach Dringlichkeit des antizipierten Bedürfnisses und der Fülle der antizipierten Möglichkeiten [8]. Diese Strategie beruht auf der Fähigkeit des Gehirns zu belohnungs-getriebenem Lernen [9].“ Schulkin u. Sterling 2019, 740f; Übersetzung BP

Worksheet Konstruktion

➔ gehört zum Kapitel Konstruktion – das Gehirn als Realitätsmaschine Seite 17

Zitate

„Vom Moment unserer Geburt bis zum Moment unseres letzten Atemzugs ist unser Gehirn in einer dunklen, stillen Box gefangen, die Schädel genannt wird. Tagein, tagaus erhält es Sinnesdaten von der Außenwelt über unsere Augen, Ohren, Nase und andere Sinnesorgane. Diese Daten kommen nicht in Form jener bedeutungsvollen Anblicke, Gerüche, Geräusche und anderer Sensationen an, die die meisten von uns erfahren. Sie sind nur ein Trommelfeuer an Lichtwellen, Chemikalien und Veränderungen des Luftdrucks mit keiner inhärenten Bedeutung.

Konfrontiert mit diesen mehrdeutigen Bruchstücken von Sinnesdaten muss das Gehirn irgendwie herausfinden was als Nächstes zu tun ist. Wir erinnern uns, die wichtigste Aufgabe des Gehirns ist es, unseren Körper zu kontrollieren, damit wir am Leben und gesund bleiben. Unser Gehirn muss irgendwie Bedeutung gewinnen aus dem Ansturm von Sinnesdaten, den es empfängt damit wir nicht eine Stiege hinunterfallen oder als Mittagessen irgendeines wilden Tieres enden.

Wie entziffert das Gehirn die Sinnesdaten, so dass es weiß, wie es weiter vorgehen soll? Wenn es nur die mehrdeutige Information nutzen würde, die momentan präsent ist, dann würden wir in einem Meer der Ungewissheit treiben, herum rudern bis wir die beste Antwort herausgefunden hätten. Glücklicherweise hat das Gehirn eine weitere Informationsquelle zur Verfügung: Unser Gehirn kann auf eine Lebensspanne vergangener Erfahrungen zurückgreifen – Dinge, die uns persönlich widerfahren sind und Dinge, die wir von Freund:innen, Lehrer:innen, Büchern, Videos und anderen Quellen erfahren haben. [...]

Unsere vergangenen Erfahrungen inkludieren nicht nur was in der Welt um uns herum, sondern auch, was innerhalb unseres Körpers passiert ist. Hat das Herz schnell geschlagen? Haben wir stark geatmet? Unser Gehirn fragt sich das in jedem Moment, metaphorisch gesprochen. Das letzte Mal als ich in einer ähnlichen Situation war, als mein Körper in einem ähnlichen Zustand war, was habe ich da als Nächstes getan? Die Antwort muss nicht perfekt für die Situation passen, nur nah genug sein, um unserem Gehirn einen passenden Handlungsplan zu geben um zu überleben und zu sogar zu gedeihen. [...] Mit anderen Worten, unser Gehirn kombiniert Informationen von außerhalb und innerhalb unseres Kopfes um alles was wir sehen, hören, riechen, schmecken und fühlen zu produzieren.“ Barrett 2020b, 66f; Übersetzung BP; Hervorhebung im Original

**

„Die Sinnesorgane beschränken unsere Wahrnehmung schon durch ihre Bau- und Funktionsweise auf einen sehr kleinen Ausschnitt des Gesamtgeschehens in der Welt. Dieser ist allerdings meist derjenige, der von besonderer Bedeutung für unser Überleben ist und entsprechend der Bereich, in dem die Sinnesorgane am besten arbeiten. [...] Wahrnehmung beruht also nicht auf einer direkten Abbildung der Welt, einer bloßen Kopie, aber doch auf einer systematischen, wenngleich ausschnitthaften, hervorgehobenen und abgeschwächten Repräsentation der Welt im Gehirn, die mit der spezifischen Überlebenssituation des Organismus eng zusammen hängt.“ Roth 2003, 72

**

„Dein Gehirn konstruiert aktiv deine Erfahrungen. Jeden Morgen wachst du auf und erfährst rund um dich herum eine Welt voller Sensationen. Vielleicht fühlst du die Bettlaken an deiner Haut. Vielleicht hörst du Geräusche, die dich aufgeweckt haben, wie einen läutenden Wecker oder Vogelgezwitscher oder deinE schnarchendeR EhepartnerIn. Vielleicht riechst du Kaffee, der zubereitet wird. Diese Sensationen scheinen direkt in deinen Kopf zu segeln als wären deine Augen, Nase, Mund, Ohren und Haut transparente Fenster zur Welt. Aber du nimmst nicht mit deinen Sinnesorganen wahr. Du nimmst mit deinem Gehirn wahr.

Was du siehst ist eine Kombination von dem, was draußen in der Welt ist und was von deinem Gehirn konstruiert wird. Was du hörst ist also eine Kombination von dem, was da draußen ist und was in deinem Gehirn ist und dasselbe gilt für deine anderen Sinne.

Auf weitgehend gleiche Weise konstruiert das Gehirn auch, was wir innerhalb unseres Körpers fühlen.

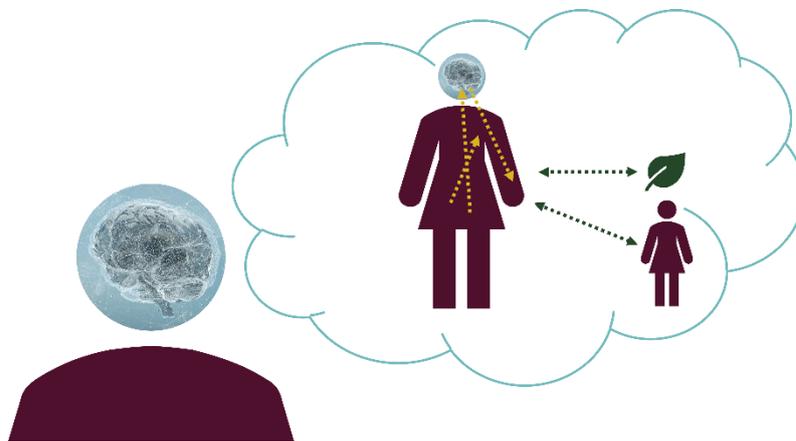


Abbildung 13: Darstellung des inneren Modells

Das Gehirn bildet ein inneres Modell, mit Hilfe dessen Signale aus dem Körperinneren und aus der Außenwelt unter Einbezug der bisherigen Lebenserfahrungen gedeutet werden können. Das innere Modell dient letztlich der Aufrechterhaltung des Energiehaushalts des Organismus.

Unsere Schmerzen und unsere Angst und andere innere Sensationen sind eine Kombination aus dem, was im Gehirn vor sich geht und was tatsächlich innerhalb der Lungen und dem Herzen und den Muskeln und so weiter passiert. Unser Gehirn fügt ebenso Information von vergangenen Erfahrungen hinzu, um zu erraten, was diese Sensationen meinen. Es könnte zum Beispiel sein, wenn Menschen nicht genug geschlafen haben und müde sind oder wenig Energie haben, dass sie sich hungrig fühlen (weil sie schon früher hungrig waren als sie wenig Energie hatten) und sie könnten denken, dass ein schneller Snack ihnen einen Energieschub geben wird. Tatsächlich sind sie jedoch einfach müde vom Schlafmangel. Diese konstruierte Erfahrung von Hunger könnte ein Grund sein, warum Menschen ungewollt an Gewicht zunehmen. [...]

Neurowissenschaftler:innen sagen gerne, dass unsere alltäglichen Erfahrungen sorgfältig kontrollierte Halluzinationen sind, beschränkt durch die Welt und unseren Körper aber letztlich konstruiert vom Gehirn.“ Barrett 2020b, 70ff; Übersetzung BP; Hervorhebung BP

**

„Wenn unsere Wahrnehmungen also Konstrukte sind (wenngleich keine bewusst-willkürlichen) und keine Abbilder, wieso sind sie trotzdem in aller Regel verlässlich? Dies können wir am ehesten

verstehen, wenn wir uns klarmachen, dass nicht unsere Wahrnehmungen »richtig« sein müssen, sondern unsere Verhaltensweisen. Man kann zeigen, dass zwischen den Gegebenheiten der Umwelt und den Verhaltensweisen eine Passung vorhanden sein muss in dem Sinne, dass das Leben und Überleben in unserer natürlichen und sozialen Umwelt nach externen Kriterien der physischen Fortdauer und internen Kriterien des biologischen und psychischen Wohlbefindens gesichert ist. Ein Salamander muss nicht die Welt korrekt erkennen, um eine Fliege zu fangen, und wir müssen den physikalischen Raum nicht so abbilden, wie er tatsächlich ist, um uns in ihm zurecht zu finden. Es genügen [...] Annäherungsmodelle, die, wenn es darauf ankommt, verfeinert werden, so dass eine präzisere Verhaltenssteuerung möglich ist.

All dies ist in unseren Sinnessystemen und in unserem Gehirn vor vielen Millionen von Jahren geschehen, und deshalb sind diese Konstrukte so verlässlich. Andere Konstrukte erhalten ihre Verlässlichkeit über die sich verfestigenden Lernprozesse während der Frühstadien unserer Entwicklung, die zudem von stammesgeschichtlich bewährten Regeln geleitet werden. Anderes schließlich unterliegt dem Spiel der aktuellen Hypothesenbildung und Konstruktion, wenn wir mit neuen Gesichtern, Szenen, Sätzen und Sachverhalten konfrontiert werden und deren Bedeutung erfassen müssen. Aber auch dies geschieht in aller Regel unbewusst und automatisiert und immer unter Zuhilfenahme bewährten Gedächtnis-Materials. Das macht diese Konstrukte verlässlicher, als wenn sie bloße Kopien der Umweltereignisse wären.“ Roth 2003, 85f

**

„Wir können ohne Übertreibung sagen, dass bei komplexen Wahrnehmungen unser Gedächtnis das wichtigste Wahrnehmungsorgan ist. Aufbauend auf genetisch vorgegebenen oder früh verfestigten primären Interpretationshilfen [...] ist jeder Wahrnehmungsprozess eine Hypothesenbildung über Gestalten, Zusammenhänge und Bedeutungen der Welt. Anders ausgedrückt: Die Art und Weise, wie im Prozess der Wahrnehmung unsere Umgebung in bedeutungsvolle Gestalten und Geschehnisse gegliedert wird, ist eine Folge von Versuch und Irrtum, von Konstruktions- und Interpretationsversuchen, von Bestätigung und Korrektur. [...]

Anders ausgedrückt: Was für einen Beobachter wie die Wahrnehmung externer Geschehnisse aussieht, ist in Wirklichkeit ein Prozess der internen Hypothesenbildung über die möglichen Bedeutungen der intern erfahrenen Veränderungen. Das System versucht dabei, bestimmte interne Mängel-, Bedürfnis- oder Ungleichgewichtszustände auszugleichen. Die Umwelt existiert aber für das System nicht real, sondern ebenfalls nur als Konstrukt.“ Roth 2003, 84f

Worksheet Wahrnehmen als Schlussfolgern

➔ gehört zum Kapitel Konstruktion – das Gehirn als Realitätsmaschine Seite 17

Zum Text

Anbei finden Sie ein Zitat aus dem Buch „Handbuch der physiologischen Optik“, welches im Jahr 1867 als 9. Band der „Enzyklopädie der Physik“ erschienen ist. Der Autor des Handbuchs ist Hermann von Helmholtz, ein deutscher Naturwissenschaftler, der in den Bereichen der Physik und Physiologie große Anerkennung fand.

Das Handbuch widmet sich, wie der Name schon sagt, den physikalischen und physiologischen Grundlagen des Sehens. Der dritte Abschnitt des Buches handelt von den „Gesichtswahrnehmungen“ – bspw. den Augenbewegungen und dem Tiefensehen. Die Einleitung zu diesem Kapitel - „Von den Wahrnehmungen im Allgemeinen“ – ist für uns interessant. Sie umfasst nur wenige Seiten und wird oftmals als einer der historischen Grundlagentexte der „Predictive Processing“-Ansätze genannt, weil von Helmholtz darin postuliert, dass dem Wahrnehmungsprozess ein Akt des Schlussfolgerns (also ein erfahrungsbasierter Konstruktionsprozess) zugrunde liegt.

§.26. Von den Wahrnehmungen im Allgemeinen

- 427 -

„Wir benutzen die Empfindungen, welche Licht in unserem Sehnervenapparate erregt, um uns aus ihnen Vorstellungen über die Existenz, die Form und die Lage äusserer Objecte zu bilden. Dergleichen Vorstellungen nennen wir *Gesichtswahrnehmungen*. Wir haben in diesem dritten Abschnitte der physio- logischen Optik auseinanderzusetzen, was sich bisher über die Bedingungen, unter denen Gesichtswahrnehmungen zu Stande kommen, auf naturwissenschaftlichem Wege ermitteln liess.

Da Wahrnehmungen äusserer Objecte also zu den Vorstellungen gehören, und Vorstellungen immer Acte unserer psychischen Thätigkeit sind, so können auch die Wahrnehmungen immer nur vermöge psychischer Thätigkeit zu Stande kommen, und es gehört deshalb die Lehre von den Wahrnehmungen schon eigentlich dem Gebiete der Psychologie an, namentlich insofern hierbei die Art der darauf bezüglichen Seelenthätigkeiten zu untersuchen ist, und deren Gesetze festzustellen sind.

[...]

Unser Zweck ist also wesentlich nur das Empfindungsmaterial, welches zur Bildung von Vorstellungen Veranlassung giebt, in denjenigen Beziehungen zu untersuchen, welche für die daraus hergeleiteten Wahrnehmungen wichtig sind. Dieses Geschäft kann ganz nach naturwissenschaftlichen Methoden ausgeführt werden. Wir werden dabei nicht vermeiden können von psychischen Thätigkeiten und den Gesetzen derselben, so weit sie bei der sinnlichen Wahrnehmung in Betracht kommen, zu sprechen, aber wir werden die Ermittlung und Beschreibung dieser psychischen Thätigkeiten nicht als einen wesentlichen Theil unserer vorliegenden Arbeit betrachten, weil wir dabei den Boden sicherer Thatsachen und einer auf allgemein anerkannte und klare Principien gegründeten Methode kaum würden festhalten können. [...]

Ich will hier nur zunächst den Leser vorbereiten auf gewisse allgemeine Eigenthümlichkeiten der in den Sinneswahrnehmungen wirksamen Seelenthätigkeiten, welche uns bei der Behandlung der verschiedenen Gegenstände immer wieder begegnen werden, und in dem einzelnen Falle oft paradox und unglaublich erscheinen, wenn man sich nicht ihre allgemeine Bedeutung und ihre ausgedehnte Wirksamkeit klar gemacht hat.

Die allgemeine Regel, durch welche sich die Gesichtsvorstellungen bestimmen, die wir bilden, wenn unter irgend welchen Bedingungen oder mit Hilfe von optischen Instrumenten ein Eindruck auf das Auge gemacht worden ist, ist die, dass *wir stets solche Objecte als im Gesichtsfelde vorhanden uns vorstellen, wie sie vorhanden sein müssten, um unter den gewöhnlichen normalen Bedingungen des Gebrauchs unserer Augen denselben Eindruck auf den Nervenapparat hervorzubringen*. Um ein Beispiel zu benutzen, von dem wir schon gesprochen haben, nehmen wir an, es sei der Augapfel am äusseren Augenwinkel mechanisch gereizt worden. Wir glauben dann eine Lichterscheinung in der Richtung des Nasenrückens im Gesichtsfelde vor uns zu sehen. Wenn bei dem gewöhnlichen Gebrauche unserer Augen, wo sie durch von aussen kommendes Licht erregt werden, eine Erregung der Netzhaut in der Gegend des äusseren Augenwinkels zu Stande kommen soll, muss in der That das äussere Licht von der Gegend des Nasenrückens her in das Auge fallen. Es ist also der eben aufgestellten Regel gemäss, dass wir in solchem Falle ein lichtiges Object in die genannte Stelle des Gesichtsfeldes hinein versetzen, trotzdem der mechanische Reiz hierbei weder von vorn vom Gesichtsfelde her, noch von der Nasenseite des Auges, sondern im Gegentheil von der äusseren Fläche des Augapfels und mehr von hinten her einwirkt. Wir werden im Folgenden die allgemeine Gültigkeit der gegebenen Regel in einer grossen Zahl von Fällen noch kennen lernen.

Dass in der Formulirung jener Regel der gewöhnliche Gebrauch des Auges, wo der Sehnervenapparat von äusserem Lichte erregt wird, und dieses äussere Licht von den undurchsichtigen Körpern, die es zuletzt auf seinem Wege getroffen hat, auf geradem Wege durch eine ununterbrochene Luftschicht in das Auge gelangt ist, als der normale Gebrauch des Organs bezeichnet ist, ist wohl dadurch gerechtfertigt, dass diese Art der Erregung in einer so ungeheuer überwiegenden Zahl von Fällen stattfindet, dass alle anderen Fälle der Erregung, wo brechende oder spiegelnde Flächen den Gang der Lichtstrahlen abändern, oder die Erregungen nicht durch äusseres Licht zu Stande kommen, als seltene Ausnahmen betrachtet werden können.

[...]

Die aufgestellte Regel entspricht übrigens einer allgemeinen Eigenthümlichkeit aller Sinneswahrnehmungen, nicht bloss des Gesichts allein.

[...]

In solchen Fällen ungewöhnlicher Erregungsweise der Sinnesorgane werden also unrichtige Vorstellungen von den Objecten gebildet, und man hat solche Fälle deshalb früher mit dem Namen der Sinnestäuschungen belegt. Es ist klar, dass es in solchen Fällen nicht eine unrichtige Thätigkeit des Sinnesorgans und des dazu gehörigen Nervenapparats ist, welche die Täuschung hervorbringt. Beide können nicht anders als nach den Gesetzen wirken, welche ein für alle Mal ihre Thätigkeit beherrschen. Es ist vielmehr nur eine Täuschung in der Beurtheilung des dargebotenen Materials von Sinnesempfindungen, wodurch eine falsche Vorstellung entsteht.

Die psychischen Thätigkeiten, durch welche wir zu dem Urtheile kommen, dass ein bestimmtes Object von bestimmter Beschaffenheit an einem bestimmten Orte ausser uns vorhanden sei, sind im Allgemeinen nicht bewusste Thätigkeiten, sondern unbewusste. Sie sind in ihrem Resultate einem *Schlusse* gleich, insofern wir aus der beobachteten Wirkung auf unsere Sinne die Vorstellung von einer Ursache dieser Wirkung gewinnen, während wir in der That direct doch immer nur die Nervenregungen, also die Wirkungen wahrnehmen können, niemals die äusseren Objecte. Sie erscheinen aber von einem Schlusse — dieses Wort in seinem gewöhnlichen Sinne genommen — dadurch unterschieden, dass ein solcher ein Act des bewussten Denkens ist. Dergleichen wirkliche bewusste Schlüsse sind es zum Beispiel, wenn ein Astronom aus den perspectivischen Bildern, welche ihm die Gestirne in verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Punkten der Erdbahn aus dargeboten haben, die Lage derselben im Weltraum, ihre Entfernung von der Erde u. s. w. berechnet. Der Astronom stützt seine Schlüsse auf eine bewusste Kenntniss der Sätze der Optik. Eine solche Kenntniss der Optik fehlt bei den gewöhnlichen Acten des Sehens. Indessen mag es erlaubt sein, die psychischen Acte der gewöhnlichen Wahrnehmung als *unbewusste Schlüsse* zu bezeichnen, da dieser Name sie hinreichend von den gewöhnlich so genannten bewussten Schlüssen unterscheidet, und wenn auch die Aehnlichkeit der psychischen Thätigkeit in beiden bezweifelt worden ist, und vielleicht auch bezweifelt werden wird, doch die Aehnlichkeit der Resultate solcher unbewussten und der bewussten Schlüsse keinem Zweifel unterliegt.

Die bezeichneten unbewussten Schlüsse von der Sinnesempfindung auf deren Ursache sind nun in ihren Resultaten den sogenannten *Analogieschlüssen* congruent. Weil in einer millionenfachen Ueberzahl von Fällen die Erregung der Netzhautstellen am äusseren Augenwinkel von äusserem Lichte herrührte, welches von der Gegend des Nasenrückens her in das Auge fiel, urtheilen wir, dass es auch in jedem neu eintretenden Falle so sei, wo die genannte Netzhautstelle erregt wird, ebenso, wie wir behaupten, dass jeder einzelne jetzt lebende Mensch sterben werde, weil bisher die Erfahrung ergeben hat, dass alle früher lebenden Menschen gestorben sind.

Jene unbewussten Analogieschlüsse treten aber ferner, eben weil sie nicht Acte des freien bewussten Denkens sind, mit zwingender Nothwendigkeit auf, und ihre Wirkung kann nicht durch bessere Einsicht in den Zusammenhang der Sache aufgehoben werden.“ (von Helmholtz 1867, 427f; Hervorhebung im Original)

Quelle:

Von Helmholtz, H. (1867): *Handbuch der physiologischen Optik*. Leopold Voss. <https://archive.org/details/handbuchderphysi00helm/>; aufgerufen am 18.02.2024

Konstruktion in der Psychotherapie – Fallbeispiel

➔ gehört zum Kapitel Konstruktion – das Gehirn als Realitätsmaschine Seite 17

„Im ersten Jahr stand die Therapie der Patientin im Zeichen einer vorwiegend negativen Übertragung und heftiger Affektstürme. Eines Tages sagte sie zu Beginn einer Sitzung: »Ich glaube, es ist ein großes Glück, Sie als Therapeuten zu haben. Meine anderen Therapien haben mir allesamt nicht wirklich geholfen, und ich habe auch Freunde, die von ihren Therapien überhaupt nicht profitieren. Ich denke, Sie sind genau das, was ich brauche.«

Im weiteren Verlauf der Sitzung brachte die Patientin zur Sprache, dass sie eine neue Arbeitsunfähigkeitsbescheinigung benötige. Sie bat den Therapeuten, die notwendigen Formulare auszufüllen. Als er an einer aktuellen Arbeitsunfähigkeit zweifelte, wurde die Patientin wütend und erklärte: »Ich weiß überhaupt nicht, weshalb ich mir die Mühe mache, hierher zu kommen. Diese Sitzungen sind die reine Zeitverschwendung, ich habe absolut nichts davon. Sie behaupten, Patienten zu helfen, tun aber rein gar nichts. Das Einzige, was mir sinnvoll erscheint, wäre, Sie wegen Betrugs bei den Behörden zu melden.«

Daraufhin konfrontierte der Therapeut die Patientin mit den beiden gegensätzlichen Bildern, die sie von ihm hatte. Er fragte sie, ob sie sich noch an die Gefühle erinnern könnte, über die sie zu Beginn der Sitzung gesprochen hatte, und ob sie verstehe, weshalb sie nun etwas ganz anderes empfinde.“

Entnommen aus: Yeomans, F.E., Clarkin, J.F. u. Kernberg, O.F. (2017): Übertragungsfokussierte Psychotherapie für Borderline-Patienten. Schattauer. S150f

Gehirn als Vorhersagemaschine – Zitate

➔ gehört zum Kapitel Simulation – das Gehirn als Vorhersagemaschine Seite 20

„Wie wir oben gesehen haben sind Wahrnehmung und Handeln ein laufender Prozess der Hypothesenprüfung, in dem das Gehirn ständig versucht, Fehlermeldungen zu verhindern und Hypothesen zu bestätigen. [...] Je eher unsere Hypothesen bestätigt werden, umso sicherer werden wir und je sicherer wir uns fühlen, umso weniger erregt (aroused) – weniger bewusst (conscious) – müssen wir sein. Wir können unsere Handlungssequenzen automatisieren und in einen Default-Mode abdriften. Aber wenn wir uns in einer unerwarteten Situation wiederfinden – eine, in die unser Vorhersagemodell kein verlässliches Licht zu bringen scheint – dann stechen die Konsequenzen unserer Handlungen stark hervor. Wir wechseln aus dem Autopiloten und werden hyperaufmerksam.“ Solms 2021, 146; Übersetzung BP

**

„Die meisten Menschen realisieren nicht, dass unsere gegenwärtigen Wahrnehmungen ständig durch Vorhersagen geleitet sind, die hauptsächlich vom Langzeitgedächtnis generiert werden. Aber sie sind es. Das ist der Grund, warum viel weniger Neuronen Signale von den externalen Sinnesorganen zu den internalen Gedächtnissystemen weiterleiten als umgekehrt. [...] Die Hauptaufgabe wird von den vorhersagenden Signalen übernommen, die auf die sensorischen treffen, die aus der Peripherie ankommen. Das spart ein hohes Maß an Informationsverarbeitung and daher metabolische Arbeit. Wenn man bedenkt, dass das Gehirn ungefähr 20 Prozent unserer gesamten Energievorräte verbraucht, dann bedeutet das wertvolle Wirtschaftlichkeit. Warum sollte man alles in der Welt so behandeln, als wäre es einem nie zuvor begegnet? Was das Gehirn stattdessen macht, ist, nur die eingehende Information nach innen zu leiten, die nicht den Erwartungen entspricht. Daher wird heutzutage Wahrnehmung manchmal als ‚Phantasie‘ oder ‚kontrollierte Halluzination‘ bezeichnet, weil sie mit einem erwarteten Szenario beginnt, welches dann so angepasst wird, dass es zu den einlangenden Signalen passt.“ Solms 2021, 142f; Übersetzung BP; Hervorhebung im Original

**

„Der Fehler, den die meisten Kognitionswissenschaftler an diesem Punkt machen, ist anzunehmen, dass die einlangenden Daten ausschließlich exterozeptiv (von außen, Anm. BP) sind. Sie vergessen, dass die Vorhersagefehler (sensorischen Inputs), die für uns am meisten bedeuten, von innerhalb kommen. Abweichungen von der erwarteten Körperkerntemperatur, zum Beispiel, liefert ‚senorisches‘ Feedback, um nichts weniger als unerwartete äußere Ereignisse; auf gleiche Weise tut dies das homöostatische Fehlersignal, das zu einem Erstickungs-Alarm führt.“ Solms 2021, 188f; Übersetzung BP; Hervorhebung im Original

**

„How does a human mind emerge within a human brain as it navigates within an uncertain world while attempting to efficiently regulate its body within hard biological constraints? Recently, a hypothesis has emerged that offers a possible answer: Actions, and their accompanying mental events, begin as top-down representations in the brain, fashioned from past experiences that are tested against the state of the world (see Table 1). [...] This family of research approaches is deeply rooted in various forms of predictive coding (e.g., A. Clark, 2013; Rao & Ballard, 1999; Spratling, 2017), in which prediction signals, as representations constructed from past experiences, are compared with incoming sensory information to form prediction errors; prediction errors can be encoded and learned to update stored experience, which is then available for use in future predictions. Such approaches also include the Bayesian-brain approach (e.g., Vilares & Kording, 2011), which assumes that the brain performs (approximate) Bayesian inferences when computing predictions and prediction errors; belief propagation (e.g., Lochmann & Deneve, 2011), which proposes that predictions are anticipatory-cause explanations for sensations that are mapped, inversely, to those sensations; and active inference (e.g., Friston, FitzGerald, Rigoli, Schwartenbeck, & Pezzulo, 2017), which hypothesizes that the brain's model of how sensations are caused is constrained by the need to minimize the cost of prediction error.“ (Hutchinson und Barrett 2019, 280)

Prädiktive Hierarchien – Metapher

➔ gehört zum Kapitel Simulation – das Gehirn als Vorhersagemaschine Seite 20

Vorweg

Unten finden Sie ein längeres Zitat aus dem Buch „The Hidden Spring“ des südafrikanischen Neuropsychanalytikers Mark Solms. In diesem Textabschnitt entwickelt er eine Metapher, die verdeutlichen soll, wie bzw. warum das Gehirn einerseits hierarchisch organisiert sein könnte und andererseits auf der Basis von Vorhersagen bzw. Vorhersagefehlern operiert.

Auszug aus ‘The Hidden Spring’ (2021) von Mark Solms

- 1 Eine Baustatikerin, **Eve Periaqueduct**, ist angestellt, um Lecks am städtischen **Staudamm**
- 2 zu verhindern und zu reparieren. Sie weiß nicht, dass der tiefere Grund ihres Jobs ist, die
- 3 verlässliche **Wasser- und Stromversorgung** des naheliegenden Dorfes zu sichern und sein
- 4 Wegspülen durch eine Flut zu verhindern. Aber sie muss es auch nicht wissen; ihre einzige
- 5 Aufgabe ist das Lecken des Damms zu minimieren. [...]
- 6 Ihre Arbeitgeber:innen versorgen sie mit der **Ausrüstung**, die sie braucht, sowie mit einem
- 7 kleinen Team an **Arbeiter:innen**. Sie erbt auch ein Set an **Instruktionen**, erstellt von ihren
- 8 Vorgänger:innen, das die schwächsten Punkte des Damms skizziert und ihr sagt, was zu tun
- 9 ist und wann. Sie und ihr Team erhalten und reparieren fleißig den Damm, indem sie
- 10 proaktiv auf seine Schwachstellen fokussieren während sie auch spontan auftretende **Lecks**
- 11 **stopfen**. Allmählich, über Jahre, lernt sie, dass einige der unerwarteten Lecks regelmäßigen
- 12 Mustern folgen. Also **updatet** sie die Instruktionen, die sie erhalten hat, so dass diese besser
- 13 geeignet sind Lecks vorherzusagen (und sie damit auch zu verhindern). Das spart Kosten.
- 14 Es dämmert der einfallsreichen Eve, dass die Langzeit-Muster der Lecks, die sie
- 15 aufgezeichnet hat, mit klimatischen Bedingungen korrelieren. Ihre Aufzeichnungen haben
- 16 unbeabsichtigterweise das lokale Klima *modelliert* (d.h. ihre Aufzeichnungen und das
- 17 Wetter tragen ‚wechselseitige Information‘). Ohne es zu wollen hat sie ein **Modell eines**
- 18 **Aspekts der Welt außerhalb des Damms** generiert. Es gibt Muster im Wetter und diese
- 19 korrespondieren mit den Lecks.
- 20 Aufbauend auf diese Einsicht heuert Eve zusätzliche Mitarbeiter:innen an, um ein
- 21 meteorologisches Department zu gründen, das sie ihr **„Wetter-Wahrnehmungs“-**
- 22 **Departement** (‘weather-sense’ department) nennt. Das bringt eine neue Ebene in der
- 23 Hierarchie ihres Teams hervor, stationiert an einem anderen Ort, berechtigt durch die
- 24 Erwartung, dass bessere Wetter-Vorhersagen auf die lange Sicht **Reparaturkosten** sparen.
- 25 Die neue Ebene macht ihr Vorhersagemodell sensibler auf erwarteten Kontext. Die
- 26 Mitarbeiter:innen der Wetter-Wahrnehmung müssen nicht wissen, dass ihr Job
- 27 irgendetwas mit dem Verhindern von Lecks zu tun hat; sie fokussieren einzig auf die
- 28 Aufgabe der **Wettervorhersage**. Eve versorgt sie mit einer Darstellung von erwarteten

29 Situationen, abgeleitet von den vererbten Instruktionen mit denen sie gestartet ist, so wie
30 sie sie aktualisiert hat. Es sei darauf hingewiesen, dass dies nicht Instruktionen über
31 erwartete Leck-Muster sind, sondern vielmehr über erwartete klimatische Bedingungen.

32 Weil Eve nicht Zeit mit dem Checken von Nachrichten vergeuden will, bittet sie das neue
33 Department, ihr nur dann Feedback-Reports zu schicken, wenn *Abweichungen* von den
34 erwarteten Bedingungen auftreten. Diese nennt sie **„Fehler“-Meldungen** und nutzt sie, um
35 ihre Darstellung der erwarteten klimatischen Bedingungen zu aktualisieren und sie dann
36 wiederum zurück an die Wetterstation zu schicken, im Wissen, dass dies deren
37 Arbeitsaufwand reduzieren wird – und letztlich ihren eigenen.

38 All dies erlaubt der meteorologischen Abteilung sich effizient auf die ihnen übertragene
39 Aufgabe zu fokussieren. Um ihre Pflichten zu erfüllen, installiert das Department an
40 unterschiedlichen Orten eine Reihe an **Instrumenten**, die Wetterproben nehmen, manche
41 in großer Entfernung vom Damm. Diese Barometer, Thermometer, Niederschlagsmesser
42 und Ähnliches sind vom Team auf eine Weise kalibriert, dass sie nur dann Signale an die
43 Wetterstation senden, wenn die Parameter, die sie erheben (Luftdruck, Temperatur,
44 Feuchtigkeit, etc.) von den erwarteten Grenzen abweichen. Diese Grenzen sind im Abgleich
45 mit den vorhergesagten klimatischen Bedingungen definiert. Das, wiederum, spart Kosten,
46 weil die Arbeiter:innen, die angeheuert wurden, um die Meter abzulesen (und die
47 wiederum eine neue Ebene in die Hierarchie einziehen) die Instrumente nur dann besuchen
48 müssen, wenn diese „Fehler“-Signale an die Wetterstation übermitteln. Indem sorgfältige
49 Aufzeichnungen dieser Signale geführt werden, wird die Wetterstation befähigt,
50 regelmäßig die erwarteten Grenzen für jedes Instrument anzupassen und auf diese Weise
51 ihre Prozesse weiter zu **automatisieren** (d.h. die Anzahl der Signale zu reduzieren, die das
52 Aussenden der Meter-Leser:innen und -Anpasser:innen erfordern).

53 Einige der daraus resultierenden Algorithmen werden relativ raffiniert, insofern, als das
54 Team lernt, dass die Fluktuationen in den gemessenen Parametern nicht unbedingt fix und
55 regelmäßig sind; sie variieren *kontextuell*. Zum Beispiel: ‚Wenn der Luftdruck niedrig ist,
56 erhöhe den erwarteten Niederschlag, aber nur im Winter.‘ Allerdings müssen die Meter-
57 Leser:innen – und Anpasser:innen nichts über die größere Aufgabe der meteorologischen
58 Abteilung wissen. Ihr einziger Job ist es, Meter abzulesen und Instrumente anzupassen,
59 gemäß der aktualisierten Anleitungen, die sie vom meteorologischen Büro erhalten. Noch
60 weniger relevant für ihren Job ist die Tatsache, dass die Berichte der meteorologischen
61 Abteilung betreffend Abweichungen von erwarteten klimatischen Bedingungen an Eve
62 gesandt werden, um ihr eine zuverlässigere Vorhersage von Leck-Mustern zu ermöglichen
63 und somit eine effizientere Arbeit der Damm-Erhaltung durchzuführen.

64 Zufällig nutzen die benachbarten **Dorfbewohner:innen** die Wettersvorhersage für ihre
65 eigenen Zwecke, die nichts mit dem Damm zu tun haben. Das gibt ihnen einen falschen
66 Eindruck des wirklichen Zwecks der Abteilung; sie glauben, diese ist dazu da, ihnen bei der
67 Planung sozialer Outdoor-Aktivitäten zu helfen.

68 Eve Periaqueduct bemerkt mit der Zeit, dass die Muster der Damm-Lecks nicht nur mit
69 klimatischen Bedingungen korrelieren, sondern auch mit seismischen Ereignissen. Sie
70 etabliert daher ein zweites zweckbestimmtes Team, das sie ihr **„Erdbeben-
71 Wahrnehmungs“-Department** nennt. Die seismologische Abteilung fokussiert allein auf das
72 Modellieren und Vorhersagen von tektonischen Verschiebungen und Ähnlichem, was darin
73 mündet, dass dieses zweite Department seine eigene technisch-‚sensorische‘ Ausrüstung
74 installiert, kalibriert, überwacht und kontinuierlich adjustiert. Sie sammelt ebenso

75 komplexe Aufzeichnungen – die, so wie es auch mit dem meteorologischen Departement
76 passiert ist und mit Eve selbst – dem neuen Team erlauben, bestimmte Aspekte ihrer Arbeit
77 zu automatisieren und sich nur auf die unvorhersehbaren, kurzfristigen Fluktuationen zu
78 konzentrieren. (Die Dorfbewohner:innen machen sich auch diese Vorhersagen zunutze,
79 natürlich, obwohl das nie deren Zweck war.)

80 Was also allmählich entsteht ist also eine komplexe vorhersagende Hierarchie mit
81 mehreren Abteilungen, jede mit ihren eigenen Unterebenen, die Stichproben
82 unterschiedlicher Parameter der Welt außerhalb des Damms nehmen. Jede Hierarchie-
83 Ebene folgt nur ihren eigenen aktualisierten Vorhersage-Instruktionen, die sie von der
84 Ebene darüber erhält, und berichtet nur Abweichungen von den erwarteten Zuständen
85 jener Parameter, die auf dieser Ebene überwacht werden. Aus der Sicht von Eve
86 kontextualisiert sich die Kombination der Berichte aus den sensorischen Abteilungen
87 gegenseitig. Sie muss entscheiden, von Zeit zu Zeit, welchen Bericht sie *priorisiert*. Letzten
88 Endes hat sie begrenzte Ressourcen; sie kann nicht alle möglichen Situationen abdecken.

89 Eve erhält ihren Damm auf der Basis ihres Langzeit-Plans, von dem sie nur abweicht, wenn
90 er nicht mit der Kombination aus Vorhersagen, die sie aus den Wahrnehmungs-Abteilungen
91 erhält, zusammenpasst. Diese Departments senden im Gegenzug nur Feedback-Berichte an
92 Eve wenn die Datenproben, die sie sammeln, von ihren eigenen lange etablierten
93 Vorhersagen abweichen. Und so geht es weiter, hinunter zu den Meter-Leser:innen und –
94 Anpasser:innen.

95 Zufällig folgt all dieses wiederholte Nachrichten-Schicken und Plan-Aktualisieren zwischen
96 den Ebenen der Organisation, die Eve aufgebaut hat, Bayes' Regeln: es benutzt aktuelle
97 Evidenzen (sensorische Samples) in Verbindung mit Hintergrund-Wissen (vorhergehende
98 Hypothesen) um ‚best guesses‘ (zukunftsgerichtete Hypothesen) über die Welt zu machen
99 und zu *revidieren*.

100 Mit der Zeit wird Eves Arbeit repetitiv und langweilig, und sie freut sich schon auf die
101 Pensionierung. Sie ertappt sich bei der Überlegung ‚Bevor ich gehe, würde ich gerne einen
102 völlig neuen und besseren Damm bauen‘. Also ruft sie bei der Stadtverwaltung an und fragt:
103 Haben wir zufällig ein **‚Reproduktions‘-Department?**

**

Entnommen aus:

Solms, M. (2021). *The Hidden Spring*. 178ff. Profile Books. (Übersetzung BP; kursive Hervorhebung im Original; fett gedruckte Hervorhebung BP)

Babybeobachtung „Mutter und Baby in Harmonie“

➔ gehört zum Kapitel Emotionskonzepte lernen – Individuelle Ebene Seite 45

Die folgende Sequenz entstammt einem Protokoll einer Babybeobachtung.

Im Rahmen von Babybeobachtungen („Infant Observation“; „psychoanalytische Säuglingsbeobachtung“) erlaubt eine Familie, dass ein:e Beobachter:in über einen längeren Zeitraum (1-2 Jahre) in die Familie kommt – dorthin, wo das Baby gerade ist – und einmal pro Woche eine Stunde lang das Baby beobachtet. Diese Beobachtungen werden im Anschluss protokolliert und im Rahmen einer Gruppensupervision besprochen. Babybeobachtungen sind Teil von Ausbildungen für Kinder- und Jugendlichenpsychotherapie, aber auch Erwachsenentherapie.

Das Baby, das im Folgenden beobachtet wird, ist 3 ½ Monate alt und wird gerade zu Hause von der Mutter gestillt:

Es (das Baby, Anmerkung BP) ließ die Brustwarze los und die Saugwirkung hörte auf, als sein Mund sich zu einem kaum angedeuteten Lächeln öffnete. Die Mutter hörte sofort auf zu sprechen, und als sie die Veränderung seines Gesichtes beobachtete, öffneten sich ihre Augen ein bisschen weiter und ihre Augenbrauen hoben sich leicht. Seine Augen blickten in ihre und beide erwiderten bewegungslos den Blick für einige Momente. Das Baby kehrte nicht zum Saugen zurück, und die Mutter hielt den erwartungsvollen Gesichtsausdruck bei. Dieser ruhige und fast bewegungslose Augenblick wurde durch die plötzlichen Worte der Mutter unterbrochen, die „Hey!“ sagte und dabei ihre Augen weiter öffnete und ihre Augenbrauen weiter hob, ihren Kopf in die Höhe und dann näher zum Baby bewegte. Fast gleichzeitig weiteten sich die Augen des Babys. Sein Kopf hob sich, und als sich sein Lächeln verbreiterte, rutschte ihm die Brustwarze aus dem Mund. Nun sagte die Mutter: „Also hello! ... heelloó ... heelloóooo!“, sodass sich ihre Stimme hob, und die „hellos“ bei jeder Wiederholung länger und mit mehr Betonung gesagt wurden. Bei jeder Begrüßung zeigte das Baby mehr Freude, und sein Körper war wie ein Ballon, der bei jedem Atemzug stärker aufgeblasen wird. Dann machte die Mutter eine Pause und ihre Gesicht entspannte sich. Sie beobachteten einander für einen Augenblick. Die gemeinsame Erregung ebte ab, aber bevor sie ganz verschwand, ergriff das Baby die Initiative Sein Kopf bewegte sich mit einem Ruck nach vorne, seine Hände zuckten zusammen und ein volleres Lächeln breitete sich aus. Seine Mutter wurde wachgerüttelt. Sie bewegte sich mit offenem Mund und aufgerissenen Augen vorwärts und sagte: „Ooooooh, du willst spielen, willst du? Ja? Ich habe nicht gewusst, ob du noch hungrig bist... nein, neeiin? Nein, ich habe es nicht gewusst“, und sie griffen das Spiel wieder auf. (Stern, 1977, zitiert nach Diem-Wille, 2013, 96)

Literaturverzeichnis

- Anderson, M.C. (2020). Learning. In: A. Baddeley, M.W. Eysenck & M.C. Anderson (Hrsg.), *Memory*. (3rd Edition, S.113-162). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429449642>
- Barrett, L. F. (2020a). Hypotheses about Emotional Development in the Theory of Constructed Emotion: A Response to Developmental Perspectives on How Emotions Are Made. *Human Development*, 64(2), 52–54. <https://doi.org/10.1159/000508988>
- Barrett, L. F. (2020b). *Seven and a Half Lessons about the Brain*. Picador.
- Barrett, L.F. (2017a). *How Emotions are Made – The Secret Life of the Brain*. Pan.
- Barrett, L. F. (2017b). The theory of constructed emotion: an active inference account of interoception and categorization. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 12(1), 1–23. <https://doi.org/10.1093/scan/nsw154>
- Barrett, L.F. (2017d). Making Emotion (How Emotions are Made) [Video]. YouTube. <https://youtu.be/RVD4OslEntY>
- Barrett, L.F. (2017c). *Simulation (How Emotions are Made)* [Video]. YouTube. <https://youtu.be/luK5Evf8Ejs>
- Benecke, C. und Brauner, F. (2017). *Motivation und Emotion – Psychologische und psychoanalytische Perspektiven*. Kohlhammer.
- Bermeitinger, C., Kaup, B., Kiesel, A., Koch, I., Kunde, W., Müsseler, J. et al. (2016). Positionspapier zur Lage der Allgemeinen Psychologie. *Psychologische Rundschau*, 67(3), 175–179. <https://doi.org/10.1026/0033-3042/a000317>
- Bodderas, E. (2008, September 16). Spezielle Hirnregion bei Taxifahrern vergrößert. *Welt*. <https://www.welt.de/wissenschaft/article2450898/Spezielle-Hirnregion-bei-Taxifahrern-vergroessert.html>
- Breuer, J. & Freud, S. (1895). Über den psychischen Mechanismus hysterischer Phänomene. *Wiener Medizinische Presse*, 34, 121-126. Aufgerufen unter: https://de.wikisource.org/wiki/Studien_%C3%BCber_Hysterie/Ueber_den_psychischen_Mechanismus_hysterischer_Ph%C3%A4nomene am 02.09.2022
- Brosch, T., & Scherer, K. R. (2008). Plädoyer für das Komponenten-Prozess-Modell als theoretische Grundlage der experimentellen Emotionsforschung. In W. Janke, M. Schmidt-Daffy, G. Debus. (Hrsg) *Experimentelle Emotionspsychologie: Methodische Ansätze, Probleme und Ergebnisse*. 193-204. Pabst Science Publ.
- Craig A. D. (2002). How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. *Nature reviews. Neuroscience*, 3(8), 655–666. <https://doi.org/10.1038/nrn894>
- Cristaldi, F. D. P., Oosterwijk, S., Barrett, L. F., Spaulding, S., & Shapiro, L. (2024). Predictive processing and embodiment in emotion. In *The Routledge Handbook of Embodied Cognition* (2nd ed., Vol. 1, pp. 120–129). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003322511-14>
- Crepaldi, G. (2022). *Containing*. 2. Auflage. Psychosozial-Verlag.
- Damasio, A. (2021). *Feeling & Knowing – Making Minds Conscious*. Pantheon.
- Darwin, C. R. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. John Murray. 1st edition. Aufgerufen über: <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?itemID=F1142&viewtype=text&pageseq=1> am 31.08.2022
- Darwin, C. R. (1867). *Queries about expression*. Aufgerufen über: <https://www.darwinproject.ac.uk/commentary/human-nature/expression-emotions/darwin-s-queries-expression> am 31.08.2022
- dasgehirn.info (n.d.). *Plastizität. Plastizität/-neuroplasticity* [Glossareintrag]. https://www.dasgehirn.info/glossar?search_letter=p&item=plastizitaet ; aufgerufen am 18.05.2022
- dasgehirn.info (2012). *Das Neuron: Form und Funktion* [Interaktive Grafik]. <https://www.dasgehirn.info/grundlagen/kommunikation-der-zellen/interaktiv-das-neuron-form-und-funktion>
- dasgehirn.info (2015). *Netzwerke im Gehirn* [Video]. <https://www.dasgehirn.info/grundlagen/netzwerke/video-netzwerke-im-gehirn>
- Deeg, J. (2020). Gut vernetzt. *dasgehirn.info*. <https://www.dasgehirn.info/grundlagen/struktur-und-funktion/gut-ernetzt>; aufgerufen am 12.04.2022
- Dege, M. & Sichler, R. (2018). Editorial. *Journal für Psychologie*, 26(1), 3–8. <https://doi.org/10.30820/8247.01>
- Didi-Huberman, G. (1997). *Erfindung der Hysterie – Die photographische Klinik von Jean-Martin Charcot*. Wilhelm Fink.
- Diem-Wille, G. (2013). *Die frühen Lebensjahre – Psychoanalytische Entwicklungstheorie nach Freud, Klein und Bion* (2. Auflage). Kohlhammer.

- Dukes, D., Abrams, K., Adolphs, R., Ahmed, M. E., Beatty, A., Berridge, K. C., Broomhall, S., Brosch, T., Campos, J. J., Clay, Z., Clément, F., Cunningham, W. A., Damasio, A., Damasio, H., D'Arms, J., Davidson, J. W., de Gelder, B., Deonna, J., de Sousa, R., Ekman, P., ... Sander, D. (2021). The rise of affectivism. *Nature human behaviour*, 5(7), 816–820. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01130-8>
- Ekman, P. (1999). Basic emotion. In: T. Dalgleish and M. Power (Eds.). *Handbook of Cognition and Emotion*. S45-60. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/0470013494.ch3>
- Ellsworth, P.C. (1994). William James and emotion: is a century of fame worth a century of misunderstanding? *Psychological review*, 101 2, 222-9. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.101.2.222>
- Film Factory (2018). *neuron synapse animation : Synaptic Transmission* [Video]. YouTube. <https://youtu.be/1nPGKqbeBHo>
- Flores Mosri D. (2021). Clinical Applications of Neuropsychoanalysis: Hypotheses Toward an Integrative Model. *Frontiers in psychology*, 12, 718372, 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.718372>
- Freud, S. (1893f). Charcot. *Wiener medizinischen Wochenschrift*, 43, 1513-1520. Aufgerufen unter: <https://www.psyalpha.net/de/sigmund-freud-1893f-charcot> aufgerufen am 15.09.2025
- Fried, E.I., Nesse, R.M. Depression sum-scores don't add up: why analyzing specific depression symptoms is essential. *BMC Med* 13, 72 (2015). <https://doi.org/10.1186/s12916-015-0325-4>
- Friston, K. (2018). Does predictive coding have a future? *Nature Neuroscience*, 21(8), 1019–1021. <https://doi.org/10.1038/s41593-018-0200-7>
- Gelitz, C. (2021, Oktober 22). »Wir brauchen eine neue Ordnung für psychische Störungen«. *Spektrum.de*. <https://www.spektrum.de/news/eine-neue-ordnung-fuer-psychische-stoerungen/1923280>
- Geneva Emotion Research Group. (n.d.). *Geneva Emotion Profiler (GEP)*. <https://sites.cis.unige.ch/properemo/gep/start.php?lang=de>
- Greene, M.F. (2020, June). 30 Years ago, Romania deprived thousands of Babies of Human Contact – Here's what's become of them. *The Atlantic*. <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2020/07/can-an-unloved-child-learn-to-love/612253/> aufgerufen am 16.09.2025
- Hutchinson, J. B. & Barrett, L. F. (2019). The power of predictions: An emerging paradigm for psychological research. *Current Directions in Psychological Science*, 28(3), 280–291. <https://doi.org/10.1177/0963721419831992>
- Internationale Psychoanalytische Vereinigung. (n.d.) *Interregionales Enzyklopädisches Psychoanalytisches Wörterbuch der IPV*. https://de.ipa.world/ipa/IPADev/Knowledge_Hub/Dev/Knowledge_Hub.aspx?hkey=61ed9a4c-17b9-4b9d-9be2-9f480add2ec4;
- Internationale Psychoanalytische Vereinigung. (n.d.) Containment: Container-Contained. *Interregionales Enzyklopädisches Psychoanalytisches Wörterbuch der IPV (dt.)*. 16-30. online nicht (mehr) verfügbar am 15.09.2025 – auf die Webseite der IPA schauen?
- Jackson, J. C., Watts, J., Henry, T. R., List, J.-M., Forkel, R., Mucha, P. J. et al. (2019). Emotion semantics show both cultural variation and universal structure. *Science (New York, N.Y.)*, 366(6472), 1517–1522. <https://doi.org/10.1126/science.aaw8160>
- James W. (1994). The physical bases of emotion. 1894. *Psychological review*, 101(2), 205–210. <https://doi.org/10.1037/0033-295x.101.2.205>
- James, W. (1884). What is an Emotion? *Mind*, 9(34), 188–205. <http://www.jstor.org/stable/2246769>
- Jäncke, L. (2020). Selbst ist das Hirn. *Spektrum der Wissenschaft kompakt 09.20 (Artikel ist ein Nachdruck aus dem Heft Gehirn & Geist 04/17)*, 4-15.
- Knop, A., Spengler, S., Heim, C. (2020). Neurobiologische Folgen früher Stresserfahrungen. In: G. Roth, A. Heinz, H. Walter (Hrsg.), *Psychoneurowissenschaften*. 181-202. Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59038-6_7
- König, H.-D. (2014). *Affekte*. Psychosozial-Verlag.
- Kube, T., Schwarting, R., Rozenkrantz, L., Glombiewski, J. A., & Rief, W. (2020). Distorted Cognitive Processes in Major Depression: A Predictive Processing Perspective. *Biological Psychiatry*, 87(5), 388–398. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2019.07.017>

- Lück, H.E. & Rothe, M. (2018). Allgemeine Psychologie – ein Fach ohne Geschichte? *Journal für Psychologie*, 26(1), 9-29. <https://doi.org/10.30820/8247.02>
- Maguire, E. A., Woollett, K., & Spiers, H. J. (2006). London taxi drivers and bus drivers: a structural MRI and neuropsychological analysis. *Hippocampus*, 16(12), 1091–1101. <https://doi.org/10.1002/hipo.20233>
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J. et al. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(8), 4398–4403. <https://doi.org/10.1073/pnas.070039597>
- Menon, V. (2023). 20 years of the default mode network: A review and synthesis. *Neuron (Cambridge, Mass.)*, 111(16), 2469–2487. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2023.04.023>
- Moors, A. (2020). Comparison of four families of psychological emotion theories. In A. Scarantino (Ed.), *The Routledge Handbook of Emotion Theory*. Taylor & Francis/Routledge. Preprint.
- National Scientific Council on the Developing Child. (2020). Connecting the Brain to the Rest of the Body: Early Childhood Development and Lifelong Health Are Deeply Intertwined: Working Paper No. 15. Retrieved from www.developingchild.harvard.edu
- Nesse, R.M. (2023). Evolutionary psychiatry: foundations, progress and challenges. *World Psychiatry*, 22: 177-202. <https://doi.org/10.1002/wps.21072>
- Pickren, W.E., Teo, T. (2020). A New Scholarly Imaginary for General Psychology. *Review of General Psychology*, 24 (1), 3-5. <https://doi.org/10.1177/1089268020901799>
- Pinel, J.P.J., Barnes, S.J., Pauli, P. (2019). *Biopsychologie* (10., aktualisierte und erweiterte Auflage). Pearson.
- Prinz, W., Müsseler, J., Rieger, M. (2017). Einleitung – Psychologie als Wissenschaft. In: Müsseler, J., Rieger, M. (Hrsg.) *Allgemeine Psychologie*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-53898-8_1
- Raviv, S. (2018, November 13). The Genius Neuroscientist Who Might Hold the Key to True AI. *Wired*. <https://www.wired.com/story/karl-friston-free-energy-principle-artificial-intelligence/>; aufgerufen am 02.09.2022
- Romanczuk-Seiferth, N. (2020). Neuropsychotherapie – Psychotherapieverfahren und ihre Wirkung. In: G. Roth, A. Heinz, H. Walter (Hrsg.), *Psychoneurowissenschaften*. 355–383. Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59038-6_14
- Roth, G., Heinz, A., Walter, H. (2020). Die Suche nach der Natur der Seele In: G. Roth, A. Heinz, H. Walter (Hrsg.), *Psychoneurowissenschaften*. 355–383. Springer Spektrum. 1-14. Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59038-6_1
- Roth, G. (2003). *Aus Sicht des Gehirns*. Suhrkamp
- Rüth, U. (2005). Bion für Beginner - Eine Einführung zu Wilfred Ruprecht Bion (1897-1979): Leben und Werk. *Forum für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie*. 15 (4). 66-81.
- Sanz-Morales, E., & Meleró, H. (2024). Advances in the fMRI analysis of the default mode network: a review. *Brain Structure and Function*, 230(1), 22. <https://doi.org/10.1007/s00429-024-02888-z>
- Scarantino, A. (2016). The Philosophy of Emotion. In: Barrett, L.F., Lewis, M. & Haviland-Jones, J. M. (eds) *Handbook of Emotions*. 4th edition, 3-48. The Guilford Press
- Scherer, K. R., Ellgring, H., Dieckmann, A., Unfried, M. & Mortillaro, M. (2019). Dynamic Facial Expression of Emotion and Observer Inference. *Frontiers in Psychology*, 10, 508. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00508>
- Schulkin, J. & Sterling, P. (2019). Allostasis: A Brain-Centered, Predictive Mode of Physiological Regulation. *Trends in Neurosciences*, 42(10), 740–752. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2019.07.010>
- Schultz, N. (2020). *Highspeed dank Myelin*. dasgehirn.info. <https://www.dasgehirn.info/grundlagen/struktur-und-funktion/highspeed-dank-myelin>; aufgerufen am 18.05.2022
- Sennesh, E., Theriault, J., Brooks, D., van de Meent, J. W., Barrett, L. F., & Quigley, K. S. (2022). Interoception as modeling, allostasis as control. *Biological psychology*, 167, 108242. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2021.108242>
- Shaffer, C., Westlin, C., Quigley, K. S., Whitfield-Gabrieli, S. & Barrett, L. F. (2022). Allostasis, Action, and Affect in Depression: Insights from the Theory of Constructed Emotion. *Annual Review of Clinical Psychology*, 18, 553–580. <https://doi.org/10.1146/annurev-clinpsy-081219-115627>
- Smith, R., Badcock, P., & Friston, K. J. (2021). Recent advances in the application of predictive coding and active inference models within clinical neuroscience. *Psychiatry and clinical neurosciences*, 75(1), 3–13. <https://doi.org/10.1111/pcn.13138>
- Spektrum der Wissenschaft (Hrsg.). *Neuroplastizität – Formbares Gehirn*. Spektrum der Wissenschaft kompakt 09.20 (2020)

- Spektrum der Wissenschaft (Hrsg.). *Das Konnektom – Der Schaltplan unseres Nervensystems*. Spektrum der Wissenschaft kompakt 10/2017 (2017)
- Sporns O. (2018). Graph theory methods: applications in brain networks. *Dialogues in clinical neuroscience*, 20(2), 111–121. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2018.20.2/osporns>
- Sporns, O. (2013). Network attributes for segregation and integration in the human brain. *Current Opinion in Neurobiology*, 23(2), 162–171. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2012.11.015>
- Solms, M. (2021). *The Hidden Spring*. Profile Books.
- Solms, M. (2017). What is "the unconscious," and where is it located in the brain? A neuropsychanalytic perspective. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1406(1), 90-97. <https://doi.org/10.1111/nyas.13437>
- Sterling P. (2012). Allostasis: a model of predictive regulation. *Physiology & behavior*, 106(1), 5–15. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.06.004>
- Sterling, P. & Eyer, J. (1988). Allostasis: A new paradigm to explain arousal pathology. In S. Fisher & J. Reason (Hrsg.), *Handbook of life stress, cognition and health*. 629-649. John Wiley & Sons
- Strüber, N., Roth, G. (2020). Entwicklungsneurobiologie. In: G. Roth, A. Heinz, H. Walter (Hrsg.), *Psychoneurowissenschaften*. 119-146. Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59038-6_5
- Universität Wien, Fakultät für Psychologie. (n.d.) *Institute/Themenfelder*. <https://psychologie.univie.ac.at/forschung/institutethemenfelder/>; aufgerufen am 11.08.2022
- Universität Wien. (n.d.) *Curriculum für das Masterstudium Psychologie (Version 2017)*. https://mtbl.univie.ac.at/storage/media/mtbl02/2016_2017/2016_2017_137.pdf; aufgerufen am 11.08.2022
- Von Engelhardt, J. (2020): Neurophysiologie In: G. Roth, A. Heinz, H. Walter (Hrsg.), *Psychoneurowissenschaften*. 89-118. Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59038-6_4
- Von Helmholtz, H. (1867): *Handbuch der physiologischen Optik*. Leopold Voss. <https://archive.org/details/handbuchderphysi00helm/>
- Waldhauser, G. T. (2021). *Neuropsychanalyse – Eine Einführung in Neurowissenschaft und psychodynamische Therapie*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-34174-9>
- Walter, H. (2020). Natur, Diagnose und Klassifikation psychischer Erkrankungen. In: G. Roth, A. Heinz, H. Walter (Hrsg.), *Psychoneurowissenschaften*. 231-254. Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59038-6_9
- Wiese, W. & Metzinger, T. (2017). Vanilla PP for Philosophers: A Primer on Predictive Processing. In: T. Metzinger & W. Wiese (Eds.). *Philosophy and Predictive Processing*. 1. Frankfurt am Main: MIND Group. <https://doi.org/10.15502/9783958573024>
- Wikipedia. (n.d. -a). *Allostase*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Allostase>; aufgerufen am 11.04.2022
- Wikipedia. (n.d.-b). *Allostasis*. <https://en.wikipedia.org/wiki/Allostasis>; aufgerufen am 11.04.2022
- Wikipedia. (n.d.-c). *Homöostase*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Hom%C3%B6ostase>; aufgerufen am 11.04.2022
- Wikipedia. (n.d.-d). *Konnektom*. <https://de.wikipedia.org/wiki/Konnektom>; aufgerufen am 25.05.2022
- Wolf, C. (2021). *Sind wir unser Konnektom?* dasgehirn.info. <https://www.dasgehirn.info/grundlagen/das-konnektom/sind-wir-unser-konnektom?language=en>
- Yeomans, F.E., Clarkin, J.F., Kernberg, O.F. (2017): *Übertragungsfokussierte Psychotherapie für Borderline-Patienten*. 150f. Schattauer.