

Der Blick der Neurowissenschaften auf den Menschen

Randolf Menzel, Freie Universität Berlin

Vortrag der Universität Wien März 2009

Vorbemerkung:

- Die Neurowissenschaft (NW) ist eine experimentelle Wissenschaft, in denen der Mensch eine **von vielen Spezies** ist, die von den NW untersucht werden, weil sie ein Nervensystem/Gehirn haben, das ihnen erlaubt, die Welt in ihren physikalisch-chemischen Eigenschaften zu rezipieren, in ein neuronales Abbildung (**Repräsentation**) umzusetzen und Verhalten zu generieren. Dabei werden noch keine Annahmen über die Komplexität solcher Repräsentationen gemacht, aber es wird vor allem davon ausgegangen, dass das Gehirn Information speichert, generiert und sowohl mit der Außenwelt wie mit der neuronalen Innenwelt in hohem Maße kommuniziert.
- In den Neurowissenschaften wird die Funktion des Nervensystems/Gehirns mit Blick auf die **Mechanismen** untersucht, die den Wahrnehmungsleistungen, der Verhaltensgenerierung inklusive der Kognition zugrunde liegen. Dabei ist die Dritte-Person-Perspektive Forschungsparadigma. Eine Eine-Person-Perspektive (Introspektion) stellt für die NW erkenntnistheoretisch Probleme dar, da sie sich nicht objektivieren lässt. Dennoch werden viele Fragestellungen der NW von der Eine-Person-Perspektive angeregt.

Beispiel: wenn ich aus Erfahrung weiß, dass das Berühren einer heißen Herdplatte bei mir zu Schmerzen führt, dann nehme ich an, dass dies auch bei einer anderen Person und bei einem Tier zu ähnlichen Wahrnehmungen und Beurteilungen führt. Ich kann also dann bei einem anderen Menschen und beim Tier untersuchen, welche neuronalen Vorgänge den Prozessen der Rezeption des Reizes, der Beurteilung und der Reaktion zugrunde liegen. Diese Übertragung von der Eine-Person-Perspektive in die Dritte-Person Perspektive gelingt um so besser, je reichhaltiger der Kanal ist, der für den Vergleich zwischen (subjektiven) Eigenerfahrungen und objektivierbaren Ereignissen ist (zwischen den Menschen im wesentlichen über die Sprache, bei Tieren über vergleichbare Verhaltensweisen, Ähnlichkeit ihres Gehirnaufbaus und dessen Funktion).

- Neurowissenschaftler sind als experimentierende Wissenschaftler notwendigerweise erkenntnistheoretische **Identitisten (Nativisten)**. Mentales (Geist im naturwissenschaftlichen Sinne) ist danach eine Funktion oder ein Zustand des Gehirns; ihm kommt keine wesensmäßige Eigenständigkeit zu. Alle alltagspsychologischen Beschreibungen des Geistes („ich denke, hoffe, will, nehme wahr, stelle mir vor..“) lässt sich angemessener in neurobiologischen Termini ausdrücken (**neurobiologischer Reduktionsphänomenalismus**) auch wenn das bislang noch nicht recht gelingt. Das Eigentliche sind danach die neurobiologischen Prozesse und das Mentale Epiphänomene, ein Beiwerk, das selbst nichts bewirkt. Gehirnprozesse laufen also nach dieser Grundposition gleichermaßen ab, unabhängig davon, ob sie zu Geist/Bewusstsein führen oder nicht (siehe Schacter, Damasio, Pinker, Edelman, Smith-Churchland).

Als eine weniger radikale Position kann man den **Emergentismus** bezeichnen (z.B. Popper, Donald). Auch danach entsteht Geistiges stets ausschließlich aus neurobiologischen Prozessen, ist aber im kausalen Sinne nicht darauf zurückführbar, ist sozusagen physikalisch-naturwissenschaftlich „unerklärbar“. Geist – einmal entstanden- hat ein eigenständiges Dasein mit eigenen Gesetzen. In diesem könnte – wie der in der Psychologie durchaus anzutreffende **Funktionalismus** annimmt - Geistiges auch ohne Rücksicht auf Physisch-Neuronales beschrieben werden. Den Thesen des Funktionalismus widersprechen allerdings die mannigfaltigen Belege für eine sog. Typ-Typ-Identität zwischen neuronalen Phänomenen (wie sie z.B. mit fMRI etc gemessen werden oder aus Hirnverletzungen geschlossen werden) und den mentalen Phänomenen. Deshalb lässt sich Geist/Bewusstsein nicht unabhängig vom neuronalen Substrat beschreiben und erklären (Smith-Churchland). Die „mentalistische“ Alltagssprache ist daher eine verkürzte (erkenntnistheoretisch aber geradezu gefährliche), wenn auch praktikable Vorgehensweise (siehe Kap. 25 im Lehrbuch Neurowissenschaft, Dudel-Menzel-Schmidt).

- Wichtig ist es an dieser Stelle anzumerken: Neurowissenschaftler sind **keine Epistemologen**. Wenn sie sich zu erkenntnistheoretischen Fragen äußern tun sie das nicht als Experten sondern vielleicht als Hobby-Philosophen oder sie drücken nur eine Grundposition ihrer Wissenschaft aus, die ihnen so selbstverständlich ist, dass darüber kein wirklicher Streit möglich ist. Allerdings: Naturwissenschaft als eine exakte und experimentelle Wissenschaft ist ja nicht alles. Außerhalb der Neurowissenschaft kann

man sicherlich viel annehmen, glauben, argumentieren, das erreicht aber eine evidenzbasierte Wissenschaft nicht.

Beispiele für die Vorgehensweisen und Denkweisen der Neurowissenschaft mit Blick auf den Menschen

(1) Der vergleichende Ansatz

Im Darwin-Jahr ist es sicher nicht sehr originell daran zu erinnern, dass der Mensch im Kontinuum der Evolution der Lebenswelt eingebettet ist. Alle unsere Eigenschaften und Fähigkeiten wurzeln in der evolutiven Geschichte unserer Tier-Vorfahren. Darüber brauchen wir sicher nicht lange diskutieren. Dennoch stellt sich die Frage nach dem Grad der Besonderheit des Menschen.

- Die spezielle Welt des Menschen und seine eingeschränkten Fähigkeiten

Wir sind besondere Wesen im dem Sinne, dass wir an eine besondere, eben die „menschliche Umwelt“ angepasst sind. Dabei sind unsere Leistungen, die unser Gehirn und Nervensystem erzeugen, vielen Tieren weit unterlegen: wir können nicht fliegen, nicht wirklich schwimmen, wir sind langsam und tölpelhaft in unseren Bewegungen verglichen mit vielen anderen Tieren, wir sehen kein UV Licht, nicht das herrliche Polarisationsmuster des Himmels, wir nehmen das Erdmagnetfeld und elektrische Felder nicht wahr, wir können die Sonnen- und Sternbewegung nicht sehen (wie viele Krebse das können), wir erleben die ungeheure Reichhaltigkeit der Duftwelt nur sehr eingeschränkt, usw usw. Diese Eingeständnisse werden nur teilweise abgemildert durch das Argument, gerade unsere Unangepasstheit hat zu unseren kognitiven Höhenflügen geführt (übrigens eine Behauptung, für die es keine Nachweise gibt und aus neurowissenschaftlicher Sicht in das Reich des Glaubens gehört). Es wäre schon sehr praktisch wenn wir einige Tierfähigkeiten hätten ohne dass wir uns Apparate bauen müssen: z.B. elektrische Felder direkt zu spüren (handy Strahlungsangst!), verloren gegangene Extremitäten nicht nur nachwachsen zu lassen sondern auch vollständig neuronal zu versorgen (wie das manche Amphibien können), Teile des Nervensystems zu regenerieren (wie das manche „Würmer“ können).

- Graduelle Unterschiede: Die Gehirnanatomie

(Abbildung 1 aus G.F. Striedter, Principles of Brain Evolution, Sinauer Ass. 2005

)

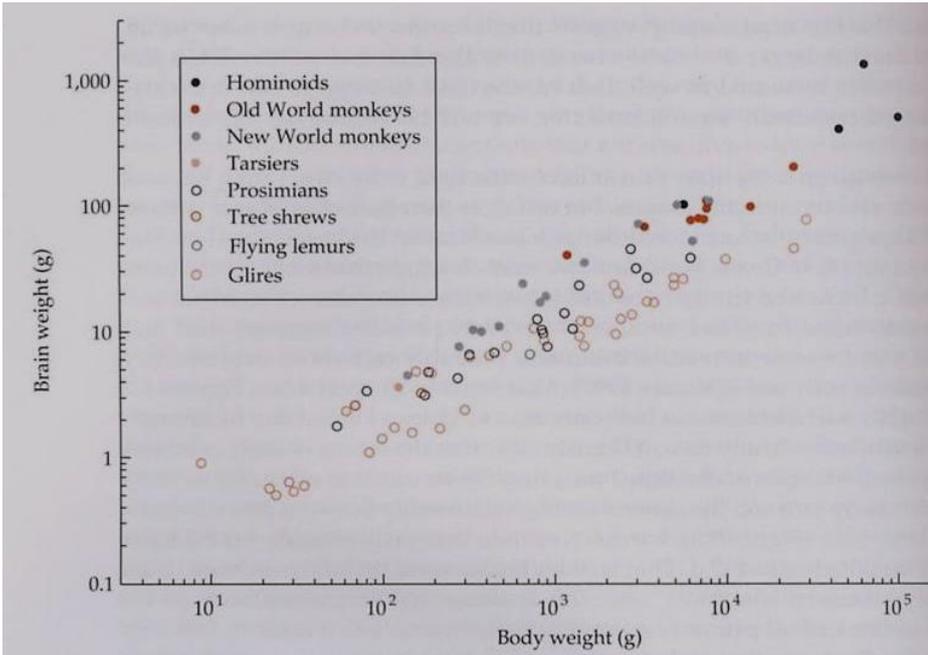


Figure 9.3 Primate Brain and Body Weights At any given body size, prosimians tend to have larger brains than glires (i.e., rabbits and rodents; see Figure 9.1). The brains of simians (including New World monkeys, Old World monkeys, and hominoids) are larger still. The largest primate brains are those of humans, while the largest primate bodies typically belong to gorillas. (After Stephan et al., 1981; Mangold-Wirz, 1966; Pirlot and Kamiya, 1982.)

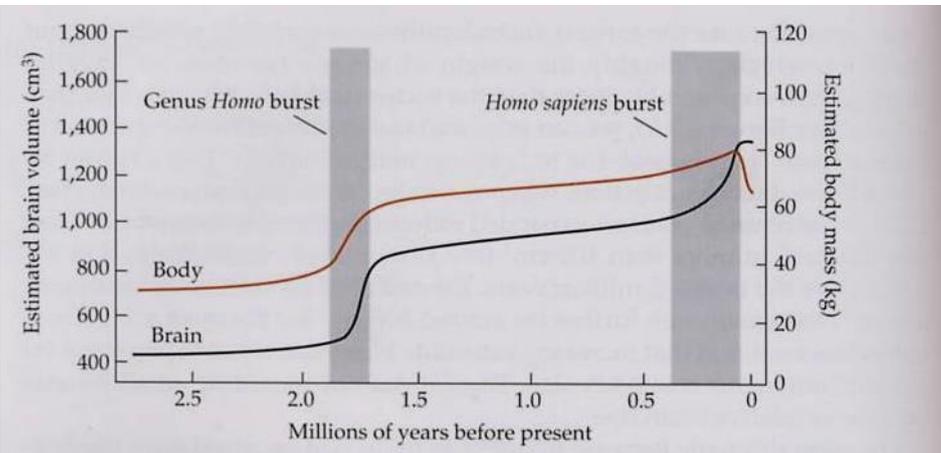


Figure 9.8 Nonlinear Evolution of Hominin Brain and Body Size This highly simplified graph illustrates that hominin brain and body size (black and red lines, respectively) increased nonlinearly, showing two major growth spurts, or "bursts," separated by long periods of relative stasis. During the first burst, which coincided roughly with the origin of the genus *Homo*, absolute brain and body size both increased dramatically; relative brain size increased, but modestly. During the second burst, absolute brain size increased exponentially while absolute body size increased only slightly, yielding a considerable increase in relative brain size. This second burst differs from the first in that it seems to be less "sudden," starting slowly and accelerating gradually (Lee and Wolpoff, 2003). After that, absolute brain size plateaued, but relative brain size increased as human body size decreased (it may now be increasing again, but that is another story).

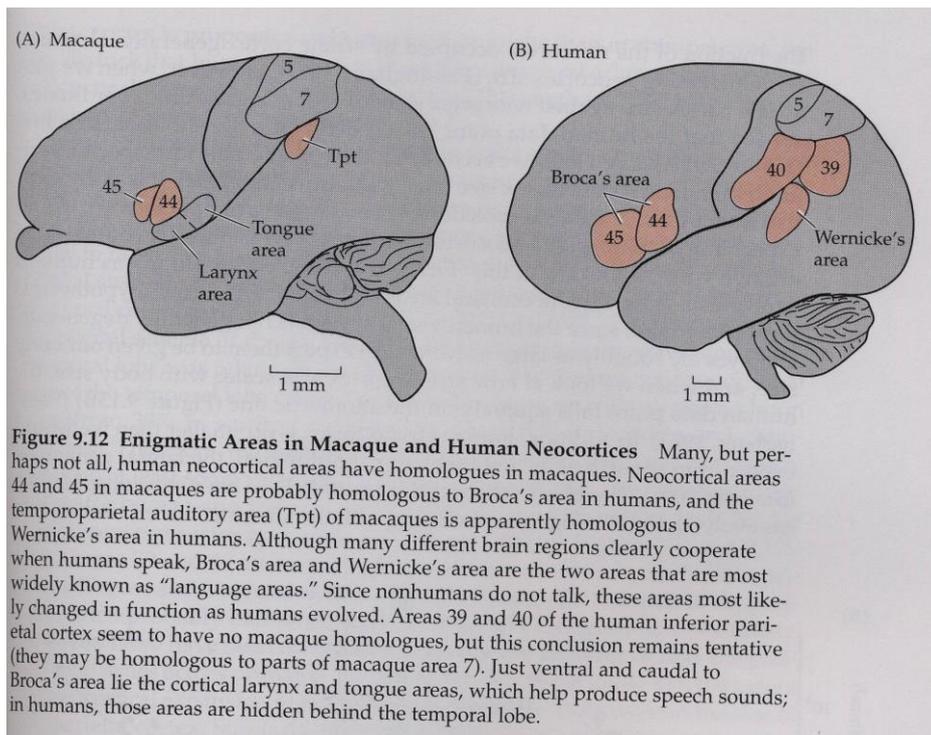
- Ist Besitz der Sprache (kommunizieren in Sprache, Denken in Sprache) eine nur dem Menschen zukommende kognitive Fähigkeit?

Die vielen Bemühungen Affen Zeichensprachen beizubringen (sie haben ja einen ganz anders gebauten Rachenraum und können daher keine Menschen ähnliche akustische Sprache erzeugen) sind fehlgeschlagen: Es fanden sich keine Indizien dafür, dass sie neue Aussagen durch regelhafte Kombination der Bewegungselemente verstehen oder erzeugen können. Bei Dressuren auf sehr viele geometrische und farbige Elemente (die gut gelingt) inklusive von Bedeutungen für z.B. ich, du, ja, nein usw. zeigte sich, dass sehr viele Kombinationen erlernt werden können, aber sprachliche Leistungen im Sinne von Syntax und Semantik oder gar Grammatik im engeren Sinne fand man keine. Das gleiche gilt übrigens auch für den berühmten und kürzlich verstorbenen Papageien Alex. Daraus lässt sich schließen, dass nur der Mensch über syntaktische Fähigkeiten verfügt.

Aus solchen Befunden wurde geschlossen (z.B. von Euan M. Macphail), dass es einen kategorialen Unterschied (es also keine evolutiven Zwischenstufen gibt, die eine graduelle Entwicklung erklärt) zwischen Menschen und Tieren gibt, und dieser drückt sich im Besitz von Sprache aus. So argumentiert man müsste man wohl auch noch die Fähigkeiten hinzunehmen zu rechnen, Musik zu erleben und zu erzeugen, zu Lachen, und manches mehr, allerdings nicht Werkzeuge zu erzeugen und zu benutzen, über Empathie zu verfügen, zu lügen, und manches mehr, was in der traditionellen Anthropologie als Menschen typisch angenommen wurde). Hier gilt es aber daran zu erinnern, dass

(1) viele Leistungen des Gehirn kategoriale Unterschiede zwischen Tierarten widerspiegeln (z.B. wie oben gesagt: wir können nicht fliegen, Fische können nicht laufen, wir haben keinen Sinn für das Erdmagnetfeld, ...).

(2) Einen wesentlichen Anteil an dem relativ größeren Gehirnvolumen des Menschen geht (neben dem Neocortex) auf die bedeutend größeren Areale des temporalen Lobus zurück, die der Sprachgenerierung und dem Sprachverständnis zugeordnet sind (**Abbildung 2, aus G.F. Striedter, Principles of Brain Evolution, Sinauer Ass. 2005**).



(3) Die außerordentlich diffizilen Ausfallserscheinungen in der Sprachgenerierung und dem Sprachverständnis, die man sehr lokalisierten Ausfällen im temporalen Lobus zuordnen kann, lassen keinen Zweifel aufkommen, dass natürlich Sprache in all ihren Dimensionen ein Produkt spezifischer und lokalisierbarer Gehirnleistung ist.

(4) Das Phänomen der „Urgrammatik“ (ich erinnere nur an Chomsky) zeigt, dass es einen genetischen Anteil der Sprache gibt, und der kann natürlich nur ein Produkt der Evolution sein.

(5) FoxP2 ist ein Gen, das die Differenziertheit der menschlichen Sprache mitbestimmt. Es kommt bereits so beim Neanderthaler vor, findet sich bei Mäusen und Vögeln, und hat auch dort etwas mit der akustischen Kommunikation zu tun. Aus diesen und anderen Überlegungen stellt wohl kein Evolutionsbiologe und Neurowissenschaftler in Frage, dass sich die menschliche Sprache graduell in der Primatenevolution entwickelt hat, auch wenn wir noch sehr wenig verstehen, wie dies geschehen ist. Jedenfalls aus der Zuordnung der Sprache zum Menschen auf einen kategorialen Unterschied zwischen Mensch und Tier zu schließen gibt es keinen Anlass.

(2) Die Leistungen des impliziten Wissens

In diesem Absatz geht es mir darum zu demonstrieren, dass nicht bewusst werdendes Handeln außerordentlich reichhaltig und komplex ist, Funktionen einschließt, die wir nur mit kognitiven Begriffen wie wählen, erwarten, entscheiden beschreiben können,

die quantitativ weit überwiegende Tätigkeit des Gehirns betrifft, bei Tieren ebenfalls auf hoher Komplexitätsebene vorkommt und wohl die entscheidende Tätigkeit auch unseres Gehirns darstellt.

Die Unterscheidung zwischen implizitem (oder prozeduralem, nicht bewusst werdendem) und explizitem (bewusst werdendem) Wissen hat eine lange Tradition in der Psychologie und der Neurowissenschaft. Explizites Wissen bezieht sich beim Menschen auf Orte, Objekte, Fakten und Ereignisse, über die wir berichten können, implizites Wissen auf unbewusstes Erinnern, Habituation, Sensitivierung, Konditionierung, Wahrnehmungs- und Bewegungsfertigkeiten, Priming (auch Wort Priming). Diese Begriffsbestimmungen wurden wesentlich geprägt durch Analysen neurologischer Patienten wie dem Patienten H.M. (Milner et al., 1998), bei denen die Bildung des bewusst werdenden Langzeitgedächtnisses in Folge einer Zerstörung des Hippokampus beeinträchtigt ist, das prozedurale Gedächtnis aber nicht gestört ist.

Das implizite Wissen setzt uns (und Tiere) in die Lage, unser Verhalten an neue Bedingungen anzupassen, zukünftige Ereignisse zu erwarten, die Wahrnehmungs- und Handlungsweisen entsprechend den erwarteten Zuständen anzupassen und aus mehreren Optionen von Handlungen auszuwählen. Dabei lernt das implizite Wissenssystem (fügt also neues Wissen seinem Gedächtnis zu), erwartet mögliche Zustände, selektiert und bewertet solche Zustände, wählt zwischen ihnen aus und entscheidet (ohne dass uns von all dem etwas bewusst wird). Hierbei verwende ich die Begriffe „erwarten“, „selektieren“, „wählen“, „entscheiden“ nicht im übertragenen oder metaphorischen Sinne, sondern genau so wie die Begriffe es in ihrer ursprünglichen Aussage ausdrücken: nämlich, dass da ein „Etwas“ ist (das sind natürlich Teile des Gehirns und ihre Verschaltungen), das die relevante Information gespeichert hat, diese situationsgerecht aufruft, über eine Ebene der Verhandlung (erwarten, bewerten, entscheiden) zwischen Optionen verfügt und Wahrnehmungen wie auch Handlungen steuert. Manches davon mag posthoc bewusst werden. Stellen Sie sich folgende Situation vor: Sie gehen eine Treppe hinunter, plötzlich erschrecken Sie, weil Sie ins Leere treten. Viel später als Ihr Körper (Gehirn, Muskel), die dem drohenden Stolpern und Hinfallen entgegen gewirkt haben, wird Ihnen bewusst, dass „Sie“ keine weitere Treppenstufe erwartet hatten, dass da aber eine war und „Sie“ deshalb fast gestürzt wären, hätten „Sie“ nicht eine geschickte und schnelle Ausweichbewegung gemacht. Allerdings wird Ihnen das erst bewusst,

nachdem der ganze Vorgang längst abgelaufen ist und der Schreck Ihnen in die Glieder gefahren ist. Ihr bewusstes „Ich“ war an dem ganzen Vorgang nicht beteiligt, weder beim Erwarten der weiteren Stufe noch bei den schnellen Ausweichbewegungen. Erst der Schrecken und der Rückblick auf das gerade Geschehene werden Ihnen bewusst. Wo kam also die Information über die Erwartung der weiteren Treppenstufe her und was hat die schnellen Bewegungen gesteuert? Natürlich war es Ihr Nervensystem, das aufgrund vorangegangener Lernerfahrungen all die komplexen Vorgänge beim Treppensteigen erlernte und die entsprechenden Prädiktionen für die nächsten Bewegungsabfolgen und Sinneserfahrungen erzeugte. Auch die schnellen Ausweichbewegungen hat Ihr Nervensystem mit rasanter Geschwindigkeit und zum Vorteil für Ihre Knochen generiert. Nicht viel anders ist es mit der alltäglichen Erfahrung, wenn Sie einen Begriff oder Namen „blockieren“: er liegt Ihnen auf der Zungenspitze, verweigert aber sein Auftauchen in der bewussten Wahrnehmung. Wenn Sie dann gerade nicht bewusst danach suchen stellt er sich automatisch ein. Das „Ich“ ist also nicht etwa ihr bewusst werdendes Ich sondern die Identifikation des Gehirns in all seinen Schichten und Eigenschaften mit „seinem“ Körper.

Vielleicht ist es hilfreich wenn ich mit ein paar Bildern an die Leistungen des impliziten Wissens bei Tieren erinnere.

(Abbildungen: 3 - 5)



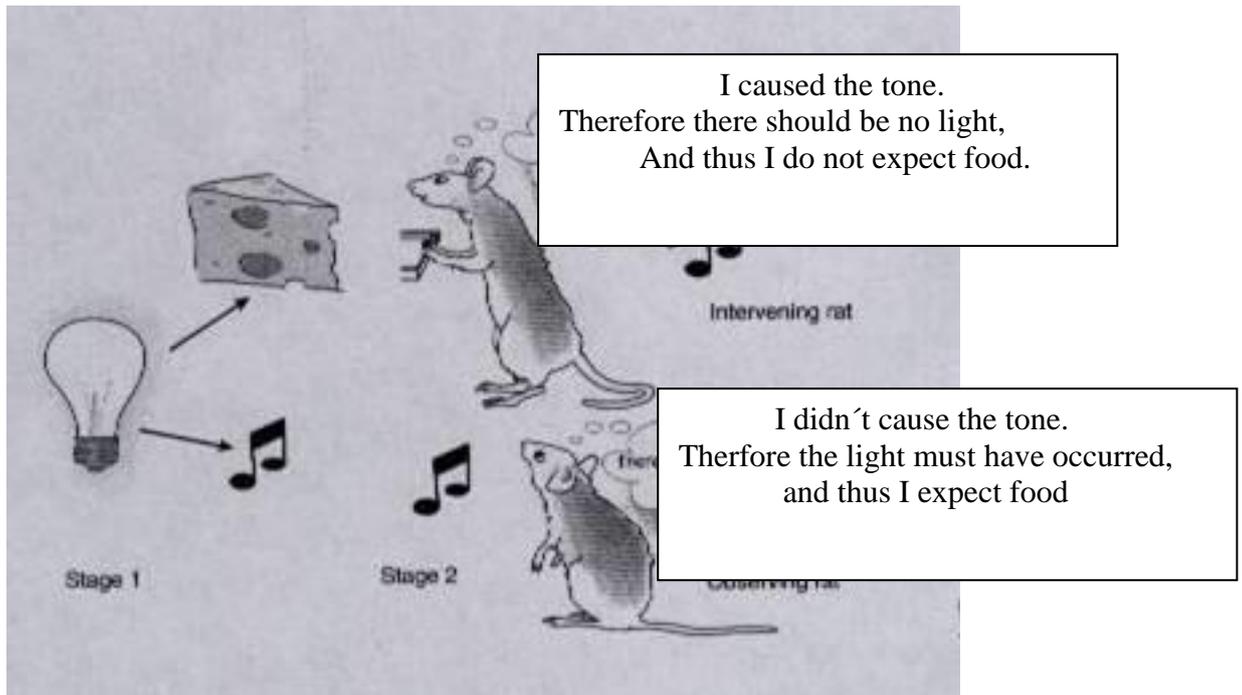
Hier muss der Rabe die Schnur von oben herunterziehen. Von vornherein, ohne die Erfahrung des ersten Versuchs, kamen die Vögel nicht auf die richtige Idee. Vermutlich hielten sie das Arrangement für unlogisch. (Das Gitter verhinderte, dass sie die Schnur doch direkt heraufzogen.)



Den Leckerbissen kann der Rabe nur ergattern, wenn er die Schnur Stück um Stück einholt. Einige erwachsene Raben erdachten in wenigen Minuten reinen Schauens gleich den richtigen Lösungsweg. Sie bewältigten die Aufgabe dann auf Anhieb – offenbar dank logischen Denkens.



Eine Neukaledonische Krähe biegt sich Draht zu einem Werkzeug zurecht.



Kritisches Experiment: Phase 1: Licht gefolgt von Ton und Futter

Phase 2: Ratte bewegt Hebel,

das löst Ton aus: Ratte geht nicht zum Futter.

Kontrollexperiment: Phase 1: Ton-Licht-Futter

Phase 2: Ratte geht zum Futter unabhängig davon ob sie den

Ton ausgelöst hat oder nicht.

Blaisdell et al. Science 311, 1020ff, 06



VERMUTLICH WISSEN KOLKRABEN GENAU, wer ihnen beim Futterverstecken zusieht (oben). Hier war es der auf den Bildern rosa beringte Vogel. Diesen Augenzeugen behält der Versteckbesitzer später scharf im Auge und lässt ihn nicht in die Nähe der verborgenen Beute (unten). Der andere Konkurrent, dessen Fenster zugehängt war, darf überall herumstöbern. (Im Versuch wurde der Versteckbesitzer jeweils nur mit einem dieser beiden Konkurrenten konfrontiert. Die farbigen Ringe dienen allein zur Verdeutlichung auf der Skizze).

(nach B. Heinrich, 1988)

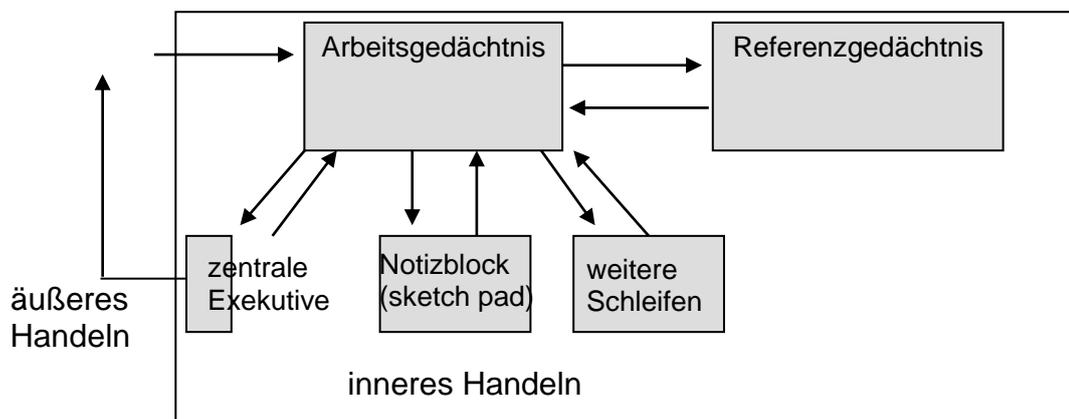
Die moderne Verhaltenbiologie hat gezeigt, dass jede Verhaltensweise mit Bezug auf den erwarteten Effekt generiert wird, also vor ihrer motorischen Verwirklichung „innerlich verhandelt“ wird. Bei einfachen Handlungsabläufen ist dies ein neuronales Signal, das als Efferenzkopie die zu erwartende sensorische Konstellation *nach* Ausführen der Handlung bereits enthält und an neuronale Instanzen geschickt wird, in denen es mit den später sich tatsächlich einstellenden sensorischen Rückmeldungen verglichen wird. Für komplexere Verhaltensweisen ist die Ebene der „inneren Verhandlung“ das Arbeitsgedächtnis. Dem Arbeitsgedächtnis kommen folgende Funktionen zu (**Abbildung 6**):

(1) Vorübergehender Speicher mit begrenzter Kapazität (Kurzzeit-Gedächtnis); (2) Wechselseitige Kommunikation mit dem Referenzgedächtnis (Langzeit-Gedächtnis), wobei relevante Inhalte aus dem Referenzgedächtnis aufgerufen werden und solche aus dem Arbeitsgedächtnis ins Referenzgedächtnis übergeführt werden; (3) „Inneres Verhandeln“ durch Produzieren von Verhaltensoptionen, die „innerlich“, d.h. innerhalb des Gehirns ausgeführt werden, und deren erwartete Folgen mit den Zielvorgaben verglichen werden; (4) Entscheiden nach wenigen oder vielen Iterationen des „inneren Verhandeln“.

Arbeitsgedächtnis

für den Menschen wurde mit Bezug auf visuelles und sprachliches Lernen Von Baddeley and Hitch, 1974 eine Struktur für das Arbeitsgedächtnis vorgeschlagen:

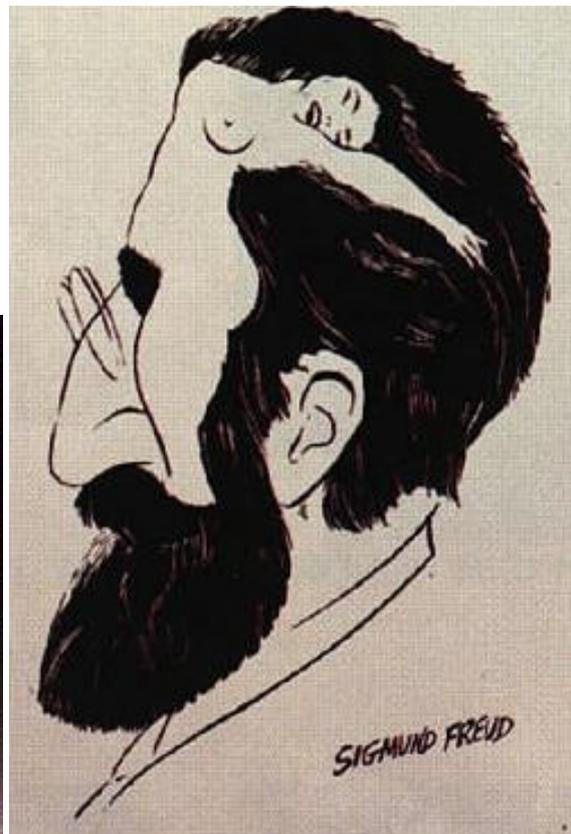
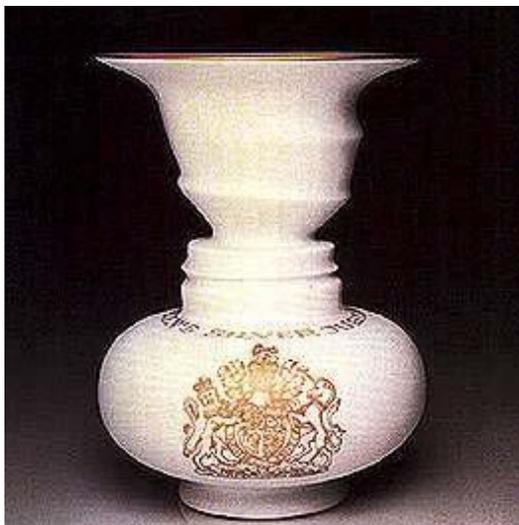
- in Substrukturen gegliedert
- diese sind rückkoppelnd miteinander verknüpft
- die Rückkopplungsschleifen beziehen auch die Außenwelt mit ein
- daraus ergeben sich implizite Operationsschleifen, die der Selektion zugrunde liegen



Im Zentrum steht die Annahme, dass das Arbeitsgedächtnis Substrukturen aufweist und dass diese in rückgekoppelter Weise miteinander verknüpft sind. Diese Rückkopplungsschleifen können über die Außenwelt laufen (äußeres Handeln) oder auf die „Innenwelt“ des Gehirns beschränkt sein („inneres Handeln“). Letztere Schleifen dienen in ihrem Modell den drei zentralen Funktionen des Arbeitsgedächtnisses, der Prädiktion, der Selektion und der Entscheidung.

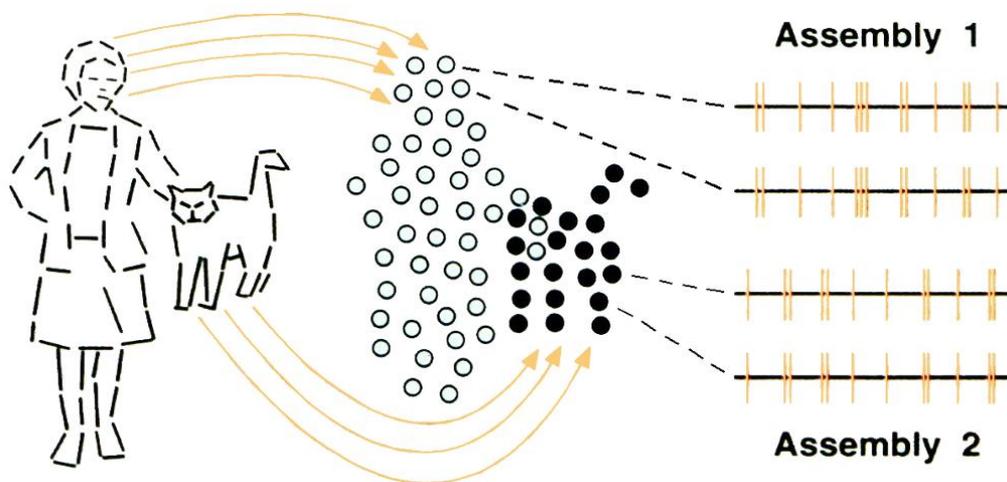
Prädiktion: Jedes neuronale Kommando zum Handeln nimmt bereits die Folgen des Handelns vorweg (Von Holst-Mittelstaedt: Efferenzkopie, Roger Sperrys *corollary discharges*), ein Ausdruck des impliziten Erwartens der Folgen. Die Neurowissenschaft kennt eine riesige Anzahl von Beispielen. z.B.: Augenbewegung (Sakkade). Eigenexperiment: Durch leichten Druck seitlich auf Ihren Augapfel fehlt diese Efferenzkopie und die Welt bewegt sich, die neuronale Raumverstellung wird also nicht prospektiv eingestellt (Helmholtz).

Selektion: Wenn zwei oder mehrere Handlungs- oder Wahrnehmungsoptionen durch Aufrufen aus dem Referenzgedächtnis ähnlich wahrscheinlich sind, dann muss eine Selektion erfolgen. Das elementare Schaltprinzip ist die laterale Inhibition. Beispiel: Kippbilder. (**Abbildung 7**). Vergleichbare Phänomene ließen sich aus dem motorischen Bereich anführen, wenn es also darum geht, zwischen zwei möglichen Bewegungsabfolgen eine auszuwählen.

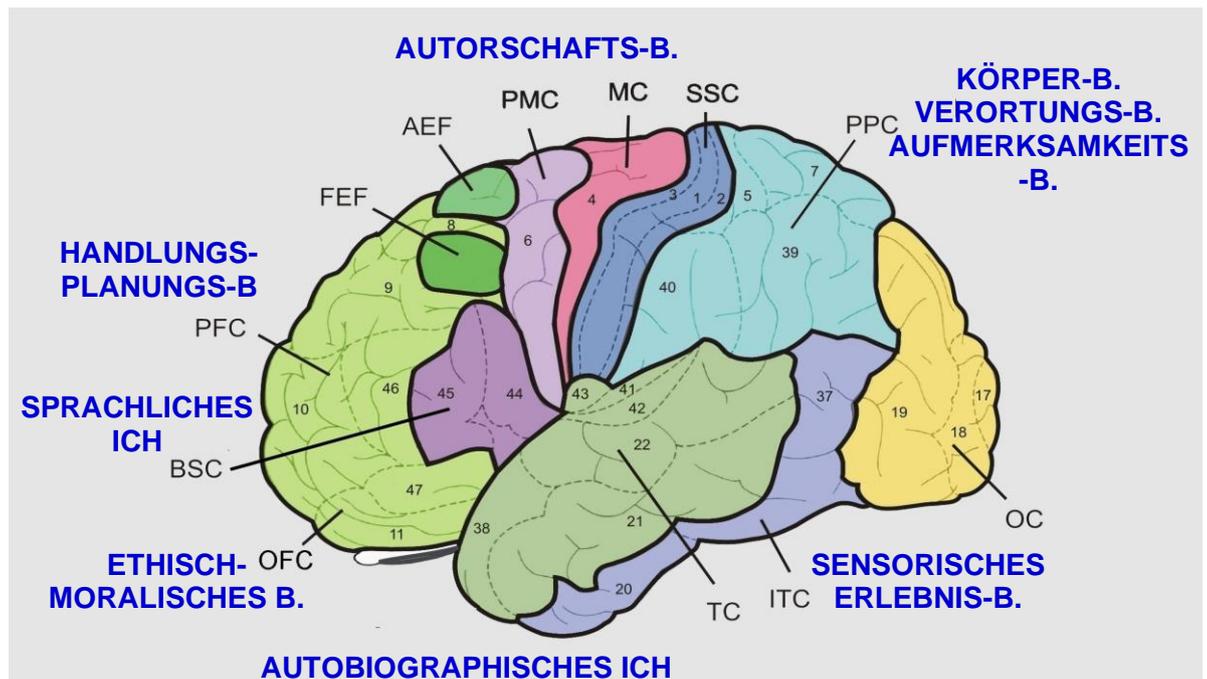


Die multiplen Komponenten von als Einheit empfundenen kognitiven Leistungen

Ich sagte zum Einstieg, dass die Eine-Person-Perspektive zwar kein objektivierbarer Zugang in der NW sein kann aber dennoch als Fragengenerator und als Irreführer von großer Bedeutung ist. So eine Irreführung bezieht sich auf das Phänomen, dass viele unserer kognitiven Leistungen als Einheit erlebt werden aber bei genauem Hinsehen aus mehreren bis vielen Teilleistungen zusammengesetzt sind und verschiedene Gehirnareale involvieren. Beispiel: Wahrnehmung von Objekten (erinnere: Gestaltpsychologie, Bindungsphänomen, **Abbildung 8**).



Möglicher neuronaler Mechanismus der Gestaltwahrnehmung als Einheit: Die Synchronisation der neuronalen Erregung von Neuronen, die zu unterschiedlichen funktionalen Zellverbänden gehören (nach Singer, verändert).



Das vielfältige Bewusstsein: **Abbildung 9** (nach G. Roth, 1994, hier zitiert aus einem Vortrag von G. Roth).

Die Frage nach dem freien Willen und der Ich-Verantwortlichkeit

Unser bewusstes Dasein schwimmt also wie eine lebendige Insel auf jenem Strom der Möglichkeiten von dem vorher die Rede war. Man könnte also sagen, Geist ist nicht einfach das „was das Gehirn tut“ sondern eher das, was wir bewusst davon erfahren. Welches Bild macht sich die Neurowissenschaft von dieser Beziehung zwischen implizitem und explizitem Wissen? Diese Frage lässt sich an dem so vielschichtigen und mitunter geradezu ideologisch diskutiertem Fragenkomplex des freien Willens beleuchten.

Ich will mich auf die starke Definition des freien Willens konzentrieren, also das unabwiesbare Gefühl, dass ich es bin, der handelt und dass ich bei meinem Handeln zwischen Optionen (die alle im Rahmen der Möglichkeiten meines Körpers liegen und mir nicht von außen aufgezwungen werden oder einer Gehirnpathologie, wie z.B. Zwangshandlungen) frei wählen kann. Das „ich“ wird dabei so verstanden wie oben definiert, als die Identifikation des gesamten Gehirn mit seinem Körper. Die Probleme, die mit dieser Selbstzuordnung des Handelns erwachsen, sind alte Probleme, mit denen sich Gottgläubige und Philosophen schon lange herumgeschlagen haben und zu keiner rechten Lösungen gekommen sind.

(1) Die Nicht-Vorhersagbarkeit ist kein Argument für Willensfreiheit. In der Nachfolge von Hume kann man die vielleicht die philosophische Position so zusammenfassen: Alle Verhaltensweisen und Entscheidungen haben eine Ursache. Alle Vorgänge im Gehirn werden verursacht und entstehen nicht aus dem Nichts. Das bedeutet aber nicht, dass ihre Folgen oder Wirkungen vorhersehbar sind. Kausale Beziehungen und Unvorhersagbarkeit sind völlig vereinbar. Umgekehrt gilt: Nicht-Vorhersagbarkeit bedeutet nicht Bruch der Kausalität. Also: freier Wille bedeutet nicht nicht-verursachte Entscheidungen. Die Makrophysik (und dazu zählen wir die Gehirnforschung) kennt keine Verletzung des Determinismus. Quantenphysikalische Vorgänge haben nichts mit Willensfreiheit zu tun.

(2) Die Zuschreibung der Freiheit im Handeln ist ein post hoc Vorgang. Das wusste schon William James im 19. Jahrhundert: vielen Willenshandlungen geht keine (bewusst werdende) Entscheidung voraus (Hypnose, Gehirnstimulationen, nicht bewusst werdende Wahrnehmungen über unsere rechte Hirnhemisphäre: all diese Phänomene zeigen eindeutig, dass Menschen post hoc eine Handlung als gewollt interpretieren, ohne dass eine bewusste Entscheidung der Handlung vorausging. Menschen, deren Ich-Bezug gestört ist, interpretieren (häufig) ihre eigene Handlung als fremd, nicht von Ihnen gewollt, fremdgesteuert.) Libet' (1983), Haggart und Eimer (1999) fanden, dass das Bereitschaftspotential des supplemätären motorischen Cortex (PMC siehe Abbildung 9, eine Region, die nicht an bewusst werdenden Prozessen beteiligt ist), dem Bewußtseinsprozeß der Handlungssteuerung voraus geht. Da der supplemätäre PMC von den Basalganglien gesteuert wird, der ebenfalls ausschließlich nicht bewussten Prozessen zugeordnet wird, kann kein bewusster Entscheidungsprozeß einer unmittelbaren und schnellen Handlung vorausgehen. Dieses Zeitreihe-Argument mag nicht alle überzeugen (wie auch manche Details des Experiments), aber das ist der Stoff, aus dem die experimentelle Wissenschaft gemacht ist: das grundsätzliche Problem der Inkompatibilität der Annahme bewusster Willenssteuerung mit diesen Befunden bleibt.

(3) Der Prozess der Entscheidungsfindung spielt sich im Gehirn in einer zum Kreis geschlossenen Schleife ab, in der die Basalganglien (die Gedächtnisspeicher für Handlungen), das limbische System (mit der Amygdala, zuständig für das emotionale Gedächtnis, und der Hippocampus als Speicher für Kontextbedingungen), der präfrontale Cortex (die für bewusst werdenden Prozesse zuständige Region) in dieser Reihenfolge die prämotorischen, motorischen und somatosensorischen Areale den

parietalen (oberen) Cortex steuern. Für inneres Tun (Denken, Abwägen) wird diese Schleife viele Male durchlaufen, wobei Subschleifen ebenfalls eine wichtige Rolle spielen. Wünsche sind emotional (Amygdala) getrieben, und in vielen Entscheidungen setzen sie sich durch.

(4) Bleibt ein Rest von Freiheit bei langsamen, abwägenden Entscheidungsfindungen durch den Beitrag der präfrontalen Regionen? ("Das was man sich wünscht auch wollen darf"). Wenn die Frage also so gestellt wird: führen Bewusstseinsprozesse zu (schnellen) Handlungen, dann kann man sagen: nein, dafür sind Strukturen zuständig, die nicht an bewusst werdenden Vorgängen beteiligt sind. Fragt man, ob Denken, Überlegen, Abwägen (also langsames inneres Tun) zu freien Entscheidungen führt, dann würden Neurowissenschaftler sagen, im Sinne von Auswahlvorgängen all der unbewusst angebotenen Optionen. Wenn dies sehr viele Optionen sind mit kognitiv nahe beieinander liegenden Schwellen, mag die dann später als frei empfundene Entscheidung ein hohes Maß an Anteilen kognitiver, bewusst werdender neuronaler Prozesse enthalten.

Man könnte dagegen einwenden (etwa mit Hubert Markl 2004 in seinem Vortrag auf dem 44. Psychologen Kongress) dass die subjektive *Primärevidenz von Entscheidungsfreiheit* alle Gegenargumente aus den Angeln hebt. Er sagt dann schön provokativ mit Blick auf die evolutiven Wurzeln des subjektiven Freiheitsgefühls: „Das wäre doch ein Scheißspiel, bei dem man selber keinen Zug machen dürfte“. Allerdings verlässt diese Argumentationsebene die Ein-Person-Perspektive nicht und wiegt daher in einer experimentellen Wissenschaft wenig.

Auf der gleichen Ebene bewegen sich viele Argumente gegen die Thesen der NW. Dazu möchte ich Ihnen einen Absatz aus Hubert Markls 2004 Rede vorlesen, die sehr schön klingt und auch viel Spass macht, aber deshalb nicht besondere Überzeugungskraft gewinnt: (Zitat)

„Nun zum zweiten Argument für menschliche Entscheidungsfreiheit, das ich als das *Argument des ganzen Ich* bezeichnen möchte. Stellen Sie sich einmal vor, es würde einer sagen, er gehe jetzt mit 'seinem Kumpel, in dem er wohne, nämlich seinem Gehirn, ein Bierchen zischen, weil der arme Kerl doch selbst keines bestellen könne und unbedingt eine Blutverdünnung brauche: zusagen: EGO - der Geist - kaufe seinem Vermieter - dem Körper - ein Bier! Das ICH ist aber kein parasitischer Mitesser oder Mitwisser des ES, sondern eigentlich dessen Besitzer, genauer: ES selbst! Eine Persönlichkeitsspaltung zwischen beiden sollte uns doch sehr befremden. Bei

manchen Autoren, die über Willensfreiheit - bzw. über deren Nichtvorhandensein - schreiben, scheint solche Persönlichkeitsspaltung jedoch gang und gäbe.“ (Ende Zitat) Genau das Gegenteil ist der Fall, Herr Markl: Die Argumente der Neurowissenschaft richten sich gerade gegen die subjektive Empfindung von Bewusstsein/Geist als etwas wesensartig verschiedenem mit eigener Gesetzmäßigkeit. Es ist in der Tat das ganze Ich (siehe oben) das Entscheidungen trifft und eben nicht nur das Bewusstwerdende Ich. Die Frage ist, wie die zweifellos vorhandenen unterschiedlichen Operationsebenen des Gehirns mit seinem implizitem und explizitem Wissen das Ich gemeinsam erzeugen, Verhalten und Denken aushandeln und als Produkte des Ich erlebbar machen.

(5) In der philosophischen Argumentationsweise (etwa bei Kant) spielt die Dualität von Rationalität und Emotionalität eine wichtige Rolle, und Entscheidungen werden also umso freier verstanden, je weniger emotional und je mehr rational bestimmt sie sind (manchmal das kantianische Monster genannt, Roland de Souza). Allerdings muss man sich auch hier wieder an Hume erinnern ("Reason alone can never be a motive to any action of the will, and secondly it can never oppose passion in the direction of will"), eine Position, die der der NW nahe kommt. Hier ist Damasio's berühmter Patient E.V.R. aufschlussreich. In einer Operation wurden ihm bilaterale Regionen des ventromedialen Frontallobus entfernt. In seinen kognitiven Funktionen war er ungestört, aber er verlor seine emotionale Intentionalität. Seine alltäglichen praktischen Entscheidungen, die wir frei von emotionalen Bezügen betrachten würden (z.B. in seinem Beruf) kamen völlig durcheinander. Obwohl er ganz genau argumentierte, wie und warum er eine bestimmte Entscheidung treffen sollte, gelang ihm die Umsetzung ins Handeln nicht. Damasio hat die Sicht der Neurowissenschaft in seinem Begriff des "conscious feeling" zusammengefasst: Im Kontext von kognitiven und emotionalen Gedächtnissen, gerichteter Aufmerksamkeit auf bestimmte Wahrnehmungen und Imaginationen und den daraus erfolgenden spezifischen Aktivität in der oben genannten Schleife entstehen Entscheidungen, für deren Selbstzuordnung und Erklärung nur die bewusst werdenden, rationalen Anteile übrig bleiben. Geschwindigkeit des Handelns, Intentionalität (was würden oder werden die anderen tun), Harmonie und Diskrepanz mit ästhetischen und moralischen Gefühlen sind Bedingungen, deren neuronale Substrate meist außerhalb der bewusst werdenden Prozesse liegen.

(6) Wenn der Beitrag bewusst werdender Prozesse bei der Entscheidungsfindung in der Tat 1. gering ist (wie die Neurowissenschaftler vermuten) und 2. auf einer anderen Zeitebene liegen als die, die zur aktuellen Entscheidungsfindung unmittelbar beitragen, dann stellt sich die Frage nach der Schuldfähigkeit für aktuelle Taten in einem neuen Licht. Die Rechtsprechung kennt die Ausnahmeregelungen für Handlungen im Effekt, geht aber grundsätzlich von der persönlichen Schuldfähigkeit aus, weil ja das Subjekt Herr seiner Handlungen ist. Was aber, wenn das handelnde Subjekt nicht sein bewusst werdender, argumentativer und abwägender Teil ist? Verantwortung des Einzelnen stellt sich nicht primär hinsichtlich der unmittelbaren Handlungskette dar, die zur Tat führt, sondern als Bereitschaft zum sozialen Lernen über die gesamte Lebensgeschichte des betreffenden Menschen. Die Gemeinschaft kann und muss einfordern, dass sich ihre Mitglieder im Rahmen ihrer Möglichkeiten aktiv und willig dem Aneignen der sozialen Regeln aussetzen. Genetische und soziale Dispositionen können dies einschränken, und dann ist die Verantwortlichkeit auch in diesem breiten Sinne eingeschränkt. Die soziale Gemeinschaft stellt ein schutzbedürftiges Gut dar. Daher hat die Gemeinschaft das Recht, sich vor zuwiderhandelnden Personen zu schützen. Diese Thesen der Neurowissenschaft könnten nachhaltige Auswirkungen auf die Grundlagen unseres Rechtsempfindens und der Rechtsprechung. Nicht die persönliche Verantwortlichkeit würde dann im Zentrum der Begründung von Sanktionen stehen sondern das Rechtsgut der Schutzbedürftigkeit der Sozialgemeinschaft.

Reference List

1. Schacter D (1999) Wir sind Erinnerung - Gedächtnis und Persönlichkeit. Reinbek:
2. Damasio AR (1999) The feeling of what happens: body and emotion in the making of consciousness. New York: Harcourt Brace & Company.
3. Pinker S (2009) How the mind works. New York: W.W. Norton.
4. Edelman GM, Tononi G (2000) Consciousness. How matter becomes imagination. New York: Pinguin Books.
5. Smith Churchland P (2002) Brain-Wise - Studies in Neurophilosophy. Cambridge, Mass.: A Bradford Book - MIT Press.

6. Donald M (2009) A mind so rare. The evolution of human consciousness. New York: W.W.
7. editors: Dudel J, Menzel R, Schmidt RF (2001) Neurowissenschaft - Vom Molekül zur Kognition. Berlin: Springer-Verlag. 587 p.
8. MacPhail E (1998) The Evolution of Consciousness. Oxford: Oxford University Press. 256 p.
9. Chomsky N (1965) Aspects of the theory of syntax. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press.
10. Milner B, Squire LR, Kandel ER (1998) Cognitive neuroscience and the study of memory. Neuron 20: 445-468.
11. Blaisdell AP, Sawa K, Leising KJ, Waldmann MR (2006) Causal reasoning in rats. Science 311: 1020-1022.
12. Baddeley AD, Hitch G (1974) Working memory. In: Bower GH, editors. The psychology of learning and motivation : advances in research and theory. New York: Academic Press. pp. 47-90.
13. Libet B (1990) Cerebral processes that distinguish conscious experience from unconscious mental functions. In: Eccles JC, Creutzfeldt OD, editors. The principles of design and operation of the brain - Pontificae Academiae Scientiarum Scripta Varia 78. 185-202.