



Prof. Dr. phil. Peter Brugger

Verkörpertertes Erinnern

Vortrag beim 20. Internationalen Symposium des VFCR in Fulda, 15.-16. Juni 2018

Sofern es Modeströmungen in der psychologischen Forschung gibt¹, stellen Arbeiten zu «Verkörpertem Denken» («Embodied Cognition») eine solche dar. Paradebeispiel ist die Zahlenverarbeitung. «Mehr» wird mit oben im Raum assoziiert und «weniger» mit unten. Evolutiv ist diese Assoziation wohl auf die Angewohnheit des Aufeinanderstapelns zurückzuführen; wer mehr Steine, Früchte oder Werkzeuge hat, erstellt den höheren Stapel. Auch die bilaterale Symmetrie unseres Körpers bildet sich im Umgang mit Zahlengrößen ab; die linke Hand reagiert rascher auf kleine Zahlen, die rechte auf große: der Zahlenstrahl dehnt sich von links nach rechts aus². Dies zeigen auch unsere Augenbewegungen; sie gehen mehrheitlich nach links während Subtraktionen und nach rechts während Additionen. «Finger» und «Zahl» heissen im Englischen gleich, und das digitale Zeitalter ist damit letztlich ein Ausdruck «manumerischer Kognition» (Fischer und Brugger, 2011, auch für die einzelnen in diesem Abschnitt erwähnten Befunde). In der klinischen Neuropsychologie kommen Zahl und Finger im Gerstmannsyndrom zusammen. Dieser immer wieder hart debattierte Symptomenkomplex umfasst neben der Akalkulie auch die Fingeragnosie (sowie die Agraphie und eine Links-Rechts-Unterscheidungsstörung – welche sich mühelos ebenfalls in den Kontext von Hand und Zahl einordnen lassen).

¹ Es gibt sie!

² Der kulturelle Kontext ist hier allerdings ausschlaggebend: die hier beschriebenen Links-Rechts-Assoziationen gelten für Kulturen mit einer Links-nach-Rechts-Orientierung von Lesen und Schreiben; für Kulturen mit gegenläufiger Richtung gelten umgekehrte Assoziationen zu klein-gross, früh-spät usw. (McCrink et al., 2014 für eine Übersicht).

Wie die Zahlen folgt auch der Ablauf der Zeit einem gerichteten Strahl. Frühere Episoden werden schneller erkannt oder klassifiziert, wenn die linke Hand antwortet, spätere (oder sich vorgestellte zukünftige), wenn es die rechte ist. Die Zeit ist aber auch mit dem Raum vor und hinter uns assoziiert. Probanden, die auf einer sensiblen Bewegungsmessplatte möglichst ruhig stehen sollen, lehnen sich etwas vor, wenn sie an Zukünftiges denken, zeigen aber eher eine Rückwärtsneigung der Körperachse, wenn sie sich an Vergangenes erinnern (Miles et al., 2010).

Solche Arbeiten belegen, dass selbst höchst abstraktes Denken und Empfinden letztlich auf grundlegende Prozesse der Sensomotorik zurückgehen, auf Prozesse eben, die uns erlauben, unseren Körper erfolgreich als Medium zwischen Aussen- und Innenwelt einzusetzen³.

Merkwürdigerweise ist für einen Teil der Kognition die Verkörperungskomponente relativ wenig hervorgehoben worden. Es ist das Gedächtnis. In meinem Vortrag besprach ich verkörpertertes Erinnern auf drei Ebenen: (1) wie es sich in sehr kurzfristig wirkenden Adaptations- und Kontrastphänomenen äussert, (2) wie die Erinnerung an Körperbewegungen die Wahrnehmung von (Schein-)bewegungen beeinflusst, und schliesslich (3) im Zusammenhang mit dem Phantomglied-Erleben und der kortikalen Reorganisation nach Amputation. Ich gehe auf (1) und (3) hier etwas näher ein.

Adaptations- und Kontrasteffekte

Jeder kennt den kleinen Versuch: man schaue für etwa eine Minute auf eine rote Fläche und unmittelbar darauf auf eine weiße. Obschon man weiß, dass man reines Weiß sehen sollte, sieht man leicht grünlich – die farbsensitiven Zellen, die sich auf Wellenlängen spezialisiert haben, die der Farbe Rot entsprechen, sind ermüdet worden und die maximale Sensitivität verschiebt sich zur Gegenfarbe hin. Farbsehen ist relativ und, auch wenn nur im Sekundenbereich, von erlebter Vorgeschichte abhängig. Adaptationseffekte sind streng genommen Gedächtniseffekte: Zellverbände «erinnern» sich so lange an das Rot, wie uns die weiße Fläche grünlich erscheint! Wenige kennen den simplen Verhaltensversuch, dieses Sekundenfarbgedächtnis im Nervensystem zu lokalisieren: blickt man mit dem linken Auge auf Rot und dann mit dem rechten auf Weiß (oder umgekehrt), bleibt weiß weiß; offenbar sitzen die adaptierten Zellen in der Retina, denn die Retina des einen Auges ist nicht mit der des anderen verbunden, den Zäpfchen im rechten Auge ist es vollkommen egal, wie müde ihre Kollegen im linken sind. Adaptationseffekte sind

³ Auch Modeströmungen haben ihre unpopulären Vorläufer. Ein unbekannter Rezensent eines Buches zur Taubstummensprache meinte 1834 zum Zusammenhang zwischen Sprache und Gestik: «... man kann das Sprechen gleichsam als verkörpertertes Denken bezeichnen» (Jenaische Allgemeine Literatur-Zeitung Nr. 25, S. 193/194).

universell im Prozess der visuellen Wahrnehmung. Schauen wir ins Zentrum einer Spirale, die sich so dreht, dass wir den Eindruck einer zentripetalen Bewegung haben, und unmittelbar darauf auf eine stationäre, scheint sich die in zentrifugaler Richtung auszudehnen⁴. Hier gilt für die monokuläre Betrachtung: Hinschauen mit dem einen Auge beeinflusst durchaus auch das andere! Bewegungssensitive Zellen sitzen nicht in der Retina, sondern im visuellen Kortex, hinter der Verschaltung der beiden Augen und die Ermüdung ist ein Sich-Erinnern des Gehirns.

Man erprobe diesen so einfachen wie bedeutsamen Versuch anhand eines noch höher kortikal gelegenen Adaptationseffektes, desjenigen der Gesichtsadaptation, die für Alter, gezeigte Emotion und Rasse nachgewiesen ist und in Abb. 1 für das Geschlecht der abgebildeten Person gezeigt ist (Abb. 1; nach Javadi und Wee, 2012).

Cleverer Manipulationen in der Versuchsanordnung erlauben, den Gedächtnisanteil am Alternationsverhalten zu quantifizieren: je länger die Distanz zwischen erzwungener und «spontaner» Entscheidung, desto weniger der Einfluss der ersteren auf letztere (Abb. 2) – erst wenn die Eingangsrichtung gänzlich vergessen ist, kann man von Spontaneität sprechen! Das Gedächtnis ist dabei kein höher-kognitives; führt man den in Abb. 2 am Mehlwurm illustrierten Versuch mit Kellerasseln durch und kompensiert den Mehraufwand der rechtsseitigen Beinchen in der Eingangskurve nach links mit einem rechtsseitigen, sich in Laufrichtung bewegenden Förderbändchen (Grosslight und Ticknor, 1953), stellt sich kein Kontrasteffekt ein.

Erinnern ist hier sehr anschaulich «verkörpert» - das Gedächtnis an eine Richtung braucht nicht zentralnervös

Abb. 1:

Gesichtsadaptation: das mittlere Gesicht ist weder Frau noch Mann, sondern ein Morph, der von 50% befragten Personen als Frau, von 50% als Mann wahrgenommen wird. Schaut man erst eine Weile auf ein klar männliches oder weibliches Gesicht, scheint der Morph das konträre Geschlecht zu haben. Gesichtserkennende Regionen im visuellen Kortex «erinnern» sich an das vorher angeschauten Gesicht und lassen uns für eine Weile das kontrastierende Geschlecht erkennen. Nach Javadi und Wee (2012).



30 Sekunden fixieren, dann
mittleres Gesicht anschauen!



Welches Geschlecht?



30 Sekunden fixieren, dann
mittleres Gesicht anschauen!

Adaptation bewirkt einen Kontrasteffekt: in Entweder-Oder-Situationen wird Gewöhnung an eine Wahrnehmungsvariante das Auftreten der anderen favorisieren. Weit verbreitet sind analoge Kontrasteffekte im motorischen System. Rennt eine Ratte durch ein T-Labyrinth, an dessen Anfang eine Linksabiegung zu durchlaufen ist, wird sie am Ort der freien Entscheidung nach rechts abbiegen – man nennt dieses Verhalten «spontaneous alternation behavior» (Dember und Richman, 1989). Mit der Spontaneität ist es dabei allerdings weit her: wenn die Entscheidung, dort wo sie frei sein könnte, von der zuvor eingeschlagenen Richtung abhängt, beweist dies ja gerade, dass sie eben nicht frei ist, sondern von der Erinnerung an die Vorwahl abhängt.

⁴ Oder die Nase eines angeblickten Menschen scheint sich auszudehnen!

abgespeichert sein, es sitzt gleichsam in den Beinen!⁵ Spontanes Wechselverhalten ist universell; es ist bei Ratten, Amöben und sogar bei Spermien nachgewiesen⁶. Beim Menschen zeigt es sich auch in nicht-motorischen Situationen: als «Irrtum des Spielers» ist es im Spielcasino bekannt: nachdem im Roulette die Kugel einige Male auf ein rotes Feld zu liegen kam, steigen die Einsätze auf Schwarz.

⁵ Dies bedeutet nicht, dass zusätzlich auch zentralnervöse Prozesse eine Rolle spielen können, wie Versuche mit passiver Rotation des Körpers gezeigt haben.

⁶ Brugger et al. (2002). Sind Spermien überhaupt Lebewesen? Eigentlich bloss halbe, die auf dem Weg sind, eins zu werden. Dass sie ein Gedächtnis haben, wirft die Frage nach dem Beginn (individuellen) Lebens auf...

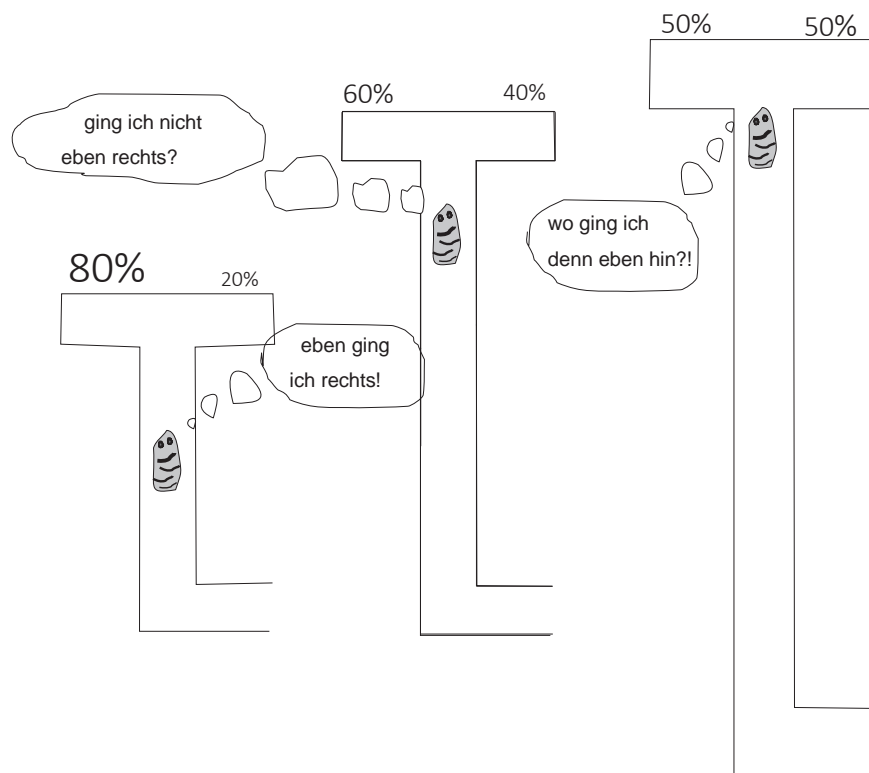


Abb. 2:

Kriecht ein Mehlwurm durch ein Labyrinth, erinnert er sich eine Weile an die Richtung, die er zuvor eingeschlagen hatte. Ging er zuvor nach rechts, wird er links wählen und umgekehrt. Erst wenn die Strecke so lang ist, dass er vergessen hat, wohin er zuvor ging, wird er sich zufällig für links oder rechts entscheiden. (Gezeichnet nach Daten in Grosslight und Ticknor, 1953)

Phantomgliedmaßen: Erinnerungen an den Körper

Verliert ein Mensch eine Gliedmaße, bleibt diese doch im Erleben erhalten, man spricht vom Phantom oder Phantomglied. Phantome wurden bereits im 16. Jahrhundert studiert; Ambroise Paré schilderte nicht bloss ihre Phänomenologie im Detail, sondern gilt auch als einer der ersten, die funktionelle Prothesen für Amputierte entwickelten. Descartes sah Phantomempfindungen später als Hinweis darauf, dass taktile Empfindung nicht im tastenden Körperteil zu suchen ist, sondern im Gehirn (für eine kurze Einführung in die frühe Geschichte siehe Finger und Hustwit, 2003).

Schmerz ist bloß ein Aspekt von Phantomgliedmaßen und hat wenig mit verkörpertem Erinnern zu tun. Nicht schmerzende Phantomempfindungen hingegen (etwa die Form des verlorenen Körperteils betreffend, die Lage im Raum, Beweglichkeit oder Temperatur) werden in ihrer Gesamtheit einem «sensomotorischen Gedächtnis» an dem einstmals vorhandenen Körperteil zugeschrieben. Was die jüngere Wissenschaftsgeschichte betrifft, ist der Phantomschmerz gegenüber den nicht-schmerzenden Phantomempfindungen überrepräsentiert. Seine Erforschung hat gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts ein Axiom revidiert: das menschliche Nervensystem ist auch im Erwachsenenalter noch «plastisch» und kann sich funktionell neu organisieren. Verliert etwa jemand

eine Hand, kann das Handareal im kortikalen Homunculus neu Eindrücke von Oberarm und Gesicht verarbeiten – von Körperteilen also, die im Gehirn benachbart zur Hand repräsentiert sind⁷.

Das Ausmaß des erlebten Phantomschmerzes korreliert dabei mit dem Ausmaß der Neuorganisation; je stärker der Schmerz, desto weiter reichen die funktionellen Verbindungen vom vormaligen Handareal in die benachbarten Areale hinein (Flor et al., 1995). Deswegen wurde Phantomschmerz auch als Preis bezeichnet, den wir für eine offenbar weit über die Entwicklungsphase hinausreichende Plastizität bezahlen müssen. Die neuere Forschung konzentriert sich weniger darauf, wie Eindrücke aus entfernten Körperteilen plötzlich von einem deafferenzierten Repräsentationsareal übernommen werden können, sondern fragt sich, inwiefern dieses Areal doch noch eine «Erinnerung» an das verlorene Körperteil aufrechterhält. So konnte gezeigt werden, dass bei Personen, welche einen Arm verloren hatten, das Ausmaß der Phantomempfindungen mit einer im primären senso-

⁷ Berichte von Amputierten haben diese neurowissenschaftlichen Erkenntnisse einer funktionellen Verschmelzung benachbarter kortikaler Areale um Jahrhunderte vorweggenommen: Empfindungen in der Phantomhand können durch taktile Stimulation einer Gesichtshälfte ausgelöst werden. Fußamputierte können ihr Phantom während Stimulierung der Geschlechtsorgane plötzlich deutlicher empfinden – Fuß und Geschlechtsorgane liegen im Homunkulus (wie natürlich auch in der Feminkula!) an benachbarten, parazentral gelegenen Stellen.

motorischen Handareal erhaltenen Repräsentation korreliert ist (Makin et al., 2015; Kikkert et al., 2018).

Aktuell wird für möglich gehalten, dass das angestammte Handareal Repräsentationen einer Reihe von Körperteilen beherbergt, solange diese Handfunktionen ausführen, also etwa Lippen, Füße und Beine aber auch die noch intakte kontralaterale Hand (Makin et al., 2015). Dies ist angeblich sogar für Personen der Fall, die ohne eine Hand geboren wurden (Hahamy et al., 2017). In dieser Personengruppe gibt es eine Minorität, welche über (schmerzfreie) Phantom-Empfindungen berichten (Melzack et al., 1997; Brugger et al., 2000 für eine «Objektivierung» dieses subjektiven Erlebens) – woher stammen solche «Erinnerungen» an ein niemals erlebtes Körperteil? Hat das Körperschema angeborene Komponenten? Lassen sich somatische Repräsentationen auf die Beobachtung anderer Leute und deren Bewegungen zurückführen? Letztlich ist eine Beantwortung dieser Fragen nach (Re-)Organisation des Gehirns bei fehlenden Gliedmaßen auch wichtig für die Aktivierungen «verkörperlichter Erinnerungen» nach Schlaganfall.

Referenzen

- Brugger P, Kollias SS, Müri R, Crelier G, Hepp-Reymond M-C, Regard M (2000) Beyond re-membering: phantom sensations of congenitally absent limbs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 97, 6167-6172
- Brugger P, Macas E, Ihlemann J (2002) Do sperms remember? *Behavioural Brain Research* 136, 325-328.
- Dember WN, Richman CL (1989) *Spontaneous alternation behavior*. Springer, New York.
- Finger S, Hustwit MP (2003) Five early accounts of phantom limb in context: Paré, Descartes, Lemos, Bell, and Mitchell. *Neurosurgery* 52, 675-686.
- Fischer MH, Brugger P (2011) When digits help digits: spatial-numerical associations point to finger counting as prime example of embodied cognition. *Frontiers in Psychology* 2, article 260, 1-4.
- Flor H, Elbert T, Knecht S, Wienbruch C, Pantev C, Birmauer N, Larbig W, Taub E (1995) Phantom-limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation. *Nature* 375, 482-484.
- Grosslight JH, Ticknor W (1953) Variability and reactive inhibition in the meal worm as a function of determined turning sequences. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 46, 35-38.
- Hahamy A, MacDonald SN, van den Heiligenberg F, Kieliba P, Emir U, Malach R, Johansen-Berg H, Brugger P, Culham JC, Makin TR (2017) Representation of multiple body parts in the missing-hand territory of congenital one-handers. *Current Biology* 27, 1350-1355.
- Javadi AH, Wee N (2012) Cross-category adaptation: objects produce gender adaptation in the perception of faces. *PLOS ONE* 7(9) e46079.
- Kikkert S, Johansen-Berg H, Tracey I, Makin TR (2018) Reaffirming the link between chronic phantom limb pain and maintained missing hand representation. *Cortex* 106, 174-184.
- Makin TR, Scholz J, Henderson Slater D, Johansen-Berg H, Tracey I. (2015) Re-assessing cortical reorganization in the primary sensorimotor cortex following arm amputation. *Brain* 138, 2140-2146.
- McCrink K, Shaki S, Berkowitz T (2014) Culturally driven biases in preschoolers' spatial search strategies for ordinal and non-ordinal dimensions. *Cognitive Development* 30, 1-14.
- Melzack R, Israel R, Lacroix R, Schultz G (1997) Phantom limbs in people with congenital limb deficiency or amputation in early childhood. *Brain* 120, 1603-1620.
- Miles LK, Nind LK, Macrae CN (2010) Moving through time. *Psychological Science* 21, 222-223.

**Wir wünschen allen Leserinnen und Lesern
eine interessante und lehrreiche Lektüre!**
Für uns ist der rehabilitative Ansatz von
Prof. Perfetti die Leitlinie unserer Arbeit.



Travemünde GbR

Ergotherapie

Jakobs - & - Volquartz

Neurokognitive Rehabilitation,
Neurokognitive Therapie bei Kindern,
und in der orthopädischen Behandlung.
Psychisch-funktionelle Behandlung

Moorredder 1 ● 23570 Lübeck Travemünde
Tel.: 04502 / 88 05 95 ● Fax: 04502 / 88 01 86