



**Prof. Dr. phil. Peter Brugger**

## Vernetztes Funktionieren – Konnektivität im Verhalten

**Kurzübersicht über den Vortrag  
am 19. Internationalen Symposium des VFCR  
in Nürnberg, 16.-17. Juni 2017**

«Konnektionismus», die Lehre der Verbindungen zwischen Hirnarealen, ist kein neues Feld. Der Vortrag gibt eine Übersicht über frühe konnektionistische Ideen (Catani et al., 2013), diskutiert die klassischen Diskonnektionssyndrome (Verbindungsstörungen zwischen linker und rechter Großhirnhemisphäre) und geht dann kritisch auf eine alternative Sicht einer Dichotomie zwischen unterschiedlichen zerebralen Funktionskreisen ein, der «Top Brain – Bottom Brain»-Idee nach Stephen Kosslyn (Kosslyn und Miller, 2013). Die wissenschaftlichen Grundlagen für diese Idee werden dargestellt - sie stammen nicht von Kosslyn selber. Schliesslich zeigt der Vortrag auf, wie Funktionsspezialisierungen von linken, rechten, oberen und unteren Anteilen des Gehirns unter Berücksichtigung ihrer Konnektivität für eine praxis-orientierte Therapie nach Hirnschädigung fruchtbar genutzt werden können.

### 1. Kurze Geschichte des Konnektionismus

Schon Descartes hatte im 17. Jahrhundert die weiße Substanz dargestellt und das Modell der Alexie von Déjérine nahm im ausgehenden 19. Jahrhundert die heutige Ansicht einer Funktionsbeeinträchtigung als Verbindungs-Störung vorweg. Entwicklungen in Mikroskopie und histologischen Färbetechniken förderten die Arbeiten der damaligen Neuroanatomien, die an Leitungsstörungen interessiert waren.

Bemerkenswerterweise hielten viele von ihnen auch eine Professur für Psychiatrie inne und lehrten die «körperlichen Grundlagen der Geistesstörungen» (nach dem Titel einer Monografie Paul Flechsig's, die modernste Ansichten vorwegnimmt, vergl. etwa Insel & Cuthbert, 2015). Der in Russland geborene, später in der Schweiz aktive Neurologe Constantin von Monakow schuf den Begriff der Diaschisis, um die «Fernwirkung» einer Läsion zu beschreiben, welche neben grauer eben auch weiße Substanz betreffen würde. Eine Reihe von Diskonnektionssyndromen wurde im ausgehenden 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts beschrieben, so etwa die Leitungsaphasie (Wernicke), die assoziative Agnosie (Lissauer), die Apraxie (Liepmann) und die Reine Alexie (Déjérine). Während sich der zeitgenössische Konnektionismus (Connectomics) an bildgebenden Verfahren orientiert, schlossen diese Autoren aufgrund von Verhaltensbeobachtung und einer post mortem Neuroanatomie auf den Beitrag der Konnektivität des Gehirnes im Zusammenhang mit bestimmten funktionellen Ausfällen. Verhaltensbeobachtung und -testung standen auch am Anfang einer eigentlichen Ära der Neuropsychologie, nämlich der «split-brain»-Forschung.

### 2. Das klassische Diskonnektionssyndrom nach Balkendurchtrennung

Für Forschungen mit sogenannten «split-brain»-Patienten wurde erstmals der Nobelpreis (für Medizin) an einen Psychologen vergeben. Roger Sperry erhielt ihn 1981 für seine Arbeiten, in welchen er die subtilen Verhaltensänderungen von Patienten untersuchte, die sich wegen medikamentös nicht unterdrückbarer epileptischer Anfälle einer Kallosotomie, also einer Trennung des Corpus Callosum, unterzogen. Klassisch ist das Beispiel der Frau, deren dominante rechte Hand ein Kleid aus dem Schrank auswählt, das ihr dann umgehend von der linken wieder abgenommen und durch ein anderes «ihrer» Wahl ersetzt wird. Während das Bild von «zwei Seelen in einem Gehirn» verständlicherweise auf enormes populäres Interesse stieß, ist ein Blick auf einige der geläufigeren split-brain-Symptome äußerst lehrreich für jede klinisch arbeitende Neuropsychologin\*: in der taktilen Anomie für von der linken Hand ertastete Gegenstände verhindert die Unterbrechung der Kommissurfasern, dass die Information vom rechtsseitigen somatosensorischen Areal in die Sprachregionen der linken Hemisphäre gelangen – interhemisphärische Assoziationsfasern sind dabei intakt, das heißt, der Gegenstand kann unmittelbar benannt werden, wenn er mit der rechten Hand ertastet wird. Ähnlich ist Schreiben nach Diktat mit der linken Hand unmöglich, selbst wenn kein graphomotorisches Defizit vorliegt: die linke Hand «weiß nicht mehr» wie Buchstaben zu formen sind (Stenografie-Schreiben sollte allerdings nach wie vor erhalten sein! Vergl. weiter unten). Auf verbales Kommando kann Werkzeuggebrauch mit der rechten

Hand problemlos pantomimisch gezeigt werden («Zeigen Sie, wie Sie einen Hammer benutzen!»), die linke Hand versagt aber, da die Sprachinformation nicht mehr zum rechtshemisphärischen Motorkortex beziehungsweise den parietalen Arealen der Bewegungsrepräsentation gelangt. Diese einfachen Beispiele veranschaulichen die Konnektivität im Verhalten: selbst scheinbar einfache Handlungen können unter Umständen die Koordination weit auseinanderliegender Hirnregionen erfordern; die Vernetzung kann durch punktuelle Läsionen irgendwo innerhalb des Netzwerkes außer Funktion gesetzt werden.

Durch tachistoskopische Versuche lässt sich auch beim Hirngesunden\* das Gehirn «splitten», das heißt, es lassen sich bei sehr kurzzeitiger Stimulus-Exposition in nur ein Gesichtsfeld funktionelle Hemisphärenasymmetrien darstellen. Sprachliches Material wird (vor allem bei rechtshändigen Versuchspersonen) besser im rechten Gesichtsfeld verarbeitet, von wo aus die Information in die linke, sprachkompetente Hirnhälfte gelangt. Umgekehrt lässt sich eine Überlegenheit der rechten Hemisphäre für räumliche Probleme zeigen (etwa den Vergleich von Winkelgrößen, aber auch die Beurteilung der Identität oder des emotionalen Ausdrucks von Gesichtern). Solche funktionellen Asymmetrien sind eine unzweifelhafte Tatsache, dennoch sollten Begriffe wie «Sprachdominanz» oder «Raumdominanz» vorsichtig gebraucht werden. Der Vortrag zeigt auf, wie Sprache auch rechtshemisphärische Funktionen in Anspruch nimmt, nämlich wenn sie «räumlich verpackt» wird wie in der Stenografie (Regard et al., 1985) oder wenn sprachliche Informationen besonders bildhaft oder metaphorisch sind oder verlangen, dass Assoziationen «um viele Ecken gehen» (Leonhard und Brugger, 1998). Darüber hinaus ist die «Dominanz» der beiden Hirnhälften eine dynamische Angelegenheit; subklinische epileptische Aktivität in linksseitigen limbischen Arealen kann nicht bloß eine vorher erfasste linkshemisphärische Sprachüberlegenheit vorübergehend aufheben, sondern sogar zu einer transienten Dominanz der rechten Hemisphäre führen (Regard et al., 1994). Klinische und experimentelle Befunde zeigen damit klar, dass es das Zusammenspiel der beiden Hemisphären ist, welches fest verdrahtete Asymmetrien dominiert. Populäre Dichotomien bezüglich dem linken und rechten Gehirn (sprechend – stumm; sequentiell – simultan; überlegt – spontan; Wissen – Glauben; ...) werden dadurch stark relativiert. Eine differenzierte Betrachtung von unilateralen Präferenzen und bilateraler Kooperation macht aber klar, dass die Balance im Zusammenspiel der menschlichen Grosshirnhemisphären durchaus auch den Denkstil eines Individuums mitbestimmt. Voraussetzung für diese Erkenntnis ist das Respektieren der dynamischen Konnektivität im Verhalten.

### 3. Von der Links-Rechts- zur Oben-Unten-Dichotomie

Ausgehend von einer harschen Kritik an der Neuropsychologie der funktionellen Hemisphärenasymmetrien präsentierte der bekannte amerikanische Psychologe Stephen Kosslyn kürzlich eine Alternative (Kosslyn und Miller, 2013): Es wird vorgeschlagen, eine funktionelle Einteilung des Gehirns in einen unteren und einen oberen Teil vorzunehmen. Das «untere Gehirn» umfasst Okzipital- und Temporallappen sowie den infero- und orbitofrontalen Kortex aber auch den Präfrontalkortex. Das «obere Gehirn» besteht aus Parietallappen, motorischer Rinde und medial-frontalen Anteilen inklusive dem vorderen Cingulum. Das untere Teilhirn ist für die Wahrnehmung und Interpretation von Informationen aus der Umwelt verantwortlich, das obere für die Handlungsplanung und –ausführung. Es mutet – gelinde gesagt – befremdlich an, dass die Autoren Kosslyn und Miller an neuropsychologischen Modellen hemisphärischer Verarbeitung kritisieren, dass sie in popularisierter Form Wahrnehmen und Denken dichotomisieren und dann selber eine Dichotomisierung des Gehirns in eine untere und obere Hälfte vornehmen. Diese ist von Anbeginn schon populär: Die Leser können einen Fragebogen ausfüllen (Kosslyn und Thompson, 2012), um zu erfahren, ob sie eher ein Top-Brain-Typ oder ein Bottom-Brain-Typ sind. Zwanzig Fragen erlauben diese Einteilung: Klassifizieren Sie Hunde, die Sie antreffen, mühelos nach ihrer Rasse? (Falls ja, gibt's einen Punkt fürs Bottom-Brain), Machen Sie gerne Pläne? (ein «Ja» liefert einen Punkt fürs Top-Brain). Um einen Nutzen für die Therapie zu gewinnen, müssen wir uns nach einer wissenschaftlichen Grundlage der Vertikalteilung des Gehirns umschauen. Eine solche stammt nicht von den Autoren, findet jedoch in deren Büchlein wenigstens Erwähnung.

### 4. Top Brain und Bottom Brain: Nutzen für die Therapie

Die Idee einer funktionellen Spezialisierung dorsaler und ventraler Bahnen ist eine etablierte. Ursprünglich im Amphibien- und später im Makaken-Gehirn beschrieben, wurde sie 1991 in einem vielzitierten Artikel auch für den Menschen vorgestellt (Goodale et al., 1991). Eine Patientin konnte nach einer hypoxischen occipito-temporalen Schädigung weder Form noch Orientierung von Gegenständen erfassen (visuelle Agnosie), vermochte aber mühelos einen Brief in einen wie auch immer ausgerichteten Schlitz einwerfen: «Handlung» stellte sich als das Zauberwort heraus und die Leistungen der Patientin konnten damit erklärt werden, dass die handlungs-orientierten Bahnen von der primär-visuellen Rinde über einen dorsalen Pfad nach vorne von der Hypoxie nicht betroffen waren. Es ist naheliegend, das Wissen um solche Funktionsspezialisierungen für die Therapie nach Hirnschädigung ausnützen

zu wollen. Im Vortrag wird allerdings propagiert, neben der Unterscheidung zwischen dorsal und ventral diejenige zwischen links und rechts doch auch beizubehalten, um einen möglichst ganzheitlichen Zugang zu neuen Therapieentwicklungen zu ermöglichen. Ein solcher Zugang setzt voraus, dass über lokalisatorische Betrachtungen hinaus auch die Vernetzung zwischen betroffenen Arealen berücksichtigt wird. Bildgebende Verfahren zur Integrität der Weissen Substanz sollten für eine optimale, individuell angepasste Therapieplanung herbeigezogen werden. Am Beispiel der Reinen Alexie (ein Patient kann zwar nicht mehr lesen, wohl aber noch schreiben) wird ein Therapieansatz illustriert: Während «normales», rein durch die Augen geleitetes Lesen nicht mehr möglich ist (die links posteriore Läsion umfasst auch die splenialen Kommissurfasern, sodass visuelle Information im linken Gesichtsfeld der linken Hemisphäre nicht mehr zugänglich ist) hilft «kinästhetisches Lesen» oft aus. Hierbei wird den einzelnen Buchstaben mit dem Finger nachgefahren und die visuelle Form und die korrespondierenden phonetischen Attribute können so erschlossen werden (solange keine zusätzliche Verbindungsstörung zwischen somatosensorischem Kortex und den zum lauten Lesen gebrauchten linkshemisphärischen Arealen vorliegt). Die Effizienz dieser Strategie zeigt sich darin, dass die meisten Patienten mit einer Reinen Alexie automatisch ihre Finger zum Lesen einsetzen – ein Verhalten, das bei anderen Alexieformen nicht in vergleichbarem Ausmass zu beobachten ist. Was der Patient hier als Selbsttherapie einsetzt, ist wegweisend für eine Systematisierung durch das Therapiepersonal. Es ist eine «Umgehung» einer Störung im wörtlichen Sinne: Im Netzwerk des Lesens fällt der gängige Weg aus, das Ziel kann aber auf dem Umweg über intakte Bahnen doch noch erreicht werden. Anhand von vier Fall-Vignetten werden Störungen der Konnektivität erläutert und mögliche Wege aufgezeigt, die rehabilitationsrelevante Umgehungsstrategien darstellen könnten.

Zusammenfassend: «Oberes Gehirn» und «Unteres Gehirn» bilden eine für die Therapie von Hirnverletzungen fruchtbare Dichotomie, wobei die entsprechenden Assoziationsfasern innerhalb eines der betreffenden Abschnitte aber auch zwischen ihnen (Milner, 2017) berücksichtigt werden müssen. Die dilettantische Pauschalkritik von Kosslyn und Miller (2013) an der Lateralitätsforschung kritisierend, versucht dieser Vortrag das Beibehalten von Erkenntnissen zu hemisphärischen Funktionsasymmetrien zu empfehlen. Interaktionen zwischen links, rechts, oben und unten sollten in interdisziplinärem Rahmen, unter ständiger Berücksichtigung der bildgeberischen Darstellung auch der Weissen Substanz, erfolgen.

## Referenzen

- Catani M, Thiebaut de Schotten M, Slater D, Dell'Acqua F (2013) Connectomic approaches before the connectome. *NeuroImage*, 80, 2-13.
- Goodale M, Milner AD, Jakobson LS, Carey DP (1991) A neurological dissociation between perceiving objects and grasping them. *Nature* 349, 154-156.
- Insel, T. R., & Cuthbert, B. N. (2015). Brain disorders? Precisely. *Science* 348, 499-500.
- Kosslyn SM, Miller GW (2013) *Top Brain, Bottom Brain*. New York: Simon & Schuster.
- Kosslyn SM, Thompson WL (2012) Assessing habitual use of dorsal versus ventral brain processes: the dorsal – ventral questionnaire. *Biologically Inspired Cognitive Architectures* 2, 68-76.
- Leonhard D, Brugger P (1998) Creative, paranormal, and delusional thought: a consequence of right hemisphere semantic activation? *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Behavioral Neurology* 11, 177-183.
- Milner AD (2017) How do the two visual streams interact with each other? *Experimental Brain Research* 235, 1297-1308.
- Regard M, Cook ND, Wieser HG, Landis T (1994) The dynamics of cerebral dominance during unilateral limbic seizures. *Brain* 117, 91-104.
- Regard M, Landis T (1985) Dissociated hemispheric superiorities for reading stenography vs. print. *Neuropsychologia* 23, 431-435.

\* Ich benutzte abwechselungsweise weibliche und männliche Formen.

## Therapeutenliste

### Liebe Mitglieder,

wir möchten gerne noch einmal die Therapeutenliste auf der Homepage ansprechen.

Diese Liste gibt es bereits seit Oktober 2009 und soll die Suche nach Therapeuten im Wohnumfeld von Patienten erleichtern. Aktuell sind ca. 120 KollegInnen eingetragen, allerdings sind auch einige bereits inaktiv geschaltet, weil keine aktuellen Fortbildungsnachweise vorliegen!

Für alle noch mal der Hinweis: Damit der Eintrag erhalten bleibt, muss alle 2 Jahre eine aktuelle Fortbildung (15 Fortbildungspunkte) im Bereich neurokognitiver Rehabilitation nachgewiesen werden. Die Teilnahme an einem Symposium ist hierfür ausreichend.

Sobald ein Eintrag seine Gültigkeit (nach 2 Jahren) verliert, erfolgt eine Information per mail. Dann hat jeder 3 Monate Zeit, seine Fortbildungsnachweise einzureichen. Erfolgt dies nicht, wird der Eintrag inaktiv geschaltet.

Wer noch nicht in der Therapeutenliste steht, sollte dies im eigenen Interesse bitte noch nachholen. Es erleichtert unsere ehrenamtliche Arbeit sehr und spart auf der Suche nach einem Therapeuten viel Zeit und Nerven. Vielen Dank.