

# Kopfsachen

Holger Schulze: Das Yin und Yang der Hirnfunktionen...

...oder warum das Mittelmaß das Optimum darstellt



# Das Yin und Yang der Hirnfunktionen...

...oder warum das Mittelmaß das Optimum darstellt

Holger Schulze

**Unsere Hirne leisten Erstaunliches: Eine Vielzahl unterschiedlichster Funktionen müssen gleichzeitig ausgeführt, überwacht und koordiniert werden – von der Steuerung vegetativer Regelkreise über sensorische Wahrnehmungsleistungen und motorische Verhaltensäußerungen bis hin zu höheren kognitiven Fähigkeiten wie Lernen, Bewusstsein oder Emotionen. Dabei leisten die Hirne in den einzelnen Bereichen üblicherweise offenbar nicht das theoretisch Bestmögliche, sondern gehen Kompromisse zwischen verschiedenen Anforderungen ein, bestrebt, in einem Gleichgewicht der unterschiedlichen Funktionen ein optimales Funktionieren des Organismus als Ganzes sicherzustellen.**

## **Hirnschäden und Hirnleistung**

*Wenn etwas beschädigt ist, dann funktioniert es schlechter, als wenn es nicht beschädigt wäre.*

Dieser scheinbar trivialen Aussage würde wohl jeder intuitiv zustimmen, und in unserem üblichen Erfahrungsrepertoire, bezogen auf uns alltäglich umgebende Dinge, stimmt das wohl auch: Ein Auto, das einen Platten hat, lässt sich schwer handhaben, und auch ein Handmixer macht beim Sahneschlagen deutlich weniger Freude, wenn einer der beiden Quirlaufsätze fehlt. Auch bei Verletzungen des Körpers scheint die Aussage allgemeingültige Regel zu sein: Ein Sportler mit einem gebrochenen Bein wird wohl kaum erfolgreich ein Rennen bestreiten können, und Patienten mit defekten Nieren müssen sich zwingend und regelmäßig der Dialyse unterziehen, um den Funktionsausfall

zu kompensieren. Betrachten wir jedoch Schädigungen des Gehirns, gibt es mitunter Überraschungen: Zwar führen die meisten Hirnläsionen ebenfalls zu Funktionseinbußen – Verletzungen des visuellen Cortex, der Sehrinde, etwa zu Gesichtsfeldausfällen oder Schädigungen der Sprachzentren zu spezifischen Sprachstörungen –, doch gibt es hier auch Ausnahmen von der Regel. So beschrieb etwa Sprague in den sechziger Jahren<sup>1</sup>, dass einseitige Läsionen des visuellen Cortex bei Katzen zwar zu Beeinträchtigungen visueller Orientierungsreaktionen führen, dass die *zusätzliche* Läsion visueller Strukturen des kontralateralen Mittelhirns (des Colliculus superior) dieses Orientierungsvermögen aber vollständig wiederherzustellen vermag. Mittlerweile wurde dieser berühmte Sprague-Effekt, der also eine Verbesserung einer Hirnleistung nach Hirnläsion beschreibt, auch beim Menschen nachgewiesen<sup>2</sup> und scheint nicht nur im visuellen, sondern auch im auditorischen System zu funktionieren<sup>3</sup>.

Ein weiteres Beispiel dafür, dass Hirnläsionen nicht immer zu Leistungseinbußen führen müssen, lässt sich am sogenannten Stroop-Effekt<sup>4</sup> demonstrieren: Dieser beschreibt das Phänomen, dass die Geschwindigkeit, in der mit unterschiedlicher Schriftfarbe geschriebene Worte gelesen werden können, sinkt, wenn es sich bei den Worten um Bezeichnungen von von der Schriftfarbe abweichenden Farben handelt. Wird also beispielsweise das Wort „Grün“ mit blauer Tinte geschrieben, braucht unser Gehirn aufgrund der offensichtlich widerstrebenden Informationen länger zur Dekodierung der präsentierten Schrift, als wenn es mit grüner Tinte geschrieben wäre. Interessanterweise schneiden Patienten mit Schädigungen im rechten Frontalhirn im Stroop-Test schlechter als Normalprobanden ab, während Patienten mit geschädigtem linken posterioren Parietallappen aber sogar besser als normal

---

1 Sprague JM. 1966. Interaction of cortex and superior colliculus in mediation of visually guided behavior in the cat. *Science*. 153:1544-1547.

2 Weddel RA. 2004. Subcortical modulation of spatial attention including evidence that the Sprague effect extends to man. *Brain Cogn*. 55:497-506.

3 Lomber SG, Malhotra S, Sprague JM. 2007. Restoration of acoustic orienting into a cortically deaf hemifield by reversible deactivation of the contralesional superior colliculus: the acoustic „Sprague Effect“. *J Neurophysiol*. 97:979-993.

4 Stroop JR. 1935. Studies of interference in serial verbal reactions. *J. Exp. Psychology*. 18:643-662.

abschneiden!<sup>5</sup> Könnten wir unsere Gehirne also vielleicht besser machen und zu Höchstleistungen treiben, würden wir nur an den richtigen Stellen die eine oder andere gezielte kleine Läsion setzen?

### **Der Preis der Superhirne**

Bevor man eine derart drastische Maßnahme in Erwägung ziehen könnte, muss man sich freilich fragen, wozu diese Strukturen von der Evolution in unseren Hirnen belassen wurden, wenn ihre Fehlfunktion doch zu scheinbar besseren Hirnleistungen führt – lehrt uns doch Darwin, dass eigentlich jede Struktur, die evolutiv entsteht und erhalten bleibt, dem Individuum auch einen Nutzen bringen muss. Untersucht man die geschädigten Gehirne genauer, so stellt man denn auch fest, dass die beobachtete Leistungssteigerung in einem Bereich eigentlich immer zum Preis von Funktionseinbußen in anderen Bereichen erkaufte wird. Das vielleicht extremste Beispiel für dieses Phänomen stellen Personen mit Inselbegabungen, sogenannte Savants, dar. Bei diesen Menschen lassen sich mitunter ganz außergewöhnliche Hirnleistungen in unterschiedlichsten Bereichen beobachten – darunter Gedächtnisleistungen, mathematische, sprachliche oder musische Fähigkeiten, bei denen meist völlig unklar ist, wie sie eigentlich imstande sind, diese Leistung zu vollbringen. In der Regel sind diese Personen aber jenseits ihrer Inselbegabung kognitiv behindert, etwa die Hälfte sind Autisten. Die Hirnschädigungen können dabei auf Entwicklungsstörungen zurückzuführen sein oder auch erst später im Leben erworben werden, etwa wie im Falle Orlando Serrells, der im Alter von zehn Jahren von einem Ball am Kopf getroffen wurde und sich seither an jedes einzelne Detail seines Lebens zu erinnern vermag<sup>6</sup>.

Warum sich eine bestimmte Hirnfunktion nicht beliebig steigern lässt, ohne dabei andere Hirnfunktionen zu beeinträchtigen, können wir versuchen anhand folgender (hypothetischer) Überlegungen zu verstehen: Zunächst einmal

---

5 Pujol J, Vendrell P, Deus J, Junqué C, Bello J, Martí-Vilalta JL, Capdevila A. 2001. The effect of medial frontal and posterior parietal demyelinating lesions on stroop interference. *Neuroimage*. 13:68-75.

6 Zweifelsohne ein Fluch und kein Segen, denn die Fähigkeit zu vergessen dürfte für ein sich effektiv an wandelnde Lebensumstände anpassendes Gehirn ebenso essenziell sein wie das Erlernen neuer Informationen.

scheint es einleuchtend, dass unterschiedliche Hirnfunktionen unterschiedliche Anforderungen an die „Rechenleistung“ des Gehirns stellen. Optimale Lösungen für ein bestimmtes Problem erfordern dabei vermutlich verschiedene Verschaltungen der beteiligten Neuronentypen. Selbst in der Großhirnrinde, die unabhängig von der in der jeweiligen Region ausgeführten Funktion sehr einheitlich aufgebaut ist, lassen sich trotzdem Unterschiede in der genauen Mikroarchitektur der neuronalen Netzwerke finden, etwa zwischen rechter und linker Hirnhälfte<sup>7</sup>. Diese Feinheiten der Netzarchitektur sind möglicherweise die Grundlage für die vielfach beschriebenen funktionellen Unterschiede zwischen den beiden Hirnhälften, etwa der Beobachtung, dass der rechte Hörkortext eher ganzheitliche, spektrale Muster von Schallereignissen analysiert, während die linke Hemisphäre eher auf die Analyse zeitlicher Feinstruktur spezialisiert ist<sup>8</sup>. Werden nun Reize verarbeitet, die sowohl zeitlich als auch spektral komplex sind (wie etwa Sprache), so könnte es hier zu Konflikten zwischen den beiden Hirnhälften kommen. Damit das Gehirn aber letztlich zu einer Entscheidung über die Interpretation der Information kommen kann, muss es Mechanismen geben, die die beiden Hirnhälften in sinnvoller Weise miteinander interagieren lassen und die im Zweifel einer der beiden Seiten die Oberhand, das „letzte Wort“ gewissermaßen, zuweisen. Das heißt also, unterschiedliche Hirnareale interagieren miteinander in einer Art und Weise, in der sie um die Interpretationshoheit über ein und dieselbe Sache konkurrieren. Im Falle mancher Savants könnte dies zum Beispiel bedeuten, dass bestimmte Filterfunktionen, die normalerweise dafür sorgen, dass nur relevante Informationen verarbeitet und bewusst werden, gestört sind und dadurch unwichtige Informationen nicht mehr unterdrückt werden können. Ist dies der Fall, wird alles erinnert, wichtig oder unwichtig, aber für andere Funktionen sind dann im Gegenzug keine „Rechnerkapazitäten“ mehr frei, und sie werden beeinträchtigt. Doch wir müssen uns gar nicht auf solch extreme Beispiele wie Savants beschränken, um Beispiele für derartig aus dem Gleichgewicht gera-

---

7 Galuske RAW, Schlote W, Bratzke H, Singer W. 2000. Interhemispheric asymmetries of the modular structure in human temporal cortex. *Science*. 289:1946-1949.

8 Vgl. etwa: Zatorre RJ, Belin P. 2001. Spectral and temporal processing in human auditory cortex. *Cereb. Cortex*. 11:946-53.

tene Hirnfunktionen zu finden: Parkinsonpatienten etwa, bei denen ein Mangel an Dopamin durch Schädigung dopaminerger Neurone zu den bekannten motorischen Beeinträchtigungen führt, zeigen auch interessante Veränderungen im kognitiven Bereich: Gibt man solchen Patienten eine Aufgabe, bei der sie durch Rückmeldung, ob sie falsch oder richtig entschieden haben, eine bestimmte Lösungsstrategie entwickeln sollen, so lernen diese Patienten aus Erfolgen schlechter als Normalprobanden, aus Fehlern aber sogar besser. Behandelt man diese Patienten aber mit einem Dopamin-Vorläufer, sodass sie mehr Dopamin zur Verfügung haben als normal, dann lernen sie aus Erfolgen besser als Normalprobanden, aus Fehlern jedoch schlechter!<sup>9</sup>

### **Das Yin und Yang der Hirnfunktionen**

Diese konkurrierenden Interaktionen der Hirnfunktionen erinnern verblüffend an das Prinzip von Yin und Yang aus der chinesischen Philosophie: Dort beschreibt es entgegengesetzte und doch aufeinander bezogene Kräfte, wobei der gewünschte Optimalzustand jeweils in einem ausgewogenen Gleichgewicht zu finden ist. In ganz analoger Weise scheinen unsere Gehirne organisiert zu sein: Die Fülle der zu leistenden Aufgaben erfordert es geradezu, dass sich die unterschiedlichen Funktionen in einem ausgewogenen Gleichgewicht befinden. Das optimal funktionierende Gehirn ist daher offenbar ein solches, das zwar die einzelne Funktion vielleicht eher mittelmäßig – gemessen an dem theoretisch Erreichbaren – erfüllt, die Gesamtheit aller Funktionen aber ausgewogen und an die Anforderungen des Alltags pragmatisch optimal angepasst zu leisten vermag.

---

<sup>9</sup> Frank MJ, Seeberger LC, O'Reilly RC. 2004. By Carrot or by Stick: Cognitive Reinforcement Learning in Parkinsonism. *Science*, 306:1940-1943.