

Klaus Bartonietz

„Gehirn, das (Subst.): ein Organ, mit dem wir denken, daß wir denken.“

Ergänzungen zum 2. Teil der Beitragsreihe

Lecithin – Cholin – Acetylcholin

Am Beispiel des Neurotransmitters Acetylcholin soll die Komplexität der Beziehungen und Wirkungen bei den Neurotransmittern verdeutlicht werden (siehe auch Tab. 4 im Heft). Zum Aufbau elastischer Zellwände (Ionenein- und -ausfluss, Weiterleitung von Nervenreizen), zur Herstellung von Myelin für die Nervenfasern und zur Bildung des Neurotransmitters Acetylcholin wird Lecithin gebraucht. Mit seinem Phosphatanteil ist Lecithin eine Quelle für die Resynthese von ADP zu ATP. Es spielt auch beim Fettstoffwechsel eine Rolle. Cholin ist ein Bestandteil des Lecithins und einer der Grundstoffe für den Neurotransmitter Acetylcholin, der bei der Steuerung von Emotionen und Verhalten sowie bei Gedächtnisleistungen zum Einsatz gelangt und der auch an den neuromuskulären Synapsen wirkt. Er stimuliert auch das Enzymsystem der Leber (Blutentgiftung, Ausscheidung toxischer Umweltchemikalien wie Schwermetalle und Rückstände von Medikamenten). Cholin wird aber möglicherweise in unseren Ländern zu wenig zugeführt (im Durchschnitt 0,2 bis 1,0 g pro Tag). Die Zufuhrempfehlung für Cholin beträgt 0,5 bis 1,0 g pro Tag, die für Lecithin 2 bis 10 g pro Tag¹. Andere Quellen gehen davon aus, dass keine allgemeine Ergänzung von Lecithin (enthält Cholin) erforderlich ist². Stress und Training erhöhen den Lecithin-Bedarf. Die Cholinzufuhr sollte differenziert erfolgen (Fischer, daCosta, Kwoc et al., 2007: eventuell erhöhter Bedarf im Alter). Hohe Cholin-Dosierungen können zu Herzrhythmusstörungen, Darmproblemen, Kopfschmerzen und Muskelverspannungen führen³. Ein Vitamin-B-Mangel führt zu einem erhöhten Bedarf an Cholin. Weitere bekannte Ursachen für einen erhöhten Bedarf oder einen Mangel an Cholin sind für gesunde Sportler nicht relevant. Der Körper kann bei ausreichender Zufuhr von Aminosäuren (Serin, Methionin) genügend Cholin bilden. Zu beachten ist, dass Cholinmangel neben anderen Funktionsstörungen zu Problemen bei Lern- und Gedächtnisleistungen sowie zu einer verminderten Produktion von roten Blutkörperchen führt¹. Im Alter kann die Überwindung der Blut-Hirn-Schranke für Cholin stark beeinträchtigt sein. Die Verbesserung der Gedächtnisleistung (LTP) durch Lecithin könnte

TAB. A Ausgewählte Hirnrindenfelder und ihre Funktionen

1,2,3	primäre somatosensorische Felder (Parietallappen)
1	höhergeordnete Hautempfindungen (taktile Unterscheidung von Form und Größe)
2	Verarbeitung von Informationen von Haut, Muskeln und Gelenken (Oberflächen- und Tiefensensibilität einschließlich der Richtung eines Stimulus)
3a	Propriozeption von Muskeln und Gelenken
3b	Hautberührung, Schmerz- und Temperaturempfinden
4	primär-motorisches Feld (Frontallappen)
5	somatosensorisch-assoziatives Feld (Parietallappen), führt Informationen zusammen, z.B. zur Stellung des gesamten Beines oder beider Beine, steht mit gegenseitigem Gebiet über das Corpus callosum in Verbindung (bei Makaken Sitz von Spiegelneuronen)
6	prämotorisches Feld, hat Funktion beim Planen komplexer koordinierter Bewegungen
7	somatosensorischer assoziativer Kortex, Schnittpunkt von Sehen und Propriozeption, Funktion bei visuell-motorischer Koordination (Auge-Hand-, Auge-Bein-Koordination), steht mit gegenseitigem Gebiet über das Corpus callosum in Verbindung
8	frontales Sehfeld, Planung komplexer Bewegungen, Kontrolle der Augenbewegungen (daher auch „frontales Sehfeld“)
9	dorsolateraler präfrontaler Kortex
10	beteiligt an Gedächtnisabfragen (präfrontaler Kortex)
11	Teil des Stirnlappens, beteiligt an Planungen, logischem Denken, Entscheidungsfindungen
17	primäre sensorische Sehrinde, V1, Gehirnfeld, das am besten untersucht ist, hoch spezialisiert für Informationsverarbeitung von statischen oder sich bewegenden Objekten, Mustererkennung, der linke V1 verarbeitet Informationen von der rechten Hälfte des Gesichtsfeldes und umgekehrt (Occipitallappen)
18, 19	sekundäre Sehrindenfelder (Occipitallappen)
20	visuelle Verarbeitung, Wiedererkennung (Temporallappen)
21	Hören und Sprache (linke Hirnhälfte)
22	Wernicke-Feld, lokalisiert bei den meisten Menschen Sprachfertigkeiten (Verstehen gesprochener Sprache), mehrheitlich in der linken Hemisphäre: Generierung und Verstehen einzelner Worte, in der rechten Hirnhälfte: Differenzierung zwischen Melodie, Tonlage und Klangintensität (temporaler Stirnlappen, mitunter auch der Höririnde zugeordnet)
24	Sitz des freien Willens (nach Francis Crick, englischer Molekularbiologe, 1916-2004)
32	Verarbeitung rationaler Gedanken, höchst bemerkenswerte Aktivität beim Stroop-Test (siehe im Teil 1 des Beitrags den Abschnitt „Lernen und Vergessen – Langzeitpotenzierung und Langzeitdepression“)
40	Teil des Wernicke-Feldes
41, 42	primäre Höririnde (Temporallappen), primäres (41) und sekundäres (42) Gebiet des auditiven Kortex auf der oberen Windung des Temporallappens
44	Broca-Feld, Sprachregion, syntaktische Verarbeitung
45	Broca-Feld, Sprachregion, semantische Verarbeitung Felder 44 und 45 meist auf der dominanten Seite des Gehirns, stehen über Nervenfasern mit Bereich 22 in Verbindung
46	beherbergt Erinnerungen an emotionale Schmerz- und Angstzustände und die Fähigkeit, auf eine Belohnung warten zu können (Teil des dorsolateralen präfrontalen Kortex)
47	Syntaxverarbeitung in gesprochener Sprache, Zeichensprache, Musik (Frontalkortex)

Ausgewählte Hirnrindenfelder (Brodmann-Areale) und ihre Funktionen

¹ www.asconex.de/&arzneimittel/leferdivin/pflanzenlecithin.pdf

² www.novamex.de/nmb/mehrstoffe/phoslip.html

³ <http://novamex.de/nmb/mehrstoffe/cholin.html>

TAB. B Lecithinvorkommen

Rinderleber (100 g)	3362,5 mg
Erdnüsse (100 g)	751,0 mg
Rindersteak (100 g)	324,6 mg
Hühnerei (65 g)	209,8 mg (Eigelb aus 30% Lecithin)
Blumenkohl (100 g)	85,6 mg

Vorkommen von Lecithin (Phosphatidylcholin) in Nahrungsmitteln (Zeisel, 1989, 199; angeführt nach www.diss.fu-berlin.de/2007/628/ltue.pdf)

besonders beim älteren Trainer von Bedeutung sein.

Bei Ratten wurde nachgewiesen, dass erhöhte Cholingaben über 5 Tage während der Trächtigkeit mit einer lebenslang verbesserten Gedächtnisleistung des Nachwuchses einher gingen, die sich während der ersten 4 Monate herausbildete (vergleichbar mit dem frühen Kindesalter), wogegen Cholinmangel die Gehirnleistungsfähigkeit beeinträchtigte (Li, Guo-Ross, Lewis et al., 2004). Struktur und Funktion des Rattengehirns wurden beeinflusst: die Cholin-unterstützten Ratten hatten eine größere Gehirnplastizität sowie größere Neuronen mit mehr Fortsätzen, was sich in einer schnelleren Reaktion auf äußere Stimuli äußerte.

Tab. B gibt eine Übersicht über lecithinreiche Lebensmittel. Das Öl aus Lupinen („Sojabohne des Nordens“) enthält bis zu 5 Prozent Lecithin. Im Rohöl aus Sojabohnen finden sich 2 bis 3 Prozent Lecithin. Eine hohe Zufuhr von Lecithin sollte mit dem Verzehr von Vitamin C und E verbunden sein, um den Körper vor Nitrosaminen und Peroxiden zu schützen. Das sind Abbauprodukte des Cholin-Stoffwechsels. Diese sind bekannt für ihr gesundheitsschädigendes Potenzial. Als E322 ist Lecithin ein verbreiteter Zusatzstoff in Lebensmitteln (als Emulgator, Stabilisator, Dispersionsmittel) und in Kosmetika.

Schneller als die (bisherige) Theorie erlaubt: die Erregungweiterleitung in Nervenzellen

Neuronen empfangen pro Sekunde tausende Signale, geben aber nur wenige weiter. Dies bedeutet, dass die meisten Signale unbeantwortet bleiben. Wie Neuronen Informationen filtern und weitergeben, wurde bereits 1952 von Hodgkin und Huxley beschrieben und wird als „Hodgkin-Huxley-Modell“ bezeichnet (mathematisches Modell auf der Grundlage von Messungen an Neuronen des Tintenfisches: ein Aktionspotential wird ausgelöst, wenn sich durch einen Reiz die Zellmembranspannung bis zu einem Schwellwert ändert, Natriumkanäle öffnen sich unabhängig voneinander, das Membranpotential ändert sich, wodurch sich in einer lawinenartigen Reaktion weitere Natrium-

kanäle öffnen). Naundorf, Wolf und Volgushev (2006) entdeckten Unzulänglichkeiten dieses Modells bei der Entstehung und Weiterleitung von Nervenimpulsen im Säugetierhirn. Das Aktionspotential dauert zwar etwa eine Millisekunde an, es kann aber extrem schnell entstehen, im Bereich von 200 Mikrosekunden. Diese Sprunghaftigkeit und die variablen Schwellenwerte lassen sich nicht mit dem Hodgkin-Huxley-Modell⁴ in Übereinstimmung bringen. Die Forscher erklären die Vorgänge mit einem Mechanismus, der auf „Kooperation“ der sich öffnenden Natriumkanäle beruht. Das hilft den Zellen, schnell veränderliche Signale in hoher Genauigkeit weiterzugeben, wozu sie nach dem Hodgkin-Huxley-Modell gar nicht in der Lage wären. Die Variabilität der Schwellenpotenziale ermöglicht es, langsam einsetzende Reize zu unterdrücken. Es geht also nicht nur um die größere Anzahl von Neuronen, sondern es scheinen sich auch spezielle molekulare Mechanismen entwickelt zu haben, die die Signalverarbeitung bei höheren Tieren von der bei niederen Tieren unterscheiden.

*

Literatur

- Andreasen, N. (2002). *Brave new brain – Geist Gehirn Genom*. Berlin, New York, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Aydin, K., Ucar, A., Oguz, K.K., Okur, O.O., Agayev, A., Unal, Z., Yilmaz, S. & Ozturk, C. (2007). Increased Gray Matter Density in the Parietal Cortex of Mathematicians: A Voxel-Based Morphometry Study. *American Journal of Neuroradiology*, 28 (10), 1859 - 1864.
- Barrick, T.R., Lawes, I.N., Mackay, C.E. & Clark, C.A. (2007). White matter pathway asymmetry underlies functional lateralization. *Cerebral Cortex*, 17 (3), 591-598.
- Bartonietz, K. (1987) *Zur sportlichen Technik der Wettkampfübungen und zur Wirkungsrichtung ausgewählter Trainingsübungen in den Wurf- und Stoßdisziplinen der Leichtathletik*. Dissertation B (Habilitation) Leipzig: DHfK, 188 S.
- Beck, K. (2006). Mechanismen der Gehirnfaltung aufgeklärt. International University Bremen: www.Webmaster-iub@iu-bremen.de [Elektronische Version]
- Borbély, A. & Achermann, P. (1998). Wie schläft das Hirn? *Magazin der Universität Zürich*, 3 - <http://www.unicon.unizh.ch/unimagazin/archiv/3-98/schlaf1.html> [Elektronische Version]
- Borbély, A. (1984). Das Geheimnis des Schlafs. Ausgabe für das Internet, 1998; Universität Zürich: A. Borbély, www.pharma.unizh.ch/sleep/buch [Elektronische Version]
- Borbély, A. (2001). Is sleep a local brain process? *EuroBrain*, 3 (3): www.dana.org/edab/pubarchive/index_de.cfm [Elektronische Version]
- Bouchard, T.J. Jr. & McGue, M. (1981). Familial studies of intelligence: a review. *Science*, 212 (4498), 1055-1059.

- Braun, K. (2004). Wie Gehirne laufen lernen. *Magdeburger Wissenschaftsjournal*, 2, 3-12. [Elektronische Version]
- Brizendine, L. (2006). *The female brain*. Charlotte, NC: Baker & Taylor.
- Brizendine, L. (2007). *Das weibliche Gehirn. Warum Frauen anders sind als Männer*. Hamburg: Hoffmann und Campe Verlag.
- Broeder, S. (2004). Wie wir werden, was wir sind. *MAZ-Spezial*, 27.5.2004, www.uni-magdeburg.de/bio/Presse/wie02.jpg [Elektronische Version]
- Büchel, C., Raedler, T., Sommer, M., Sach, M., Weiller, C. & Koch, M.A. (2004). White matter asymmetry in the human brain: A diffusion tensor MRI study. *Cerebral Cortex*, 14 (9), 945-951.
- Buccino, G., Riggio, L., Melli, G., Binkofski, F., Gallese, V., Rizzolatti, G. (2005). Listening to action. *Zeitschrift?*
- Cahill, L. (2005). Neuroscience: His Brain, Her Brain, Scientific American, Feature Articles, May 2005 issue. http://www.sciam.com/article.cfm?chanID=sa006&articleID=000363E3-1806-1264-9806834_1487F0000&pageNumber=1&catID=2 [Elektronische Version]
- Calvin, W. H. (1994). The emergence of intelligence. *Scientific American*, October, 100-107.
- www.williamcalvin.com/1990s/1994/SciAmet.htm [Elektronische Version]
- Calvin, W.H. (1999). Par-delà les scissures et les sillons. *La Recherche*, 326, 42-43 (www.larecherche.fr, <http://WilliamCalvin.com/1990s/1999Einstein.htm>)
- Calvin, W. (2004). Planning ballistic movements as a foundation of language. www.williamcalvin.com/2004/ballistic.htm.
- Crow, T.J. (2002). Handedness, language lateralisation and anatomical asymmetry: relevance of protocadherin XY to hominid speciation and the aetiology of psychosis. *The British Journal of Psychiatry*, 181, 295-297.
- DeCoster, J. (2004). Meta-analysis. In K. Kempf-Leonard (Hrsg.) *The encyclopedia of social measurement*. San Diego: Academic Press. [Elektronische Version] www.bama.ua.edu/~jamie/meta/metachap.pdf.
- de Quervain, D.J.-F., Roozendaal, B., Nitsch, R.M., McGaugh, J.L. & Hock, C. (2000). Acute cortisone administration impairs retrieval of long-term declarative memory in healthy human subjects. *Nature Neuroscience*, 3 (4), 313 - 314 (1 April)
- de Quervain, D.J.-F., Henke, K., Aerni, A., Coluccia, D., Wollmer, M.A., Hock, C., Nitsch, R.M. & Papassotiropoulos, A. (2003). A functional genetic variation of the 5-HT_{2a} receptor affects human memory. *Nature Neuroscience*, 6 (11), 1141 - 1142 (1 Nov.)
- Dasdag, S., Ketani, M.A., Akdag, Z., Ersay, A.R., Sari, I., Demirtas, O.C. & Celik, M.S. (1999). Whole-body microwave exposure emitted by cellular phones and testicular function of rats. *Urological Research*, 27 (3), 219-223
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U. & May, A. (2004). Neuroplasticity: Changes in grey matter induced by training. *Nature*, 427 (6972), 311-312 (22. Jan.)
- Draganski, B., Gaser, C., Kempermann, G., Kuhn, H.G., Winkler, J., Büchel, C. & May, A. (2007). Temporal and Spatial Dynamics of Brain Structure Changes during Extensive Learning. *The Journal of Neuroscience*, 26 (23), 6314-6317. doi:10.1523/JNEUROSCI.4628
- Dubois, J., Benders, M., Cachia, A., Lazeyras, F., Ha-Vinh Leuchter, R., Sizonenko, S.V., Borradori-Tolsa, C., Mangin, J.F. & Hüppi, P.S. (2007). Mapping the early cortical folding process in the preterm newborn brain. *Cerebral Cortex Advance Access published online on October 12, 2007*. doi:10.1093/cercor/bhm180. Zugriff unter <http://cercor.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/bhm180v1.am> am 20. Januar 2008.
- Fischer, L.M., daCosta, K.A., Kwock, L., Stewart, P.W., Lu, T.-S., Stabler, S.P., Allen, R.H. & Zeisel, S.H. (2007). Sex and menopausal status influence human dietary requirements for the nutrient choline. *American Journal of Clinical Nutrition*, 85 (5), 1275-1285.
- Freeman, H.D. & Cantalupo, C. & Hopkins, W.D. (2004). Asymmetries in the hippocampus and amygdala of chimpanzees (pan troglodytes). *Behavioral Neuroscience*, 118, 6, 1460-1465.
- Friederici, A.D., von Cramon, D.Y. & Kotz, S.A. (2007). Role of the Corpus Callosum in Speech Comprehension: Interfacing Syntax and Prosody. *Neuron*, 53, 135-145.

⁴ Hodgkin-Huxley-Modell: Grundmodell zur Simulation von Neuronen, 1952 von A. L. Hodgkin und A. F. Huxley zur Beschreibung des Entstehens von Aktionspotentialen in Axonen entwickelt.

- Fuller, P.M., Gooley, J.J. & Saper, C.B. (2006). Neurobiology of the sleep-wake cycle: Sleep architecture, circadian regulation, and regulatory feedback. *Journal of Biological Rhythms*, 21 (6), 482-493.
- Fuster, J.M. (2005). The cortical substrate of general intelligence. *Cortex*, 41, 228-229.
- Garraux, G., McKiney, C., Wu, T., Kansaku, K., Nolte, G. & Hallett, M. (2005). Shared brain areas but not functional connections controlling movement timing and order. *Journal of Neuroscience*, 25 (22), 5290-5297.
- Gasbarri, A., Arnone, B., Pompili, A., Marchetti, A., Pacitti, F., Saad Calil, S., Pacitti, C., Tavares, M.C. & Tomaz, C. (2006). Sex-related lateralized effect of emotional content on declarative memory: an event related potential study. *Behavioural Brain Research*, (168) 2, 177-184.,
- Gaser, C., Schlaug, G. (2003). Brain Structures Differ between Musicians and Non-Musicians. *The Journal of Neuroscience*, 23 (27), 9240-9245.
- auch www.uni-jena.de/content_page_709.html#med_1
- Geese, R. (1997). Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Wurfmotorik. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 9 (2), 31-41.
- Geschwind, N., Behan, P. & Galaburda, A.M. (1982). Left-handedness: association with immune disease, migraine, and developmental learning disorder. *PNAS*, 79, 5097-5100.
- Geschwind, N. & Galaburda, A.M. (1985). Cerebral lateralization, biological mechanisms, associations, and pathology: I. A hypothesis and a program for research. *Archives of Neurology*, 42, 428-459.
- Golestani, N., Molko, N., Dehaene, S., LeBihan, D., & Pallier, C. (2007). Brain Structure Predicts the Learning of Foreign Speech Sounds. *Cerebral Cortex*, 17(3), 575-582. doi:10.1093/cercor/bhk001
- Gould, S.J. (1981). *The mismeasure of man*. New York: W.W. Norton & Co.
- Grosskopf, A. (2004). *Kinematische Analyse von Ziel- und Greifbewegungen der dominanten und non-dominanten Hand bei beiden Geschlechtern*. Dissertation Dr. rer. nat. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 172 S.
- Güntürkün, O. (Erstellungsdatum 1995, 8. Juni) Die Asymmetrie aus dem Ei – visuelle Lateralisation bei Tauben. Zugriff am 31. Juli 2007 unter www.ruhr-uni-bochum.de/rubin/rbin1_95/rubin5.htm.
- Güntürkün, O., Hausmann, M. & Tegenthoff, M. (2003). „Der kleine Unterschied“ im menschlichen Gehirn. *Neurorubin Sonderheft 2003*, 5-8. Ruhr-Universität Bochum, [Elektronische Version] www.ruhr-uni-bochum.de/neurorubin/pdf/beitrag1.pdf
- Hagner, M. (2004). *Geniale Gehirne. Zur Geschichte der Elitegehirnforschung*. Göttingen: Wallstein-Verlag.
- Hendrichs, E. (2003). *Motorisches Lernen und kontralateraler Transfer. Dissertation an der Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München*.
- Hennevin-Dubois, E. (2002). Lernen im Schlaf. *Spektrum der Wissenschaft Spezial: Gedächtnis*, 1, 64-68.
- Hepper, P.G., Shahidullah, S. & White, R. (1991). Handeness in the human fetus. *Neuropsychologia*, 29 (11), 1107-1111.
- Herman, E. (2006). *Das Eva-Prinzip. Für eine neue Weiblichkeit*. München: Pendo Verlag.
- Hilgetag, C.C. & Barbas, H. (2006). Role of mechanical factors in the morphology of the primate cerebral cortex. *Computational Biology*, 2 (3) [Elektronische Version] (<http://compbiol.plosjournals.org/perlserv/?request=getdocument&doi=10.1371/journal.pcbi.0020022>).
- Hofer, S. & Frahm, J. (2006). Topography of the human corpus callosum revisited – Comprehensive fiber tractography using diffusion tensor magnetic resonance imaging. *Neuroimage* 32, 989-994.
- Hopkins, W.D. & Cantalupa, C. (2004). Handeness in chimpanzees (pan troglodytes) is associated with asymmetries of the primary motor cortex but not with homologous language areas. *Behavioral Neuroscience*, 118, 6, 1176-1175.
- Hoppe, Ch., Stojanovic, J. & Elger, Ch. (2006). Hochbegabung und Gehirn: ein Überblick über die wissenschaftliche Literatur. Zugriff am 19. Januar 2008 unter www.epileptologie-bonn.de/upload/download/pdf/gehirn.pdf
- Horns, F. (1997). Spaß beiseite. *Cavallo*, 8, 60-63
- Hyde, J.S. (1990). Meta-analysis and the psychology of gender differences. *Signs: Journal of Women in Culture and Society*, 16 (1), 55-73.
- Jackson, P.L. & Decety, J. (2004). Motor cognition: A new paradigm to study self-other interactions. *Current Opinion in Neurobiology*, 14 (2), 259-263.
- Jänke, L. (2005). Musik, Musikbildung, Forschung. Vortrag anlässlich des Forums Burgdorf, 22.4.2005. Zugriff am 24. Januar 2008 unter www.psychologie.uzh.ch/fachrichtungen/neuropsychy/Publicrelations/Vortraege/Burgdorf_2005.pdf
- Jänke, L., Hänggi, J. & Steinmetz, H. (2004). Morphological brain differences between adult stutterers and non-stutterers. *BMC Neurology*, 4 (23) www.biomedcentral.com/1471-2377/4/23
- Joyce L. Chen, J.L., Penhune, V.P. & Zatorre, R.J. (2008). Moving on Time: Brain Network for Auditory-Motor Synchronization is Modulated by Rhythm Complexity and Musical Training. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 226-239.
- Kimchi, T., Xu, J. & Dulac, C. (2007). A functional circuit underlying male sexual behaviour in the female mouse brain. *Nature* doi:10.1038/nature06089
- Kimura, D. (2002). Sex differences in the brain. *Scientific American*, 13. Mai 2002 (20. Februar 2007) <http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=00018E9D-879D-1D06-8E49809EC588EEDF&page=1&catID=9> [Elektronische Version]
- Klar, A.J.S. (1999). Genetic models for handedness, brain lateralization, schizophrenia, and manic-depression. *Schizophrenic Research*, 39 (3), 207-218.
- Kotulak, R. (2005). Study says human brain still evolves. *Chicago Tribune*, 9. September, S. 12.
- Kukley, M., Capetillo-Zarate, E. & Dietrich, D. (2007). Vesicular glutamate release from axons in white matter. *Nature Neuroscience*, 10, 311-320.
- Leaper, C. & Ayres, M.M. (2007) A meta-analytic review of gender variations in adult's language use: Talkativeness, affiliative speech, and assertive speech. *Personality and Social Psychology Review*, 11 (4), 328-363.
- Lehmann, F.: Beidseitig das Training gestalten. *Leichtathletiktraining*, 14 (2+3), 23-
- Levermann, N., Galatius, A., Ehlme, G., Rysgaard, S. und E.W. Born (2003). Feeding behaviour of free-ranging walrus with notes on apparent dexterity of flipper use. *BMC Ecology*, 3, 9, www.biomedcentral.com/1472-6785/3/9, doi: 10.1186/1472-6785-3-9
- Li, Q., Guo-Ross, S., Lewis, D.V., Turner, D., White, A.M., Wilson, W.A. & Swartzwelder, H.S. (2004). Dietary prenatal choline supplementation alters postnatal hippocampal structure and function. *Journal of Neurophysiology*, 91, 1545-1555.
- Lieberman, M. (2006). Neuroscience in the service of sexual stereotypes. Zugriff unter <http://itre.cis.upenn.edu/%7Emyl/languagelog/archives/003419.html> am 19. Januar 2008.
- Losdorf, E. & Hopkins, W. (2005). Wild chimpanzees show population-level handedness for tool use. *PNAS*, 102, 35, 12634-12638. Online-Vorabveröffentlichung, DOI: 10.1073/pnas.0505806102
- Luders, E., Narr, K.L., Zaidel, E., Thompson, P.M. & Toga, A.W. (2006). Gender effects on callosal thickness in scaled and unscaled space. *Neuroreport*, 17 (11), 1103-1106. www.neuroreport.com [Abstrakt - Elektronische Version]
- Malashichev, Y. & Rogers, L.J. (2002). Behavioural and morphological asymmetries in amphibians and reptiles. Proceedings of the 4th World Congress of Herpetology Satellite Symposium. *Lateral Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 7 (3).
- Marano, H.E (2007). Secrets of married men. *Psychology Today* [Elektronische Version] unter www.psychologytoday.com/articles/pto-20040726-000013.html (Zugriff am 19. Januar 2008)
- Max-Planck-Gesellschaft Presseinformation PRI B 28/2005 (54) 2005 www.mpg.de/.../dokumentenmtation/pressemitteilungen/205/pressemitteilung200504081/index.html
- McCartney, G. & Hepper, P (2000). Development of lateralized behaviour in the human fetus. *Current Opinion Pediatrics*, 12 (2)
- McCartney, G. & Hepper, P (1999). Development of lateralized behaviour in the human fetus from 12 to 27 weeks' gestation. *Developmental Medicine and Child Neurology* 41, 83-86.
- McClearn, G.E., Johansson, B., Berg, S., Pedersen, N.L., Ahern, F., Pettrill, S.A. & Plomin, R. (1997). Substantial genetic influence on cognitive abilities in twins 80 or more years old. *Science*, 276, 1560-1563
- Meister, I.G., Hütter, D., Sparing, R., Foltys, H., Töpper, R. & Boroojerdi, B. (2005). Untersuchung funktioneller Verbindungen kortikaler Repräsentationen von Sprache und Handmotorik mittels funktioneller Kernspintomographie und transkranieller Magnetstimulation. *Aktuelle Neurologie*, 32 (S4). (Abstrakt: www.thieme-connect.com/ejournals/abstract/aktneu/doi/10.1055/s-2005-9192305)
- Mehl, M.R., Vazire, S., Ramirez-Esparza, N., Slatcher, R.B. & Pennebacker, J.W. (2007). Are women really more talkative than men? *Science*, 317, 5834, 82.
- Moosmann, M., Ritter, P., Krastel, I., Brink, A., Thees, S., Blankenburg, F., Taskin, B., Obrig, H. & Villringer, A. (2003). Correlates of alpha rhythm in functional magnetic resonance imaging and near infrared spectroscopy. *Neuroimage*, 20, 145-158.
- Mühlbauer, T. & Krug, J. (2007). Zur zeitlichen Gestaltung des Umlernens einer großmotorischen Bewegungsfertigkeit. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 14 (2), 67-73.
- Mühlau, M., Gaser, C., Ilg, R., Conrad, B., Leibl, C., Cebulla, M.H., Backmund, H., Gerlinghoff, M., Lommer, P., Schnebel, A., Wohlschläger, A.M., Zimmer, C. & Nunnemann, S. (2007). Gray matter decrease of the anterior cingulate cortex in anorexia nervosa. *American Journal of Psychiatry*, 164 (12), 1850-1857. doi: 10.1176/appi.ajp.2007.06111861
- Murphy, J., Sutherland, A. & Arkins, S. (2005). Idiosyncratic motor laterality in the horse. *Applied Animal Behaviour Science*, 91 (3/4), 297-310.
- Mulcahy, E. (21004). Folds in the brain could predict our intelligence. *UniNews*, 13 (7), 3, The University of Melbourne (17 May) - http://uninews.unimelb.edu.au/articleid_1386.html
- Naundorf, B., Wolf, F. & Volgushev, M. (2006). Unique features of action potential initiation in cortical neurons. *Nature*, 440 (7087), 1060-1063
- Nelissen, K., Luppino, G., Vanduffel, W., Rizzolatti, G. & Orban, G.A. (2005). Observing others: Multiple action representation in the frontal lobe. *Science*, 310 (5746), 332-336
- Nielsen, J.B. & Cohen, L.G. (2008). The olympic brain. Does corticospinal plasticity play a role in acquisition of skills required for high-performance sports? *Journal of Physiology*, 586, 65-70
- O'Kusky, J. & Colonnier, M. (2004). A laminar analysis of the number of neurons, glia, and synapses in the visual cortex (area 17) of adult macaque monkeys. *The Journal of Comparative Neurology*, 10 (3), 278-290.
- Orzhikhovskaja, N.S. (2006). Sexual dimorphism of neuroglial relationships in the frontal fields of the human brain. *Neuroscience & Behavioral Physiology*, 36 (3) 262-264.
- Otten, L. J., Quayle, A. H., Akram, S., Ditewig, T.A. & Rugg, M. D. (2006). Brain activity before an event predicts later recollection: *Nature Neuroscience*, 9 (4), 489-491.
- Papassotiropoulos, A., Wollmer, M.A., Aguzzi, A., Hock, C., Nitsch, R.M. & de Quervain, D.J.-F. (2005). The prion gene is associated with human long-term memory. *Human Molecular Genetics*, 14 (15), 2241-2246.
- Papassotiropoulos, A., Stephan, D.A., Huentelman, M.J., Hoerndli, F.J., Craig, D.W., Pearson, J.V., Huynh, K.-D., Brunner, F., Corneveaux, J., Osborne, D., Wollmer, A.M., Aerni, A., Coluccia, D., Hänggi, J., Mondadori, C.R.A., Buchmann, A., Reiman, E.M., Caselli, R.J., Henke, K. & de Quervain, D.J.-F. (2006). Common Kibra alleles are associated with human memory performance. *Science*, 314 (5798), 475-478 (20 Oct.).
- Park, H.-J., Westin, C.-F., Kubicki, M., Maier, S.E., Niznikiewicz, M., Maer, A., Frumin, M., Kikinis, R., Jolesz, F., McCarley, R.W. & Shenton, M. (2004). White matter hemisphere asymmetries in healthy subjects and in schizophrenia: a diffusion tensor MRI study. *NeuroImage*, 23, 213-223.
- Park, H.-J., Kubicki, M., Westin, C.-F., Talos, I.-F., Brunn, A., Peiper, S., Kikinis, R., Jolesz, F., McCarley, R.W. & Shenton, M. (2004). Method for combining information from white matter fiber tracking and gray matter parcellation. *American Journal of Neuroradiology*, 25, 1218-1324
- Passingham, R. (2006). Cognitive science: Brain development and IQ. *Nature*, 440 (7084), 619-620 (30 March).
- Pease, A. & Pease, B. (2001). *Why men don't listen & women can't read maps*. London: Orion Publishing Group.
- Pedersen, V., Sigurdsson, H., Whiting, T.A., Ingvaldsen, R.P. (2003). Sex differences in lateralisation of fine manual skills

- in children. *Experimental Brain Research*, 149 (2), 249-251. doi: 10.1007/s00221-003-1373-0
- Pilgrim, Ch. (2002). Denken und fühlen Frauen anders als Männer? H. Kettenmann und M. Gibson (Hrsg.). Kosmos Gehirn. Neurowissenschaftliche Gesellschaft e.V. und BMBF, Berlin, 14-16. www.nwg.glia.mdc-berlin.de/de/info/cosmos.html (Zugriff 22.11.07)
- Purves, D., Augustine, G.J., Katz, L.C., LaMantia, A.-S., McNamara, J.O. & Williams, S.M. (2001). *Neuroscience*. 2nd ed., Sunderland: Sinauer Associates
- Rabinowicz, T., Macdonald-Comber Petot, J., Gartside, P., Sheyn, D., Sheyn, T. & De Courten-Myers, G.M. (2002). Structure of the central cortex in men and women. *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*, 61 (1), 46-57.
- Ransom, B., Behar, T. & Nedergaard, M. (2003). New roles for astrocytes (stars bat last). *Trends in Neurosciences*, 26 (19), 520-522.
- Rasser, P., Johnston, P., Ward, P. & Thompson, P. (2004). A deformable Brodmann areATLAS: *Proceedings of the 2nd IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: Macro to Nano*, 1, 400-403.
- Rogers, L.J., Andrew, R. (eds.) (2005). *Comparative vertebrate lateralization*. Cambridge University Press,
- Savel'ev, S.V. (2005). *Proizhozhenie mosga*. Moskau: Vodi (Entstehung des Gehirns)
- Schek, A. (2003). Nahrungsfaktoren und seelisches (Wohl-) Befinden. *Leistungssport*, 33 (1), 56-62.
- Scheumann, M. & Zimmermann, E. (2008). Sex-specific asymmetries in communication sound perception are not related to hand preference in an early primate. *BMC Biology*, 6 (3). www.biomedcentral.com/1741-7007/6/3 doi:10.1186/1741-7007-6-3
- Schneider, F.J. (2003a). Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn als „Generator und Rezeptor“ im (Leistungs-)Sport – Teil 1: Einführung. *Leistungssport*, 33 (2), 10-15.
- Schneider, F.J. (2003b). Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn als „Generator und Rezeptor“ im (Leistungs-)Sport – Teil 2: Anatomische, morphologische und physiologische Aspekte der Gehirnfunktion. *Leistungssport*, 33 (3), 52-58.
- Schneider, F.J. (2003c). Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn als „Generator und Rezeptor“ im (Leistungs-)Sport – Teil 3: Die Makronährstoffe und ihre Bedeutung für Struktur und Funktion des Gehirns – Kohlenhydrate. *Leistungssport*, 33 (4), 52-56.
- Schneider, F.J. (2003d). Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn als „Generator und Rezeptor“ im (Leistungs-)Sport – Teil 4: Die Makronährstoffe und ihre Bedeutung für Struktur und Funktion des Gehirns – Lipide (Fette). *Leistungssport*, 33 (5), 57-62.
- Schneider, F.J. (2003e). Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn als „Generator und Rezeptor“ im (Leistungs-)Sport – Teil 5: Die Makronährstoffe und ihre Bedeutung für Struktur und Funktion des Gehirns – Proteine. *Leistungssport*, 33 (6), 52-56.
- Schneider, F.J. (2003f). Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn als „Generator und Rezeptor“ im (Leistungs-)Sport – Teil 6: Die Mikronährstoffe und ihre Bedeutung für Struktur und Funktion des Gehirns. *Leistungssport*, 34 (2), 45-49.
- Schneider, F.J. (2003g). Effekte ausgewählter Neurotoxine auf Funktion und Struktur des Gehirns. 7. und letzter Teil der Beitragserie „Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn“. *Leistungssport*, 34 (5), 50-54.
- Schneider, P., Scherg, M., Dosch, H.G., Specht, H.J., Gutschalk, A. & Rupp, A. (2002). Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians. *Nature Neuroscience* 5, 688 - 69
- Schneider, P., Sluming, V., Roberts, N., Scherg, M., Goebel, R., Specht, H.J., Dosch, H.G., Bleck, S., Stippich, C. & Rupp, A. (2005). Structural and functional asymmetry of lateral Heschl's gyrus reflects pitch perception preference. *Nature Neuroscience*, 8, 1241 - 1247.
- Schnurr, E.-M. (2007). Frauen sind auch nur Männer. *Zeit Wissen* 01/2007. www.zeit.de/zeit-wissen/2007/01/Titel-Frauen-Maenner?page=all [Elektronische Version]
- Shaw, P., Greenstein, D., Lerch, J., Clasen, L., Lenroot, R., Gogtay, N., Evans, A., Rapoport, J. & Giedd, J. (2006). Intellectual ability and cortical development in children and adolescents. *Nature*, 440 (7084), 676-679 (30 March)
- Si, K., Lindquist, S. & Kandel, E.R. (2003). A neuronal isoform of the aplysia CPEB has prion-like properties. *Cell*, 115 (7), 879-891.
- Snyder, P.J., Bilder, R.M., Wu, H., Bogerts, B. & Lieberman, J.A. (1995). Cerebellar volume asymmetries are related to handedness: A qualitative MRI study. *Neuropsychologia*, 33 (4), 407-419.
- Spelke, E.S. (2005). Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science?: A critical review. *American Psychologist*, 60 (9), 950-958.
- Sporns, O., Chialvo, D.R., Kaiser, M. & Hilgetag, C.C. (2004). Organization, development and function of complex brain networks. *Trends in Cognitive Sciences*, 8 (9), 418-425.
- Sporns, O., & Tononi, G. (2007). Structural Determinants of Functional Brain Dynamics. In: Jirsa, V. K., and McIntosh, A.R., (Eds.), *Handbook of Brain Connectivity*. pp.117-147. Berlin: Springer.
- Starosta, W. (2002). Die Symmetrie und Asymmetrie der Bewegung gemäß der Bernstein-Theorie. *Leistungssport*, 32 (1), 59-62.
- Stickgold, R. (2005). Sleep-dependent memory consolidation. *Nature*, 437 (7063), 1272 - 1278 (27 Oct.).
- Stickgold, R. (2006). A memory boost while you sleep. *Nature*, 444 (7119), 559 - 560 (30 Nov.).
- Stöckel, T., Hartmann, C. & Weigelt, M. (2007). Reihenfolgeeffekte für das Erlernen sportmotorischer Fertigkeiten auf beiden Körperseiten. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 14 (3), 130-135.
- Swaminathan, N. (2008). Blood Flow May Be Key Player in Neural Processing. *Scientific American News* - January 24, 2008 [Elektronische Version] Zugriff am 28. Januar 2008 unter www.sciam.com/article.cfm?id=blood-flow-may-be-key-player&page=1
- Swartzwelder, S., Williams, C. & Meck, W. (2007). Neurophysiology, April 2007 – in Druck - www.scienceblog.com/community/older/1998/B/199801150.html.
- Talbot, M. (1991). *The holographic universe*. New York: HarperCollins Publishers
- Tan, U. & Tan, M. (2001) Testosterone and grasp-reflex differences in human neonates. *Laterality*, 6 (2), 181-192.
- Ter-Owanesjan, A. A., Ter-Owanesjan, I., A. (1992). *Obucenije v sporte*. Moskau: Sovetskij Sport. (Lernen im Sport)
- Thesen, S., Henselmans, N., Müller, E & Schad, L.R. (2000). Funktionelle Magnetresonanztomographie in Echtzeit. *electromedica*, 68 (1), 45-52
- Thiele, A., Distler, C., Korbmayer, H. & Hoffmann, K.-P. (2004). *Contribution of inhibitory mechanisms to direction selectivity and response normalization in macaque middle temporal area*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101 (26), 9810-9815 (29. Juni).
- Thompson, P.M., Cannon, T.D., Narr, K.L., van Erp, T., Poutanen, V.-P., Huttunen, M., Lonnqvist, J., Standertskjöld-Nordenstam, C.-G., Kaprio, J., Khaledy, M., Dail, R., Zoumalan, C.I. & Toga, A.W. (2001). Genetic influences on brain structure. *Nature Neuroscience* 4 (12), 1253-1258.
- Thornton, J. (1999). Why the female brain is like a Swiss army knife. *USA Weekend*, 3. Januar 1999. www.usa.weekend.com/99_issues/990103/990103armyknife.html [Elektronische Version]
- Trei, L. (2002). Women remember disturbing, emotional images more than men, study shows. *Stanford Report*, July 24 (<http://news-service.stanford.edu/news/2002/july24/emotion-724.html>)
- Vallortigara, G. & Rogers, L.J. (2005). Survival with an asymmetrical brain: Advantages and disadvantages of cerebral lateralization. *Behavioural and Brain Sciences*, 28, 4, 575-579 (Abstract). [Elektronische Version]
- van Essen, D.C. (1997). A tension-based theory of morphogenesis and compact wiring in the central nervous system. *Nature*, 385 (6614), 313-318.
- van Ooyen, A. (2001). Competition in the development of nerve connections: a review of models. *Network: Computation in Neural Systems*, 12, R1-R47.
- van Ooyen, A. (Hrsg.). *Modeling neural development*. The MIT Press: Cambridge/Massachusetts, 2003.
- Voronova, N.V., Klimova, N.M. & Mendzherickij, A.M. (2006). *Anatomija zentral'noj nervnoj sistemy*. Moskau: Aspekt Press. (Anatomie des Zentralnervensystems)
- Wager, T.D., Luan Phan, K., Liberzon, I. & Taylor, S.F. (2003). Valence, gender, and lateralisation of functional brain anatomy in emotion: a meta-analysis of findings from neuroimaging. *NeuroImage*, 19, 513-531.
- Witelson, S.-F., Kigar, D.L. & Harvey, T. (1999). The exceptional brain of Albert Einstein. *The Lancet*, 353, 2149-2153 (19. Juni).
- Wooten, G.F., Currie, L.J., Bovbjerg, V.E. & Patrie, J. (2004). Are men at greater risk for Parkinson's disease than women? *Journal of Neurosurgery and Psychiatry*, 75, 637-639.

*

Der Autor

Dr. med. habil. Klaus BARTONIETZ, ehemaliger wissenschaftlicher Mitarbeiter am Olympiastützpunkt Rheinland-Pfalz/Saarland, DLV-A-Trainer.

Anschrift: Hauptstrasse 59, 76889 Birkenhördt

E-Mail: kbartonietz@web.de