

Franz J. Schneider

Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn als „Generator und Rezeptor“ im (Leistungs-) Sport

Teil 6: Die Mikronährstoffe und ihre Bedeutung für Funktion und Struktur des Gehirns – Vitamine, Mineralien, sekundäre Pflanzenstoffe und Wasser

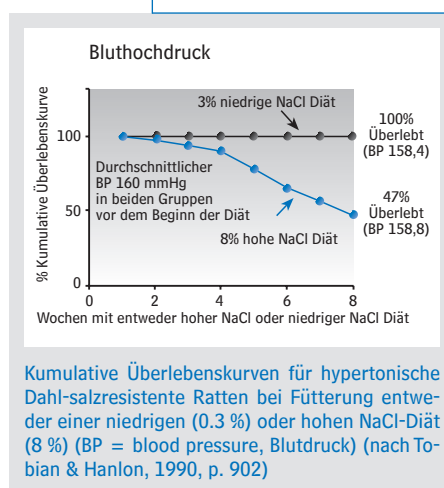
Wasser und Salz

Wasser ist ein essentieller Nährstoff. Die Moleküle in lebenden Zellen existieren und reagieren fast ausschließlich in einem wässrigen Milieu. Ein Verlust von nur ca. 2 Prozent des Körpergewichts an Wasser kann in einer signifikanten Minderung der physischen Leistungsfähigkeit resultieren.

Der Wasserbestand des Organismus ist ungleichmäßig verteilt. Verschiedenartige Zellen enthalten unterschiedlich viel Wasser. Eine Leberzelle z. B. besteht zu etwa 70 Prozent, eine Fettzelle im Durchschnitt zu 20 Prozent aus Wasser. Das Skelett enthält 20 bis 25 Prozent, das Fettgewebe etwa 30 und das Muskelgewebe 73 bis 76 Prozent Wasser. Den höchsten Wasseranteil hat der Glaskörper des Auges mit 99 Prozent (Morlion, 1999; Wildman & Medeiros, 2000; Rehner & Daniel, 2002).

Das Gehirngewebe hat einen im Vergleich zu anderen Körpergeweben hohen Wassergehalt. Nach Agranoff et al. (1999) besteht die Feuchtmasse der grauen bzw. weißen Substanz zu 81,9 bzw. 71,6 Prozent aus Wasser (durchschnittlich also zu fast 77 Prozent). Die Blut-Hirn-Schranke hat eine hohe Permeabilität für Wasser (Keep et al., 1998; Fent, 2003).

ABB.



Die Bedeutung der Wasseraufnahme für die Gehirnfunktion scheint in der (nutritiven) Neurowissenschaft bislang außer Acht gelassen worden zu sein; Forschungsergebnisse über die Auswirkungen von Quantität und Qualität der Wasserzufuhr auf die Gehirnleistung liegen – jedenfalls nach Recherchenlage – nicht vor.

Dennoch darf hypothetisiert werden, dass sowohl kognitive als auch psycho-motorische Leistungsminderungen bei Wasserdefizit zu erwarten sind.

Der in der westlichen Diät u. a. beklagte zu hohe Salzkonsum wird ursächlich in Zusammenhang gebracht mit der Entstehung einer Hypertonie (Bluthochdruck), einem wesentlichen Risikofaktor kardiovaskulärer Erkrankungen. Tobian und Hanlon (1990) sowie Tobian (1997) konnten an salz-resistenten Ratten demonstrieren, dass eine hohe Salzaufnahme zu keinem weiteren Anstieg des Blutdrucks, sondern zu einer ausgeprägten Zunahme arterieller Läsionen im Gehirn führte, was in direktem Bezug zu der enormen Mortalitätsrate der Ratten, die mit einer achtprozentigen NaCl-Diät gefüttert worden waren, diskutiert wird (siehe Abb.). Inwieweit diese tierexperimentellen Befunde auf den Menschen übertragbar sind, kann an dieser Stelle nicht geklärt werden. Ob die im Experiment beobachteten Wirkungen einer drastisch erhöhten Salzzufuhr sich auf zentraler und/oder peripherer Ebene leistungsmindernd auswirken, bedarf der wissenschaftlichen Klärung. In jedem Fall haben Sportler bedingt durch die Schweißverluste einen höheren Salzbedarf als Nichtsportler.

*

Franz J. Schneider

Zur Bedeutung der Ernährung für das Gehirn als „Generator und Rezeptor“ im (Leistungs-) Sport

Teil 6: Die Mikronährstoffe und ihre Bedeutung für Funktion und Struktur des Gehirns – Vitamine, Mineralien, sekundäre Pflanzenstoffe und Wasser

- ACC, SCN. (2000). Fourth report on the world nutrition situation: Nutrition throughout the life cycle. Genf: ACC, SCN.
- Agranoff, B. W., Benjamins, J. A., Hajra, A. K. (1999). Lipids. In Siegel, G. J., Agranoff, B. W., Albers, R. W., Fisher, S. K., Uhler, M. D. (Eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 47-68). Philadelphia u. a.: Lippincott-Raven.
- Albers, R. W., Siegel, G. J. (1999). Membrane Transport. In Siegel, G. J., Agranoff, B. W., Albers, R. W., Fisher, S. K., Uhler, M. D. (Eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 95-118). Philadelphia u. a.: Lippincott-Raven.
- Alexy, U., Sichert-Hellert, W., Kersting, M. (2002). Fifteen-year trends in energy and macro-nutrient intake in German children and adolescents: results of the DONALD study. *The British journal of nutrition* 87, 6, 595-604.
- Almeida, S. S., Duntas, L. H., Dye, L., Nunes, M. L., Prasa, C., Rocha, J. B., Wainwright, P., Zaia, C. T., Guedes, R. C. (2002). Nutrition and brain function: a multidisciplinary virtual symposium. *Nutritional neuroscience* 5, 5, 311-320.
- Anke, M., Schümann, K. (1999). Spurenelemente. In Biesalski, H. K., Fürst, P., Kasper, H., Kluthe, R., Pöler, W., Puchstein, C., Stähelin, H. B. (Hrsg.), *Ernährungsmedizin* (pp. 173-186). Stuttgart: Thieme.
- Beard, J. L. (1999). Iron deficiency and neural development: an update. *Archivos latinoamericanos de nutricion* 49 (3 Suppl. 2), 34S-39S.
- Behl, Ch., Moosmann, B. (2002). Oxidativer Streß im Gehirn und antioxidativer Nervenzellschutz durch Phenole. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 532-537). Stuttgart: Thieme.
- Benton, D. (2002). Selenium Intake, Mood and Other Aspects of Psychological Functioning. *Nutritional Neuroscience* 5, 6, 363-374.
- Benton, D., Cook, R. (1991). The impact of selenium supplementation on mood. *Biological Psychiatry* 29, 1092-1098.
- Benton, D., Haller, J., Fordy, J. (1995). Vitamin supplementation for 1 year improves mood. *Neuropsychobiology* 32, 98-105.
- Benton, D., Roberts, G. (1988). Effect of vitamin and mineral supplementation on intelligence of a sample of schoolchildren. *Lancet* 333, 140-143.
- Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (1992). *Mineralstoffe und Spurenelemente*. Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung.
- Biesalski, H. K. (2002). Vitamin A und Retinone. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 3-13). Stuttgart: Thieme.
- Biesalski, H. K., Esterbauer, H., Schmidt, K. H. (2002). Vitamin E. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 14-20). Stuttgart: Thieme.
- Biesalski, H. K., Hanck, A. (2002). Pantothenensäure. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 111-116). Stuttgart: Thieme.
- Biesalski, H. K., Fürst, P., Kasper, H., Kluthe, R., Pöler, W., Puchstein, C., Stähelin, H. B. (Hrsg.) (1999). *Ernährungsmedizin*. Stuttgart: Thieme.
- Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.) (2002). *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe*. Stuttgart: Thieme.
- Bitsch, R. (2002a). Vitamin B1 (Thiamin). In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 85-94). Stuttgart: Thieme.
- Bitsch, R. (2002b). Vitamin B2 (Riboflavin). In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 95-103). Stuttgart: Thieme.
- Bleichrodt, N., Born, M. P. (1994). A metaanalysis of research on iodine and its relationship to cognitive development. In Stanbury, J. B. (Ed.), *The Damaged Brain of Iodine Deficiency* (pp. 195-200). New York: Cognizant Communication Corporation.
- Blickan, R. (2001). Motorische Systeme bei Vertebraten. In Dudel, J., Menzel, R., Schmidt, R. F., *Neurowissenschaft. Vom Molekül zur Kognition* (pp. 191-213). Berlin u. a.: Springer.
- Burke, L., Deakin, V. (Eds.) (2000). *Clinical Sports Nutrition*. Roseville u. a.: McGraw-Hill Book Company Australia.
- Butterfield, D. A., Koppal, T., Howard, B. et al. (1998). Structural and functional changes in proteins induced by free radical-mediated oxidative stress and protective action of the antioxidants N-tert-butyl-alpha-phenylnitronone and vitamin E. *Ann. New York Acad. Science* Vol. 854, 448-462.
- Butterfield, D. A., Castegna, A., Drake, J., Scapagnini G., Calabrese V. (2002). Vitamin E and Neurodegenerative Disorders Associated with Oxidative Stress. *Nutritional Neuroscience* 5, 4, 229-239.
- Butterworth, R. F. (1999). Metabolic Encephalopathies. In Siegel, G. J., Agranoff, B. W., Albers, R. W., Fisher, S. K., Uhler, M. D. (Eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 769-782). Philadelphia u. a.: Lippincott-Raven.
- Castano, A., Cano, J., Machado, A. (1993). Low selenium diet affects monoamine turnover differentially in substantia nigra and striatum. *J. Neurochem.* 61, 1302-1307.
- Castano, A., Ayala, A., Rodriguez-Gomez, J. A., de la Cruz, C. P., Revilla, E., Cano, J., Machado, A. (1995). Increase in dopamine turnover and tyrosine hydroxylase enzymes in hippocampus of rats fed on low selenium diet. *J. Neurosci.* 42, 684-691.
- Castano, A., Ayala, A., Rodriguez-Gomez, J. A., Herrera, A. J., Cano, J., Machado, A. (1997). Low selenium diet increases the dopamine turnover in prefrontal cortex of the rat. *Neurochem. Internat.* 30, 549-555.
- Chiang, M. Y., Misner, D., Kempermann, G., Schikorski, T., Giguère, V., Sucov, H. M., Gage, F. H., Stevens, C. F., Evans, R. M. (1998). An essential role for retinoid receptors RAR β and RXR γ in long-term potentiation and depression. *Neuron* 21, 1353-1361.
- Cocco, S., Diaz, G., Stancampiano, R., Diana, A., Carta, M., Currell, R., Sarais, L., Fadda, F. (2002). Vitamin A Deficiency Produces Spatial Learning And Memory Impairment In Rats. *Neuroscience* 115, 2, 475-482.
- Deakin, V. (2000). Iron depletion in athletes. In Burke, L., Deakin, V. (Eds.), *Clinical Sports Nutrition* (pp. 273-311). Roseville u. a.: McGraw-Hill Book Company Australia.
- DeLong, G. R. (1993). Effects of nutrition on brain development in humans. *The American journal of clinical nutrition* 57 (2 Suppl.), 286S-290S.
- Dorfman, L. (2000). *The Vegetarian Sports Nutrition Guide*. New York: John Wiley & Sons.
- Dracea, A. (2001). *Mangez et guérissez: comment rendre votre corps invulnérable*. Paris: France loisirs.
- Dudel, J., Menzel, R., Schmidt, R. F. (2001). *Neurowissenschaft. Vom Molekül zur Kognition*. Berlin u. a.: Springer.
- Duthie, S. J., Whalley, L. J., Collins, A. R., Leaper, S., Berger, K., Deary, I. J. (2002). Homocysteine, B vitamin status, and cognitive function in the elderly. *Am. J. Clin. Nutr.* 75, 5, 908-913.
- Dzialas, G. (1993). Die Rote Bete. *reform-rundschau* 4, 8-9 u. 31
- Elsenhans, B. (2002). Zink. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 151-160). Stuttgart: Thieme.

- Etchamendy, N., Enderlin, V., Marighetto, A., Pallet, V., Higuere, P., Jaffard, R. (2003). Vitamin A deficiency and relational memory deficit in adult mice: relationships with changes in brain retinoid signalling. *Behavioural Brain Research* 145, 1-2, 37-49.
- Fent, K. (2003). *Ökotoxikologie. Umweltchemie, Toxikologie, Ökologie.* Stuttgart u.a.: Thieme.
- Fernstrom, J. D., Uauy, R., Arroyo, P. (Eds.). (2001). *Nutrition and Brain. Nestlé Nutrition Workshop Series Clinical & Performance Program. Vol. 5.* Basel: Vevey/S. Karger AG.
- Fernstrom, J. D. (2000). Can nutrient supplements modify brain function? *The American journal of clinical nutrition* 71 (6 Suppl.), 1669S-1675S.
- Fogelholm, M. (2000). Vitamin, mineral and antioxidant needs of athletes. In Burke, L., De-akin, V. (Eds.), *Clinical Sports Nutrition* (pp. 312-340). Roseville u. a.: McGraw-Hill Book Company Australia.
- Frank, J. (2002a). Vitamin B6. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 70-74). Stuttgart: Thieme.
- Frank, J. (2002b). Vitamin B12. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 75-79). Stuttgart: Thieme.
- Franzke, C. (Hrsg.). (1996). *Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie.* Hamburg: Behr.
- Franzke, C., Iwainsky, H. (1996). *Mineralstoffe.* In Franzke, C. (Hrsg.), *Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie* (pp. 139-145). Hamburg: Behr.
- Fryer, M. J. (1998). Vitamin E Status and Neurodegenerative Disease. *Nutritional Neuroscience* 1, 5, 327-351.
- Fukui, K., Omoi, N., Hayasaka, T., Shinkai, T., Suzuski, S., Abe, K., Urano, S. (2002). Cognitive Impairment of Rats Caused by Oxidative Stress and Aging, and Its Prevention by Vitamin E. *Annals of the New York Academy of Sciences* 959, 275-284.
- Furuta, A., Price, D. L., Pardo, C. A., Troncoso, J. C., Xu, Z. S., Taniguchi, N., Martin, L. J. (1995). Localization of superoxide dismutases in Alzheimer's disease and Down's syndrome neocortex and hippocampus. *Am. J. Pathology* 146, 357-367.
- Gaby, A. R. (1999). *Orthomolecular Medicine and Megavitamin Therapy.* In Jonas, W. B., Levin, J. S., *Essentials of complementary and alternative medicine* (pp. 459-471). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Gassmann, B. (1996). *Vitamine.* In Franzke, C. (Hrsg.), *Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie* (pp. 147-176). Hamburg: Behr.
- Gibson, G. E., Blass, J. P. (1999). *Nutrition and Brain Function.* In Siegel, G. J., Agranoff, B. W., Albers, R. W., Fisher, S. K., Uhler, M. D. (Eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 691-709). Philadelphia u. a.: Lippincott-Raven.
- Gilgun-Sherki, Y., Melamed, E., Offen, D. (2001). Oxidative stress induced-neurodegenerative diseases: the need for antioxidants that penetrate the blood brain barrier. *Neuropharmacology* 40, 8, 959-975.
- Gropper, S. S. (2000). *The Biochemistry of Human Nutrition.* Belmont: Wadsworth/Thomson Learning.
- Gross, R. (2002). Fehlvorsorgung mit Mikronährstoffen. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 303-308). Stuttgart: Thieme.
- Grune, T. (2002). *Antioxidanzien.* In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 50-56). Stuttgart: Thieme.
- Guilarte, T. R. (1993). Vitamin B6 and cognitive development: recent research findings from human and animal studies. *Nutrition reviews* 51, 7, 193-198.
- Gurden, H., Schiffmann, S. N., Lemaire, M., Böhme, G. A., Parmentier, M., Schurmans, S. (1998). Calretinin expression as a critical component in the control of dentate gyrus longterm potentiation induction in mice. *The European journal of neuroscience* 10, 9, 3029-3033.
- Hahn, C. G., Pawlyk, A. C., Whybrow, P. C., Gyulai, L., Tejani-Butt, S. M. (1999). Lithium administration affects gene expression of thyroid hormone receptors in rat brain. *Life sciences* 64, 20, 1793-1802.
- Haller, J. (1995). *The Action of Vitamins and Other Nutrients on Psychological Parameters.* In Hindmarch, I., Stonier, P. D. (Eds.), *Human Psychopharmacology. Vol. 5* (pp. 229-261). Chichester: Wiley.
- Hardy, G., Hardy, I., Ball, P. A. (2003). *Nutraceuticals – a pharmaceutical viewpoint: part II. Current opinion in clinical nutrition and metabolic care* 6, 6, 661-671.
- Hathcock, J. N. (1997). *Vitamin and Mineral Safety.* *Am. J. Clin. Nutr.* 66, 427-437.
- Haycock, G. B. (1993). The influence of sodium on growth in infancy. *Pediatric nephrology* 7, 6, 871-875.
- Hetzel, B. S. (1999). Iodine Deficiency and the Brain. *Nutritional Neuroscience* 2, 375-384.
- Hollmann, W., Strüder, K.H. (1998). *Das menschliche Gehirn als Agitator und Rezeptor von muskulärer Arbeit.* *Dt. Z. Sportmed.* 49, Sonderheft 1, 154-160.
- Horn, F., Lindenmeier, G., Moc, I., Grillhösl, C., Berghold, S., Berghold, S., Schneider, N., Münster, B. (2002). *Biochemie des Menschen.* Stuttgart u. a.: Thieme.
- Hoyer, S. (1992). *Mineralstoffe und Spurenelemente im Gehirn.* In Bertelsmann Stiftung (Hrsg.), *Mineralstoffe und Spurenelemente* (115-120). Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung.
- Jakob, F. (2002). *Vitamin D.* In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 21-33). Stuttgart: Thieme.
- Johnson, W. T., Thomas, A. C., Lozano, A. A. (2000). Maternal Copper Deficiency Impairs the Developmental Expression of Protein Kinase C α , β and γ Isoforms in Neonatal Rat Brain. *Nutritional Neuroscience* 3, 113-122.
- Jonas, W. B., Levin, J. S. (1999). *Essentials of complementary and alternative medicine.* Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Joseph, J. A., Shukitt-Hale, B., Denisova, N. A., Bielinski, D., Martin, A., McEwen, J. J., Bickford, P. C. (1999). Reversals of Age-Related Declines in Neuronal Signal Transduction, Cognitive, and Motor Behavioral Deficits with Blueberry, Spinach, or Strawberry Dietary Supplementation. *J. Neurosci.* 19, 18, 8114-8121.
- Joseph, J. A., Denisova, N. A., Arendash, G., Gordon, M., Diamond, D., Shukitt-Hale, B., Morgan, D. (2003). *Blueberry Supplementation Enhances Signaling and Prevents Behavioral Deficits in an Alzheimer Disease Model.* *Nutritional Neuroscience* 6, 3, 153-162.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, Th. M. (2000). *Principals of Neural Science.* Columbus: McGraw Hill.
- Kapil, U., Bhavna, A. (2002). Adverse effects of poor micronutrient status during childhood and adolescence. *Nutrition reviews* 60, 5, S84-90.
- Kasper, H. (2000). *Ernährungsmedizin und Diätetik.* München, Jena: Urban & Fischer.
- Keep, R. F., Ennis, S. R., Betz, A. L. (1998). *Blood-brain barrier ion transport.* In Pardridge, W. M. (Ed.), *Introduction to the blood-brain-barrier* (pp. 207-213). Cambridge: Cambridge University Press.
- Klinke, R., Silbernagel, S. (Hrsg.) (2001). *Lehrbuch der Physiologie.* Stuttgart: Thieme.
- Köhrle, J. (2002). *Jod.* In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 172-182). Stuttgart: Thieme.
- Krause, K.-H. (2002). *Biotin.* In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 104-110). Stuttgart: Thieme.
- Krezel, W., Ghyselinck, N., Samad, T. A., Dupé, V., Kastner, P., Borrelli, E., Chambon, P. (1998). Impaired locomotion and dopamine signalling in retinoid receptor mutant mice. *Science*, 279 (5352), 863-867.
- Laterra, J., Keep, R., Betz, A. L., Goldstein, G. W. (1999). *Blood-Brain-Cerebrospinal Fluid Barriers.* In Siegel, G. J., Agranoff, B. W., Albers, R. W., Fisher, S. K., Uhler, M. D. (Eds.), *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects* (pp. 671-689). Philadelphia u. a.: Lippincott-Raven.
- Leitzmann, C. (2003). *Alternative Kostformen.* In Schauder, P., Ollenschläger, G., *Ernährungsmedizin* (pp. 165-174). München, Jena: Urban & Fischer.
- Lentze, M. J. (2002). *Mikronährstoffe im Jugendalter.* In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 292-298). Stuttgart: Thieme.
- Liesen, H. (1992). *Mineralstoffe und Spurenelemente im Sport.* In Bertelsmann Stiftung (Hrsg.), *Mineralstoffe und Spurenelemente* (pp. 121-134). Gütersloh: Verlag Bertelsmann Stiftung.
- Löffler, G. (2003). *Vitamine.* In Löffler, G., Petrides, P. E. (Hrsg.), *Biochemie und Pathobiochemie* (pp. 721-750). Berlin u. a.: Springer.
- Löffler, G., Petrides, P. E. (Hrsg.) (2003). *Biochemie und Pathobiochemie.* Berlin u. a.: Springer.
- Manz, F., van't Hof, M. A., Haschke, F. (1998). Iodine supply in children from different European areas: the Eurogrowth study. *J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr.* 1998, 31 (Suppl. 1), S72-75.
- Meißner, D. (2002a). *Chrom.* In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 235-236). Stuttgart: Thieme.
- Meißner, D. (2002b). *Mangan.* In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 235-236). Stuttgart: Thieme.

- renelemente und Mineralstoffe (pp. 233-234). Stuttgart: Thieme.
- Mertz, W. (1986, 1987). Trace Elements in Human and Animal Nutrition. Vol. 1 and 2. San Diego u.a.: Academic Press.
- Metz, H. (o.J.). PanAktiv. Kelkheim.
- Morgane, P. J., Austin-LaFrance, R., Bronzino, J., Tonkiss, J., Díaz-Cintra, S., Cintra, L., Kemper, T., Galler, J. R. (1993). Prenatal malnutrition and development of the brain. *Neuroscience and biobehavioral reviews* 17, 1, 91-128.
- Morlion, B. J. (1999). Wasser, Elektrolyte und Säure-Basen-Haushalt. In Biesalski, H. K., Fürst, P., Kasper, H., Kluthe, R., Pöler, W., Puchstein, C., Stähelin, H. B. (Hrsg.), *Ernährungsmedizin* (pp. 159-166). Stuttgart: Thieme.
- Murck, H. (2002). Magnesium and Affective Disorders. *Nutritional Neuroscience* 5, 6, 375-389.
- Neumann, G. (1998). Ernährung im Sport. Aachen: Meyer und Meyer.
- Nicholls, J. G., Martin, A. R., Wallace, B. G., Fuchs, P. A. (2001). From Neuron to Brain. Sunderland: Sinauer Associates.
- Noh, S. K., Koo, S. I. (2001). Feeding of low-zinc diet lowers the tissue concentrations of alphatocopherol in adult rats. *Biological trace element research* 81, 2, 153-168.
- Oberitter, H. (2003). Prinzipien vollwertiger Ernährung. In Schauder, P., Ollenschläger, G., *Ernährungsmedizin* (pp. 147-164). München, Jena: Urban & Fischer.
- O'Dell, B. L., Browning, J. D. (2000). Zinc Deprivation and the Nervous System. *Nutritional Neuroscience* 3, 97-112.
- O'Dell, B. L., Sunde, R. A. (1997). Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements. New York u.a.: Marcel Dekker, Inc.
- Onodera, K., Omoi, N. O., Fukui, K., Hayasaka, T., Shinkai, T., Suzuki, S., Abe, K., Urano, S. (2003). Oxidative damage of rat cerebral cortex and hippocampus, and changes in antioxidative defense systems caused by hyperoxia. *Free radical research* 37, 4, 367-372.
- Pahlow, M. (1993). Das große Buch der Heilpflanzen. München: Gräfe und Unzer.
- Pardridge, W. M. (Ed.) (1998). Introduction to the blood-brain-barrier. Cambridge: Cambridge University Press.
- Penland, J. G. (1998). The importance of boron nutrition for brain and psychological function. *Biological trace element research* 66, 1-3, 299-317.
- Petrides, P. E. (2003). Spurenelemente. In Löffler, G., Petrides, P. E. (Hrsg.), *Biochemie und Pathobiochemie* (pp. 697-720). Berlin u. a.: Springer.
- Platen, P. (2002). Mikronährstoffe in der Sportmedizin. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 326-342). Stuttgart: Thieme.
- Rao, A. V., Balachandran, B. (2002). Role of Oxidative Stress and Antioxidants in Neurodegenerative Diseases. *Nutritional Neuroscience* 5, 5, 291-309.
- Rehner, G., Daniel, H. (2002). *Biochemie der Ernährung*. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Rotilio, G. (2001). Risk from Exposure to Metals: Deficits and Excess (Cu, Fe, Mn, Al, Cr, B). In Fernstrom, J. D., Uauy, R., Arroyo, P. (Eds.), *Nutrition and Brain* (pp.247-262). Nestlé Nutrition Workshop Series Clinical & Performance Program. Vol. 5. Basel: Vevey/S. Karger AG.
- Sasaki, H., Meguro, K., Matsuzaki, Y., Doi, C., Yamaguchi, S., Nakamura, T., Aoki, T., Sekizawa, K., Shimizu, Y. (1993). Effect of nicotine on cognitive disturbance in animals with acetylcholine deficient brain. *Japanese journal of psychopharmacology* 13, 3, 143-147.
- Schauder, P., Ollenschläger, G. (2003). *Ernährungsmedizin*. München, Jena: Urban & Fischer.
- Schek, A. (2002). Sekundäre Pflanzenstoffe. *Leistungssport* 32, 5, 44-52.
- Schettler, T. (2002). Bor. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 223-226). Stuttgart: Thieme.
- Schiffmann, S. N., Cheron, G., Lohof, A., D'Alcantara, P., Meyer, M., Parmentier, M., Schurmans, S. (1999). Impaired motor coordination and Purkinje cell excitability in mice lacking calcitonin. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96, 5257-5262.
- Schmiedel, V. (2001). Orthomolekulare Medizin. In Schmiedel, V., Leitzmann, C., Lützner, H., Heine, H., *Ernährungsmedizin in der Naturheilkunde* (pp. 95-184). München, Jena: Urban & Fischer.
- Schmiedel, V., Leitzmann, C., Lützner, H., Heine, H. (2001). *Ernährungsmedizin in der Naturheilkunde*. München, Jena: Urban & Fischer.
- Schneider, F. J. (1995). Zur Bedeutung des Schlafs für die Regeneration und Adaptation des Sportlers. *Leistungssport* 25, 2, 17-21.
- Schümann, K., Anke, M. (1999). Mengenelemente. In Biesalski, H. K., Fürst, P., Kasper, H., Kluthe, R., Pöler, W., Puchstein, C., Stähelin, H. B. (Hrsg.), *Ernährungsmedizin* (pp. 167-172). Stuttgart: Thieme.
- Schümann, K., Weiß, G. (2002). Eisen. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 137-147). Stuttgart: Thieme.
- Schünemann, H. J., McCann, S., Grant, B. J. B., Trevisan, M., Muti, P., Freudenheim, J. L. (2002). Lung Function in Relation to Intake of Carotenoids and Other Antioxidant Vitamins in a Population-based Study. *Am. J. Epidemiology* 155, 5, 463-471.
- Siegel, G. J., Agranoff, B. W., Albers, R. W., Fisher, S. K., Uhler, M. D. (Eds.) (1999). *Basic Neurochemistry: Molecular, Cellular and Medical Aspects*. Philadelphia u. a.: Lippincott-Raven.
- Smith, A. P., Clark, R. E., Nutt, D. J., Haller, J., Hayward, S. G., Perry, K. (1999). Vitamin C, Mood and Cognitive Functioning in the Elderly. *Nutritional Neuroscience* 2, 249-256.
- Souci, S. W., Fachmann, W., Kraut, H. (2000). Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwert-Tabellen. Stuttgart: medpharm.
- Stahl, W. (2002). Carotinoide. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 41-49). Stuttgart: Thieme.
- Sun, Y., Butler, J. A., Whanger, P. D. (2001). Glutathione peroxidase activity and selenoprotein W levels in different brain regions of selenium depleted rats. *J. Nutr. Biochem.* 12, 88-94.
- Thews, G., E. Mutschler, P. Vaupel (1999). Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Tobian, L. (1997). Dietary sodium chloride and potassium have effects on the pathophysiology of hypertension in humans and animals. *The American journal of clinical nutrition* 65 (2 Suppl.), 606S-611S.
- Tobian, L., Hanlon, S. (1990). High sodium chloride diets injure arteries and raise mortality without changing blood pressure. *Hypertension*, 15, 6, part 2, 900-903.
- Tran, T. T., Chowanadisai, W., Crinella, F. M., Chic-DeMet, A., Lönnderdal, B. (2002). Effect of high dietary manganese intake of neonatal rats on tissue mineral accumulation, striatal dopamine levels, and neurodevelopmental status. *Neurotoxicology* 23, 4-5, 635-643.
- Uauy, R., Mena, P., Peirano, P. (2001). Mechanisms for Nutrient Effects on Brain Development and Cognition. In Fernstrom, J. D., Uauy, R., Arroyo, P., *Nutrition and Brain* (pp. 41-72). Nestlé Nutrition Workshop Series Clinical & Performance Program. Vol. 5. Basel: Vevey/S. Karger AG.
- van Asselt, D. Z., Pasman, J. W., van Lier, H. J., Vingerhoets, D. M., Poels, P. J., Kuin, Y., Blom, H. J., Hoefnagels, W. H. (2001). Cobalamin supplementation improves cognitive and cerebral function in older, cobalamin-deficient persons. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences* 56, 12, M775-M779.
- Vatessery, G. T. (1998). Vitamin E and other endogenous antioxidants in the central nervous system. *Geriatrics* 53, Suppl 1, S25-27.
- Wasantwisut, E. (1997). Nutrition and development: other micronutrients' effect on growth and cognition. *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health* 28, Suppl. 2, 78-82.
- Wagner, H. (1982). *Pharmazeutische Biologie. 2 Drogen und ihre Inhaltsstoffe*. Stuttgart u.a.: Gustav Fischer Verlag.
- Watzl, B., Leitzmann, C. (1995). Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln. Stuttgart: Hippokrates.
- Whanger, P. D. (2001). Selenium and the Brain: A Review. *Nutritional Neuroscience* 4, 81-97.
- Weber, P. (2002). Vitamin C. In Biesalski, H. K., Köhrle, J., Schumann, K. (Hrsg.), *Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe* (pp. 57-69). Stuttgart: Thieme.
- Wichtl, M. (1997). *Teedrogen und Phytopharmaka*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.
- Wildman, R. E. C., Medeiros, D. M. (2000). *Advanced Human Nutrition*. Boca Raton, London, New York, Washington, D. C.: CRC Press.
- Young, S. N. (1991). The 1989 Borden Award Lecture. Some effects of dietary components (amino acids, carbohydrate, folic acid) on brain serotonin synthesis, mood, and behavior. *Can. J. physiol. Pharmacol.* 69, 7, 893-903.
- Zigmond, M. J., Bloom, F. E., Landis, S. C., Roberts, J. L., Squire, L. R. (Eds.) (1999). *Fundamental Neuroscience*. San Diego u. a.: Academic Press.