

Trinken und Leistungsfähigkeit in der Schule

von

Prof. Dr. oec. troph. Helmut Heseke, Fachgruppe Ernährung und Verbraucherbildung
und

Prof. Dr. med. Michael Weiß, Sportmedizinisches Institut
Universität Paderborn

Zusammenfassung

Viele Deutsche trinken zu wenig und erreichen häufig nicht die von ernährungswissenschaftlichen und sportmedizinischen Fachgesellschaften empfohlene tägliche Flüssigkeitszufuhr (Abb. 1). Hinzu kommt, dass der Flüssigkeitsbedarf in erheblichem Umfang durch Kaffee, Tee, energiereiche Erfrischungsgetränke und alkoholische Getränke gedeckt wird (Adolf, 1995), die als Durstlöcher eher ungeeignet sind. Untersuchungen zeigen, dass besonders Kinder und Jugendliche ihren Wasserbedarf nicht ausreichend decken (Abb. 2 und 3). Zum einen ist das Durstempfinden vor allem bei Kindern oft zu schwach ausgeprägt. Zum anderen werden Kinder nicht selten von Eltern und Erziehern ermahnt, nicht so viel zu trinken. Dahinter verbergen sich tradierte, aber längst widerlegte Vorstellungen, dass zu viel Trinken ungesund sei und das zum Essen nicht getrunken werden solle. Nicht selten werden derartig unsinnige Empfehlungen in Schulbüchern vermittelt. Dabei ist der Wasserbedarf bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen erhöht, da im Vergleich zum Körpergewicht die Körperoberfläche, der Wasseranteil an der Gesamtkörpermasse und der Wasserstoffwechsel deutlich höher sind. Eine unzureichende Flüssigkeitszufuhr führt nachweislich zu Einschränkungen der geistigen und körperlichen Leistungsfähigkeit. Dies kann u.a. auch negative Auswirkungen auf die Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeit im Schulunterricht haben. Eine chronisch unzureichende Wasserzufuhr soll außerdem langfristig das Risiko zur Bildung von Harnsteinen und Entstehung von Krebserkrankungen des Dickdarms und der Harnwege erhöhen.

Einleitung

Wasser ist ein essentieller, in seiner Bedeutung aber häufig unterschätzter Nährstoff. So weit wir wissen, ist ein Leben ohne Wasser nicht möglich. Der menschliche Körper besteht je nach Lebensalter zu 50 - 75 % aus Wasser, das für alle biochemischen Reaktionen benötigt wird.. Unter zahlreichen wichtigen Funktionen des Wassers ist seine Rolle bei der Regulation der Körpertemperatur besonders wichtig. Es ist allgemein bekannt, dass bei einem schweren Wassermangel akute Lebensgefahr durch Verdursten besteht. Ein Mensch kann ohne Wasserzufuhr unter optimalen Umgebungstemperaturen etwa eine Woche überleben; bei Kindern können extreme Wasserverluste (z.B. bei massiven Diarrhöen) unter ungünstigen

Bedingungen aber schon innerhalb weniger Stunden zum Tode führen (Williams, 1985). Viel weniger bekannt ist, ob und wie sich eine chronisch milde Dehydratation auf Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit auswirkt. Dabei verdient die Wasserzufuhr bei Kindern und Jugendlichen besondere Beachtung. Denn der Wasserbedarf ist bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen deutlich erhöht, da im Vergleich zum Körpergewicht die Körperoberfläche, der Wasseranteil an der Gesamtkörpermasse und der Wasserstoffwechsel wesentlich höher sind (DGE et al., 2000). Hinzu kommt, dass bei Kindern gegenüber Erwachsenen noch ein deutlich vermindertes Adaptationsvermögen an eine unzureichende Wasserzufuhr vorliegt (AAP, 2000). Im weiteren soll die mögliche Bedeutung einer unzureichenden Flüssigkeitszufuhr auf die Leistungsfähigkeit mit Hilfe der aktuell verfügbaren wissenschaftlichen Literatur näher untersucht werden.

Regulation des Wasserhaushalts

Der Wassergehalt des menschlichen Körpers wird unter normalen Umständen sehr genau kontrolliert und somit weitgehend konstant gehalten. Im Falle einer zu geringen Wasserzufuhr steigt die Elektrolytkonzentration im Blut an. Das Blut wird hyperton. Da die Konstanz des Blutvolumens von großer physiologischer Bedeutung ist, führt dies zu einem Einstrom von Wasser aus den Zellen in die Blutgefäße. Als Osmorezeptoren bezeichnete Zellen im Hypothalamus (= Durstzentrum) registrieren bereits geringe Veränderungen des osmotischen Drucks und leiten normalerweise eine Gegenregulation ein. Osmorezeptoren veranlassen die benachbarte Hypophyse, ein als ADH (= antidiuretisches Hormon) bezeichnetes Hormon freizusetzen. Dieses Hormon gelangt über den Blutkreislauf zu den Nieren und führt dort zu einer verstärkten Rückabsorption von Wasser, d.h. einer Verminderung der Urinausscheidung (Wrong, 2000). Die Farbe des Urins spiegelt daher sehr gut den Hydratationszustand eines Menschen wider. Beim gesunden Menschen ist z.B. ein kräftig gefärbter, konzentrierter Urin ein empfindliches Zeichen für eine unzureichende Wasserzufuhr (Shirreffs, 2000). Verliert der Körper mehr als 0,5 % (0,5 - 1,0 %) seines Körpergewichts in Form von Wasser (0,3 - 0,4 l), dann entsteht bereits ein erstes Durstgefühl, das mit weiter abnehmendem Wassergehalt des Körpers zunehmend stärker wird (Sawka und Montain, 2001). Das Auslösen eines Durstsignals stellt eine wichtige psychologische Regelgröße des Flüssigkeitshaushalts dar und veranlasst den Menschen seine Wasserbilanz auszugleichen, d.h. zu trinken. Normalerweise ist der Durst bzw. das Trinkbedürfnis ein gutes Maß für den Wasserbedarf des Körpers. Unter körperlicher Belastung, besonders bei hohen Umgebungstemperaturen stellt der Durst bei Kindern aber nicht selten nur ein unzureichendes Signal dar (Williams, 1985). Bei konzentrierter Beschäftigung mit einem Gegenstand wie z.B. beim Spielen wird das Durstgefühl auch schon einmal unterdrückt oder aber durch andere psychologische Prozesse überlagert.

Unzureichende Wasserzufuhr in Deutschland

In unserer im vergangenen Jahr durchgeführten Analyse der Wasseraufnahme der deutschen Bevölkerung - besonders auch von Kindern und Jugendlichen - wurde gezeigt, dass die durchschnittliche Flüssigkeitszufuhr in Deutschland die empfohlenen Richtwerte um

etwa 20 % unterschreitet. Außerdem wird ein erheblicher Anteil der täglich zugeführten Flüssigkeitsmenge in Form von Limonaden, Kaffee und Tee aufgenommen, die aus ernährungsphysiologischer Sicht auf Grund der Energiegehalte oder diuretischer Effekte als Durstlöscher weniger geeignet sind. Das Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund (FKE) hat wiederholt auf die zu geringen Trinkmengen bei Kindern und Jugendlichen hingewiesen (Sichert-Hellert und Kersting, 2000; FKE, 2001). Die Zufuhr von Trink- und Mineralwasser ist in den letzten 15 Jahren zwar gestiegen, aber die Gesamttrinkmenge ist immer noch deutlich geringer als in vergleichbaren, anderen Industrieländern.

Untersuchungen haben gezeigt, dass ein beachtlicher Anteil (20 - 30 %) unserer Schüler und Schülerinnen ohne vorherige Einnahme eines Frühstücks – und in vielen Fällen ohne etwas zu trinken – zur Schule gehen, d.h. ohne die Einnahme von festen Lebensmitteln und ohne Getränk am Schulunterricht teilnehmen (Kaiser und Kersting, 2001). Nicht selten wird von Lehrern/innen die Beobachtung gemacht, dass Schüler und Schülerinnen im Unterricht müde und unkonzentriert wirken. Ein ursächlicher Zusammenhang ist nicht unwahrscheinlich.

Häufig werden Kinder von Eltern oder Erziehern/innen regelrecht ermahnt, nicht so viel zu trinken. Dahinter verbergen sich tradierte, aber längst widerlegte Vorstellungen, dass zu viel Trinken ungesund sei und das besonders auch zum Essen nicht getrunken werden solle. Derartige Empfehlungen sind ohne wissenschaftlicher Grundlage, werden aber in erschreckender Weise immer noch in Schulbüchern vermittelt. So finden sich in Schulbüchern, die Ernährungsthemen zum Inhalt haben, nicht selten Hinweise wie *„Es ist ungesund, wenn man öfter über den Durst trinkt. Große Flüssigkeitsmengen belasten auf die Dauer das Herz und den Kreislauf“*; *„Gewöhne dich daran, nicht ständig während des Essens zu trinken“*; *„Für die Verdauungsorgane wirkt es sehr schädlich, wenn du zu heiß oder zu kalt trinkst“* (Heseker, 2002).

Ein Wasserdefizit ergibt sich schnell, wenn abends wenig getrunken wurde, morgens vor Schulbeginn nicht gefrühstückt und auch während der Unterrichtspausen nichts getrunken wird. Das gilt besonders dann, wenn es durch sommerliche Hitze, in überhitzten Klassenräumen oder im Sportunterricht durch intensives Schwitzen zu einem zusätzlichen Wasserverlust gekommen ist.

Um einen gewohnheitsmäßig höheren Getränkeverzehr zu erleichtern, wird vom FKE bei allen Mahlzeiten zusätzlich ein geeignetes Getränk empfohlen. Aus ernährungsphysiologischen Gründen sind Wasser mit oder ohne Kohlensäure (Trinkwasser, Mineralwasser oder Sodawasser) besonders geeignete Durstlöscher.

Folgen einer unzureichenden Wasserzufuhr

Milde Dehydratation

Eine gesteigerte Abnahme von Körperflüssigkeit (>1 %) ohne eine entsprechende Flüssigkeitsaufnahme wird als Dehydratation (= Austrocknung, Wasserverlust), ein Verlust von 1-2 % wird als milde Dehydratation bezeichnet (Kleiner, 1999).

Erhöhte Flüssigkeitsverluste können über den Magen-Darm-Trakt, die Atemluft, über den Urin oder über die Haut erfolgen. Bei fiebrigen Erkrankungen oder starken körperlichen Anstrengungen treten besonders starke Flüssigkeitsverluste auf. Auch bei verschiedenen Erkrankungen (z.B. der Nieren) kann es zu einem starken Flüssigkeitsungleichgewicht kommen. Eine Dehydratation kann akut, z.B. in Folge einer äußerst intensiven körperlichen Anstrengung mit großen Schweißverlusten oder chronisch, in Folge einer über einen längeren Zeitraum unzureichenden Rehydratation der obligaten, täglichen Wasserverluste entstehen.

Es wird prinzipiell zwischen drei Arten der Dehydratation unterschieden (Oh und Uribarri, 1999):

1. Isotone Dehydratation: Eine isotone Dehydratation bedeutet, dass sich der osmotische Druck des Extrazellularraumes nicht ändert, da der Verlust von Wasser und Salz (Na) im gleichen Verhältnis erfolgt. Dies ist vor allem bei unzureichender Wasser- und Natriumzufuhr der Fall, aber auch bei Durchfall und Erbrechen.
2. Hypertone Dehydratation: Eine hypertone Dehydratation entsteht beim Verlust von freiem Wasser ohne entsprechendem Verlust von Salz (Natrium). Dies kann bei Fieber und Verdursten der Fall sein.
3. Hypotone Dehydratation: Eine hypotone Dehydratation entsteht, wenn im Verhältnis zur Wassermenge zu wenig Salz (Na) vorhanden ist. Dies geschieht bei einer überhöhten Salzausscheidung, wie z.B. bei starkem Schwitzen. Diese Art der Dehydratation spielt bei starken körperlichen Belastungen eine wichtige Rolle.

Die obligaten Wasserverluste über Lunge, Niere, Haut und Darm betragen ca. 50 mL/h. Wird abends nur wenig und vor bzw. während der Schulzeit nichts getrunken, dann bedeutet dies, dass von 20 Uhr des Vortages bis zum Ende der täglichen Schulzeit um 14 Uhr bei normalen Klimabedingungen immerhin ein Flüssigkeitsverlust von ca. 900 mL Wasser eingetreten ist. Bezogen auf den Gesamtkörper einer 50 kg schweren Schülerin bedeutet dies eine Abnahme von 1,8 %. Sommerliche Temperaturen führen schnell zu noch weit höheren Wasserverlusten.

Flüssigkeitsverluste von nur 2 % vermindern bereits die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit (Abb. 4). Dies wird mit dem negativen Einfluss auf die Herz-Kreislauf-Funktion bzw. die Temperaturregulation begründet (Sawka, 1992). Werden die Flüssigkeitsverluste nicht rechtzeitig ersetzt, wird Blut und Gewebe zunehmend Wasser entzogen. Das Blut fließt langsamer und harnpflichtige Substanzen können nicht mehr in ausreichendem Umfang ausgeschieden werden. Gleichzeitig ist die Versorgung der Muskel- und Gehirnzellen mit Sauerstoff und Nährstoffen herabgesetzt. Bei neutraler Umgebungstemperatur führte bereits ein Flüssigkeitsverlust von 2 % zu einer Verschlechterung der Leistungsfähigkeit um 4-8 % (Greenleaf, 1992).

Die Abnahme des Blutvolumens führt zu einer Verminderung des Herzminutenvolumens, zu einem meßbaren Anstieg der Herzfrequenz und einem Abfall des Schlagvolumens sowie zu einer Herabsetzung der Schweißbildung (Montain und Coyle, 1992). Der hieraus

resultierende Anstieg der Körperkerntemperatur wirkt sich durch eine vorzeitige zentrale Ermüdung negativ auf mentale Prozesse aus. Zusätzlich können Störungen des intrazellulären Flüssigkeits- und Elektrolytspiegels den Energiestoffwechsel auftreten und ebenfalls zu einer Leistungsver schlechterung beitragen (Abb. 5).

Der mögliche Einfluss einer Dehydratation auf die geistige Leistungsfähigkeit wurde bisher nur in wenigen Studien untersucht. Die Ergebnisse dieser Studien machen es wahrscheinlich, dass es bei einer milden Dehydratation bereits zu Einbußen der geistigen Leistungsfähigkeit kommt (Salmon, 1994; Burke, 1997; Naghii, 2000).

Gopinathan et al. (1988) stellten ihre Probanden zunächst durch eine restriktive Wasseraufnahme und körperliches Training auf unterschiedliche Dehydratationslevel ein und führten dann verschiedene psychologische Tests (u.a. Kurzzeitgedächtnis, Lösung mathematischer Aufgaben) durch. Von einem Flüssigkeitsverlust von 2 % an kam es zu signifikanten Verschlechterungen der gemessenen mentalen Funktionen.

Wyon et al. (1979) untersuchten unter realistischen Bedingungen den Einfluss einer langsamen Temperaturerhöhung (von 20 auf 29 C°) auf die Leistungsfähigkeit 17jähriger Jugendlicher. Die Fähigkeit Sätze zu verstehen oder Begriffe zu erinnern war nach wenigen Stunden deutlich reduziert.

Choma et al. (1998) stellten bei Sportlern, die zum Erreichen eines niedrigeren Wettkampfgewichts gezielt Körpergewicht in Form von Körperwasser verloren hatten, ebenfalls ein verschlechtertes Kurzzeitgedächtnis und Störungen der Allgemeinbefindlichkeit fest.

Cian et al. (2001) beobachteten bei dehydrierten gegenüber euhydrierten Probanden ebenfalls schlechtere Leistungen bei psychologischen Tests.

Rogers et al. (2001) testeten in einer gut kontrollierten Studie bei 60 Probanden mit Hilfe verschiedener Reaktionstests die geistige Leistungsfähigkeit nach Verabreichung von 120 ml oder 330 ml Trinkwasser, gekühlt auf 10 C° im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Bei den Probanden, die vor Einnahme des Getränks großen Durst verspürten, führte die Wasserzufuhr dosisabhängig zu einer höheren Leistungsfähigkeit. Bei den Probanden, die allerdings das Wasser tranken, ohne Durst zu haben, wurden dagegen schlechtere Leistungen gemessen. Die Autoren versuchen diesen unerwarteten Effekt damit zu erklären, dass das Trinken von kaltem Wasser zu einer vermehrten Durchblutung des Bauchraums geführt haben könnte.

Aus morphologischen und physiologischen Gründen adaptieren sich sporttreibende Kinder und Jugendliche nicht so effektiv wie Erwachsene an Klimaextreme, wenn sie gleichzeitig einem hohen klimatischen Hitzestress ausgesetzt sind (AAP, 2000). Zu den Gründen für diese Differenzen zählen (Bar-Or, 1989):

1. die im Vergleich zur Körpermasse gegenüber Erwachsenen vergleichsweise größere Körperoberfläche von Kindern. Dies führt an heißen Tagen zu einer größeren

Hitzeaufnahme aus der Umgebung und an kalten Tagen zu einer größeren Wärmeabgabe an die Umgebung (Drinkwater und Horvath, 1979).

2. die auf das Körpergewicht bezogene, vergleichsweise stärkere Wärmeproduktion im Belastungsstoffwechsel, z.B. auch beim Wandern oder Laufen (Astrand, 1952).
3. die bei Kindern gegenüber Erwachsenen beträchtlich geringere Kapazität zur Schweißbildung, welche die Fähigkeit des Kindes zur Ableitung von Körperwärme durch Verdunstung erheblich reduziert (Bar-Or, 1989; Haymes et al., 1975; Drinkwater et al., 1977).
4. der bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen bei gleicher Hypohydratation stärkere Anstieg der Kerntemperatur (Danks et al., 1962).

Die American Academy of Pediatrics (AAP) betont ebenfalls, dass eine Dehydratation die Leistungsfähigkeit und das allgemeine Wohlbefinden erheblich beeinflussen kann. Es seien daher geeignete präventive Maßnahmen zu ergreifen, um die schädlichen Einflüsse hoher Temperaturen zu vermeiden. Hierzu zählt in besonderer Weise die Vermeidung einer sport-induzierten Dehydratation (Meyer et al., 1994). Dies stellt für Kinder in gemäßigten Klimazonen in der Regel kein lebensbedrohendes Gesundheitsrisiko dar. Werden aber z.B. während eines Urlaubs in den Tropen oder Subtropen intensive sportliche Leistungen erbracht, dann sind besondere Vorsichtsmaßnahmen unbedingt erforderlich. Unabhängig davon, ob ein Durstgefühl besteht oder nicht, müssen Kinder und Jugendliche angehalten werden, in sehr kurzen Zeitabständen zu trinken. Kinder verspüren während länger dauernder, körperlicher Betätigungen häufig nicht das Bedürfnis, genug zu trinken, um Flüssigkeitsverluste auszugleichen (Bar-Or et al., 1980).

Schwere Dehydratation

Eine weitere Abnahme des Körperwassers um 3 % führt bereits zu einem Rückgang der Speichelsekretion und der Harnproduktion mit einem dunkel gefärbten Urin sowie zu Kopfschmerzen, Mundtrockenheit und Verstopfung.

Bei einer Abnahme um 5 % treten Tachykardien (= beschleunigter Puls) ein, und die Körpertemperatur steigt. Schon nach 2 bis 4 Tagen ohne Wasserzufuhr treten Übelkeit, Schwindelgefühle, Kopfschmerzen, Durchblutungsstörungen, Erbrechen und Muskelkrämpfen auf. Ein Wasserlust von 10 % führt zu Verwirrheitszuständen. Ein Wasserdefizit von mehr als 20 % führt unweigerlich zum Tode durch Nieren- und Kreislaufversagen (Sawka und Montain, 2001) (Abb. 4).

Hitzeerschöpfung infolge von Wasserverlust ist eine der häufigsten Formen des Hitzeschadens. Blutgefäße der Haut sind stark erweitert und weisen eine erhöhte Fassungskapazität auf. Auch das relative Blutvolumen nimmt ab, der Blutdruck fällt und es kommt auf Grund einer verminderten Hirndurchblutung zu Schwindelerscheinungen bis hin

zur Ohnmacht. Typische Symptome sind Erschöpfung und manchmal auch Erbrechen; die Haut ist blass, kalt und schweißbedeckt.

Der Hitzschlag ist die gefährlichste Form des Hitzeschadens, er kann tödlich enden. Betroffen sind neben älteren Menschen vor allem Kinder und Jugendliche als Resultat intensiver körperlicher Belastung unter Hitzebedingungen.

Empfehlungen

In den 50er und 60 Jahren des letzten Jahrhunderts wurden häufig Hitzeschäden bei Soldaten beobachtet. Diese hatten ihre Ursache nicht zuletzt in unvernünftigen Vorschriften, die einen adäquaten Flüssigkeitsersatz verhinderten. Aus daraufhin durchgeführten sport- und arbeitsmedizinischen Untersuchungen wurden dann neue Empfehlungen zur Flüssigkeitszufuhr bei starker körperlicher Arbeit unter hohen Umgebungstemperaturen abgeleitet und nachhaltig umgesetzt. Diese gut kontrollierten Untersuchungen hatten ebenfalls gezeigt, dass starke Flüssigkeitsverluste zu einer deutlichen Einschränkung der Leistungsfähigkeit führen, während sich umgekehrt vorzeitige Erschöpfungszustände durch rechtzeitigen Flüssigkeitsersatz verhindern lassen (Williams, 1985).

Ähnliche unvernünftige Vorschriften und überholte Vorstellungen zur Flüssigkeitsaufnahme von Kindern und Jugendlichen bestehen teilweise heute noch in Haushalten und Schulbüchern.

Um eine ausreichende Flüssigkeitsversorgung zu gewährleisten, sollte:

- schon im frühen Kindesalter zu den Mahlzeiten grundsätzlich ein geeignetes Getränk gereicht werden,
- ein geeignetes Getränk auch grundsätzlich Bestandteil des Schulfrühstücks sein,
- sollten Kinder an heißen Tagen und/oder bei hoher körperlicher Beanspruchung besonders zum Trinken animiert werden (alle 20 min 150 mL),
- Wasser mit und ohne Kohlensäure als besonders geeignete Durstlöscher in Haushalten ständig verfügbar sein.

Insgesamt ist das schulische Umfeld bis heute in Hinsicht auf eine adäquate Flüssigkeitsversorgung der Schüler und Schülerinnen eher hinderlich als förderlich.

Wasserdefizite könnten vermieden werden, wenn in unseren Schulen:

- freizugängliche Wasserspender installiert würden,
- Getränke während des Unterrichts, zumindest bei längeren Klassenarbeiten erlaubt werden würden,
- ausreichende Flüssigkeitszufuhr regelmäßig im auch im Sportunterricht thematisiert wird,

- in Bezug auf das Trinkverhalten bestehende Ernährungsirrtümer ausgeräumt werden.

Literatur

- AAP American Academy of Pediatrics. Committee on Sports Medicine and Fitness: Climatic heat stress and the exercising child and adolescent. *Pediatrics* 106: 158-159 (2000)
- Adolf, T., Schneider, R., Eberhardt, W., Hartmann, S., Herwig, A., Hesecker, H., Hünchen, K., Kübler, W., Matiaske, B., Moch, K.J., Rosenbauer, J.: Ergebnisse der Nationalen Verzehrsstudie (1985-1988) über die Lebensmittel- und Nährstoffaufnahme in der Bundesrepublik Deutschland. In: Kübler, W., Anders, H.J., Heeschen, W. (Hrsg.): Band XI der VERA-Schriftenreihe. Wissenschaftlicher Fachverlag Dr.Fleck, Niederkleen (1995)
- Astrand, P.O.: Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Munksgaard, Kopenhagen (1952)
- Bar-Or, O., Dotan, R., Inbar, O. et al.: Voluntary hypohydration in 10- to 12-year-old boys. *J. Appl. Physiol.* 48: 104-108 (1980)
- Bar-Or, O.: Temperature regulation during exercise in children and adolescents. S. 335-367. In: Gisolfi, C., Lamb, D.R., (Hrsg.): Perspectives in exercise sciences and sports medicine. II. Youth, exercise and sport. Benchmark Press, Indianapolis (1989)
- Burke, L.M.: Fluid balance during team sports. *J. Sports Sci.* 15: 287-295 (1997)
- Choma, C.W., Sforzo, G.A., Keller, B.A.: Impact of rapid weight loss on cognitive function in collegiate wrestlers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30:746-9 (1998)
- Cian, C., Barraud, P.A., Melin, B., Raphel, C.: Effects of fluid ingestion on cognitive function after heat stress or exercise-induced dehydration. *Int. J. Psychophysiol.* 42: 243-251 (2001)
- Danks, D.M., Webb, D.W., Allen, J.: Heat illness in infants and young children: a study of 47 cases. *Br. Med. J.* 2: 287-293 (1962)
- DGE, ÖGE, SGE, SVE: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. 1. Auflage. Umschau-Braus, Frankfurt (2000)
- Drinkwater, B.L., Horvath, S.M.: Heat tolerance and aging. *Med. Sci. Sports Exerc.* 11: 49-55 (1979)
- Drinkwater, B.L., Kupprat, I.C., Denton, J.E. et al.: Response of prepubertal girls and college women to work in the heat. *J. Appl. Physiol.* 43: 1046-1053 (1977)
- FKE: DONALD-Studie. Konsum von Wasser und Sodawasser bei Kindern und Jugendlichen. *Ernährungs-Umschau* 48: 334-335 (2001)
- Gopinathan, P.M., Pichan, G., Sharma, V.M.: Role of dehydration in heat stress-induced variations in mental performance. *Arch. Environ. Health* 43: 15-7 (1988)
- Greenleaf, J.: Problem: Thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24: 645-656 (1992)
- Haymes, E.M., Buskirk, E.R., Hodgson, J.L.: Heat tolerance of exercising lean and heavy prepubertal girls. *J. Appl. Physiol.* 36: 566-571 (1974)
- Hesecker, H.: Fachwissenschaftliche Analyse von Ernährungsthemen in Schulbüchern. *DGE-Info* 4:53-55 (2002)
- Kaiser, B., Kersting, M. Frühstücksverzehr und kognitive Leistungsfähigkeit von Kindern - Eine Auswertung von Literaturbefunden. *Ernährung im Fokus* 1: 5-13 (2001)
- Kleiner, S.M.: Water: an essential but overlooked nutrient. *J. Am. Diet. Assoc.* 99: 200-206 (1999)
- Meyer, F., Bar-Or, O., Passe, D., Salsberg, A., : Hypohydration during exercise in children: effect on thirst, drink preferences, and rehydration. *Int. J. Sport. Nutr.* 4: 22-35 (1994)
- Montain, S., Coyle, E.: Influence of graded dehydration on hyperthermia and cardiovascular drift during exercise. *J. Appl. Physiol.* 73: 1340-1350 (1992)

- Naghii, M.R.: The significance of water in sport and weight control. *Nutr. Health* 14:127-132 (2000)
- Oh, M.S., Uribarri, J.: Electrolytes, water, and acid-base balance. S. 105-139. In: Shils, M.E., Olson, J.A., Shike, M., Ross, A.C. (Hrsg.): *Modern nutrition in health and disease*. 9. Auflage. Williams&Willkins, Baltimore (1999)
- Rogers, P.J., Kainth, A., Smit, H.J.: A drink of water can improve or impair mental performance depending on small differences in thirst. *Appetite* 36: 57-58 (2001)
- Salmon, P.: Nutrition, cognitive performance, and mental fatigue. *Nutrition* 10: 427-428 (1994)
- Sawka, M.: Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24: 657-670 (1992)
- Sawka, M.N., Montain, S.J.: Fluid and electrolyte balance: effects on thermoregulation and exercise in the heat. S. 115-124. In: Bowman, B.A., Russell, R.M. (Hrsg.): *Present Knowledge in Nutrition*. ILSI Press Washington (2001)
- Sawka, M.N., Montan, S.J.: Fluid and electrolyte supplementation for exercise heat stress. *Am. J. Clin. Nutr.* 72: 564S-572S (2000)
- Shirreffs, S.M.: Markers of hydration status. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 40: 80-84 (2000)
- Sichert-Hellert, W., Kersting, M.: Wasserzufuhr und Getränkekonsum von Kindern und Jugendlichen – Ergebnisse der DONALD-Studie. *Verbraucherdienst* 45: 575-577 (2000)
- Wagner, J.A., Robinson, S., Tzankoff, S.P. et al.: Heat tolerance and acclimatization to work in the heat in relation to age. *J. Appl. Physiol.* 36: 616-622 (1972)
- Williams, M.H.: *Nutritional aspects of human physical and athletic performance*. 2. Ed. Charles Thomas Publisher, Springfield (1985)
- Wrong, O.: Water and monovalent electrolytes. S. 149-163. In: Garrow, J.S., James, W.P.T., Ralph, A. (Hrsg.): *Human nutrition and dietetics*. Churchill Livingstone, Edinburgh (2000)
- Wyon, D.P., Andersen, I., Lundqvist, G.R.: The effects of moderate heat stress on mental performance. *Scand. J. Work. Environ. Health* 5: 352-361 (1979)