

Dr. med. Ralph Schomaker; Zentrum für Sportmedizin, Münster
Rennarzt Volksbank-Münster-Marathon
Sprecher German Road Races
ralph.schomaker@zfs-muenster.de

Vortrag auf der 9. Jahrestagung der GSAAM am 01.05.2009 in München

	German Society of Anti-Aging-Medicine Deutsche Gesellschaft für Prävention und Anti-Aging-Medizin		
	Interdisziplinäre Fachgesellschaft für Ärzte		

Schadet Trinken dem Marathonläufer?

Grundlagen zu Trinkempfehlungen für Marathonläufer

„Industriegeprägte Dogmen gegen evidenzbasierte Medizin“

Einleitung

Läufer, die sich über Trinkempfehlungen informieren möchten, sehen sich mit unterschiedlichen Empfehlungen konfrontiert. Derzeit geben drei internationale Organisationen Empfehlungen, die sich untereinander deutlich widersprechen. Die beiden größten, das American College of Sport Medicine (ACSM) und das Internationale Olympische Komitee (IOC) vertreten mit der Auffassung, dem eigenen Durstgefühl zu misstrauen und über den eigenen Durst hinaus zu trinken, wissenschaftlich kaum belegbare Positionen. Unabhängige Wissenschaftler sehen dies als puren Lobbyismus der milliardenschweren Sponsoren aus der Sportgetränkeindustrie, die hinter diesen Organisationen stehen.

Der weltweite Zusammenschluß der Marathonrennärzte (IMMDA) setzt dem wissenschaftlich belegbare Leitlinien entgegen und findet keine Belege dafür, mehr als durstadaptiert zu trinken.

Der Vortrag Läufer eine Zusammenfassung über die Geschichte und den aktuellen Stand der Trinkempfehlungen für Läufer geben.

Aktuell sieht sich der ratsuchende Läufer mit drei unterschiedlichen internationalen Leitlinien konfrontiert:

1. „Den gesamten beim Laufen entstehenden Gewichtsverlust durch Flüssigkeitsaufnahme ersetzen?“ **ACSM, 1996; IOC, 2004**
2. „Nach Durstgefühl – *ad libitum* – trinken?“ **IMMDA, 2006**
3. „Bereits vor Eintreten des Durstgefühls trinken und durch gewichtsangepasstes Trinken nicht mehr als 2% beim Laufen entstehenden Gewichtsverluste zulassen?“ **ACSM, 2007**

Den weit verbreiteten Richtlinien von ACSM und IOC liegt zugrunde, was Prof. Tim Noakes aus Kapstadt das „verbreitete, nicht wissenschaftlich belegbare und die Getränkeindustrie begünstigende Dogma von ACSM und IOC“ nennt: *Demnach soll es mit steigender Laufgeschwindigkeit und zunehmender Dauer eines Laufes zu zunehmendem Schweißverlust = Gewichtsverlust kommen. Dieser soll einen kritischen Wasserverlust (Dehydratation) auslösen, welcher zu Salzverlusten (Natriummangel) und steigender Körpertemperatur führen, die Vorbote eines Hitzschlages sein sollen. Daraus wird die Notwendigkeit hergeleitet, bereits vor Einsetzen des Durstgefühls spezielle Sportgetränke und Elektrolytlösungen zuzuführen.*

Offen bleibt dabei die Frage, wie über Jahrtausende der Evolution die Landsäugetiere überlebt haben sollen, wenn das Durstgefühl ein unzureichender Mechanismus zur Regulation des Flüssigkeitshaushaltes wäre. Ebenso zeigen Untersuchungen seit 1932, dass bei freiem Zugang zu Wasser („*drink ad libitum*“, nach Durstgefühl trinken) Sportler unter Ausdauerbelastungen nicht 100% sondern zwischen mindestens 56% und maximal 75% ihres Gewichtsverlustes durch Trinken ausgleichen. Viele Studien belegen seit den 1960er Jahren, dass die Top-Finisher in Langstreckenläufen stets diejenigen mit den wenigsten Trinkpausen, dem größten Gewichts- und Flüssigkeitsverlust (bis zu 10% bei Iron Man Teilnehmern) und den höchsten Rektaltemperaturen sind. Ist es plausibel, dass sie noch schneller gewesen wären, wenn sie mehr als nach Durstgefühl getrunken hätten?

Auf der Gegenseite häufen sich in den letzten Jahren die Berichte über verdünnungsbedingten tödlichen Natriummangel (Tod durch Hirnschwellung) bei Marathonläufern, die wesentlich mehr als durstadaptiert getrunken hatten (im Mittel >900ml/h).

Biologie des Flüssigkeitshaushaltes

Der Durstmechanismus ist der herausragende physiologische Regulator, der den Wasser- und Elektrolythaushalt fast aller Landsäugetiere über Jahrmillionen der Evolution sicher gesteuert, das Überleben der Arten gesichert hat und tief in den Genen der Landsäugetiere verwurzelt ist.

Unsere Vorfahren entwickelten in Jahrmillionen als savannenadaptierte Jäger biologische Anpassungen, die es ihnen erlaubten 4-6h in trockener Mittagshitze zu jagen (während andere Raubtiere sich im Schatten ausruhten). Der entwicklungsgeschichtliche Vorteil lag darin, durch Schwitzen die Körpertemperatur während langdauernder Ausdauerleistungen in gesunden Grenzen (Arbeitshyperthermie) konstant zu halten und milde bis moderate Flüssigkeitsdefizite durch das Schwitzen sowie Körpergewichtsverluste ohne Veränderungen des Elektrolytgehaltes des Blutes (Serumosmolalität) zu tolerieren.

Eine erhöhte Sollwert der Körperkerntemperatur unter Belastung (Arbeitshyperthermie) ist ein Mechanismus, um Wasserverluste durch Schwitzen zu senken und darf nicht als ein Versagen der Temperaturregulation missverstanden werden.

Schon innerhalb normaler Elektrolytkonzentrationen im Blut kommt es bei Flüssigkeitsverlusten zur Gegenregulation: bereits bei sehr geringen Anstiegen der Elektrolytkonzentration von nur 1-2% (280-285mOsm/kg H₂O) kommt es zu steigender Ausschüttung des Hormons ADH um die Wasserausscheidung über die Nieren zu begrenzen. Ist die Fähigkeit dieses Hormons zur Wasserrückgewinnung aus dem Urin erschöpft, wird das Bedürfnis zu trinken aktiviert (290-295mOsm/kg H₂O oder Abfall des Körperwassergehaltes um 1,7-3,5%). Das Hormon führt also bereits 5-10mOsm/kg H₂O unter der Durstschwelle Wasser aus dem Urin ins Blut zurück.

Diese evolutionäre Errungenschaft befreite den Menschen und die Landsäugetiere von der Notwendigkeit, permanent nach Wasser suchen zu müssen. Durstgefühl und Trinkaktivität werden erst aktiviert, wenn trotz maximaler ADH-Hormonaktivität der Elektrolytgehalt des Blutes (Serumosmolalität) über die Durstschwelle steigt.

Bedingungen, unter denen die Durstschwelle krankhaft in hypertone Bereiche verschoben sein kann betreffen Sportler >65J., Belastungen in kalter (<4 °C) oder heißer (>27 °C) Umgebung, die Erkrankung SIADH (Syndrome of inappropriate ADH secretion).

Seit über 75 Jahren haben Wissenschaftler immer wieder festgestellt: lässt man Ausdauersportler nach ihrem Durstgefühl trinken, so vermeiden diese stets eine derartig hohe Trinkmenge um 100% des Körpergewichtsverlustes auszugleichen. Stattdessen werden 56-75% des Gewichtsverlustes ausgeglichen („freiwillige Dehydratation“). Hitzeschläge – wie immer man sie definiert – sind in allen diesen Jahren höchst selten aufgetreten.

Einige Autoren folgern fälschlicherweise daraus, das Durstgefühl sei ein schlechter Indikator für den Flüssigkeitsbedarf des Körpers.

Labor- und Felduntersuchungen belegen jedoch, dass primär die Elektrolytkonzentration im Blut (Serumosmolalität) – vor allem des Natriums – und nicht die Rektaltemperatur oder das Körpergewicht die körpereigenen Flüssigkeitsregulation und damit ADH-Hormon und Durstgefühl steuern.

Unter langdauernder körperlicher Belastung hält der Körper die Serumosmolalität POsm bei steigender Körpertemperatur und sinkendem Körpergewicht in sehr engen Grenzen konstant, um ein konstantes Intrazellulärvolumen zu gewährleisten. Die Natriumkonzentration im Serum spiegelt POsm zuverlässig wieder, da Na⁺ das wesentliche Kation des Extrazellulärraumes ist.

Hypertonizität (Na⁺ > 160mmol/l) führt zu intrazellulärer Dehydratation mit sinkender Stoffwechselaktivität bis zu tödlicher Enzephalopathie.

Hypotonizität (Na⁺ <125mmol/l) führt zum Intrazelluläroedem mit u.U. tödlichem Hirn- und Lungenoedem.

AVP-Sekretion und Durstgefühl setzen bereits zuverlässig ein, wenn POsm und Na⁺-Serumkonzentration noch weit im Normbereich liegen. Bei Körpergewichtsverlusten von 2-4% wird POsm innerhalb +/- 3mmol konstant gehalten. Bei Gewichtsverlusten von >4% kommt es zum Anstieg des Serumnatriums und zur Abnahme (Dehydrierung) des Intrazellulärvolumens.

Regulation des Natriumhaushaltes bei Ausdauersportlern

2135 dem Gewicht nach eu-, hyper- oder hypohydrierte Langzeitausdauersportler zeigten nahezu alle normale Na⁺-Serumkonzentrationen.

Der Körper hält die Na⁺-Serumkonzentration auch unter großen kumulativen Na⁺-Verlusten konstant. Viele Autoren postulieren hier einen „osmotisch inaktiven Na⁺-Speicher“, der bei kumulativen Na⁺-Verlusten individuell unterschiedlich freigesetzt werden kann. Der Appetit auf Na⁺-reiche Speisen setzt nach Ausdauerbelastungen zeitverzögert (innerhalb 6-23h) ein. Hypertone Sportler tranken nach der Belastung bis zum Erreichen normaler Serumosmolalität Wasser. Dann setzte der Appetit auf salzreiche Kost (Aldosteron- u. AngiotensinIII-vermittelt) ein. Bei erneut steigender Serumosmolalität durch Salzaufnahme nahm dieses Bedürfnis wieder ab und es wurde abermals Wasser favourisiert. Ziel der Na⁺-Aufnahme ist eine langfristige nachhaltige Wiederherstellung des Plasmavolumens innerhalb von 24h.

„Die Annahme, das Durstgefühl sei ein „unzureichender Index“ des Flüssigkeits- und Elektrolytbedarfes des Körpers steht in deutlichem Gegensatz zu Jahrmillionen der Evolution unserer Spezies“

(IMMDA: Hew-Butler, Verbalis, Noakes, 2006)

„Die Schnelligkeit und Präzision des Durstgefühls als Regulator des Flüssigkeitshaushaltes ist in vielen Studien belegt“

(Phillips et al., 1985; Maresh et al., 2004; Armstrong et al., 1997; Cheuvront et al., 2001, Noakes, 2003)

Wieviel trinken Sportler unter körperlicher Belastung?

Studien seit 1932 zeigen, dass bei freiem Zugang zu Wasser („**drink ad libitum**“) Sportler unter Ausdauerbelastungen nicht 100% sondern zwischen **mind. 56 und max. 75% ihres Gewichtsverlustes** durch Trinken ausgleichen. **Durstadaptiert** trinkende Läufer trinken in Abhängigkeit von Anthropometrie, Umgebungstemperatur, Laufdauer und Laufgeschwindigkeit **200-400ml pro Stunde**. Marathonläufer, die **100% ihres Gewichtsverlustes** durch trinken auszugleichen versuchten beendeten 1,4kg schwerer den Lauf als Läufer, die durstadaptiert getrunken hatten (**2,3kg schwerer als nichttrinkende Läufer**) und erlitten gehäuft **Leistungseinbrüche, Übelkeit/Erbrechen, Bauchkrämpfe** und ein erhöhtes Risiko einer belastungsinduzierten **Hyponatriämie**. Viele Studien belegen, dass die **Top-Finisher** in Langstreckenläufen stets diejenigen mit dem **größten Gewichts- und Flüssigkeitsverlust** (bis zu 10% bei Iron Man Teilnehmern) und den **höchsten Rektaltemperaturen** sind.

So hat z.B. die Gewinnerin des Marathons der Olympischen Spiele 2004 Mizuki Noguchi mit insgesamt 30s Trinkzeit (=0,3% ihrer totalen Laufzeit von 8780s) am kürzesten (= am wenigsten?) von allen Läuferinnen getrunken. Wie ist es möglich – insbesondere bei extremer Hitze (35 °C Umgebungstemperatur) – ohne 0,8-1,2l/h zu trinken (die damals aktuelle Empfehlung des ACSM von 1996) einen olympischen Marathon in nahezu Weltrekordzeit und ohne „signifikante Dehydratation“ zu gewinnen? Ist es plausibel, dass der Konsum von 0,8-1,2l/h Flüssigkeit ein noch besseres Ergebnis bewirkt hätte?

Geschichtliches zur Entwicklung der Trinkempfehlungen

Adolph untersuchte 1946 Soldaten in der Wüste Nevadas auf Langstreckenmärschen. Die Untersuchten tranken bei unlimitedem Zugang zu Wasser signifikant weniger, als Sie durch Schweiß und Urin an Gewicht verloren („voluntary dehydration“). Bei Körpergewichtsverlusten von mehr als 7-10% waren nicht trinkende Teilnehmer aufgrund von RR-Abfällen nicht mehr in der Lage weiter zu marschieren, so der Author. Unter peroraler Flüssigkeitsgabe stellte sich eine schnelle und vollständige Reversibilität der Symptomatik ein, es resultierten keine bleibenden gesundheitlichen Schäden. Erst ab 15 - 20% Gewichtsverlust wurde das Risiko eines Organversagens (v.a. Niere) beschrieben. Der Grad der Dehydratation hatte weder Einfluss auf die Schweiß- noch die Urinproduktion. Je 1% Gewichtsabfall stieg die Rektaltemperatur um 0,2 – 0,3 °C. Diese Untersuchung hatte keinen Einfluss auf die damals seit Jahrzehnten praktizierte Empfehlung, dass Sportler während jeder Belastung nicht trinken sollen.

Vor 1969 war flächendeckend die Ansicht verbreitet, dass es im Langstreckenlauf keinen Anlass gibt, feste Nahrung zu sich zu nehmen und möglichst keine Flüssigkeit aufgenommen werden sollte. Grundlage war die Idee, dass Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme den Körper durch die Verdauung belastet und zu Leistungseinbrüchen führen sollte.

Das American College of Sports Medicine (ACSM) veröffentlichte 1975 Empfehlungen, wonach Läufer bei Rennen von über 16 km regelmässig alle 3-4km trinken sollten um die Rektaltemperatur zu reduzieren und der Dehydratation vorzubeugen. Wissenschaftliche Literaturbelege wurden nicht angeführt.

Leitlinien des ACSM von 1987 stellten fest, dass eine Flüssigkeitsaufnahme vor und während des Rennens das Risiko von Hitzeschäden reduzieren sollte. Es wurde ausgeführt, dass Dehydratation die Schweißneigung des Läufers reduziert und daraus eine Gefährdung des Läufers durch Hyperthermie, Hitzschlag, Hitzeerschöpfung und Muskelkrämpfe entsteht.

Die damals zitierten Studien haben jedoch lediglich die Effekte von Flüssigkeitsaufnahme und Gewichtsverlust unter Belastung auf die Rektaltemperatur nach der Belastung untersucht. Ein Hitzschlag war nicht Gegenstand der Untersuchungen. Hitzeschäden sind zudem nirgendwo exakt definiert. Die zitierten Studien bieten somit keine Evidenz, dass Flüssigkeitsaufnahme die Rate medizinischer Komplikationen bei Langstreckenläufern senkt.

Die Gewinner der untersuchten Rennen waren wiederum die jeweils dehydriertesten und hyperthermischsten Läufer.

Es liegt keine Evidenz vor, dass eine Dehydratation linear zu Leistungseinschränkung oder zu einem Hitzschlag führt.

Es ist hinreichend belegt, dass die Dehydratation die Schweißsekretion nicht beeinträchtigt. Der Zusammenhang zwischen Rektaltemperatur und Dehydratationsgrad (Verlust an Körpergewicht) ist unter Laborbedingungen (32°C, keine Konvektion, relative Luftfeuchte 50%) mit 0,3% pro l belegt, jedoch unter Feldbedingungen widerlegt.

Sportgetränkeindustrie und Leitlinienprägende Instanzen

1965 wurde in den USA durch Dr. Cade in Florida das erste kommerzielle Sportgetränk (Gatorade®) entwickelt. 1988 wurde das Gatorade® Sports Science Institute (GSSI) gegründet, welches 2008 nach eigenen Angaben 110.000 Mitglieder in 145 Ländern hatte. Es begann die Finanzierung der ersten industriegesponserten Getränkestudien. Gatorade und das GSSI sind die einzigen „Platinum“- Sponsoren des ACSM. Die ACSM Trinkempfehlungen empfehlen seit Jahren Produkte der Sportgetränkeindustrie trotz teilweise gegenläufiger Studienlage. ACSM weißt erst seit 1996 darauf hin, dass es als Institution maßgeblich von der Sportgetränkeindustrie gesponsert wird.

ACSM Leitlinien 1996

(Position stand on heat and cold illnesses during long distance running)

Trotz fehlender wissenschaftlicher Belege wird wiederum die Dehydratation des Läufers als wesentliche Ursache für Hitzeerschöpfung, Hyperthermie und Hitzschlag definiert.

Es wird ausgeführt, dass eine ausreichende Flüssigkeitsaufnahme vor und nach dem Rennen kann das Risiko einer Hitzeerkrankung einschließlich Disorientiertheit und irrationalem Verhalten reduzieren kann. Die angeführten Studienbelege haben jedoch keine Hitzserkrankungen untersucht.

ACSM empfiehlt Sportlern, Ihre Schweißverluste durch trinken auszugleichen und dabei mindestens 150-300ml alle 15 Minuten (600-1200ml pro Stunde) zu trinken. Die heutige Studienlage belegt hingegen das Risiko von Leistungseinbrüchen und des Auslösens einer u.U. tödlichen Hyponatriämie durch exzessives Trinken (>900ml Trinkmenge pro Stunde).

**ACSM Leitlinien 1996 (Position stand on exercise and fluid replacement)
- endorsed by the Gatorade Sports Institute GSSI)**

ACSM hält fest, die schlimmste Folge einer Dehydratation des Läufers bei mangelndem Flüssigkeitsausgleich durch Trinken während sportlicher Aktivität sei eine eingeschränkte Hitzeanpassung, welche die Körpertemperatur in gefährliche Bereiche ansteigen lassen könne. Ferner wird eine Dehydratation unter Belastung als wesentliche Grundlage für das Entstehen von Hitzekrankungen beschrieben. Demnach wird Läufern empfohlen, eine maximal tolerable Menge an Flüssigkeit zu trinken. Dabei werden mindestens 600-1200ml 4-8% Kohlehydratlösung empfohlen, um simultan den Kohlehydratbedarf zu decken.

Kritik: Pauschale Trinkempfehlungen mit festgelegten Trinkmengen (ACSM 1996, IOC 2004) können jedoch nicht das gesamte Spektrum aller Läufer/innen abdecken.

Der Flüssigkeitsverlust während des Laufens wird im wesentlichen von 3 Größen bestimmt: Körpergewicht, Laufgeschwindigkeit („metabolic rate“) und Laufdauer sowie von der Umgebungstemperatur. Zwei Beispiele sollen zeigen, wie inkonstant diese Größen sein können:

Beispiel 1: Comrades Marathon Südafrika (87,6km) 2005

7299 Läufer zwischen 43 und 119kg (Durchschnitt: 73kg)

Schnellster Finisher: 5:27h (16,4km/h)

Langsamster Finisher: 12h (7,4km/h)

Beispiel 2: New York Marathon

Die Temperaturen am Start lagen im Laufe der Jahre zwischen 1 °C und 29 °C und zwischen Start und Ziel um bis 17 °C auseinander.

Kritik der IMMDA an den ACSM Empfehlungen 1975-1996

In 4 Revisionen von 1975 bis 1996 wird vom ACSM zunehmend progressiv die Ansicht vertreten, dass hohe Raten an Flüssigkeitsaufnahme während körperlicher Belastung erforderlich sind, um einem Hitzschlag und anderen hitzeassoziierten Erkrankungen vorzubeugen.

Gewichtsverluste werden als Schweißverluste verklausuliert (ohne auf Urinverluste oder Gewichtsverlust durch Abbau von Energieträgern einzugehen), die durch Flüssigkeitsaufnahme auszugleichen seien.

Beiden Aussagen liegen keine spezifischen prospektiven Untersuchungen oder andere wissenschaftlich valide Studien zugrunde, die die gezogenen Schlüsse belegen.

Es gibt bisher keine Belege, dass Läufer, die eine hitzeassoziierte Erkrankung erleiden, dehydrierter als nicht Betroffene sind.

1996 findet die potentiell lebensbedrohliche Komplikation einer Hyponatriämie (EAH, „Water intoxication“) durch exzessives Trinken nur insoweit Erwähnung, dass „Flüssigkeitsaufnahmen > 10l/4h zu einer Verdünnungshyponatriämie führen können“. Dies wird nicht zum Anlass genommen, kritisch die gegebenen Trinkempfehlungen zu hinterfragen sondern als Begründung angesehen „Natrium den Sportgetränken zuzusetzen“ und „bei Belastungen über 4 Stunden Dauer elektrolytreiche Speisen oder Getränke zuzuführen“. Bezüglich eines Natriumzusatzes ergibt die jedoch Studienlage gegenläufige Aussage. Die Konsequenz einer Restriktion der Empfehlung zur Flüssigkeitsaufnahme (Vorschlag IMMMDA, 2001: max. 400-800ml/h) wird nicht gezogen.

Stand der Empfehlungen 2009 - es rivalisieren drei unterschiedliche Konzepte:

1. **ACSM Position Stand on Exercise and Fluid Replacement, 2007**
2. **IOC Consensus on Sports Nutrition, 2004 (orientiert sich an ACSM 1996)**
3. **IMMDA Updated Fluid Recommendation: Position statement, 2006 (übernommen von USA T&F)**

ACSM:	American College of Sports Medicine
IOC:	International Olympic Committee
IMMDA:	International Marathon Medical Directors Association
USATF:	U.S.A. Track & Field

Zu 1.: ACSM Recommendations 2007 „Position stand on exercise and fluid replacement“ - endorsed by the Gatorade Sports Institute GSSI

„Wenn Wasser- und Elektrolytverluste nicht ersetzt werden, dehydriert der Sportler unter Belastung. Exzessive Dehydration kann die Leistungsfähigkeit herabsetzen und das Risiko einer Hitzekrankung erhöhen.“

Kritik: das Durstgefühl schützt zuverlässig die Serumosmolalität; exzessive Dehydratation (ab >4%) wird nur unter Ausnahmewettkampfbedingungen erreicht.

„Das Ziel des Vorhydrierens ist es, die sportliche Aktivität euhydriert mit normalem Elektrolytstatus zu beginnen.“

„Eine Vorhydratation mit entsprechenden Getränken sollte schon mehrere Stunden vor dem Sport beginnen.“

Kritik: fehlende Evidenz. Eine Vorhydrierung mit Na+Lösungen kann sogar negative Effekte haben (Konikoff et al., 1986; Pitts et al., 1944).

„Individuelle Trinkkonzepte zum Flüssigkeitsersatz werden empfohlen.“

Anmerkung: Inhaltsgleich mit IMMMDA 2006

„Ziel des Trinkens während der Belastung ist die Vorbeugung von Gesundheits- und Leistungsdefiziten durch exzessive Dehydratation (>2% des Körpergewichtes) und Elektrolytverschiebungen.“

Kritik: ein linearer Zusammenhang zwischen Dehydratation und Leistungsdefiziten ist widerlegt. Verluste von 2-4% des Körpergewichtes werden ohne Veränderungen der Serumosmolalität toleriert.

„Unter bestimmten Bedingungen sind während der Belastung E'lyt/KH-Getränke dem Wasser überlegen.“

Kritik: Fehlende Evidenz für diese Getränke, unscharfe Formulierung.

„Zuviel Trinken kann zu symptomatischer belastungsinduzierter Hyponatriämie (EAH) führen.“

„Während der Belastung sollten Sportler nicht mehr trinken, als sie an Schweiß verloren haben (Schweißverluste werden mit 0,5 l/h angegeben).“

Kritik: derartig hohe Trinkmengen sind mit einem erhöhten EAH-Risiko assoziiert (Neilan et al., 2005).

„Begünstigende Faktoren für EAH sind das Trinken hypotoner Getränke und exzessive Natriumverluste.“

Kritik: für letzteres gibt es gegenläufige Evidenz (Dugas et al., 2005; Irving et al., 1991; Noakes et al., 2002 & 2004 & 2005).

„Reichliches Trinken von Wasser und anderen hypotonen Lösungen vor, während und nach dem Rennen macht beim Marathon das Auftreten einer EAH wahrscheinlicher.“

„EAH tritt bei Football- und Tennisspielern auf, die zuviel Wasser getrunken oder hypotone Lösungen intravenös verabreicht bekommen haben.“

Kritik: letztere 3 Aussagen gelten auch für isotone Getränke (Cade, 1992; Neilan, 2005; Noakes, 2005).

Zu 2. IOC Consensus on Sports Nutrition, 2004: diese Empfehlungen orientieren sich weitgehend an den ACSM-Empfehlungen von 1996 und sind somit oben abgehandelt.

Zu 3. IMMDA Updated Fluid Recommendation: Position statement, 2006 (übernommen von USA T&F):

Die IMMDA (*International Marathon Medical Director's Association*) wurde 1982 von den Rennärzten (*Medical directors*) der Marathons in London, Madrid und New York gegründet. Seit 1987 ist IMMDA unter dem Dach der AIMS (*Association of International Marathons and Distance Races*) als beratendes Gremium tätig.

Derzeit gehören IMMDA 43 Medical Directors aus 5 Kontinenten an.

IMMDA gibt evidenzbasierte medizinische Empfehlungen und Leitlinien heraus.

IMMDA befasst sich mit Gesundheit und Prävention von Marathonteilnehmern.

IMMDA berät Rennärzte und Veranstalter.

(<http://aimsworldrunning.org/immda.htm>)

IMMDA, 2006 „Updated Fluid Recommendation: Position statement“

Diese Empfehlungen sind die derzeit mit der höchsten Evidenz belegten und sollten zur Beratung gesunder Ausdauersportler herangezogen werden.

„Der Durstmechanismus ist unser physiologischer dynamischer Flüssigkeitsmelder. Er stellt eine Echtzeitmessung der Serumosmolarität dar und schützt so in den meisten Situationen den Sportler zuverlässig vor den Gefahren zu geringer oder zu hoher Flüssigkeitsaufnahme.“

„Eine statische externe Flüssigkeitsberechnung (Wiegen) kann eine Schätzung der Flüssigkeitsverluste ermöglichen und so Zahlenwerte als Anhalt zur Flüssigkeitsaufnahme während Wettkampf und Training liefern.“

„Sportler sollten ein Verständnis/Gefühl für Ihre individuellen Flüssigkeitsbedürfnisse durch statische Messungen/Berechnungen entwickeln. Sie sollten sich jedoch gleichzeitig immer an physiologischen Zeichen zur Steigerung (Durstgefühl) oder Senkung (verstärkte Urinproduktion, Aufgedunsensein, Gewichtszunahme) ihrer Trinkmenge orientieren.“

„Wasser, Salz und Glucose (als Speise oder Getränk) sollte an Verpflegungspunkten (mind. Alle 1,6km, max alle 5km) frei erhältlich sein. Bezüglich Menge und Konzentration der aufgenommenen Getränke und Speisen sollte sich der Läufer von seinen individuellen Bedürfnissen (Appetitgefühl, Durst) leiten lassen.“

„An den Mediacl Points sollten sich kalibrierte Waagen befinden; ein Gewichtsverlust von >4% oder jedwede Gewichtszunahme erfordert die ärztliche Untersuchung zur Indikationsstellung einer möglicherweise indizierten medizinischen Behandlung.“

„Extreme Hitzebedingungen (>38 °C) können während der Akklimatisationsphase trinken über das Durstgefühl hinaus erforderlich machen. Fortgeschrittenes Alter (>65J.) und kalte Umgebungstemperaturen (<5 °C) können die Durstschwelle anheben..“

Evidenz: Ist gewichtsadaptiertes Trinken (Ersatz von bis zu 98% oder 100% des Ausgangsgewichtes durch Trinken) dem Trinken nach Durstgefühl (ad libitum) überlegen?

Viele Studien belegen, dass im Vergleich zu Flüssigkeitskarenz durstadaptiertes Trinken bezüglich der Verbesserung der Leistungsfähigkeit und des Schutzes vor Hitzschlag dem gewichtsadaptierten Trinken gleichwertig oder überlegen ist (Daries et al., 2000; McConell et al, 1997; Cheuvront, 2001)

Durstadaptiertes Trinken ist dabei mit einem geringeren Risiko einer belastungsinduzierten Hyponatriämie verbunden (Noakes, 2007; Barr et al., 1991; Vrijens et al., 1999)

Nichttrinken führt zu einer Leistungseinschränkung von 2% (Dugas et al. in Cheuvront, 2001)

Mehr als durstadaptiert zu trinken führt zu keinerlei Leistungssteigerung (Daries et al., 2000; Dugas et al. in Cheuvront, 2001; McConell et al., 1997; Maresh et al., 2001).

100% gewichtsadaptiert zu trinken ist mit einer hohen Rate unerwünschter NW verbunden (Costill et al., 1970, Glace et al., 2002; Twerenbold et al., 2003; Noakes, 1988 & 1990 & 2001).

Evidenz: Wie setzt sich der Gewichtsverlust unter körperlicher Belastung zusammen?

Bisher besteht keine Einigkeit, ein wie hoher Anteil an Gewichtsverlust der Dehydratation zuzuschreiben ist (Noakes, 2003)

Pastene et al. (1996) haben bei Läufern auf dem Laufband über Marathondistanz bei durchschnittlich 12,6 km/h Laufgeschwindigkeit einen mittleren Gewichtsverlust von 1,8 – 2,2 kg festgestellt.

Die untersuchten Läufer tranken durstadaptiert („ad libitum“) im Mittel insgesamt 1,5l (=450ml/h). Pastene et al. berechneten den Gewichtsverlust wie folgt:

Fett- und Kohlehydratoxidation aus Speichern	557g
Wasserfreisetzung aus Glycogenspeichern	1280g
Zusätzliche metabolische Wasserproduktion	402g

Damit ergäbe sich ein gesamter Gewichtsverlust, der nicht der Substitution durch Trinken während des Rennens bedarf von 2239g.

Noakes (2003) berechnet für Ironman-Triathleten (*diese halten ihren Gewichtsverlust von im Mittel 2,5kg für über >48h nach dem Wettkampf*) folgende Gewichtsverluste:

Kohlenhydrate	800g
Fette	200g
Wasser aus KH- und fettmetabolismus	1200g
Wasser aus Glykogenspeichern	>1000g
Gesamtgewichtsverlust (nicht substitutionspflichtig)	>3000g

Fazit: Es ist bisher nicht belegt, wie sich der beobachtete Gewichtsverlust exakt zusammensetzt. Die Annahme, dass es sich dabei ausschließlich um substitutionspflichtige Flüssigkeit handelt erscheint unplausibel.

Evidenz: Ist „Dehydratation“ der hauptauslösende Faktor für Steigerungen der Rektaltemperatur sowie Hitzschlag und Leistungseinbrüche im Straßenlauf?

Montain & Coyle (1992) belegten unter Laborbedingungen (32°C, 55 Luftfeuchtigkeit; keine Konvektion durch Wind) einen linearen Anstieg von 0,3°C für jeden Liter unersetzten Flüssigkeitsverlust. Diese Aussage lies sich unter Feldbedingungen („out-of-doors“; Kapstadt Iron Man 2000&2001) widerlegen (in Noakes, 2003)

Es gibt keine Untersuchung, die einen Zusammenhang zwischen Dehydratation/Gewichtsverlust und Hitzschlag untersucht hat (Noakes, 2003). Dehydratation und Gewichtsverlust führen weder zu linearen Leistungseinbrüchen noch zu sinkender Schweißsekretion (Wyndham et al., 1969, Sharwood et al., 2004; Pugh et al., 1967, Muir et al., 1970; Buskirk et al., 1960; Cheuvront et al., 2003).

Haupteinflussgrößen neben der „Dehydratation“ auf die Körpertemperatur sind:

- Belastungsintensität/dauer (70% des Energieumsatzes)
- Körpergröße/Masse
- Umgebungstemperatur, Wind (Konvektion), Luftfeuchtigkeit/Niederschlag, Sonneneinstrahlung/Wolken
- Bekleidung (Nässe?)
- Hitzeakklimatisation

Evidenz: Stützt die derzeitige Datenlage die Substitution von NaCl während des Marathonlaufes?

Die Studienlage zeigt, dass das Trinken hypotoner Na⁺-haltiger Elektrolytlösungen Sportler (die 100% oder weniger gewichtsadaptiert getrunken hatten) nicht vor Hyponatriämie schützt (Goldman et al., 1994; Reeves et al., 2004; Noakes, 2006) weil der Großteil des aufgenommenen Na⁺ sofort über die Niere wieder ausgeschieden wird (vgl. Vieweg et al., 1985; Vrijens et al., 1999; Konikoff et al., 1986).

EAH und assoziiertes Hirn- und Lungenöden sind Folgen einer Überhydratation durch unangemessene freie Wasserausscheidung unter zu hoher Aufnahme freier Flüssigkeit (Speedy, 2001), bei deren Entstehung ein akuter Natriummangel keine Rolle spielt (Hew et al., 2006; Hew-Butler et al., 2005; Weschler, 2005; Noakes et al., 2005). Eine perorale Na⁺-Aufnahme während der Belastung spielt keine Rolle bei der Aufrechterhaltung des Serum-Na⁺ und des POsm (Cade et al., 1992; Powers et al., 1990). Die Höhe des Na⁺-Verlustes durch Schwitzen korreliert nicht mit dem Hyponatriämierisiko (Dugas et al., 2005; Irving et al., 1991; Noakes et al., 2002 & 2004 & 2005)

Eine Vielzahl von Studien belegt die Na⁺-aufnahme vor der Belastung mit negativen Effekten (Konikoff et al., 1986; Pitts et al., 1944) (Erhöhte Herzfrequenz, erhöhtes Körpergewicht, erhöhte Rektaltemperatur, erhöhte Ventilation, erhöhte schnelle Na⁺-Ausscheidung über den Urin, gastrointestinale Beschwerden) Es zeigt sich dadurch keinerlei Leistungsverbesserung während der Belastung (in Hew-Butler et al., 2006)

Fazit: Die aktuelle Datenlage belegt positive Effekte durch Na⁺-Substitution (nach Appetitgefühl) innerhalb 24-48h nach der Belastung (nach Normalisierung der POsm). Der Genuss natriumhaltiger Getränke vor oder während des Rennens hat keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit oder das Risiko einer belastungsassoziierten Hyponatriämie (EAH).

Evidenz: Welche der aktuellen Empfehlungen 2009 ist mit der solidesten Evidenz belegt?

= „Durstadaptiert – ad libitum – trinken?“ **IMMDA, 2006**

Ausblick: Forderungen für zukünftige Trinkempfehlungen

Evidenzbasierte Empfehlungen sollten industriebegünstigende Dogmen ablösen. Dabei sollten die Grundlage zukünftiger Empfehlungen randomisierte, kontrollierte, prospektive klinische Studien unter („out-of-doors“, Real-) Feldbedingungen sein. Zukünftige Empfehlungen sollten von Organisationen und Individuen entwickelt werden, die unabhängig von der Sportgetränkeindustrie sind oder anderenfalls umfassende Erklärungen zu möglichen Interessenskonflikten und Subventionen abgeben. Ebenso sollten die Reviewer Kontakte zur Sportgetränkeindustrie und mögliche Interessenskonflikte offenlegen.