

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Schadet Trinken dem Marathonläufer? Grundlagen zu Trinkempfehlungen für Marathonläufer

„Industriegeprägte Dogmen

versus

evidenzbasierte Medizin?“

- „Den gesamten belastungsinduzierten Gewichtsverlust durch Flüssigkeitsaufnahme ersetzen?“ **ACSM, 1996; IOC, 2004**
- „Durstadaptiert – *ad libitum* – trinken?“ **IMMDA, 2006**
- „Vorhydrieren und durch gewichtsadaptiertes Trinken nicht mehr als 2% belastungsinduzierten Gewichtsverlust zulassen?“ **ACSM, 2007**

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

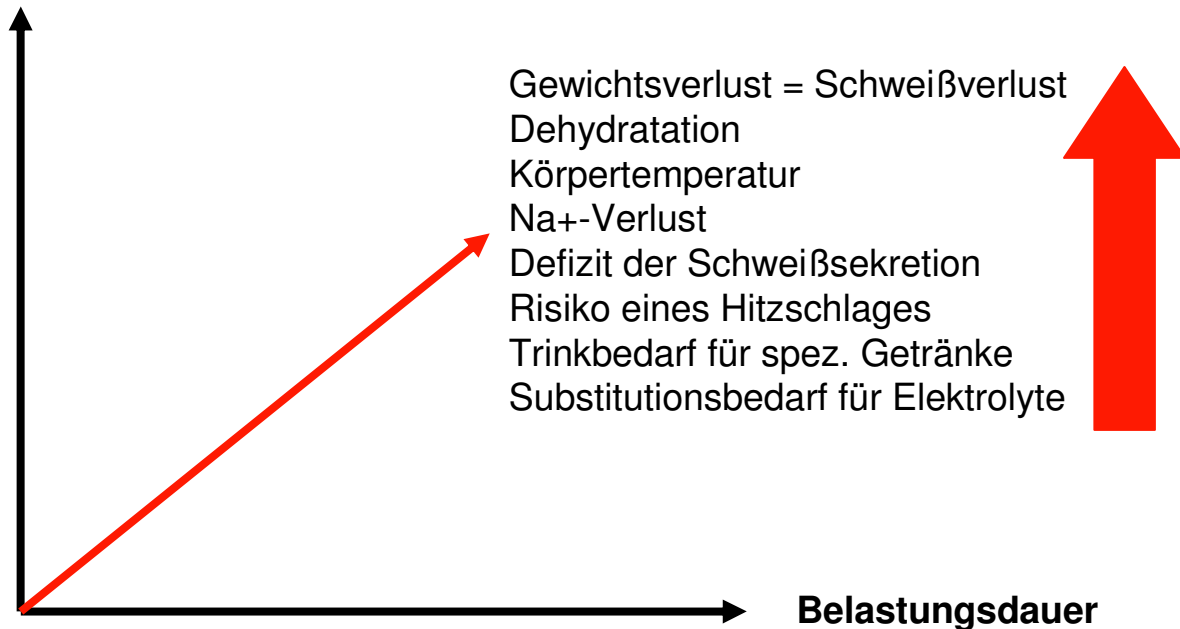
Evidenz

Ausblick

„Industriegeprägte Dogmen versus evidenzbasierte Medizin“

„The popular, non evidence-based, industry favourable
dogma of ACSM /IOC“ Noakes, 2006

Laufgeschwindigkeit



Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

*„Der Mensch ist ein hervorragender
Temperaturregulierer“ (Schmidt-Nielsen, 1964)*

- Unsere Vorfahren entwickelten in Jahrillionen als savannenadaptierte Jäger biologische Anpassungen, die es ihnen erlaubten 4-6h in trockener Mittagshitze zu jagen (während andere Raubtiere sich im Schatten ausruhten) (Noakes, 2007).
- Der evolutionäre Vorteil lag darin, durch Schwitzen die Körpertemperatur während langdauernder Ausdauerleistungen in physiologischen Grenzen (Arbeitshyperthermie) konstant zu halten (Heinrich, 2001).
- und milde bis moderate Flüssigkeitsdefizite durch das Schwitzen sowie Körpergewichtsverluste ohne Veränderungen der Serumosmolalität zu tolerieren (Noakes, 2007; Heinrich, 2001).
- Eine erhöhte Körpertemperatur (Arbeitshyperthermie) unter Belastung ist ein Mechanismus, um u.a. Wasserverluste durch Schwitzen zu senken und kann nicht als ein Versagen der Temperaturregulation verstanden werden (Schmidt-Nielsen, 1972).

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Der Trinkmechanismus hat sich Laufe von Jahrmillionen Evolution bei allen Säugetieren als zuverlässiges („todsicheres“) Verhaltensinstrument zur Regulation von Wasser- und Elektrolythaushalt erwiesen ...

- **Schon innerhalb normaler Serumosmolalität (POsm) kommt es bei Flüssigkeitsverlusten zur Gegenregulation** (Robertson et al., 1984, Verbalis et al., 2003):
- Bereits bei **Anstiegen des POsm von nur 1-2%** (280-285mOsm/kg H₂O) kommt es zu steigender **Ausschüttung von AVP** (Pituitary arginine vasopressin) um den Wasserverlust über die Nieren zu begrenzen.
- **Durstschwelle:** Sind die Kompensationsmöglichkeiten der **Antidiurese erschöpft**, wird das Bedürfnis zu trinken aktiviert (290-295mOsm/kg H₂O oder Abfall des Körperwassergehaltes um 1,7-3,5%).
- Die AVP-Schwelle liegt somit normalerweise 5-10mOsm/kg H₂O unter der Durstschwelle.
- Diese evolutionäre Errungenschaft befreit das Individuum davon, permanent nach Wasser suchen zu müssen, da die **Trinkaktivität** erst **aktiviert** wird, wenn **trotz** maximaler **Antidiurese** die **Serumosmolalität** über die Durstschwelle **steigt**.
- Bedingungen, unter denen die **Durstschwelle pathologisch in hypertone** Bereiche verschoben sein kann:
 - Sportler >65J.
 - Belastungen in kalter (<4 °C) oder heißer (>27 °C) Umgebung
 - SIADH (Syndrome of inappropriate ADH secretion)

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Regulatorische Zielgröße von AVP-Sekretion und Durstgefühl ist die POsm („plasmaosmolality“) und nicht Körpergewicht oder Rektaltemperatur

- **„(Un-)Voluntary Dehydration“**: durstadaptiert trinkende Sportler vermeiden eine derart hohe Trinkmenge um 100% des Körpergewichtsverlustes auszugleichen (stattdessen werden 56-75% ausgeglichen) (75 Jahre Evidenz zu „ad libitum – trinken“ seit Dill, 1933; Cheuvront et al., 2001, Hubbard et al. 1984, Greenleaf et al. 1992).
- Einige Autoren folgern daraus, das Durstgefühl sei ein schlechter Indikator für den Flüssigkeitsbedarf des Körpers (vgl. ACSM: Murray et al., 1996; Nose et al., 1988; Greenleaf et al., 1965 & 1992).
- Labor- und Felduntersuchungen belegen jedoch die POsm (*nicht* Rektaltemperatur, Körpergewicht oder extrazelluläres Flüssigkeitsvolumen) als primäre Regelgröße der körpereigenen Flüssigkeitsregulation (d.h. der AVP-Sekretion und des Durstgefühls) (Robertson, 1984; Verbalis, 2003; McKinley et al., 2004; Stricker et al., 1988).

**Trinkempfehlungen
für Marathonläufer**

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

**Aktuelle Empfehlungen
2008**

Evidenz

Ausblick

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.

(Heinrich, 2001; Hew-Butler et al., 2006)

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Die Natriumkonzentration im Serum spiegelt POsm zuverlässig wieder...

- Unter langdauernder körperlicher Belastung hält der Körper die **Serumosmolalität POsm** bei steigender Körpertemperatur und sinkendem Körpergewicht in sehr engen Grenzen **konstant**, um ein **konstantes Intrazellularvolumen** zu gewährleisten (Sanders et al., 2001; Costill et al., 1976; Maw et al., 1998).
- Die Natriumkonzentration im Serum spiegelt POsm zuverlässig wieder, da Na⁺ das wesentliche Kation des Extrazellarraumes ist (Kratz et al., 2005; Verbalis et al., 2003).
 - **Hypertonizität** (Na⁺ > 160mmol/l) führt zu intrazellulärer Dehydratation mit sinkender Stoffwechselaktivität bis zu tödlicher Enzephalopathie (Shireffs et al., 2000; Riggs et al., 2002)
 - **Hypotonizität** (Na⁺ < 125mmol/l) führt zum Intrazelluläroedem mit u.U. tödlichem Hirn- und Lungenoedem (Ayus et al., 2000).
- **AVP-Sekretion und Durstgefühl** setzen bereits zuverlässig ein, wenn **POsm** und Na⁺-Serumkonzentration noch weit im **Normbereich** liegen (Egan et al., 2003).
- Bei Körpergewichtsverlusten von 2-4% wird POsm innerhalb +/- 3mmol konstant gehalten (Hew-Butler et al., 2006; Stuempfle et al., 2003; Nelson et al., 1989; Maron et al., 1975; Cohen et al., 1978)
- Bei Gewichtsverlusten von >4% kommt es zum **Anstieg des Serumnatriums** (Astrand et al., 1964; Gastman et al., 1998; Rucker et al., 1989; Riley et al., 1975; Beckner et al., 1954) und zur **Abnahme (Dehydrierung) des Intrazellularvolumens** (Maw et al., 1998; Sanders et al., 2001; Costill et al., 1976).

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Regulation des Natriumhaushaltes bei Ausdauersportlern

- 2135 dem Gewicht nach eu-, über- oder unterhydrierte Langzeitausdauersportler zeigten nahezu alle normale Na⁺-Serumkonzentrationen (Noakes et al., 2005; vgl. Cade et al., 1992; Barr et al., 1991; Costill et al., 1986; Dugas et al., 2005).
- Der Körper hält die Na⁺-Serumkonzentration auch unter großen kumulativen Na⁺-Verlusten konstant (Takamata et al., 1994: 7h Ausdauersport bei 35°C).
- Viele Autoren postulieren hier einen „osmotisch inaktiven Na⁺-Speicher“, der bei kumulativen Na⁺-Verlusten individuell unterschiedlich freigesetzt werden kann (Milledge et al., 1992; Noakes et al., 2005).
- Der Appetit auf Na⁺-reiche Speisen setzt nach Ausdauerbelastungen zeitverzögert (innerhalb 6-23h) ein (Verbalis et al., 1990; Beauchamp, et al., 1990; McCane, 1936; Kochli et al., 2005; Yeomans et al., 2004; Wald et al., 2003; Leshem et al., 1997).
- Hypertone Sportler tranken nach der Belastung bis zum Erreichen normaler Serumosmolalität Wasser. Dann setzte der Appetit auf salzreiche Kost (Aldosteron- u. AngiotensinII-vermittelt) ein. Bei erneut steigender Serumosmolalität durch Salzaufnahme nahm dieses Bedürfnis wieder ab und es wurde abermals Wasser favourisiert (Takamata et al., 1994; vgl. auch Stricker et al., 1988).
- Ziel der Na⁺-Aufnahme ist eine langfristige (24h) nachhaltige Wiederherstellung des Plasmavolumens (Shireffs et al., 2000)

**Trinkempfehlungen
für Marathonläufer**

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

**Aktuelle Empfehlungen
2008**

Evidenz

Ausblick

„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; Chevront et al., 2001, Noakes, 2003)

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

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 (Greenleaf et al. 1965 + 1992; Maresh et al., 2004; Armstrong et al., 1997; Dill et al. 1933).
- **Durstadaptiert** trinkende Läufer trinken in Abhängigkeit von Anthropometrie, Umgebungstemperatur, Laufdauer und Laufgeschwindigkeit **200-400ml/h** (Noakes, 2003).
- 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** (Chevront et al., 2001; Costill et al., 1970, Glace et al., 2002; Twerenbold et al., 2003; Noakes, 1988 & 1990 & 2001).
- Viele Studien belegen, dass die **Top-Finsher** in Langstreckenläufen stets diejenigen mit dem **größten Gewichts- und Flüssigkeitsverlust** (bis zu 10% bei Iron Man Teilnehmern) und den **höchsten Rektaltemperaturen** sind (Wyndham et al., 1969, Sharwood et al., 2004; Pugh et al., 1967, Muir et al., 1970; Buskirk et al., 1960; Chevront et al., 2003).

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

***2004 Athen's Women's Olympic Marathon,
start temperature: 35°C***

Die Gewinnerin Mizuki Noguchi hat mit insgesamt 30s Trinkzeit (=0,3% ihrer totalen Laufzeit von 8780s) am kürzesten (= am wenigsten?) von allen Läuferinnen getrunken.

(Boddington, unpublished data in Noakes, 2007)

- *Wie ist es möglich – insbesondere bei extremer Hitze – ohne 1,2l/h zu trinken (damals aktuelle Empfehlung ACSM, 1996) einen olympischen Marathon in nahezu Weltrekordzeit und ohne „signifikante Dehydratation“ zu gewinnen?*
- *Hätte der Konsum von 1,2l/h Flüssigkeit ein noch besseres Ergebnis bewirkt?*

(Von **Beetham, 1960** bis **Fudge, 2008** existieren viele derartige Casereports)

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Adolph, 1947

- Untersuchungsgegenstand: Soldaten in der Wüste Nevadas auf Langstreckenmärschen.
- Die Untersuchten tranken bei unlimitiertem Zugang zu Wasser signifikant weniger, als Sie durch Schweiß und Urin an Gewicht verloren („voluntary dehydration“).
- Bei 7% und 10% Körpergewichtsverlust waren nicht trinkende Teilnehmer aufgrund von RR-Abfällen nicht mehr in der Lage weiter zu marschieren. Schnelle, vollständige Reversibilität der Symptomatik auf perorale Flüssigkeitsgabe/Schocklage, keine Gesundheitsrisiken.
- Erst ab 15 - 20% Gewichtsverlust bestand das Risiko eines Organversagens (v.a. Niere).
- 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.
- Die Untersuchung hatte keinen Einfluss auf die seit Jahrzehnten praktizierte Empfehlung, dass Sportler während jeder Belastung nicht trinken sollen.

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Ladell, 1955; Eichna et al., 1945

- Sportler, die während der Belastung nicht trinken, haben bei bis zu 2,5kg (3,6% des Körpergewichtes) Gewichtsverlust keine geringere Schweißsekretion als Sportler, die während der Belastung trinken.

Costill, 1970; Coyle, 1992

- Bei zweistündiger Belastung unter Hitzebedingungen ergab sich zwischen Sportlern, die nicht tranken und Sportlern, die 2,4l unter Belastung tranken kein Unterschied bezüglich der Schweißsekretionsrate bei höherer Rektaltemperatur der nichttrinkenden Gruppe.

**Trinkempfehlungen
für Marathonläufer**

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

**Aktuelle Empfehlungen
2008**

Evidenz

Ausblick

Pugh, 1967

- Untersuchungsgegenstand: Marathonlauf in England.
- Die Top-Finisher tranken während des Marathons etwa 400ml (160ml/h) und zeigten im Mittel einen Gewichtsverlust von 6% (2,9kg).
- Schweißsekretionsrate, Gewichtsverlust und Rektaltemperatur nach dem Rennen waren bei den Top-Finishern am höchsten.

**Trinkempfehlungen
für Marathonläufer**

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

**Aktuelle Empfehlungen
2008**

Evidenz

Ausblick

...vor 1969

- „Im Marathon gibt es keinen Anlass feste Nahrung zu sich zu nehmen und es sollte jede Anstrengung unternommen werden, keine Flüssigkeit aufzunehmen. Im Augenblick der Nahrungs- oder Flüssigkeitsaufnahme wird der Körper mit der Verdauung belastet und das führt unweigerlich zu Problemen“ (Marathonchampion Jim H. Peters et al., 1957)
- „Sportler sollten während jeder Form körperlicher Belastung – unabhängig von deren Dauer, Intensität und Umweltbedingungen – nicht oder so wenig wie möglich trinken“ (in Noakes, 2003)

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Wyndham et al., 1969

“The danger of inadequate water intake during marathon running“

- Untersuchungsgegenstand: Marathon, Wirkung einer zuckerreichen Diät, Flüssigkeitsaufnahme, Rektaltemperatur, Gewichtsverlust.
- Ab -3% Gewichtsverlust stieg die Rektaltemperatur (von bis dahin im Mittel 38,5°C) linear mit dem Flüssigkeitsverlust an.
- Die Top-Finisher waren diejenigen mit den höchsten Rektaltemperaturen und der ausgeprägtesten Dehydratation (Gewichtsverlust).
- Schlußfolgerung: der Grad der Dehydratation bestimmt die Höhe der Rektaltemperatur.
- **Kritik:**
 - *Das gleiche Autorenteam veröffentlichte 1970 Ergebnisse, wonach die Menge des Energieumsatzes („metabolic rate“) die bestimmende Größe der Rektaltemperatur sei.*
 - *Irreführender Titel: die Studie nennt weder noch untersucht sie Gefahren einer inadäquaten Flüssigkeitsaufnahme.*
 - *Die Untersuchung gilt als Grundlage, auf der sich das nicht belegte Dogma „Dehydratation führt zu Hitzschlag. Die einzige Vorbeugung besteht darin, so viel wie möglich zu trinken“ entwickelte.*

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

ACSM Recommendations 1975



- „... Sportler sollten dazu angehalten werden, während des Wettkampfes regelmässig zu trinken.“
- Regelmässig = alle 3-4km bei Rennen von 16km oder länger.
- Begründung: „...um die Rektaltemperatur zu reduzieren und der Dehydratation vorzubeugen.“
- Keine Referenzangabe.

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

ACSM Recommendations 1987



- „*Flüssigkeitsaufnahme vor und während des Rennens reduziert das Risiko von Hitzeschäden (Costill et al, 1970; Wyndham & Strydom, 1969; Gisolfi & Coping, 1974)*“
- „... *Dehydration wird die Schweißneigung reduzieren und prädisponiert so den Läufer für Hyperthermie, Hitzschlag, Hitzeerschöpfung und Muskelkrämpfe.*“
- **Kritik:**
 - Die zitierten Studien haben 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 nirgendwo exakt definiert.
 - Die zitierten Studien bieten keine Evidenz, dass Flüssigkeitsaufnahme die Rate medizinischer Komplikationen bei Marathonläufern senkt.
 - Die Gewinner der untersuchten Rennen waren jeweils die dehydriertesten und hyperthermischsten Läufer.
 - Es liegt keine Evidenz vor, dass eine Dehydration linear zu Leistungseinschränkung oder zu einem Hitzschlag führt.
 - Es ist hinreichend belegt, dass Dehydration die Schweißsekretion nicht beeinträchtigt (Adolph, 1947; Ladell, 1955; Eichna et al., 1945; Costill, 1970; Coyle, 1992)
 - 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 ((Monatin et al., 1992) jedoch Feldbedingungen widerlegt (Noakes, 2003).

Trinkempfehlungen für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen 2008

Evidenz

Ausblick



Sportgetränkeindustrie und Leitlinienprägende Instanzen



- 1965: Entwicklung des ersten kommerziellen Sportgetränktes in Florida (Gatorade®) durch Dr. Cade.
- Cade, R., Spooner, G., Schlein, E., et al. „Effect of fluid, electrolyte and glucose replacement during exercise on performance, body temperature, rate of sweat loss and compositional changes of extracellular fluid“ (J Sports Med Phys Fitness 1972; 12(3): 150-6).
- 1988 Gründung des Gatorade Sports Science Institute (GSSI), derzeit 110.000 Mitglieder in 145 Ländern.
- Finanzierung der ersten industriegesponserten Getränkestudien (Costill et al., 1970; Coyle 1992).
- Gatorade und das GSSI sind die einzigen „platinum sponsors“ des ACSM.
- Die ACSM Trinkempfehlungen empfehlen seit Jahren Produkte der Sportgetränkeindustrie („sports drinks containing salt and glucose are more beneficial during exercise than water“; „drink as much as tolerable“) bei teilweise gegenläufiger Studienlage (Dugas, 2006; Noakes, 2006).
- ACSM weißt erst seit 2007 darauf hin, dass es als Institution maßgeblich von der Sportgetränkeindustrie gesponsert wird.

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

ACSM Recommendations, 1996a

„Position stand on heat and cold illnesses during long distance running“

- „... Dehydration prädisponiert den Läufer zu Hitzeerschöpfung, Hyperthermie und Hitzschlag“ (Pearlmutter, 1986; Hubbard & Armstrong, 1988). **Kritik: keine Evidenz, da auf Metaanalysen basiert, die seit 1987 keine neuen Aussagen einbezogen haben.**
- „... schwere Hyperthermien können – gerade bei Kurzstreckenläufen – ohne Vorliegen einer dehydration vorkommen“ Anmerkung: **Evidenzbasiertes Statement zur Arbeitshyperthermie.**
- „Eine ausreichende Flüssigkeitsaufnahme vor und nach dem Rennen kann das Risiko einer Hitzeerkrankung einschließlich Disorientiertheit und irrationalen Verhalten reduzieren (Costill et al, 1970; Wyndham & Strydom, 1969; Gisolfi & Copping, 1974)“ **Kritik: hitzeassoziierte Erkrankungen wurden nicht untersucht.**
- „... Sportler sollten dazu angehalten werden, Ihre Schweißverluste durch trinken auszugleichen oder mindestens 150-300ml alle 15 Minuten (600-1200ml pro Stunde) zu trinken.“ **Kritik: fehlende Evidenz, Risiko des Auslösens einer Hyponatriämie.**

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

ACSM Recommendations, 1996b

„Position stand on exercise and fluid replacement“
- endorsed by the Gatorade Sports Institute GSSI

- „... die schlimmste Folge der Dehydratation bei mangelndem Flüssigkeitsausgleich durch Trinken während sportlicher Aktivität ist eine eingeschränkte Hitzeanpassung, welche die Körpertemperatur in gefährliche Bereiche ansteigen lassen kann.“
- „... Dehydratation unter Belastung bildet die Grundlage für das Entstehen von Hitzekrankungen (Sutton, 1990; Wyndham, 1977)“
- „It is therefore reasonable to surmise that fluid replacement that offsets dehydration and excessive elevation in body heat during exercise may be instrumental in reducing the risk of thermal injury (Hubbard & Armstrong, 1988)
- „... der Flüssigkeits- und Kohlehydratbedarf kann simultan durch das Trinken von 600-1200ml/h 4-8%iger KH-Lösung bedient werden.“
- „Läufer sollten die maximal tolerable Menge an Flüssigkeit aufnehmen“

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

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

- Der Flüssigkeitsverlust während des Laufens wird im wesentlichen von 3 Größen bestimmt (Barr et al., 1989; Galloway, 1999)
 - Körpergewicht
 - Laufgeschwindigkeit („metabolic rate“) und -dauer
 - Umgebungstemperatur
- Die Trinkmengen der Empfehlungen von IOC 2004 und ACSM, 1996 sind in Laborstudien an männlichen Eiteläufern ermittelt worden (Convertino et al., 1996).
- Beispiel: 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: 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.

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

ACSM Empfehlungen 1975-1996: *Kritik der IMMUDA*



- In 4 Revisionen wird 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 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.
- Die Aussagen sind nicht evidenzbelegt sondern basieren auf einer „reasonable to surmise“-Doktrin

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

ACSM Empfehlungen 1975-1996: *Kritik der IMMUDA*



- 1996 findet die Hyponatriämie („Water intoxication“) insoweit Erwähnung, dass „Flüssigkeitsaufnahmen > 10l/4h zu einer Verdünnungshyponatriämie führen können“.
- Dies wird als Begründung angesehen „Natrium den Sportgetränken zuzusetzen“ und „bei Belastungen >4h elektrolytreiche Speisen oder Getränke zuzuführen“.
- Bezüglich des Natriumzusatzes ergibt die Studienlage gegenläufige Evidenz.
- Die Konsequenz einer Restriktion der Empfehlung zur Flüssigkeitsaufnahme (Vorschlag IMMUDA, 2001: max. 400-800ml/h) wird nicht gezogen.

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Stand der Empfehlungen 2008

- es rivalisieren drei unterschiedliche Konzepte

- ACSM Position Stand on Exercise and Fluid Replacement, 2007
- IOC Consensus on Sports Nutrition, 2004 (orientiert sich an ACSM 1996)
- IMMDA Updated Fluid Recommendation: Position statement, 2006 (übernommen von USATF)

ACSM: *American College of Sports Medicine*

IOC: *International Olympic Committee*

IMMDA: *International Marathon Medical Directors Association*

USATF: *U.S.A. Track & Field*

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

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).

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

ACSM Recommendations 2007

„Position stand on exercise and fluid replacement“
- endorsed by the Gatorade Sports Institute GSSI

- „Individuelle Trinkkonzepte zum Flüssigkeitersatz werden empfohlen.“

Anmerkung: Inhaltsgleich mit IMMDA 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, unscharfe Formulierung.

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

ACSM Recommendations 2007

„Position stand on exercise and fluid replacement“
- endorsed by the Gatorade Sports Institute GSSI

- „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 0,5-2l/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).

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

IMMDA

International Marathon Medical Director's Association

- *1982 von den Rennärzten (Medical directors) der Marathons in London, Madrid und New York gegründet.*
- *Seit 1987 unter dem Dach der AIMS (Association of International Marathons an Distance Races) als beratendes Gremium.*
- *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>

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

IMMDA, 2006

„Updated Fluid Recommendation: Position statement“

- *„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.“*

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

IMMDA, 2006

„Updated Fluid Recommendation: Position statement“

- *„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) kann während der Akklimatisationsphase trinken über das Durstgefühl hinaus erforderlich machen während fortgeschrittenes Alter (>65J.) und kalte Umgebungstemperaturen (<5 °C) die Durstschwelle anheben können.“*

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

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).

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

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 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
• Gesamter Gewichtsverlust, der nicht der Substitution bedarf	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, das es sich dabei ausschließlich um substitutionspflichtige Flüssigkeit handelt erscheint unplausibel.**

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

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.
- Dies 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; Chevront et al., 2003).
- Haupteinflussgrößen auf die Körpertemperatur sind:
 - Belastungsintensität/dauer (70% des Energieumsatzes)
 - Körpergröße/Masse
 - Umgebungstemperatur, Wind (Konvektion), Luftfeuchtigkeit/Niederschlag, Sonneneinstrahlung/Wolken
 - Bekleidung (Nässe?)
 - Dehydratation
 - Hitzeakklimatisation

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

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 Hyponaträmie 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 Überhydrierung 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)

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

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

- 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
- und führt zu keinerlei Leistungsverbesserung während der Belastung (in Hew-Butler et al., 2006)
- Fazit: Die aktuelle Datenlage belegt positive Effekte durch Na⁺-Substitution (nach Appetitgefühl) innerhalb 24h 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).

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Evidenz: *Stützt die derzeitige Datenlage die Substitution Kohlenhydraten während des Marathonlaufes?*

- Unterzuckerung (Hypoglykämie) ist die älteste bekannte medizinische Problematik bei Marathonläufern.
- Levine fand 1923 beim Boston-Marathon 3 von 12 untersuchten Finishern unterzuckert (BZ > 50mg/dl) vor.
- Gordon beschrieb 1925, dass dies seltener der Fall ist, wenn während des Rennens Glukose aufgenommen wird.

Trinkempfehlungen für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen 2008

Evidenz

Ausblick

- Das Gehirn kann nur Glukose verstoffwechseln, daher ist die Vermeidung eines Blutzuckerabfalls < 60(besser 90)mg/dl (Hypoglykämie) wichtig.
- Trainierte Läufer verbrennen bis zu 3-4g KH/Min. bei „race pace“.
- Leber und Muskeln speichern maximal 620g KH (Glykogen).
- Die Ermüdung bei Rad- und Laufsportlern (LZA) fällt regelhaft mit der Entleerung der Glykogenspeicher zusammen.
- Daher sollten die KH-Speicher während des Marathonlaufes aufgefüllt werden.
- Eine KH-Aufnahme während des Marathonlaufes schont v.a. die Leber- aber auch die Muskelglykogenreserven.

Trinkempfehlungen für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen 2008

Evidenz

Ausblick

- Es scheint maximal 1g/Min. der aufgenommenen KH oxidiert werden zu können.
- Bei einem Marathonlauf können maximal 10-30% der verbrannten KH durch orale Substitution zugeführt werden.
- Um dies zu erreichen muss ein vielfaches dessen zugeführt werden (mind. 30-60g/h).
- Kohlenhydrate sollten frühzeitig lange vor dem Auftreten von Ermüdungserscheinungen aufgenommen werden .
- Tracergestützte Studien zeigten, dass die zugeführten KH etwa 60Min. nach der oralen Aufnahme verbrannt wurden.

Trinkempfehlungen für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen 2008

Evidenz

Ausblick

- Fructose wird deutlich langsamer und zu geringerem Anteil aufgenommen als Glukose, Dextrose, Galaktose oder Saccharose.
- Zuckergemische (z.B. 1:1 Fructose:Glukose) werden besser aufgenommen, führen zu einer höheren Gesamt-KH-Oxidation als einzelne Zuckersorten und zu einer höheren begleitenden Wasseraufnahme (*Aufnahme über unterschiedliche Transportsysteme in der Darmwand?*).
- Koffein scheint die Rate der Zuckeraufnahme zu steigern.
- Geringe Mengen Glukose verbessern die LF erheblich, eine Dosissteigerung führt zu keiner weiteren Leistungssteigerung.
- KH werden (v.a. im Falle hypotoner Trinklösungen) im Dünndarm mit Wasser resorbiert.

Trinkempfehlungen für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen 2008

Evidenz

Ausblick

- Die Menge der pro Minute ins Blut aufgenommenen KH hängt von der Geschwindigkeit der Magenpassage ab (diese sinkt mit steigendem Energiegehalt des Getränkes).
- *Hochkonzentrierte (>10%) KH-Lösungen:*
 - langsamere Magenpassage, weniger begleitende Flüssigkeitsaufnahme, verspätete und nicht proportional höhere KH-Aufnahme (*Vorteil??*), häufiger begleitende Magendarmbeschwerden.
- *Niedrigkonzentrierte (<3%) KH-Lösungen:*
 - schnellere Magenpassage, höhere begleitende Flüssigkeitsaufnahme, frühere aber geringere KH-Aufnahme, selten Magendarmbeschwerden.

**Trinkempfehlungen
für Marathonläufer**

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

**Aktuelle Empfehlungen
2008**

Evidenz

Ausblick

**Evidenz: *Stützt die derzeitige Datenlage die Substitution
Koffein vor/während des Marathonlaufes?***

- 01/2004 von der WADA-Dopingliste gestrichen.
- Weitverbreitetste und bestuntersuchte ergogene Substanz.
- Vielfache zentrale und neuromuskuläre Wirkungen. Es gibt große interindividuelle Wirkunterschiede.
- Einfluss auf die FS-Oxidation wird unterschiedlich beurteilt:
 - Costill, 1978: 5mg/kg Koffein 1h vor dem Wettkampf schont Muskelglykogen und erhöht Fettverbrennung.
 - Chesley, 2000: bei 9mg/kg ist bei der Hälfte der untersuchten eine Glykogenschonung nachweisbar.
 - Am wahrscheinlichsten ist eine Glykogenschonung bei Dosen >6mg/kg und Belastungen >70% VO²max.
 - Hawley & Burke 2006: 2-6mg/kg erhöhen bei vielen die AusdauerLF, haben aber keinen Einfluss auf die FS-Oxidation.

Trinkempfehlungen für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen 2008

Evidenz

Ausblick

- In Tee, Kaffee, Schokolade, Energiedrinks sind 300-100mg/Portion enthalten (1 Tasse Espresso kann zw. 24 und 214mg Koffein enthalten) – Koffeinaufnahme durch Getränke ist daher schwer dosierbar.
- Schnelle Aufnahme, peak-Konzentration wird nach 1h für 3-4h erreicht; Halbwertszeit 4-6h; ergogene Effekte bis zu 6h.
- Wirkung bei Belastungen >1h besonders ausgeprägt
- Es gibt Non-Responder.
- NW (häufiger bei Dosen >6mg/kg): Zittern, Kopfschmerz, Herzrasen, Schlafstörungen.

Trinkempfehlungen für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen 2008

Evidenz

Ausblick

- *Der Wirkmechanismus ist unbekannt. Wirkungen (Auswahl):*
 - Zunehmende Ca, Na,K-Transportaktivität
 - Steigerung vieler Enzymaktivitäten
 - Verstärkte Wirkung der Stresshormone (Katecholamine)
 - Verstärkung der motorischen Aktivierung
 - Zentralnervöse Stimulation
- *„Metabolische Theorie“ (umstritten):*
 - Anstieg der Lipolyse in Fettgewebe und Muskel mit erhöhter Energiebereitstellung aus Fetten und Schonung der Glykogendepots.

Trinkempfehlungen für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen 2008

Evidenz

Ausblick

- Wirkung: etwa 3% Leistungssteigerung (sehr variabel).
- Dosierung: 1-3mg/kg Körpergewicht (d.h. 70-150mg), Einnahme von Tabletten empfohlen da Getränke schlecht erforscht und schwer dosierbar.
- Zeitpunkt der Einnahme: 1h vor Start.

Trinkempfehlungen
für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen
2008

Evidenz

Ausblick

Evidenz: *Welche Empfehlungen sind 2008 mit der solidesten Evidenz belegt?*

- „Den gesamten belastungsinduzierten Gewichtsverlust durch Flüssigkeitsaufnahme ersetzen?“ **ACSM, 1996; IOC, 2004**

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

- „Vorhydrieren und durch gewichtsadaptiertes Trinken nicht mehr als 2% belastungsinduzierten Gewichtsverlust zulassen?“ **ACSM, 2007**

Trinkempfehlungen für Marathonläufer

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

Aktuelle Empfehlungen 2008

Evidenz

Ausblick

Forderung: Evidenzbasierte Empfehlungen sollten
industriebegünstigende Dogmen ablösen

- Grundlage zukünftiger Empfehlungen sollten 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 Reviewer Kontakte zur Sportgetränkeindustrie und mögliche Interessenskonflikte offenlegen.

**Trinkempfehlungen
für Marathonläufer**

Evolutionsbiologie

Physiologie

Historisches

**Aktuelle Empfehlungen
2008**

Evidenz

Ausblick

Fragen?