

J. Zapf, W. Schmidt, M. Lotsch, U. Heber

Die Natrium- und Flüssigkeitsbilanz bei Langzeitbelastungen – Konsequenzen für die Ernährung

Sodium and water balance during longterm exercise – consequences in nutrition

Abteilung Sportmedizin/Sportphysiologie, Institut für Sportwissenschaft, Universität Bayreuth

Zusammenfassung

Störungen des Flüssigkeitshaushaltes können bei Langzeitbelastungen v.a. bei langsameren Athleten sowohl als De- als auch als Hyperhydratation auftreten. Aufgrund großer Unterschiede von Klima- und Umgebungsbedingungen und individuellen Faktoren (Schweißsekretion, Schweißkonzentration) können fixe Empfehlungen zur Flüssigkeitszufuhr nur grobe Anhaltswerte liefern.

Wagemöglichkeiten bei Langdistanzwettkämpfen zur Kontrolle des Körpergewichtes wären dagegen eine einfache Möglichkeit für jeden Athleten, seinen Hydratationszustand individuell zu beurteilen und im weiteren Rennverlauf durch Erhöhung oder Erniedrigung seiner Flüssigkeitszufuhr zu korrigieren. Bei der Beurteilung von Körpergewichtsverlusten muß allerdings berücksichtigt werden, daß bei ausgeglichenem Flüssigkeitshaushalt (Euhydration) trotzdem pro Stunde ca. 200 g Körpermasse verloren gehen.

Natriumverluste treten in erster Linie über den Schweißverlust auf und können bei Belastungen im Bereich von 10 oder mehr Stunden ein erhebliches Ausmaß annehmen (9–15 % des extrazellulären Natriumbestandes!). Auch sie unterliegen einer großen individuellen Schwankungsbreite. Die gegenwärtige Datenlage zeigt, daß der Ersatz verlorengegangenen Natriums neben der Flüssigkeitszufuhr zur Aufrechterhaltung der körperlichen Leistungsfähigkeit und zur Vermeidung ge-

sundheitlicher Störungen im Sinne einer Hyponatriämie und evtl. auch im Sinne von Volumen- und Thermoregulationsstörungen von größerer Bedeutung sein dürfte, als bislang angenommen. Die Zusammensetzung der Wettkampfnahrung, insbesondere ein ausreichender Natriumgehalt in den Rehydratationsgetränken, muß in diesem Zusammenhang mehr Berücksichtigung finden, da die feste Nahrung im Wettkampf in der Regel sehr natriumarm ist. Die Anforderungen an den Na-Gehalt von Rehydratationsgetränken lassen sich bei der gegenwärtigen Datenlage nur anhand der Natriumverluste abschätzen. Eine Größenordnung von 300–800 mg/l erscheint gegenwärtig dafür geeignet und ohne Beeinträchtigung von Geschmacksqualität und Osmolalität des Getränkes realisierbar.

Schlüsselwörter: Natrium, Ernährung, Schweißverlust, Flüssigkeitsbilanz, Ausdauerleistung

Summary

Disturbances in body water balance during longterm endurance exercise may occur as dehydration or hyperhydration especially in the slower athletes. General recommendations on the adequate amount of fluid intake during exercise are not able to meet individual needs because of the great variability of the ambient conditions

(temperature, humidity) and of the inter-individual differences in water loss by sweating. Measurement of body weight during ultraendurance exercise would be a simple method for the athletes to control their individual hydration status and to give them advice on increasing or decreasing fluid intake. For the interpretation of the hydration status by measuring body weight it is important to remember, that a body mass loss of about 200 g/h occurs despite proper hydration.

Sodium loss, which is mainly caused by sweat loss, may lead to a decrease of 9–15 % of the total extracellular sodium during exercise lasting 10 hours or more. Therefore adequate sodium replacement in addition to adequate fluid replacement is of great importance to maintain performance and fluid and electrolyte balance. As solid food, consumed by the athletes during exercise, is usually low in sodium, more attention has to be paid to a sufficient sodium content of beverages. Available data indicate that a sodium content of 300–800 mg/l seems to provide an adequate sodium supply during endurance exercise without impairing the flavor or osmolality of beverages.

Key words: sodium, sweat loss, fluid balance, endurance exercise, nutrition

Einleitung

Die Bedeutung einer adäquaten Flüssigkeitszufuhr während körperlicher Langzeitbelastungen zur Aufrechterhaltung einer hohen Leistungsfähigkeit ist experimentell vielfach belegt. Störungen der Flüssigkeitsbilanz – insbesondere Zusammenhänge zwischen Hyperhydratation und Hyponatriämie – wurden bereits ausführlich in dem Übersichtsartikel von D.B. Speedy und T.D. Noakes in diesem Heft dargestellt. Offen sind die Fragen, welche Athleten von solchen Störungen bevorzugt betroffen sind und inwieweit allgemeine Empfehlungen zur Flüssigkeitszufuhr aufgrund der großen individuellen Schwankungsbreite des Flüssigkeitsverlustes auf der Langdistanz überhaupt einen ausgeglichenen Flüssigkeitshaushalt gewährleisten können. Ebenfalls weitge-

hend ungeklärt ist gegenwärtig, in welcher Höhe Natriumverluste bei Langzeitbelastungen auftreten können, ob diese per se zu einer Beeinträchtigung der körperlichen Leistungsfähigkeit und des Gesundheitszustandes führen können und welche Rolle die Höhe der Natriumzufuhr mit fester und flüssiger Nahrung im Wettkampf dabei spielt. Bislang gibt es kaum Arbeiten, die die tatsächliche Natriumaufnahme und die Natriumbilanz unter Wettkampfbedingungen berücksichtigt haben. In dieser kurzen Übersicht sollen daher einige eigene Untersuchungsergebnisse zur Flüssigkeits- und Natriumbilanz bei Ultratriathlonveranstaltungen näher dargestellt werden und im Kontext der verfügbaren Literatur diskutiert werden.

Flüssigkeitsverluste und deren Ersatz im Wettkampf

Sowohl Flüssigkeits- als auch Natriumverluste werden unter körperlicher Belastung in erster Linie vom Ausmaß des Schweißverlustes und der Schweißkonzentration bestimmt. Beide Größen zeigen auch unter vergleichbaren äußeren Bedingungen große interindividuelle Unterschiede (3, 13). Deshalb wiesen *Maughan/Noakes* (4) bereits 1991 darauf hin, daß allgemeine Empfehlungen für die Flüssigkeitszufuhr aufgrund der großen Schwankungsbreite des Flüssigkeitsverlustes mit Vorsicht betrachtet werden müssen, wenn sie für einen einzelnen Athleten angewandt werden sollen. Bei striktem Einhalten solcher fixen Empfehlungen kann es im Einzelfall bei wesentlich höherer Schweißrate zur Dehydratation als auch bei wesentlich niedrigerer Schweißrate zur Hyperhydratation kommen. Als Begründung für die Vorgabe solcher Empfehlungen wird häufig das Argument angeführt, daß das natürliche Trinkbedürfnis eines Sportlers erst eintrete, wenn er sich bereits in einem potentiell leistungsmindernden Dehydratationszustand befände. Dadurch sei Durst als natürliche Steuergröße des Flüssigkeitsbedarfs kein geeigneter Steuermechanismus.

Fixe Empfehlungen zur Flüssigkeitszufuhr gehen in der Regel von den mittleren Flüssigkeitsverlusten, die in entsprechenden Untersuchungen ermittelt wurden,

aus. Sie liegen für Langzeitbelastungen in milden Umgebungsbedingungen bei etwa 1 Liter pro Stunde (3, 11). Betrachtet man die individuellen Einzelwerte dieser Untersuchungen, so findet man aber Schwankungsbreiten der Schweißraten zwischen 0,5 und 1,7 l/h unter vergleichbaren Umgebungsbedingungen. (3, 13). Unter extremeren Umständen (große Hitze, hohe Luftfeuchtigkeit) und bei sehr leistungsstarken Athleten wurden sogar stündliche Schweißraten von 2 l/h und mehr beschrieben (2, 5).

Diese Daten machen klar, daß fixe Empfehlungen nur grobe Anhaltswerte liefern können. Halten sich Athleten, deren individueller Flüssigkeitsverlust deutlich von den empfohlenen Mittelwerten abweicht, bei Langdistanzwettkämpfen streng an solche Empfehlungen, so sind Störungen des Wasserhaushaltes vorprogrammiert. Unter diesen Umständen muß die Frage neu diskutiert werden, ob zumindest auf den Langdistanzen das natürliche Trinkbedürfnis nicht ein gleichwertiger oder gar besserer Steuermechanismus ist und ob es einfache alternative Möglichkeiten der Kontrolle des Hydratationszustandes im Wettkampf gibt.

Murphy et al. (6) erfaßten die Nahrungsaufnahme und das Körpergewicht bei 19 Teilnehmern eines 100-Meilen Laufs (mittlere Endzeit 24,3 Std.). Bei einer (spontanen) Flüssigkeitszufuhr von 17,9 l und einem Körpergewichtsverlust von lediglich 1,5 kg war der Gesamtkörperwassergehalt am Ende des Rennens bei den Teilnehmern im Durchschnitt unverändert (Euhydratation). Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen vermuten, daß das spontane Trinkbedürfnis bei solch langen Belastungen zumindest beim Durchschnitt der Athleten eine ausgeglichene Flüssigkeitsbilanz gewährleisten konnte. Auch die Ergebnisse unserer eigenen Untersuchungen deuten darauf hin, daß sich die spontane Trinkmenge in der Regel sehr gut dem auftretenden

Körpergewichtsverlust (Flüssigkeitsverlust) anpaßt. So korrelierte die stündliche Flüssigkeitsaufnahme der einzelnen Athleten hochsignifikant mit deren stündlichem Verlust an fester und flüssiger Körpermasse (siehe Abb.1). Der Gesamtmasseverlust errechnet sich dabei aus der Summe der Körpergewichtsdifferenz (Start-Ziel) und dem Gewicht der Nahrungsaufnahme (fest und flüssig) während des Rennens. Da der Masseverlust hauptsächlich von der Schweißrate bestimmt wird, bedeutet dies, daß Athleten mit einer hohen Schweißrate auch eine hohe Flüssigkeitszufuhr hatten und umgekehrt. Hätten sich die Athleten strikt an eine Zufuhrempfehlung von 1-1,2 l/h gehalten (grau markiertes Feld), so wäre eine Reihe von ihnen in eine stärkere Dehydratation und andere Athleten in eine Hyperhydratation während des Rennens gekommen. Die Rechtsverschiebung

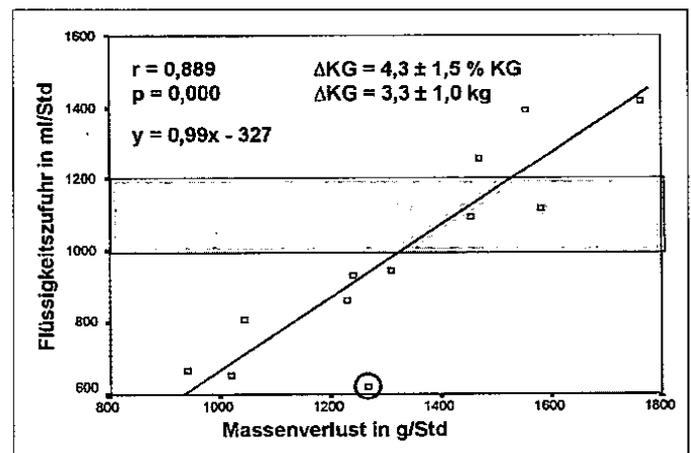


Abbildung 1: Abhängigkeit der spontanen Flüssigkeitszufuhr vom Körpermassenverlust bei 12 Teilnehmern eines Ultratriathlons

der Regressionsgeraden zeigt aber auch, daß die Flüssigkeitszufuhr pro Stunde im Durchschnitt 327 g niedriger war als der Körpermassenverlust und zwar unabhängig von der Höhe der stündlichen Flüssigkeitszufuhr. Diese Differenz führte bis zum Rennende nach durchschnittlich 10 Stunden zu einer Körpergewichtsabnahme von insgesamt $3,3 \pm 1,0 \text{ kg}$ ($4,3 \pm 1,5 \%$ des Körpergewichtes). Da sich der Körpermassenverlust nicht nur aus Schweiß- und Urinverlust zusammensetzt, sondern auch aus dem Verlust fester Körpermasse (Glykogen- und Proteinabbau, Kohlenhydrat- und Fettoxidation), darf die Körpergewichtsabnahme nicht alleine als Flüssig-

keitsdefizit interpretiert werden! Der Einfluß dieser Faktoren soll im nächsten Abschnitt noch näher betrachtet werden.

In der relativ leistungsstarken, homogenen Athletengruppe dieser Untersu-

leistungsschwächeren Athleten beschrieben (1, 7, 10, 12). Die konsequente Umsetzung nicht zutreffender Empfehlungen unter Ausschaltung des individuellen Trinkbedürfnisses könnte bei diesen Athleten zur Entwicklung solcher Bilanzstörungen durchaus beitragen.

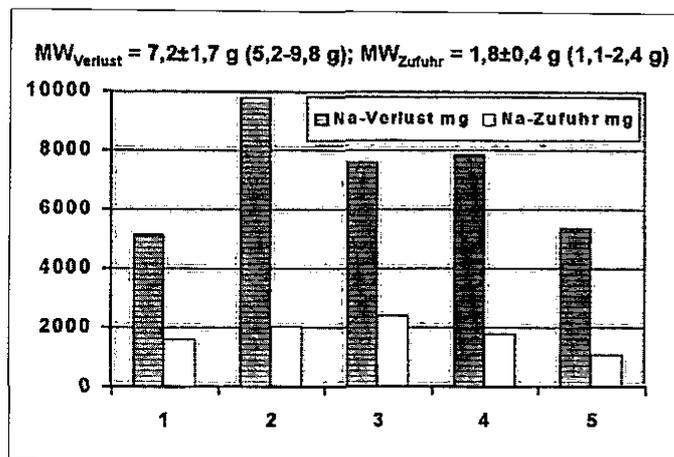


Abbildung 2: Natriumzufuhr und -verluste bei 5 Teilnehmern eines Ultratriathlons

chung bestand ein (allerdings nicht signifikanter) Trend zwischen Renntempo und dem Ausmaß des Flüssigkeitsdefizits, d.h. die schnelleren Athleten zeigten tendenziell eher ein größeres Flüssigkeitsdefizit als die langsameren. Die höhere Wärmeproduktion durch das höhere Tempo mit der Folge einer höheren Schweißproduktion und die geringere Bereitschaft, Zeitverluste zur Nahrungsaufnahme einzugehen, wären als mögliche Ursachen für diesen Trend zu diskutieren. Die Athleten unserer Untersuchung waren zu 75 % leicht dehydriert (1-3 l Flüssigkeitsdefizit), und zu 17% stark dehydriert (> 3 l Flüssigkeitsdefizit). Kein einziger Athlet hatte im Ziel (im Vergleich zu vor dem Start) ein gleiches oder höheres Körpergewicht als Zeichen einer positiven Flüssigkeitsbilanz (Hyperhydratation). Dies deutet darauf hin, daß leistungsstärkere Athleten eher das Problem haben, zu wenig zu trinken, und das Risiko einer Hyperhydratation gering ist. Sehr viel uneinheitlicher stellt sich die Flüssigkeitsbilanz leistungsschwächerer Athleten dar. Auf der einen Seite beobachteten z.B. Speedy et al. (9) bei einer Untersuchung mit 605 Teilnehmern des Neuseeland Ironman Triathlon die größten Gewichtsverluste (Dehydratation) in der Gruppe der langsamsten Teilnehmern, auf der anderen Seite wird in der verfügbaren Literatur eine Gewichtszunahme (Hyperhydratation) mit dem Risiko einer Hyponatriämie ebenfalls fast ausschließlich bei

leistungsschwächeren Athleten beschrieben (1, 7, 10, 12). Die konsequente Umsetzung nicht zutreffender Empfehlungen unter Ausschaltung des individuellen Trinkbedürfnisses könnte bei diesen Athleten zur Entwicklung solcher Bilanzstörungen durchaus beitragen.

Die Flüssigkeitsdefizit wird häufig mit dem Körpergewichtsverlust während körperlicher Belastungen gleichgesetzt. Bei Langzeitbelastungen in der Größenordnung von 10 Stunden und mehr ist dies jedoch nicht zulässig, da die Verluste an fester Körpermasse (in Form abgeatmeten CO₂) und der Gewinn an freiem Wasser aus der Oxidation von Fetten und Kohlenhydraten sowie aus der Freisetzung von gebundenem Wasser beim Glykogenabbau nicht berücksichtigt sind. Diese Größen erreichen jedoch auf der Langdistanz eine Dimension, wo sie einen deutlichen Anteil an der Veränderung des Körpergewichts haben. Eine Bilanzierung dieser Faktoren unter Wettkampfbedingungen ist außerordentlich schwierig und beinhaltet immer mehr oder weniger theoretisch errechnete Werte. In einer sehr aufwendigen Untersuchung ermittelten Rogers et al. (8) während eines Langdistanztriathlons bei 13 Athleten folgende Durchschnittswerte:

- Urinverlust: 41±38 g/h,
- respiratorischer Wasserverlust (perspiratio insensibilis): 88±10 g/h,
- Gewinn an Oxidationswasser aus Fett- und KH-Verbrennung: 41±5 g/h + 49±5 g/h,
- durch Glykogenabbau freigesetztes Wasser: 104±64 g/h,

Die Messung des Körpergewichtsverlustes als Marker des Hydratationszustandes

Das Flüssigkeitsdefizit wird häufig mit dem Körpergewichtsverlust während körperlicher Belastungen gleichgesetzt. Bei Langzeitbelastungen in der Größenord-

- CO₂-Abgabe: 68±8 g/h (d.h. Verlust an fester Körpermasse = verlorene Menge an Kohlenstoff = ca. 20 g/h).

Aufgrund dieser Werte kann man davon ausgehen, daß pro Stunde etwa 200 ml Wasser endogen freigesetzt werden und dem Wasserhaushalt zur Verfügung stehen. Bei einem 10 stündigen Rennverlauf bedeutet dies, daß etwa 2 kg des Körpergewichtsverlustes endogen freigesetztes Wasser sind, die dem Organismus zusätzlich zur Getränkeaufnahme zur Verfügung stehen. Dazu kommt ein Verlust an (wasserfreier) fester Körpermasse von ca. 0,2 kg. Unter diesen Gesichtspunkten muß davon ausgegangen werden, daß bei einem Gesamt-Körpergewichtsverlust von etwa 2,0 - 2,2 kg (ca. 3% des KG) am Ende eines Ultratriathlons durchaus ein ausgeglichener Flüssigkeitshaushalt (Euhydratation) vorliegt, Flüssigkeitsverluste aufgrund der reinen KG-Bilanzierung also überschätzt werden. Bei unverändertem Körpergewicht oder gar einer Körpergewichtszunahme sind die Athleten eindeutig hyperhydriert.

Die Kontrolle des Körpergewichtes ist eine einfache, schnelle und äußerst

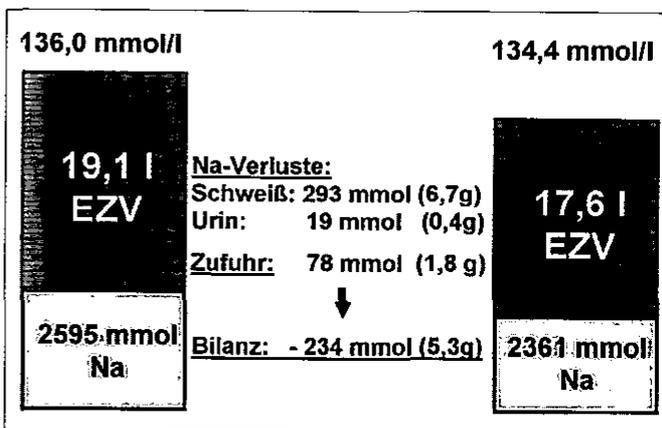


Abbildung 3: Bilanz des Natriumhaushaltes bei 5 Teilnehmern in Roth 1997

effektive Maßnahme, um Information über den Hydratationszustand des Organismus zu erhalten. Es wäre daher wünschenswert, wenn bei Langdistanzveranstaltungen Wiegemöglichkeiten vor dem Rennbeginn, nach dem Radwechsel zum Laufen, nach der halben Marathonstrecke und am Ende bestünden. Vor allem die offensichtlich für Störungen mehr gefährdeten schwächeren Teilnehmer hätten dadurch ohne großen Zeitverlust eine effektive Kontrollmöglichkeit ihres Flüssigkeitshaushaltes und

ÜBERSICHTEN

wären nicht auf starre Empfehlungen angewiesen. Unter Berücksichtigung der dargestellten Zusammenhänge können näherungsweise die in Tabelle 1 dargestellten Zielbereiche empfohlen werden.

Natriumverluste, Natriumzufuhr und Natriumbilanz auf der Langdistanz

Die Gefahr von Störungen des Natriumhaushaltes bei Langzeitbelastungen, vor allem die der Hyponatriämie wurde bereits ausführlich in der Übersicht von *Speedy und Noakes* in diesem Heft dargestellt. Die Autoren betonen, daß eine klinisch-symptomatische Hyponatriämie am häufigsten mit dem Auftreten einer Hyperhydratation assoziiert ist. So beschreiben *Speedy et al.* (9) einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Körpergewichtsveränderung und der Plasma-Natriumkonzentration. Wenig untersucht und weitgehend unklar ist gegenwärtig, welche Rolle dabei die Höhe des Natriumverlustes (v.a. mit dem Schweiß) und die Höhe der Natriumzufuhr durch Getränke und feste Nahrung im Wettkampf spielen.

Die Zufuhr von Natrium während Langdistanzwettkämpfen schwankt in den verfügbaren Literaturangaben zwischen 47 mg/h (8) und 514 mg/h (6).

Tabelle 1: Grobe Abschätzungsmöglichkeit des individuellen Hydratationszustandes anhand des Körpergewichtsverlustes während des Wettkampfes

Standort	mehr trinken	ausgeglichen	weniger trinken
Gewichtsverlust im Vergleich zu vor dem Start			
Wechsel Rad/Lauf	>2 kg	1,0-1,5 kg	<0,5 kg
1/2 Marathon	>2,3 kg	1,5-1,8 kg	<1,0 kg
Ziel	>2,7 kg	1,8-2,2 kg	<1,3 kg

Eine komplette Natriumbilanz mit Bestimmung der Natriumverluste und der Natriumzufuhr wurde erstmalig von uns bei 5 Athleten während eines Ironman-Wettkampfes durchgeführt (13). Da es gegenwärtig kaum vergleichbare Arbeiten gibt, sollen die Ergebnisse hier kurz zusammengefaßt werden.

Die mittlere Natriumzufuhr mit fester und flüssiger Nahrung (incl. Frühstück) betrug $1,8 \pm 0,4$ g (siehe Abb. 2). Der Gesamtnatriumverlust wurde aus der Reduk-

tion des Extrazellulärvolumens (Bestimmung erfolgte mittels bioelektrischer Multifrequenzimpedanzanalyse) und dem Abfall der Natrium-Plasmakonzentration errechnet (siehe Abb. 3). Er betrug $7,2 \pm 1,7$ g mit einer großen individuellen Schwankungsbreite von 5,2 bis 9,8 g. Daraus errechnete sich ein Netto-Natriumverlust von $5,4 \pm 1,5$ g (bei einer ermittelten Schweißkonzentration: von $30,3 \pm 10,3$ mmol/l = 695 ± 236 mg/l).

Natrium kommt in wesentlichen Mengen nur im Extrazellulärraum (Plasma und interstitieller Raum) vor. Da der Schweiß hypoton ist, führen unkompenzierte Schweißverluste zu einer Verringerung des EZV und gleichzeitig, trotz des Natriumverlustes, zu einer Erhöhung der extrazellulären Natriumkonzentration. Das endogen produzierte Oxidationswasser und die Zufuhr natriumarmer, hypotoner Rehydrationsgetränke während des Wettkampfes bewirken allerdings neben einer Verringerung der EZV-Abnahme einen Verdünnungseffekt, der zu einem Abfall der Natriumkonzentration unter die Ausgangswerte

führen kann. Die Folge ist eine osmotisch bedingte Flüssigkeitsverschiebung vom Extrazellulärraum in den Intrazellulärraum, wodurch ein übermäßiger Abfall der extrazellulären Natriumkonzentration auf Kosten des EZV gegenreguliert wird.

Wäre das EZV bei den von uns untersuchten Athleten theoretisch konstant geblieben, so hätte die Plasma-Natriumkonzentration bei den beschriebenen Verlusten auf etwa 124 mmol/l absinken müssen, d.h. bei allen Teilnehmern wäre

eine schwere Hyponatriämie aufgetreten. Dies war jedoch nicht der Fall. Bei den von uns untersuchten Athleten sank die Plasma-Natriumkonzentration im Mittel nur von $136,0 \pm 1,9$ auf $134,4 \pm 2,1$ mmol/l.

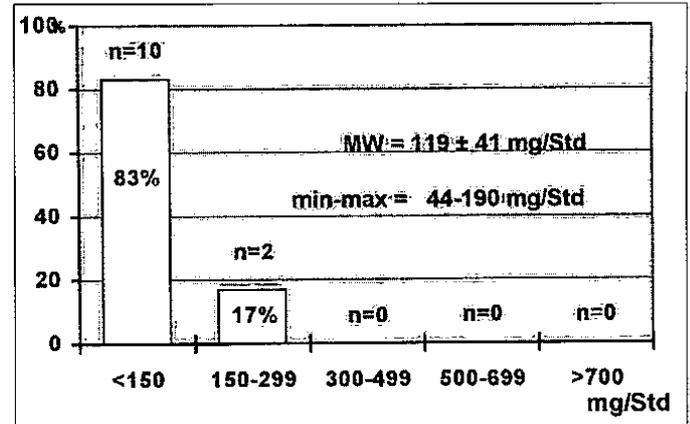


Abbildung 4: Die mittlere Natriumzufuhr pro Stunde von 12 Teilnehmern eines Langtriatlons

Bei keinem Athleten trat eine Hyponatriämie ($Na < 130$ mmol/l) auf, drei Athleten hatten Grenzwerte von 130-131 mmol/l. Das EZV reduzierte sich dafür um $1,5 \pm 0,3$ l von $19,1 \pm 0,8$ l auf $17,6 \pm 0,28$ l (elektrische Multifrequenz-Bioimpedanzanalyse). Möglicherweise führt ein größerer Natriumverlust aufgrund der beschriebenen Verhältnisse per se zwangsläufig zu einer Reduktion des EZV unabhängig vom Hydratationszustand.

Um bei diesen EZV-Verlusten zumindest eine konstante Natriumkonzentration aufrecht zu erhalten, wäre rein rechnerisch eine Natriumzufuhr von ca. 250 mg/h notwendig gewesen. Um die Natriumkonzentration und gleichzeitig das EZV konstant zu halten, wäre theoretisch eine Na-Zufuhr von ca. 730 mg/h notwendig gewesen (vollständiger Natriumersatz). Bei der ermittelten durchschnittlichen Trinkmenge von 825 ± 179 ml/h wäre dazu ein Natriumgehalt der Getränke von ca. 300-800 mg/l erforderlich.

Die Abbildung 4 zeigt, daß keiner der von uns untersuchten Athleten diese Werte auch nur annähernd erreichen konnte: Die mittlere Natriumzufuhr betrug während des Triatlons nur 119 ± 41 mg/h (min-max = 44-190 mg/h, n = 12). Die Ursache dieser niedrigen Zufuhrwerte liegt daran, daß weder die während des Wettkampfes konsumierten Getränke noch die festen Nahrungsmittel ausreichend Natrium enthielten (Tab. 2)! Beson-

ders bedenklich ist, daß zahlreiche sogenannte Mineralgetränke ausgerechnet Natrium entweder gar nicht oder nur in geringsten Mengen enthalten! Die Natriumzufuhr im Wettkampf muß aber in erster Linie über Getränke erfolgen, weil die normalerweise zur Wettkampfernährung geeigneten festen Lebensmittel meist

einflußt wird und in welcher Höhe eine solche Natriumzufuhr tatsächlich erfolgen müßte, ist bislang kaum erforscht.

Vrijens/Rehrer (11) untersuchten den Einfluß der Zufuhr von destilliertem Wasser im Vergleich zu einem natriumhaltigen Sportgetränk (18 mmol/l = 414 mg/l) auf die Natriumplasmakonzentration von 10

Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit und zur Vermeidung von Veränderungen von EZV, Plasmavolumen und Natrium-Plasmakonzentration.

Literatur

1. Clark, J.M., Gennari, F.J.: Encephalopathy due to severe hyponatremia in an ultramarathon runner. *West J. Med.* 159 (1993) 188-189
2. Eichner, E.R.: Treatment of suspected heat illness. *Int. J. Sports Med.* 19 (1998) 150-153
3. Greenhaff, P.L., Clough, P.J.: Predictors of sweat loss in man during prolonged exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58 (1989) 348-352
4. Maughan, R.J., Noakes, T.D.: Fluid replacement and exercise stress. *Sports Medicine* 12 (1991) 16-31
5. Maughan, R.J.: Fluid and electrolyte loss and replacement in exercise. *Journal of Sports Sciences* 9 (1991) 117-142
6. Murphy, C., Glace, B., Kolstad, K., Gleim, G.: Food and fluid intake during a 100 mile trail run. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31 Suppl. (1999) 81
7. Noakes, T.D., Goodwin, N., Rayner, B.L., Brancken, T., Taylor, R.K.: Water intoxication: a possible complication during endurance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17 (1985) 370-375
8. Rogers, G., Goodman, C., Rosen, C.: Water budget during ultra-endurance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29 (1997) 1477-1481
9. Speedy, D.B., Noakes, T.D., Rogers I.R., Thompson, J.M.D., Campbell, R.G.D., Kuttner, J.A., Boswell, D.R., Wright, S., Hamlin, M.: Hyponatremia in ultradistance triathletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31 (1999) 809-815
10. Surgenor, S., Uphold, R.E.: Acute hyponatremia in ultra-endurance athletes. *Am. J. Emerg. Med.* 12 (1994) 441-444
11. Vrijens, D.M.J., Rehrer, N.J.: Sodium-free fluid ingestion decreases plasma sodium during exercise in the heat. *J. Appl. Physiol.* 86 (1999) 1847-1851
12. Young, M., Sciurba, F., Rinaldo, J.: Delirium and pulmonary edema after completing a marathon. *Am. Rev. Respir. Dis.* 136 (1987) 737-739
13. Zapf, J., Schmidt, W., Lotz, M., Heber, U.: In: Engelhardt, M. et al.: 13. Internationales Triathlonssymposium. Triathlon und Sportwissenschaft Band 13, Cwalina Hamburg 1999, 43-60

Tabelle 2: Natriumgehalt der angebotenen Wettkampfnahrung während eines Ultratriathlons

Getränke/flüssig	Na-Gehalt mg/Liter	feste Lebensmittel (100g)	Na-Gehalt mg/100g
Wasser	0	Powerbar (1,5 Riegel)	139
Mineralwasser (Theresienquelle)	35-40	Müsli-Riegel (5 Stück)	5
Coca Cola	48	Bananenstücke (4 Stück)	10
Squeezy Energiedrink	0	Apfelstücke (7 Stück)	3
Kyber Min.-Vit.-Drink	0	Melonenstücke (3 Stück)	0,5
Squeezy Gel (4 Beutel)		Zitronenstücke (6 Stück)	2,7
		Reiskuchen (4 Stück)	10
		Studentenfutter (6 Becher)	13
		Salzkekse (26 Stück)	1790
		1 Salzkeks (5g)	69

natriumarm sind. Die einzige Ausnahme bildeten die im Wettkampf angebotenen Salzkekse (siehe Tab. 2). Die Zufuhr großer Mengen stark gesalzener fester Nahrung oder von Salztabletten ist unter diesen Umständen möglicherweise problematisch, da dies zu stark hypertonen Verhältnissen im Magendarmtrakt führen kann. Die Folge wären ein zusätzlicher Flüssigkeitsverlust durch Flüssigkeitssekretion in den Magen-Darmtrakt und die Gefahr gastrointestinaler Beschwerden!

Es gibt einige Aspekte, die es notwendig erscheinen lassen, größere Na⁺- und EZV-Verluste während Langzeitbelastungen zu vermeiden: Die Verminderung des EZV und der Plasma-Natriumkonzentration können auf unterschiedlichen Wegen zu einer Beeinträchtigung von Leistungsfähigkeit und Gesundheit führen. Begünstigung der Entwicklung einer Hyponatriämie, Störungen der Thermoregulation (erhöhtes Risiko der Entwicklung von Hitzerschöpfung und Hitzschlag), Abfall von Blutdruck und Herzminutenvolumen wären mögliche Folgen.

Inwieweit und ab welcher Höhe eine Natriumzufuhr während Langzeitbelastungen neben einer ausreichenden Flüssigkeitszufuhr diesen Veränderungen entgegenwirkt, inwieweit das EZV davon be-

Athleten während 3-stündiger Belastungen (oder bis Belastungsabbruch) am Fahrradergometer mit 55% der VO₂max. Die Abnahme der Serum-Na⁺-Konzentration war, unabhängig von der Belastungszeit, in der Gruppe, die Wasser trank, sign. höher als in der Gruppe, die das natriumhaltige Sportgetränk konsumierte (-2,5±2,3 vs. -0,86±1,61 mmol·l⁻¹·h⁻¹). Ein Proband entwickelte sogar bereits nach dieser relativ kurzen Belastungszeit eine Hyponatriämie (Plasma-Na⁺: 128 mmol/l). Es bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen Belastungszeit und Natriumkonzentration: je geringer die Natriumkonzentration war, desto geringer war das Leistungsvermögen (vorzeitige Belastungsabbrüche). Auch die Urinproduktion war um so geringer, je niedriger die Serumnatriumkonzentration war.

Bei eigenen Untersuchungen konnten wir ebenfalls während 2-stündiger Ergometerbelastungen mit 60% der Maximalleistung eine Abnahme der Plasma-Na⁺-Konzentration und des Plasmavolumens feststellen, die bei einem vollständigen Ersatz des mit dem Schweiß verlorengegangenen Natriums während einer zweiten Versuchsreihe nicht auftraten (Daten noch unveröffentlicht).

Diese Daten bestätigen die Bedeutung einer ausreichenden Natriumzufuhr zur

Anschrift für die Autoren:

Dr. J. Zapf
Abteilung Sportmedizin/Sportphysiologie, Institut für Sportwissenschaft,
Universität Bayreuth
Universitätsstr. 30
95440 Bayreuth