

Zeitschrift: Magglingen : Monatszeitschrift der Eidgenössischen Sportschule Magglingen mit Jugend + Sport

Herausgeber: Eidgenössische Sportschule Magglingen

Band: 48 (1991)

Heft: 10

Artikel: Sport - Wärme - Schweiss - Dehydration - Rehydration : eine praxisorientierte Erklärung

Autor: Brouns, Fred

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-992927>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Sport – Wärme – Schweiss – Dehydratation – Rehydratation

Eine praxisorientierte Erklärung

Fred Brouns

Bewegung erzeugt Wärme, und Wärme erzeugt Schweiss. Das ist allgemein bekannt. Auch bekannt ist das Problem der mangelnden Flüssigkeitszufuhr beim Wettkampfsport, mit der sogenannten Dehydratation als Folge, die schon zu manchen Zusammenbrüchen geführt hat. Dr. Fred Brouns, bekannter Ernährungswissenschaftler, stellt in überaus klarer Form die ganze Vernetzung dieses Phänomens dar, das Athleten und Trainer immer wieder brennend interessiert.

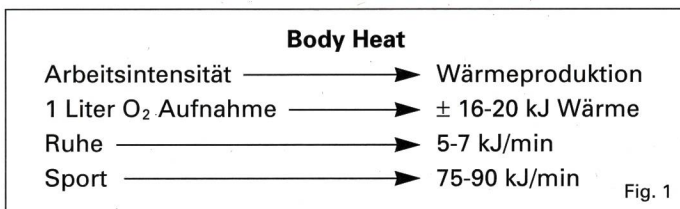


Fig. 1: Der Körper verbraucht Nährstoffe für die Energieproduktion, welche notwendig ist, um den Energiebedarf sämtlicher Körper- und Organfunktionen zu decken.

Mit steigender Arbeitsintensität aktiver Gewebe nimmt auch die Menge des für die Energiestoffwechselprozesse benötigten Sauerstoffs zu. Pro Liter Sauerstoff, der während der Muskel-Aktivität verbraucht wird, werden zirka 16 kJ (4 kcal) Wärme und 4 kJ (1 kcal) Energie für mechanische Arbeit erzeugt. In der Folge kann sich die Produktion von Körperwärme bei maximaler physischer Belastung gegenüber dem Ruhe-Wert um einen Faktor > 10 erhöhen.

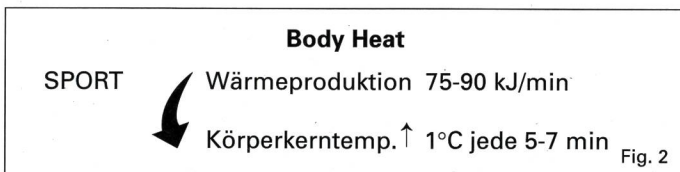


Fig. 2: Die bei maximaler Körperarbeit erzeugte Wärmemenge kann die Körperkerntemperatur alle 5 bis 7 Minuten um 1° Celsius erhöhen. Es ist klar, dass die überschüssige Wärme eliminiert werden muss, um Hyperthermie und Gesundheitsrisiken zu vermeiden.

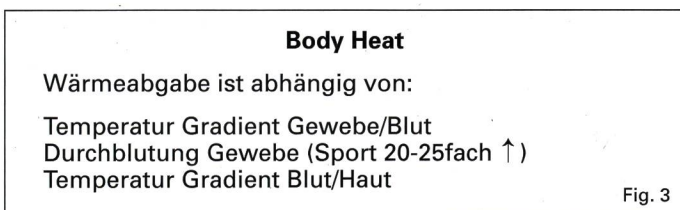


Fig. 3: Die in der Muskulatur erzeugte Wärme führt zu einer drastischen Temperaturerhöhung im Muskelgewebe. Diese

Wärme wird zum überwiegenden Teil vom zirkulierenden Blut aufgenommen, das im Vergleich zum umgebenden Muskelgewebe relativ kühl ist. Wieviel Wärme abgeleitet werden kann, hängt somit vom Temperaturunterschied zwischen Muskel und Blut sowie von der Durchblutung des Muskelgewebes ab. Letztere kann bei sportlicher Tätigkeit infolge des erhöhten Herzminutenvolumens (Herzfrequenz × Schlagvolumen) und des verringerten peripheren Gefässwiderstands auf das 20- bis 25fache ansteigen. Das Blut transportiert die Wärme zur Peripherie, wo die relativ kühle Haut einen weiteren Temperaturgradienten bildet, der eine Wärmeabgabe vom Blut an die Hautoberfläche bewirkt.

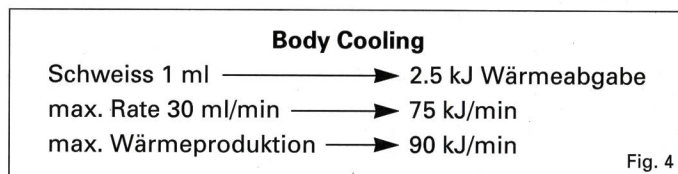


Fig. 4: Die fortgesetzte Wärmeproduktion führt zum Anstieg der Körperkerntemperatur. Um diesen Anstieg zu neutralisieren, kommt es zu einer vermehrten Schweissproduktion und Befeuchtung der Hautoberfläche zum Zwecke der Kühlung. Jeder ml Schweiss, der auf der Hautoberfläche verdunstet, bewirkt einen Wärmeverlust von 2,5 kJ (0,6 kcal).

Beim theoretischen Verdunstungs-Maximalwert von 1800 ml/h (bei einem erwachsenen Mann von 70 kg Körpergewicht) hat dies eine Wärmeabfuhr von zirka 80 Prozent der maximalen Wärmeproduktion zur Folge. Bei maximaler Arbeitsintensität muss daher die verbleibende Wärme entlang anderer Wege – zum Beispiel an die umgebende Luft oder Wasser mittels Strahlung und Konvektion eliminiert werden.

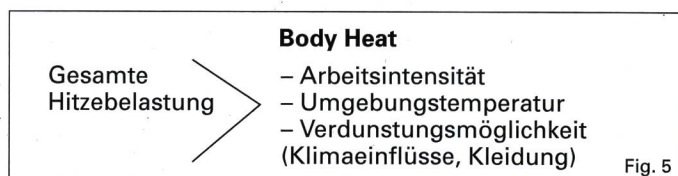


Fig. 5: Die gesamte Hitzebelastung ist von der Arbeitsintensität, der Umgebungstemperatur und der Verdunstungs-

möglichkeit abhängig. Je höher die Arbeitsintensität ist, desto mehr Wärme wird produziert.

Je höher die Umgebungstemperatur ist, desto weniger Wärme kann durch Strahlung und Konvektion abgegeben werden. Die Feuchtigkeit der Umgebung ist ein weiterer Faktor, der die Möglichkeit der Hautkühlung durch die Verdunstung des Schweißes beeinflusst.

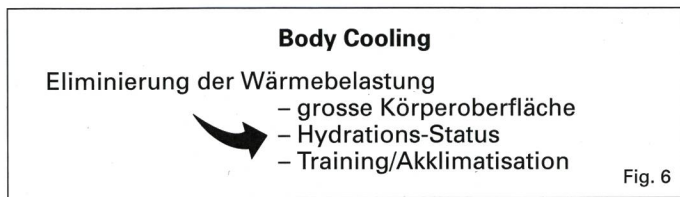


Fig. 6: Weitere Faktoren, die das Ausmass der Wärmeabfuhr bestimmen, sind der Hydrations-Status sowie der Trainingszustand und der Akklimationsgrad des Sportlers. Eine grössere Dehydratation kann die Schweißbildung und die Hautdurchblutung – und in der Folge die Verdunstungs- sowie Kühlkapazität – beeinträchtigen. Durch einen guten Trainingszustand und ausreichende Akklimation des Sportlers wird die Wärmeabgabe bei sportlicher Betätigung in warmer Umgebung verbessert. Auch die Art der Kleidung hat einen Einfluss darauf, wie gut der Schweiß verdunsten kann. Durch eine grosse Körperoberfläche wird die «Verdunstungs- und Kühlkapazität» zusätzlich erhöht.

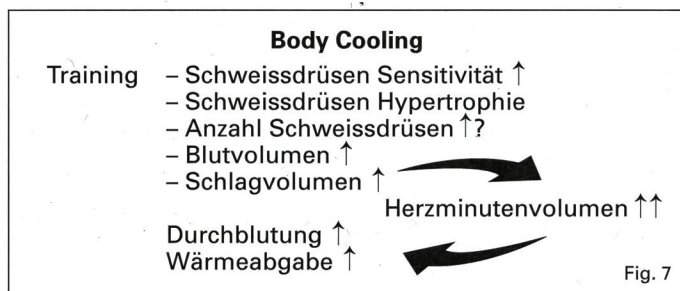


Fig. 7: Es gibt Anhaltspunkte dafür, dass sportliches Training die Schweißabsonderung quantitativ (Vergrößerung) verbessert und auch zu einem «ökonomischeren» Schwitzen führt, indem die Empfindlichkeit der Schweißdrüsen gegenüber der Wärmebelastung erhöht wird. In der Folge reagieren die «trainierten und akklimatisierten» Schweißdrüsen mit einem früheren Einsetzen der Schweißproduktion.

Zusätzlich wird durch Ausdauer-Training das Blut-Gesamtvolumen erhöht, was aufgrund des gesteigerten Schlagvolumens zu einem verbesserten Herzminutenvolumen bei einer bestimmten Herzfrequenz führt. In der Folge werden die Muskel- und Hautdurchblutung und damit auch die Wärmeabgabe verbessert.

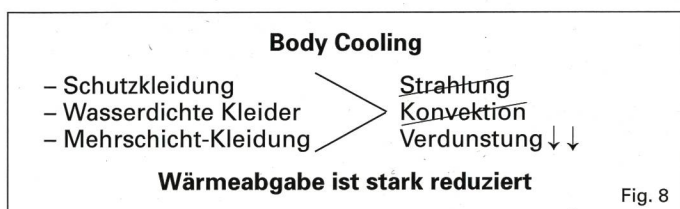


Fig. 8: Die Wärmeabgabe über die Haut und die Wärmeabfuhr durch Schweißverdunstung können durch ungeeignete Kleidung erheblich beeinträchtigt werden. Mehrschichtenbekleidung, Trainings- oder Schutzanzüge aus Nylon (American Football, Eishockey, Fechten) können die Schweißverdunstung sogar vollständig blockieren. Auch die Strahlung und Konvektion werden auf diese Weise zum grössten Teil

gestoppt, so dass die Wärmeabgabe gesamthaft auf kritische Werte herabgesetzt wird. Ungeeignete Kleidung ist generell als potentielles Gesundheitsrisiko zu betrachten, wenn in warmer Umgebung intensive körperliche Leistung erbracht wird.

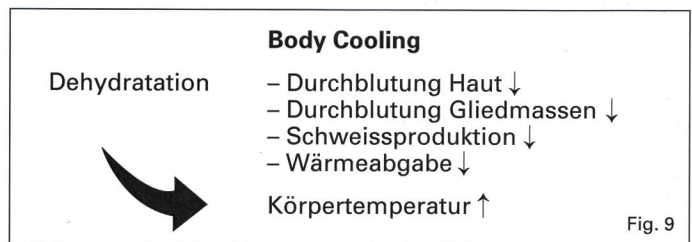


Fig. 9: Da die Schweißverdunstung eine wichtige Route der Wärmeabgabe darstellt, ist es klar, dass eine grössere Dehydratation, die sowohl die Durchblutung als auch die Schweißbildung beeinträchtigt, während intensiver, andauernder Anstrengung zu Hyperthermie infolge einer Reduktion der Wärmeabgabe führt. Da die Dehydratation von der Menge des abgegebenen Schweißes und letztere von der Arbeitsintensität, der Belastungsdauer, der Umgebungstemperatur und der Bekleidung abhängt, sollten sich Trainer und Sportler über die Effekte und Wechselwirkungen dieser Faktoren im klaren sein.

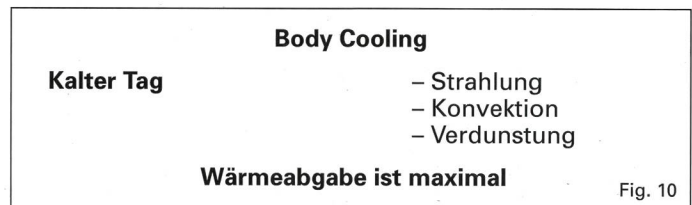


Fig. 10: An kalten, windigen Tagen mit normaler oder geringer Luftfeuchtigkeit ist die Wärmeabgabe über die verschiedenen verfügbaren Routen maximal. Solche Umgebungsbedingungen sind für schnelle Läufer, die maximale Wärmemengen erzeugen, optimal, da die Wärme weitgehend durch Strahlung und Konvektion und nur in begrenztem Masse durch das Schwitzen abgeführt wird. Bei den Langsamläufers, die relativ wenig Wärme erzeugen, kann es zur Unterkühlung kommen, wenn sie zu wenig oder nur leichte Kleidung tragen. Unter diesen Bedingungen tritt nur ein mässiger Flüssigkeitsverlust ein.

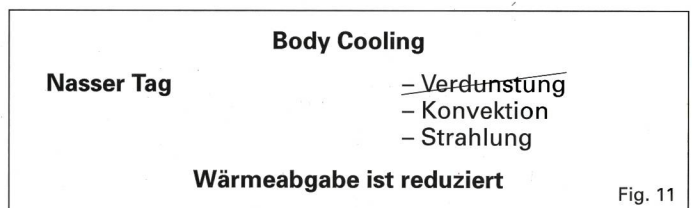


Fig. 11: An nassen Tagen mit hoher Luftfeuchtigkeit ist die Schweißverdunstung reduziert: der Körper ist praktisch ständig schweißnass und Schweißtropfen fallen herunter, eine sehr ineffiziente Art der Körperabkühlung. In dieser Situation kann die Wärmeabgabe schwer beeinträchtigt sein, wenn gleichzeitig hohe Umgebungstemperaturen herrschen, welche die Strahlung und Konvektion vermindern.

Unter solchen klimatischen Voraussetzungen durchgeführte Läufe können deshalb für den Ausdauersportler eine potentielle Gesundheitsgefährdung bedeuten. Da es in dieser Situation zu einem maximalen Flüssigkeitsverlust kommt, ist eine ausreichende Rehydratation für die Erhaltung seiner Gesundheit ausserordentlich wichtig. Dies ist nicht der Fall, wenn es in kühler Umgebung andauernd regnet, da der Regen eine direkte Abkühlung bewirkt.

Das gleiche gilt natürlich für Triathleten oder Marathon-
schwimmer, welche im kühlen Wasser schwimmen.

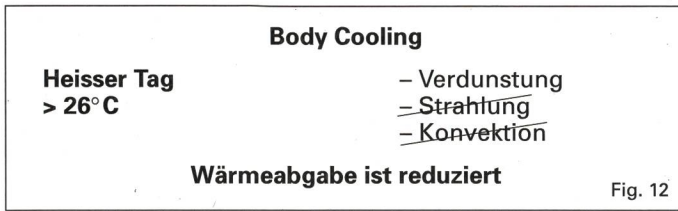


Fig. 12: An heißen Tagen mit normaler oder geringer Luftfeuchtigkeit wird die Wärmeabgabe über Strahlung und Konvektion minimal sein.

Die Schweissverdunstung bildet in dieser Situation die primäre Route der Wärmeabfuhr und kann unter solchen Bedingungen maximale Werte erreichen: Sportler können dann 1,5 bis 2,0 Liter Schweiss pro Stunde verlieren. Es dürfte einleuchten, dass eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr zur Vermeidung von Dehydratation und Wärmestau für die Gesundheit des in heisser Umgebung tätigen Ausdauersportlers von erstrangiger Bedeutung ist.

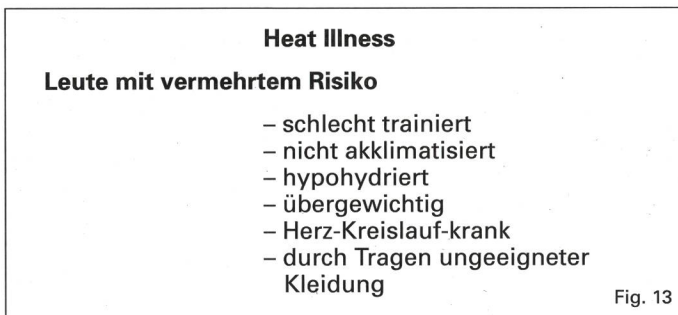
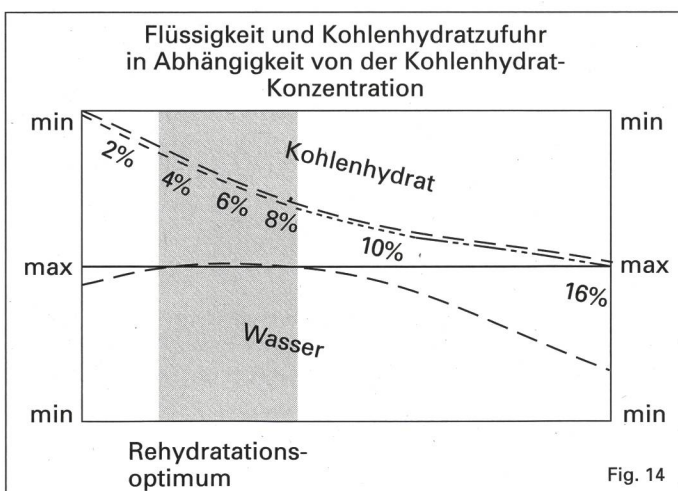


Fig. 13: Da Trainingszustand, Akklimatisation, Körperoberfläche, Dehydratationsgrad, Verdunstungsmöglichkeit und Bekleidung die Wärmeabgabe beeinflussen können, ist es klar, dass diese Faktoren auch für das Risiko des Sportlers von hitzebedingtem Stress, Hitzeerschöpfung oder Hitzschlag massgebend sind. Im gleichen Sinne charakterisieren diese Faktoren auch jene Sportler, welche mehr gefährdet sind durch Hitzestress.



- - - - - Heiss > 26°C/Warm und feucht > 22°C
- Warm 20-28°C
- Mässig bis kalt < 22°C

Fig. 14: Die Farbgebung zeigt an, welche Kohlenhydratkonzentration bei bestimmten klimatischen Bedingungen verwendet werden kann.

Die Magenentleerung ist der erste Schritt zur Verfügungstellung der Flüssigkeit für die Zirkulation. Nach der Magenentleerung wird die Flüssigkeit durch den Darm transportiert, wo Absorption ins Blut stattfindet.

Gestützt auf zahlreiche Studien kann behauptet werden, dass die Magenpassage in Ruhe oder während Belastung mit einer Intensität bis 70 Prozent VO₂ des maximalen Sauerstoffaufnahmevermögens nicht unterschiedlich ist. Auch gibt es zwischen trainierten und untrainierten Personen keinen Unterschied in der Magenentleerungsgeschwindigkeit.

Die Magenpassage wird jedoch durch den Energie/Kohlenhydratgehalt des Getränkes beeinflusst. Je konzentrierter ein Getränk ist, desto stärker wird die Magenpassage verlangsamt. Mit anderen Worten: reines Wasser oder Getränke mit niedriger Kohlenhydratkonzentration verlassen den Magen rasch. Sie liefern aber nur geringe Kohlenhydrat-(Energie)mengen.

Stärker konzentrierte Getränke (>80 g/Liter) verlassen den Magen langsamer, liefern jedoch aufgrund ihrer höheren Kohlenhydratkonzentration mehr Energie.

Kürzlich hat eine Reihe von wissenschaftlichen Studien gezeigt, dass die Magenentleerung von reinem Wasser oder Lösungen mit einem Kohlenhydratgehalt bis zu 80 g/Liter sich nicht wesentlich unterscheidet. Im Darm aber werden Getränke, die Kohlenhydrat und Natrium enthalten, signifikant schneller absorbiert.

Die viel gemachte Aussage, dass Wasser das beste Rehydrationsgetränk ist, kann nicht von wissenschaftlichen Beweisen unterstützt werden.

An Hand dieser Befunde kann man feststellen, dass das Rehydrationsoptimum bei Getränken erreicht wird, welche 30 bis 80 g Kohlenhydrate pro Liter und zusätzlich Natrium enthalten. Mehr konzentrierte Getränke innerhalb dieser Spannbreite liefern mehr Energie.

Gestützt auf unsere Erkenntnisse über das Schwitzen und die Dehydratation empfehlen wir deshalb, bei sportlicher Aktivität in heisser Umgebung, wo es zu hohen Flüssigkeitsverlusten kommt, niedriger konzentrierte Getränke einzunehmen. Derartige Getränke sollten maximal eine Osmolalität aufweisen, welche isotonisch mit dem Blut ist oder diese nur sehr wenig übersteigt (max. 325 mOsm).

Hypertone Getränke (der grösste Teil der Osmolalität von Sportlergetränken stammt von den Kohlenhydraten) erzeugen einen Wasserübergang von Blut in das Darmlumen, wodurch die Nettoabsorption von Flüssigkeit herabgesetzt wird. In Fig. 14 wird dieser umgekehrte Zusammenhang zwischen Kohlenhydratkonzentration (und dadurch Osmolalität) und Verfügbarkeit von Flüssigkeit graphisch dargestellt.

Höher konzentrierte Getränke können aber konsumiert werden, wenn weniger Flüssigkeit mit dem Schweiss verlorengeht (und deshalb die Notwendigkeit für eine möglichst rasche Flüssigkeitsabsorption gering ist) und die Zufuhr von Kohlenhydraten zur Erhaltung der optimalen Leistungsfähigkeit eventuell von vorrangiger Bedeutung ist. Dauert die Aktivität weniger als 30 Minuten, so besteht bezüglich Leistungsvermögen oder Gesundheit keine direkte Notwendigkeit, Flüssigkeit oder Kohlenhydrate zuzuführen.

Mit dem Körperschweiss werden auch Elektrolyte (Mineralien) ausgeschieden. Das Ausmass des Elektrolytverlusts hängt von einer Reihe von Faktoren ab. Bei stärkerer Schweissproduktion (zum Beispiel bei Aktivität in heissem Klima) werden einige Elektrolyte in grösseren Mengen ausgeschieden. Gut trainierte Personen entwickeln die Fähigkeit, die Menge der mit dem Schweiss abgesonderten Elektrolyte zu reduzieren. Die Elektrolytzusammensetzung von passiv induziertem Schweiss (Sauna) unterscheidet sich geringfügig von der, welche der aktiv induzierte Schweiss (Sport) aufweist. Auch zwischen den einzelnen Körperregionen gibt es Unterschiede in bezug auf die Menge der ausgeschiedenen Elektrolyte. So enthält zum Beispiel Schweiss, den man mit einer

Elektrolyt	Cl	Na	K	Ca	Mg
Mittelwert mmol/l	28,6	32,7	4,4	1	0,79
Mittelwert mg/l	1014	752	173	40	9
Spannweite mg/l	533–1495	413–1091	121–225	13–67	4–34
Angepasste Spannweite	500–1500	400–1100	120–225	× 3.33 50–125	× 2.86 15–100

Tabelle 1: Elektrolytgehalt des Ganzkörperschweisses

Gummimanschette am Unterarm gewonnen hat, viel mehr Kalium als zum Beispiel Schweiß vom Rücken. Aus diesen Gründen gibt es keine allgemeingültigen Werte für die Elektrolytzusammensetzung des menschlichen Schweißes.

Ein globales und trotzdem brauchbares Gesamtbild lässt sich jedoch gewinnen, indem man die im Ganzkörperschweiß aufgetretenen Elektrolytverluste mittels der sogenannten «whole body washdown Methode» (Gesamtkörperschweiß-Analysenmethode) unter verschiedenen Bedingungen misst. Bei Anwendung dieser Methode wird von den Elektrolyten ein Muster genommen, welche während der Ausdaueranstrengung vom ganzen Körper ausgeschieden werden. Auf diese Weise ist die bei der Verwendung lokaler Schweißproben gegebene Gefahr, dass zu hohe Werte (zum Beispiel des Kaliums) berechnet werden, ausgeschlossen. Nach gründlicher Analyse wurden aus der verfügbaren Literatur jene Studien ausgewählt, in denen der Schweiß unter Anwendung eines Ganzkörper-Abpülverfahrens bei verschiedenen Bedingungen (Anstrengungs- und saunainduziertem Schweißverlust) korrekt untersucht wurde. Aufgrund dieser Daten wurden Mittelwerte des Elektrolytverlustes und die Standardabweichung berechnet. Dieses Vorgehen ermöglichte es, die Variationsbreite des Elektrolytverlustes unter alltäglichen Bedingungen zu ermitteln. Korrektur für Bioverfügbarkeit, wobei für Absorption folgende Werte angenommen wurden, Na⁺, Cl⁻, K⁺ 100 Prozent und Ca⁺⁺ 30 Prozent, Mg⁺⁺ 35 Prozent, resultierte schlussendlich in einer optimalen Ausgleichsspannweite.

Da Sport-Rehydratationsgetränke ausschliesslich für den Ausgleich schweißbedingter Flüssigkeits- und Elektrolytverluste vieler Sport- und Fitness-Teilnehmer konzipiert sind, sollte der Elektrolytgehalt solcher Getränke die oben dargestellten Werte nicht überschreiten. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass – unabhängig vom eingenommenen Flüssigkeitsvolumen – keine Überfrachtung des Blutes mit Mineralien stattfindet, was zu überhöhten Blutelektrolytspiegeln und Hyperosmolalität führen würde. Jede weitere Einnahme von Mineralien (zum Beispiel Magnesium, Calcium, Selen usw.) sollte durch Nahrungsmittel realisiert werden, die an diesen Mikronährstoffen reich sind, oder wenn aus diätetischen/medizinischen Gründen erwünscht, als Supplemente zu den normalen Mahlzeiten.

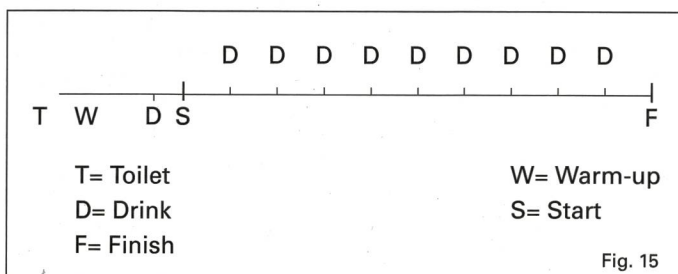


Fig. 15

Fig. 15: Das Ausmass der Dehydratation während sportlicher Aktivität wird durch eine Reihe von Faktoren, wie zum Beispiel die Flüssigkeitszufuhr direkt vor bzw. während des Wettkampfes beeinflusst. Das beste Prozedere, um eine optimale Flüssigkeitsbilanz zu gewährleisten, ist folgendes:

- Am besten sucht der Sportler 30–45 Minuten vor dem Start die Toilette auf, um Wasser zu lösen und den Darm zu entleeren. Dies ist wichtig, weil eine volle Blase sowie die Anwesenheit von Fäzes im Dickdarm das Trinkverhalten während des Wettkampfes beeinflussen können.

senheit von Fäzes im Dickdarm das Trinkverhalten während des Wettkampfes beeinflussen können.

- Danach sollte ein individuelles Aufwärm- und Stretching-Programm durchgeführt werden,
- dann soll der Sportler 3–5 Minuten vor dem Wettkampf, abhängig von der zu erwartenden Flüssigkeitsverluste, 300 bis 600 ml Flüssigkeit trinken,
- bei jeder Zwischenetappe – wann immer beträchtliche Flüssigkeitsmengen durch das Schwitzen verlorengehen – weitere Getränkeportionen zu sich nehmen.

Die Menge der einzunehmenden Flüssigkeit kann individuell stark unterschiedlich sein und hängt vom schweißbedingten Flüssigkeitsverlust ab. Die Einnahme wird ausserdem durch die geschmackliche Akzeptanz und die Zuträglichkeit der «Volumenzufuhr» beeinflusst. Sportler sollten das Trinken während der sportlichen Betätigung im Rahmen des Trainings üben. Die Wahl des Getränkes hängt von den klimatischen Umständen ab.

Der Sportler kann sich einen Begriff vom Ausmass des Flüssigkeitsverlustes während Ausdaueraktivitäten bilden, indem er sich vor und unmittelbar nach dem Wettkampf (unbekleidet) auf die Waage stellt. Dies ist eine wichtige Massnahme für jeden, der im Wettkampf seine persönliche Bestform erreichen will. Die einen schwitzen weniger, die anderen mehr. Es ist deshalb nicht möglich, absolut generelle quantitative Richtlinien darüber aufzustellen, wieviel ein Sportler trinken soll.

In der Regel beträgt das mittlere Maximum der eingenommenen Flüssigkeitsvolumina bei Ausdauerwettkämpfen 400 bis 600 ml pro Stunde. In der Praxis können jedoch die Flüssigkeitsmengen, die beispielsweise ein wenig schwitzender kleiner Läufer und ein stark schwitzender grosser Läufer einnehmen bzw. vertragen, ganz erheblich von diesen Durchschnittswerten abweichen. Im allgemeinen kann man davon ausgehen, dass der Gewichtsnettoverlust (kg) minus 1 kg nach dem sportlichen Einsatz der Wassermenge entspricht, die zur Erreichung einer optimalen Flüssigkeitsbilanz fehlt.

Die Sportler müssen wissen, dass das Durstgefühl während der sportlichen Aktivität unterdrückt wird. Keinen Durst zu haben bedeutet nicht, dass der Körper nicht dehydriert ist. ■

Körpergewichtsverlust (kg) – 1 kg = Flüssigkeit (Liter), welche zuwenig eingenommen worden ist.

Empfohlene Literatur:

- Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial extremes.
K.B. Pandolf, M.N. Sawka, R.R. Gonzales (ed.) Benchmark Press, Indianapolis, 1988.
- Fluid Homeostasis During Exercise.
C.V. Gisolfi, D.R. Lamb (editors). Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, vol. 3. Benchmark Press 1990.
- Limits to Fluid Availability during Exercise.
N.J. Rehrer. De Vriescheborch, Haarlem, 1990.
- Advances in Top Sport and Nutrition.
F. Brouns, W.H.M. Saris, E.A. Newsholme (editors) Medicine and Sport Science, Vol. 32.
Karger Ltd, Basel, Sommer 1991, in druck.
- Anschrift des Autors:
Dr. F. Brouns, Ernährungsforschungszentrum, Abt. Human Biologie Universität von Limburg. Maastricht/Niederlande