



H. Moeller¹,
A. M. Niess²

Getränke im Sport

¹) Universitätskinderklinik
(Geschäftsführender Direktor Prof. D. Niethammer)
²) Abteilung Sportmedizin (Direktor Prof. H.-H. Dickhuth),
Universität Tübingen

A. Einleitung

Sportgetränke sollen während sportlicher Belastung den Verlust von Wasser kompensieren, die Elektrolytkonzentrationen im EZV normal halten und die Entstehung von Hypoglykämien vermeiden. Sie helfen dadurch, die Leistungsfähigkeit während der Belastung weitgehend zu erhalten.

Das Volumen sollte ausreichend sein, um den Gewichtsverlust während der Belastung unter 1 % zu halten. Dies stößt jedoch häufig auf Schwierigkeiten: die Einzeldosen können höchstens 250 ml betragen, und die Geschwindigkeit der Magenentleerung ist limitierend.

Zur Zusammensetzung der Getränke gibt es sehr unterschiedliche Empfehlungen (Zusammenfassung in 4): Leitungswasser; verdünnte Fruchtsäfte; Elektrolytgetränke unterschiedlicher Zusammensetzung; Elektrolytgetränke mit Kohlenhydraten unterschiedlicher Art und Konzentration; alkalisierende Getränke. Der Verbraucher - auch der medizinisch gebildete - kann verwirrt sein.

In diesem Artikel stellen wir Empfehlungen vor, die uns rational und physiologisch gut begründet erscheinen (6). Den Empfehlungen schicken wir 8 kurze Module zur Physiologie voraus, die begründen sollen, warum wir die Empfehlungen für richtig halten

Anmerkungen zur zitierten Literatur und zu der Zitierweise:

Zu einem Teil handelt es sich um Übersichtsarbeiten (1, 3, 6-8, 10 und 11, 14 und 15) bzw. ein Lehrbuch (9). Wir zitieren sie in der vorliegenden Arbeit nicht bei jedem Bezug und belassen es meistens bei diesem allgemeinen Hinweis. Die übrigen Arbeiten sind Original-

arbeiten. Sie werden bei jedem einzelnen Bezug zitiert.

B. Module zur Physiologie

I. Dehydratation beeinträchtigt die sportliche Leistungsfähigkeit

Bei 3% Gewichtsabnahme durch Schwitzen ist die maximale aerobe Kapazität wesentlich beeinträchtigt. Für einen 70 kg schweren Mann, dessen Gesamtkörperwasser (TBW) im euhydratisierten Zustand 46 l (66 % des Körpergewichts) ist, sind dies 2,1 l Wasserverlust, entsprechend 4,6 % des TBW.

Bei hoher Umgebungstemperatur tritt dieselbe Leistungseinschränkung schon bei 2 % Gewichtsverlust ein, obwohl die Hypovolämie hier geringer ist. Der Grund dafür ist die Einschränkung der Thermoregulation (s. B III). Sie führt zu einer stärkeren Erhöhung der Körperkerntemperatur, die zusätzlich leistungsmindernd ist.

Submaximale aerobe Leistungen, wie sie z.B. von Langstreckenläufern, Radfahrern und Triathleten gefordert werden, sind schon bei 1-2 % Gewichtsverlust beeinträchtigt.

Ferner verstärkt Dehydratation den Sympathikotonus. Dadurch können kognitive, koordinative und emotionale Leistungen beeinträchtigt werden. Extreme Folgen sieht man z.B. bei 5 % Gewichtsverlust in Höhen über 5000 m mit mangelhafter Adaptation: Kopfschmerz, Konzentrationsschwäche, Nervosität, Schlaflosigkeit, Durchfall (5).

Bei Frauen liegen die kritischen Gewichtsverluste niedriger, sofern ihr Körperfettgehalt höher ist als der der Män-

ner. Denn dann ist der Anteil des TBW am Körpergewicht niedriger, und derselbe Gewichtsverlust macht einen höheren Anteil des TBW aus als beim gleichgewichtigen Mann aus.

Folgerung:

Während sportlicher Belastung sollte die Dehydratation minimiert werden, um die Leistungsfähigkeit zu erhalten.

II. Schutz von Plasmavolumen und -osmolarität bei Dehydratation

Schweiß ist in Bezug auf das EZV und IZV hypoosmolar, im wesentlichen wegen der niedrigen Kochsalzkonzentration: sie liegt beim Untrainierten bei 40 mM, beim Trainierten und Hitzeadaptierten unter 20 mM. Daher müßte der Schwitzende hypernatriämisch und hyperosmolar werden, um so mehr, da er zusätzlich noch reines Wasser ohne osmotisch wirksame Substanzen durch perspiratio insensibilis verliert.

Beispiel: Ein 70 kg schwerer Mann verliert 4 % seines Körpergewichts durch Schwitzen, das entspricht 2,8 l = 6 % seines TBW. Wenn der Schweiß 20 mM Na enthält, verliert das EZV 56 mmol Na. Es schrumpft von 18 auf 15,2 l, und die Na-Konzentration steigt von 140 auf 165 mM, wenn keine Gegenregulierung erfolgt.

Tatsächlich erfolgt eine Regulation durch Verschiebung von Wasser aus dem IZV in das EZV: das EZV steigt im Verhältnis zum IZV, und die zu erwartende Hyperosmolarität wird abgepuffert. Das IZV von Muskel und Haut schrumpft besonders stark, während das von Leber und Gehirn hiervon bemerkenswert lange ausgenommen ist.

Das Plasmavolumen bleibt bei Dehydratation stärker erhalten als das der anderen Wasserkompartimente. Bei Euhydratation beträgt es 10 % des TBW. Dieser Anteil bleibt bei leichter, schwerer



und schwerster Dehydratation (Verlust von 3, 6 bzw. 9 % des TBW) erhalten. Er beträgt 10, 10 bzw. 11 % des TBW. Die Änderung ist also im Gegensatz zu der der anderen Wasserkompartimente linear zum Verlust an TBW. Dieser besondere - lebenswichtige - Schutz ist der hohen onkotischen Aktivität der Plasmaproteine zu verdanken.

Zusammenfassung:

Bei Dehydratation durch Schwitzen wird die Osmolarität des EZV durch einen Wassershift aus dem IZV gegen die Tendenz zur Hyperosmolarität gepuffert, das Plasmavolumen durch die hohe onkotische Aktivität der Plasmaproteine besonders geschützt.

III. Thermoregulation

Bei Muskelarbeit, also auch bei sportlicher Belastung, entsteht Wärme. Sie muß abgeführt werden. Anderenfalls kommt es zur Erhöhung der Körperkern-temperatur mit Leistungsminderung, im Extremfall zur Thermokatastrophe in der Hyperpyrexie.

Die Wärme wird abgeführt durch

- **Abstrahlung:** sie ist um so effektiver, je tiefer die Umgebungstemperatur unter der Hauttemperatur liegt. Sind beide gleich, gibt es keine Abstrahlung mehr (28-30°C). Bei höherer Umgebungstemperatur erfolgt Wärmeeinstrahlung mit Erwärmung des Körpers.
- **Leitung:** besonders wichtig im Wasser. Die Wärme wird per continuitatem an die Umgebung abgegeben. Die Effektivität wird durch die Wärmeleitfähigkeit und -kapazität des Außenmediums bestimmt. Beide sind bei Wasser besonders hoch, bei Luft dagegen niedrig. Der Temperaturgradient wirkt sich ebenso aus wie bei der Abstrahlung.
- **Konvektion:** Wegwehen (Wind) oder Wegspülen (Wasser) von Wärme aus der Grenzschicht zur Haut. Sie ist von der Wind- bzw. Fließgeschwindigkeit des Wassers abhängig: je höher die Geschwindigkeit, desto stärker die Kühlung.
- **Verdampfung von Wasser:** die Verdampfung von 1 l Schweiß entzieht dem Körper 540 kcal. Das ist ausreichend, um die Körpertemperatur eines 70 kg schweren Menschen um 7-8°C zu senken, sofern keine Wärme

nachproduziert wird. Oder, vielleicht anschaulicher, die Erwärmung des Körpers um 7-8°C zu verhindern, die bei sportlichem Energieumsatz von 770 kcal bei 30 % Wirkungsgrad erfolgen würde. Dieser Energieumsatz wird durchschnittlich erreicht bei 55 min Training im Handball, Basketball, Hockey, Ringen, Judo, 95 min Tennistraining, 140 min Tischtennis-training, 190 min Gehen auf der Ebene, Geschwindigkeit 5 km/h ((9, pp 101ff)), ist also auch für den Breitensport realistisch.

Das Verdunsten von Schweiß - und Wasser über die Atemluft - ist eine besonders effektive Art der Wärmeabfuhr. Sie ist auch noch bei hoher Lufttemperatur wirksam. Natürlich nur, wenn der Schweiß auf der Haut verdunstet und nicht, wenn er abtropft! Daher trägt der sichtbare Schweiß weniger zur Thermoregulation bei als der, der zeitgleich mit seiner Exkretion verdunstet und somit gar nicht erst sichtbar wird.

Die Wärmeabgabe durch Schwitzen wird durch hohe Luftfeuchtigkeit und durch Dehydratation behindert:

- **Luftfeuchtigkeit:** eine trockene Sauna bei 60°C wird als angenehme Wärme empfunden, der Schweiß verdunstet, ohne sichtbar zu werden, und die Haut bleibt trocken. Dagegen hält man ein Dampfbad bei gleicher Temperatur nur kurz aus, da man sich überwärmt: der Schweiß kann nicht verdampfen, er tropft ab, ohne zu kühlen.
- **Dehydratation:** Die Tendenz der Kreislaufzentralisierung setzt die Hautdurchblutung herab. Dadurch wird nicht nur die Hauttemperatur gesenkt (Folgen: Behinderung von Wärmeabstrahlung und -leitung), sondern auch die Schweißexkretion behindert. Pro % Gewichtsverlust durch Dehydratation steigt die Körperkern-temperatur bei gleicher sportlicher Belastung um 0,1-0,4°C, abhängig von Außentemperatur und Luftfeuchtigkeit.

Folgerung:

Eine gute Rehydratation während sportlicher Belastung ist Voraussetzung für eine gute Thermoregulation. Dies gilt nicht so sehr für Sport im Wasser, weil die Wärme hier vorwiegend durch Wärmeleitung abgeführt wird.

IV. Ist Trinken während sportlicher Belastung unbekömmlich?

Etwa jeder dritte Marathonläufer hat - abhängig von Trainingszustand und äußeren Bedingungen - während des Laufs gastrointestinale Beschwerden: Übelkeit, Aufstoßen, Erbrechen, Bauchschmerz, Darmkrämpfe, Flatulenz, Durchfall. Aus Studien mit Triathleten weiß man, daß diese Beschwerden beim Lauf häufiger sind als bei den mehr gleitenden Fortbewegungsarten Radfahren und Schwimmen (11).

Erbrechen und Oberbauchkrämpfe werden durch hypertone Getränke (>325 mosm/kg) sowie durch feste Nahrung innerhalb von 30 min vor dem Start begünstigt.

Faserreiche Nahrung vor dem Start begünstigt Darmkrämpfe, Flatulenz und Durchfälle während der sportlichen Belastung, besonders wenn sie zusätzlich zu Kohlenhydraten Fett und Eiweiß enthält. Ebenso begünstigen sehr kalte Getränke - um 4 °C - gastrointestinale Beschwerden. Sie haben z.B. einige Marathonläuferinnen bei der Weltmeisterschaft 1991 zum Abbruch gezwungen.

Das Risiko gastrointestinaler Beschwerden steigt mit dem Grad der Dehydratation. Dagegen sind große Trinkmengen isoliert kein Risikofaktor für die Beschwerden.

Folgerungen:

Für Euhydration sorgen durch hypo- oder isotone Getränke mit hohem Anteil an Maltodextrinen vor und während der Belastung.

Zusätzlich können Kohlenhydrate durch faserarme Kekse und fettarme Energieriegel oder Banane zugeführt werden, sofern die Dauer der Belastung das erfordert (s. B VII).

Das Trinken während des Trainings und des Wettkampfes mit langen Belastungen - besonders bei Umgebungstemperaturen über 20°C - muß trainiert werden.

Sehr kalte Getränke - z.B. 4°C (Kühlschranktemperatur) - sind zu meiden.

V. Wieviel Flüssigkeit soll substituiert werden? Durst ist ein schlechter Ratgeber!

Physiologisch ideal wäre der vollständige Ersatz der verlorenen Flüssigkeit. Das



stößt jedoch auf praktische Schwierigkeiten. Einerseits kostet die Flüssigkeitsaufnahme - zumindest beim Laufen - Zeit. Andererseits bekommt eine Reihe von Athleten gastrointestinale Beschwerden, wenn sie vor oder während einer Ausdauerbelastung trinken (s. B IV).

Ist Durst ein guter Antrieb, die physiologisch optimale Trinkmenge tatsächlich aufzunehmen?

Die spontane Trinkmenge bei Belastung kann mit der folgenden Gleichung von Engell u.a. (2) gut vorausgesagt werden:

Wasseraufnahme [l/h] = $-16,5$ [Plasmaosmolalität, mosm/kg] + $0,14$ [Plasmavolumen, l]

Die Gleichung deckt 65% der Streuung ab. Bemerkenswert ist, daß die Osmolalität ein erheblich höheres Gewicht als das Plasmavolumen hat.

Beispiel: Ein 70 kg schwerer Mann mit 5% Dehydratation (4,37 l Plasmavolumen, 300 mosm/kg) trinkt spontan nur 1,9 l, obwohl er 3,5 l Wasser verloren hat. Wäre die Osmolalität 295 mosm/kg, würde er 1,8 l trinken.

Das heißt: Durst ist kein guter Ratgeber für die optimale Rehydratation. Wer sich ausschließlich von ihm leiten läßt, gerät bei langer Belastung in eine ungewollte und unbemerkte Dehydratation. Das deckt sich mit der Erfahrung, daß die meisten Ausdauerläufer während der Belastung nur 30-50% ihres Wasserverlustes durch spontanes Trinken ausgleichen. Und trotzdem bringen sie gute Leistungen!

Daher ist die Frage, wieviel Flüssigkeit tatsächlich substituiert werden muß, um die optimale Leistungsfähigkeit zu erhalten.

Erstaunlicherweise gibt es hierzu bisher keine verlässlichen Daten. Denn die meisten Ergebnisse zur Leistungseinbuße als Folge von Dehydratation stammen aus Studien, bei denen die Dehydratation der körperlichen Belastung vorausging und nicht durch sie verursacht wurde: Hitzeexposition bei hoher Luftfeuchtigkeit oder durch Diuretika.

Die Erfahrung im Sport zeigt dagegen, daß Dehydratation durch sportliche Belastung besser toleriert wird. Eine vollständige Rehydratation während der Belastung ist offensichtlich nicht erforderlich. Jedoch fehlen quantitative Ergeb-

nisse, um konkrete Empfehlungen begründen zu können.

Folgerung:

Es können keine experimentell begründeten Empfehlungen für die minimale Trinkmenge gegeben werden, die bei Ausdauerbelastungen die optimale Leistungsfähigkeit erhält.

Jedoch nehmen die meisten Spitzenathleten in lang währenden Ausdauerdisziplinen heute - im Gegensatz zu früher - während der Belastung in regelmäßigen Abständen Getränke zu sich.

VI. Werden Getränke während sportlicher Belastung absorbiert?

Geschwindigkeit der Magenentleerung:

Sie werden absorbiert, allerdings langsamer als in Ruhe. So hatten 10.000 m-Läufer während des Laufs nach 20 min ein Absorptionsdefizit von 55 % für Wasser (Median für 16 Athleten) gegenüber dem Ruheversuch. Nach 85 min Lauf bestanden noch immer 21 % Absorptionsdefizit (13).

Da Wasser im Magen etwa 10 mal langsamer absorbiert wird als im Dünndarm, ist die Geschwindigkeit der Magenentleerung bestimmend für die Absorptionsgeschwindigkeit.

Die Geschwindigkeit der Magenentleerung liegt bei 600-1000, maximal 1200 ml pro Stunde. Sie wird beeinflusst durch

- den **Füllungsgrad des Magens.** Je voller er ist, desto höher ist die Entleerungsgeschwindigkeit. Jeder Trunk wird anfangs schnell und dann - einer Exponentialfunktion folgend - immer langsamer in den Dünndarm entleert.

Beispiel (berechnet nach Daten in (11)): Radfahrer tranken vor Beginn einer Belastung mit 70% VO₂max Intensität 600 ml (8 ml/kg Körpergewicht). Die gesamte Menge wurde während der Belastung mit der Halbwertszeit 12-15 min aus dem Magen entleert. In einem zweiten Versuch tranken die Probanden zusätzlich während der Belastung dreimal, alle 20 min, jeweils 150 ml: nach 80 min waren sämtliche 950 ml entleert.

- die **Zusammensetzung des Getränks:** Wasser wird in Ruhe mit 8-12 min Halbwertszeit entleert. Kohlenhydratzusätze bis zu 8 % beeinflussen die Entleerungsgeschwindigkeit nicht. Höhere Konzentrationen verlangsamen die Entleerung, offenbar unabhängig von der Osmolarität. Denn dies gilt für Maltodextrine in

gleichem Maß wie für Mono- und Disaccharide. Na (bis 140 mM) und K (bis 28 mM) beeinflussen die Magenentleerung nicht (11).

- Dehydratation verlangsamt die Magenentleerung.

Beispiel (berechnet nach(11)): die Probanden liefen bei 60 % ihrer Maximalgeschwindigkeit, bis sie 3,7 % ihres Körpergewichts abgenommen hatten, im Schnitt 1:52 h. Dann tranken sie 8 ml/kg Körpergewicht eines isotonischen, kohlenhydrat- und Na-haltigen Getränks. Die Halbwertszeit der Magenentleerung lag bei 12 min gegenüber 8 min ohne vorherige Dehydratation.

Konsequenzen:

Vor Beginn einer Ausdauerbelastung so viel trinken, wie vertragen wird. Während der Belastung in kleineren Portionen regelmäßig nachtrinken. Bis zu 1000 ml/h können in der Regel genutzt werden.

Das Getränk sollte nicht mehr als 8 % Kohlenhydrate enthalten, es sei denn, eine höhere Zufuhr ist wirklich erforderlich (s. B VII).

Dehydratation vermeiden, sie verlangsamt die Entleerung des Magens!

VII. Nützt die Zufuhr von Kohlenhydraten während einer sportlichen Belastung?

Tabelle 1 zeigt, modifiziert nach (1), woher der Muskel während einer Belastung über vier Stunden mit 70% VO₂max Intensität seine Energie bezieht.

Die Daten können folgendermaßen gedeutet werden:

- Die Glycogenreserven sind - abhängig von der Belastungsintensität - spätestens nach drei bis vier Stunden verbraucht. Die weiterhin benötigte Glucose wird zunehmend dem Blut entnommen.
- Bei längeren Belastungen müssen daher Kohlenhydrate zugeführt werden.

Tatsächlich werden während der Belastung zugeführte Kohlenhydrate noch während der Belastung oxidiert, so daß die Zufuhr sinnvoll ist (referiert in (12)). Die Oxydation beginnt z.B. bei hoher Belastungsintensität (90% VO₂max) schon etwa 10 min nach der Zufuhr und erreicht ihr Maximum etwa 40 min später (12). Die Einnahme von Kohlenhydraten ist also während längerer Ausdauerbelastungen besonders sinnvoll!

Tabelle 1: Energiequellen des Muskels während einer Belastung über 4 Stunden mit 70 % $\dot{V}O_2$ max.

	Ruhe	1 h	2 h	3 h	4 h
Muskel-Glykogen (%)	45	37	30	15	0
Blut-Glucose (%)	15	20	25	35	45
Fett (%)	40	43	45	50	55
RQ	0,88	0,87	0,87	0,85	0,84

Erfahrungsgemäß sind 45-60 g Kohlenhydrate pro Stunde erforderlich. Das wäre z.B. mit 1 l 6 % Saccharose möglich. Wenn der Athlet während der Belastung soviel nicht trinken kann (die meisten Ausdauerathleten trinken freiwillig nur 400-600 ml pro Stunde), muß die Kohlenhydratkonzentration erhöht werden. Disaccharidkonzentrationen über 8 % werden nicht gut akzeptiert, da sie zu süß schmecken und häufig Magenbeschwerden verursachen (s. B IV). Außerdem führen sie zu einer unerwünschten osmotisch bedingten Sekretion von Wasser in das Lumen von Magen und Darm. Hier haben sich Oligosaccharidgemische, z.B. Maltodextrine, bewährt. Sie sind osmotisch wenig aktiv, geschmacklich neutral und gut verträglich.

Konsequenzen:

Bei Belastungen bis zu 1 h Dauer sind Kohlenhydrate im Getränk nicht erforderlich, bei Belastungen bis zu 2 h Stunden können sie nützlich sein, bei längeren Belastungen sind sie nötig und sollten von Anfang an im Getränk enthalten sein.

Maltodextrine sollten aus osmotischen Gründen den Vorrang vor Mono- und Disacchariden haben, in jedem Fall bei Kohlenhydratkonzentrationen über 8 %.

VIII. Na- Bedarf unter sportlicher Belastung. Ist eine Hyponatriämie zu befürchten?

Mit dem Schweiß geht Na verloren, allerdings in niedrigerer Konzentration als im EZV. Daher besteht zunächst die Tendenz zur Hypernatriämie. Sie wird durch einen Wassershift aus dem IZV in das EZV vermieden. Die treibende Kraft ist der neu entstandene osmotische Gradient. Daher ist eine Na-Substitution während der Belastung primär nicht erforderlich.

Dies kann sich aber bei großen Schweißverlusten ändern, wenn Flüssigkeit substituiert wird.

1. Beispiel: Ein männlicher Sportler (70 kg, 18 l EZV) verliert 2 l Schweiß und damit 40-80 mmol Na. Selbst wenn er das Volumen mit Na-freiem Leitungswasser auffüllen würde, säne die Na-Konzentration im EZV nur um 2 bzw. 4 mM. Das ist klinisch unbedeutsam.

2. Beispiel: Derselbe Sportler verliert bei einem Marathonlauf in 3 Stunden 5 l Schweiß und damit 100-200 mmol Na. Vollständiger Volumenersatz mit Leitungswasser würde die Na-Konzentration im EZV um 6 bzw. 12 mM senken, was je nach Ausgangswert an die Grenze der Hyponatriämie (130 mM) führen kann. Diese Trinkmenge wird in der Praxis jedoch nicht erreicht, sondern allenfalls die Hälfte, was nicht zur Hyponatriämie führt. Daher ist eine Na-Substitution auch hier nicht erforderlich.

3. Beispiel: Derselbe Sportler nimmt mit einer Intensität zwischen 30 und 70 % der $\dot{V}O_2$ max an einem Ultralanglauf teil. Er verliert in 10 Stunden 10 l Schweiß mit 200-400 mmol Na. Hier würde der vollständige Flüssigkeitseratz mit Na-freier Flüssigkeit zur Absenkung der Na-Konzentration im EZV um 11-22 mM, also in die Hyponatriämie führen. Die Folge wäre ein Hirnödem. Das ist realistisch, denn in der Literatur wird von solchen Fällen immer wieder berichtet. Hier ist der Zusatz von 20-40 mM Na zum Rehydratationsgetränk erforderlich.

Vielen Sportgetränken ist NaCl auch unter anderen Gesichtspunkten als dem der Substitution zugesetzt: der enterale Glucosetransporter transportiert ein Molekül Glucose im Verbund mit 2 Na-Ionen, dem Hydratwasser und dem osmotisch erforderlichen Wasser durch die Mucosa. Na-Ionen und Glucose begünstigen daher gegenseitig ihre Absorption ebenso wie die von Wasser. Kohlenhydratlösungen schmecken besser, wenn sie etwas NaCl enthalten. Daher werden sie von vielen Sportlern besser akzeptiert als reine Kohlenhydratlösungen.

Jedoch gibt es auch Hinweise darauf, daß der weit verbreitete Zusatz von etwa 20 mM NaCl zum Rehydratationsgetränk bei Belastungen bis zu 90 min leistungsmindernd sein kann (4).

Folgerung:

Sportgetränke müssen bei kleinen und mittleren Schweißverlusten kein Na enthalten, wohl aber bei großen. Die Grenze ist von den Körpermaßen, dem Trainingszustand und der Na-Konzentration im EZV vor Beginn der Belastung abhängig, dürfte aber selten unter 4 l liegen.

C. Empfehlungen

Aus den vorstehenden Modulen zur Physiologie folgt, daß es keine einheitliche Trinkempfehlung gibt, die für alle Arten sportlicher Belastung richtig ist. Vielmehr müssen Umfang und Intensität der Belastung, Trainingszustand und Umgebungsbedingungen berücksichtigt werden. Im folgenden stellen wir - etwas modifiziert - die Empfehlungen von *Gisolfi und Duchman* (6) vor, die diese Anforderungen rational nachvollziehbar erfüllen.

I. Belastung kürzer als eine Stunde, Intensität der Belastung: 80 - 130 % von $\dot{V}O_2$ max

Unmittelbarer Zweck:

Ersatz von Flüssigkeit.

Zusammensetzung:

Innerhalb von 30 - 60 min vor der Belastung: nur Wasser, oder 30-50 g Kohlenhydrate und Wasser, eventuell mit 10-20 mM NaCl.

Während der Belastung: Wasser.

Volumen und Portionierung (kann individuell sehr unterschiedlich sein):

Vor der Belastung: 300 - 500 ml in Portionen zu 125 - 250 ml.

Während der Belastung: 500 - 1000 ml in Portionen zu 125 - 250 ml.

Anmerkungen:

Viele Athleten nehmen während Belastungen, die kürzer als eine Stunde sind, überhaupt keine Flüssigkeit zu sich, um keine Zeit zu verlieren.

Der Nutzen des Trinkens ist bei hoher Leistungsintensität nicht sicher, da die Magenentleerung bei Intensitäten über 75 % $\dot{V}O_2$ max signifikant verzögert ist. Siehe jedoch (12), referiert in B VII!

NaCl ist nicht erforderlich. Es dient lediglich zur Verbesserung des Geschmacks der Kohlenhydratlösungen.



Friedrich hat gezeigt (4), daß die Präzision, mit der Tischtennispieler ($n=18$) 90 min lang intensiv gegen eine Ballmaschine spielen, ohne zu trinken, nicht leidet, obwohl die Spieler im Median 1,9 % des Körpergewichts verlieren. Sie spielen sogar schlechter, wenn sie ein isotones kohlenhydrat- und Na-haltiges Rehydratationsgetränk erhalten.

Verdünnter Apfelsaft (1 Volumen Apfelsaft + 2 Volumina Wasser) ist weit verbreitet. Günstig sind die Na-Armut und der Kohlenhydratgehalt. Unerwünscht, aber offenbar nicht nachteilig, ist die hohe K-Konzentration. In der kontrollierten Studie von Friedrich (4) war verdünnter Apfelsaft dem Na- und kohlenhydrathaltigen Rehydratationsgetränk sogar überlegen.

II. Belastung 1 bis 3 Stunden, Intensität der Belastung: 60 - 90 % VO_2max

Unmittelbarer Zweck: Substitution von Wasser und Kohlenhydraten.

Zusammensetzung:

Vor der Belastung: wie C I.
Während der Belastung: Wasser mit 6-8 % Kohlenhydraten, Maltodextrine bevorzugt (s. B VII), zusätzlich 10-20 mM NaCl.

Volumen und Portionierung (kann individuell sehr unterschiedlich sein):

Vor der Belastung: wie C I.

Während der Belastung: 500-1000 ml stündlich, in Portionen zu 125-250 ml. Höhere Volumina sind anzustreben.

Anmerkungen:

Belastungen dieses Umfangs und dieser Intensität können zu Glykogendepletion, Hypoglykämie, Hypovolämie, Dehydratation und Hyperthermie führen. Eine geeignete Substitution kann dies mildern und die Leistung verbessern.

Der Zusatz von Na hat hier nicht den Zweck, Hyponatriämien zu vermeiden. Sie treten bei diesem Umfang und dieser Intensität nicht auf. Er dient vielmehr der Geschmacksverbesserung. Fraglich ist, ob die Absorption von Glucose und Wasser durch den Zusatz von Na tatsächlich gefördert wird. Denn hierzu ist die Na-Konzentration der intestinalen Sekrete ausreichend.

In der Regel gelingt es nicht, den Flüssigkeitsverlust vollständig auszugleichen, sondern nur zu 50 - 66 %.

III. Belastungen länger als 3 Stunden, Belastungsintensität 30-70 % VO_2max

Zweck der Substitution: Ersatz von Wasser, Kohlenhydraten und Na.

Zusammensetzung:

Vor der Belastung: wie C I.

Während der Belastung: 20 - 30 mM NaCl, 6 - 8 % Kohlenhydrate.

Volumen und Portionierung (kann individuell sehr unterschiedlich sein):

Vor der Belastung: wie C I.

Während Belastung: 500 - 1000 ml stündlich in Portionen zu 125-250 ml. Höhere Volumina sind anzustreben.

Anmerkungen:

Der Zusatz von NaCl ist hier erforderlich, da bei ultralangen Belastungen lebensgefährliche Hyponatriämien auftreten können, wenn der Wasserverlust ausschließlich mit Na-freien Flüssigkeiten substituiert wird.

Höhere, trotzdem bekömmliche Kohlenhydratkonzentrationen können durch Maltodextrine erreicht werden. Außerdem können Kohlenhydrate zusätzlich in Form von faserarmen Keksen, Riegeln oder Bananen gegessen werden.

IV. Erholung nach längeren Belastungen

Zweck der Substitution: Ersatz von Wasser, NaCl und Kohlenhydraten.

Zusammensetzung:

50 g Kohlenhydrate pro Stunde, 30 - 40 mM NaCl.

Häufigkeit und Portionierung:

so, daß der Flüssigkeitsverlust ausgeglichen wird.

Anmerkungen:

Die Resynthese von Muskelglykogen ist maximal schnell, wenn unmittelbar nach Ende der Belastung stündlich etwa 1 g Kohlenhydrate pro kg Körpergewicht zugeführt werden.

Die Kohlenhydrate können auch gut in fester Form gegessen werden.

Kalium fördert die Glykogensynthese. Daher könnten z.B. Fruchtsäfte sinnvoll sein. Sie müssen jedoch aus osmotischen Gründen verdünnt werden.

Ob NaCl im Getränk zugeführt werden muß, ist fraglich, da NaCl mit der üblichen Nahrung überreichlich aufgenommen wird.

CO_2 -haltige Getränke sollten gemieden werden, da sie ein Völlegfühl erzeugen, das die Trinklust mindert.

D. Akzeptanz und Gültigkeit von Empfehlungen zu Sportgetränken

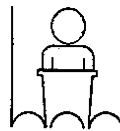
Wissenschaftliche Untersuchungen zu der Frage kennen wir nicht. Jedoch gibt es offensichtlich zwei Pole der Einstellungen vieler Sportler hierzu, die beide nicht rational begründet sind.

Einerseits sind viele durch die mächtige Werbung für bestimmte Produkte erstaunlich stark gleichgeschaltet. Das lehrt ein Blick in die Papierkörbe am Rand der Tennisplätze. Andererseits haben einzelne Sportler individuelle Rezeptionen, von deren guter Wirksamkeit sie fest überzeugt sind, ohne daß diese kritisch geprüft wäre. Denn das Hineinhören in den eigenen Körper allein ist ebenso wie die Werbung kein verlässlicher Ratgeber.

Hier fehlt bisher die Qualitätskontrolle durch kontrollierte Studien, die in anderen Gebieten der Medizin inzwischen Standard sind.

E. Literatur

1. Coyle, E.F., S.J. Montain: Carbohydrate and fluid ingestion during exercise: are there trade-offs? Med. Sci. Sports Exerc. 24 (1992), 671-678
2. Engell, D.B., O. Maller, M.N. Sawka, R.N. Francesconi, L.Drolet, A.J. Young: Thirst and fluid intake following graded hypohydration levels in humans. Physiol. Behav. 40 (1987), 229-236
3. Falk, B., O. Bar-Or, J.D. Macdougall: Thermoregulatory responses of pre-, mid-, and late-pubertal boys to exercise in dry heat. Med. Sci. Sports Exerc. 24 (1992), 688-694



4. Friedrich, W.: Auswirkungen unterschiedlicher Getränke substitutionen auf das Körpergewicht, die Herzfrequenz, die Präzision und die Konzentration bei länger andauernden Belastungen im Tischtennis. Dissertation, Konstanz 1995

5. Fusch, C., W. Gfrörer, C. Koch, A. Thomas, A. Grünert, H. Moeller: Water turnover and body composition during long-term exposure to high altitude (4,900-7,600 m). J. Appl. Physiol. 80 (1996), 1118-1125

6. Gisolfi, C.V., S.M. Duchman: Guidelines for optimal replacement beverages for different athletic events. Med. Sci. Sports Exerc. 24 (1992), 679-687

7. Gisolfi, C., D.R. Lamb (eds): Fluid homeostasis during exercise. Carmel, Indiana, USA, Brown & Benchmark, 1990

8. Greenleaf, J.E.: Problem: thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration. Med. Sci. Sports Exerc. 24 (1992), 645-656

9. Hollmann, W., Th. Hettinger: Sportmedizin: Arbeits- und Trainingsgrundlagen. 3. Aufl. Schattauer, Stuttgart, New York 1990

10. Maughan, R.J., J.B. Leiper, F. Brouns: Rehydration bei Sportlern: Die optimale Zusammensetzung eines Sportgetränks für schnellen Flüssigkeitseratz. Dtsch. Z. Sportmed. 46 (1995), 313-317

11. Rehrer, R.: Limits to fluid availability during exercise. Uitgeverij de Vrieseborch, Haarlem 1990

12. Röcker, K., B. Krieg, A. Niess, H.-H. Dickhuth: Breath-by-Breath Measurements for the Analysis of Exogenous Glucose Oxidation During Intense Endurance Using [13C]-Isotopes. Int.J.Sports.Med. 17 (1996), 480-486

13. Rumpf, D.: Effekt des Ausdauerlaufens auf die gastrointestinale Resorptionsgeschwindigkeit von Wasser. Dissertation, Tübingen 1994

14. Sawka, M.N.: Physiological consequences of hypohydration: exercise performance and thermoregulation. Med. Sci. Sports Exerc. 24 (1992), 657-670

15. Sawka, M.N., J.E. Greenleaf: Current concepts concerning thirst, dehydration, and fluid replacement: overview. Med. Sci. Sports Exerc. 24 (1992), 643-644

XXVI FIMS World Congress of Sports Medicine (30.5.-3.6.1998) und

Annual Meeting des American College of Sports Medicine (3.6.-6.6.1998) in Orlando

Die Jahrestagungen des American College of Sports Medicine (ACSM) sind die größten sportmedizinischen Kongresse der Welt mit etwa 6000 Teilnehmern bei 1500 Beiträgen. Für deutsche Wissenschaftler ist der Weg in die USA oft sehr beschwerlich, es gibt wenige Informationsmöglichkeiten über Anmeldemodalitäten und Einsendeschluß für Abstracts und der Postweg ist oft lang. Das führt dazu, daß Deutschland bei dieser Tagung lange Jahre vollkommen unterrepräsentiert war, und es ist deshalb ein Ziel der Sektion „Forschung und Lehre an den Hochschulen“ des DSÄB, Unterstützung zu leisten, daß die Zahl der deutschen Beiträge eine angemessene Zahl erreicht. Noch 1995 zählten wir nur 7 Beiträge aus Deutschland. Nachdem wir mehrfach in der Deutschen Zeitschrift für Sportmedizin auf die Anmeldefristen hingewiesen hatten, stellten die deutschen Sportmediziner 1996 in Denver mit etwa 60 Teilnehmern eine doch nunmehr beachtliche Gruppe dar, die durchweg beachtete Poster und Vorträge präsentiert hat. Besonders herausragend war der Übersichtsvortrag von Prof. Dr. Dirk Pette aus Konstanz im Rahmen der Gollnick-Tutorial-Lecture über die Adaptation der Muskulatur auf chronische Stimulation. Neu war auch, daß zwei Sitzungen erstmals mit von deutschen Wissenschaftlern geleitet wurden (Beneke - Systemtheorie des Trainings, Steinacker - alveolärer Gasaustausch).

Der Einsendeschluß für Abstracts wurde für die Tagung 1998 in Orlando (3.6.-6.6.1998) auf den 1. November 1997 festgesetzt. Das bedeutet, daß Abstracts bis etwa zum 22. Oktober abgeschickt werden müssen, wenn man nicht Gefahr laufen will, seine Unterlagen unbearbeitet zurückgeschickt zu bekommen.

Zusätzlich findet vom 30.5. bis 3.6.1998 der Weltkongreß für Sportmedizin in Orlando statt, wobei der 3.6. für beide Kongresse gemeinsamer Kongreßtag ist. Das ist vielleicht eine interessante Gelegenheit, beide Kongresse zu kombinieren.

Hier ist aber der Anmeldeschluß für Abstracts der 1. Oktober 1997! Dies muß unbedingt beachtet werden.

Die Abstracts Forms und weitere Unterlagen für beide Kongresse kann man anfordern bei: American College of Sports Medicine, P.O. Box 1440, Indianapolis, IN 46206, Fax: 001-317-634-7817.

Ich stehe für Rückfragen und Informationen zu diesem Kongreß gerne zur Verfügung. Zur Erleichterung der Anmeldung für deutsche Sportmediziner habe ich mit ACSM vereinbart, daß ich mit Luftpost nach Fertigstellung eine größere Menge Abstract-Formulare direkt erhalte und kann diese auch gerne Interessenten - damit auch kurzfristig, aber nur solange der Vorrat reicht - zur Verfügung stellen. Die deutschen Fellows des ACSM sind wie in den Jahren zuvor gerne bereit, für einzelne Abstracts eine „Sponsorship“ zu übernehmen. Dazu muß ihnen aber eine ausreichende Zeit gegeben werden, sich mit dem Abstract vertraut zu machen, und es ist durchaus möglich, daß eine solche Sponsorship nicht übernommen werden kann.

PD Dr. Jürgen M. Steinacker
Abt. Sport- und Leistungsmedizin
Med. Klinik und Poliklinik
Universität Ulm
89070 Ulm
Tel.: 0731/502-6962 (Fax: -6686)
E-mail:
juergen.steinacker@medizin.uni-ulm.de

Anschrift für die Autoren:

Prof. Dr. Hans Moeller
Universitätskinderklinik
72070 Tübingen
Tel.: 07071-29-83781,
Fax: 07071-29-4448