

Klein H, Lötsch B, Ketzer M

Sportgetränke: individuell, optimiert

Journal für Ernährungsmedizin 2006; 8 (3), 30-38

Homepage:

www.aerzteverlagshaus.at

**Online-Datenbank mit
Autoren- und Stichwortsuche**

MIT NACHRICHTEN DER



**Erschaffen Sie sich Ihre
ertragreiche grüne Oase in
Ihrem Zuhause oder in Ihrer
Praxis**

Mehr als nur eine Dekoration:

- Sie wollen das Besondere?
- Sie möchten Ihre eigenen Salate,
Kräuter und auch Ihr Gemüse
ernten?
- Frisch, reif, ungespritzt und voller
Geschmack?
- Ohne Vorkenntnisse und ganz
ohne grünen Daumen?

Dann sind Sie hier richtig



Sportgetränke: individuell, optimiert

Ernährungsphysiologische Betrachtung und praktische Umsetzung im Sinne einer optimalen Flüssigkeitszufuhr bei gleichzeitiger Mineralstoffsubstitution und Kohlenhydrataufnahme.

► VON HELGA KLEIN*, BIRGIT LÖTSCH**, MARIA KETZER***

Eine Arbeit des „Arbeitskreises Sport und Ernährung“ des Verbandes der Diätologen Österreichs, Gefördert von IMSB Austria (Institut für medizinische und sportwissenschaftliche Beratung Südstadt), o. Univ.-Prof. Dr. Wolfgang Markt, Physiologisches Institut der Medizinischen Universität Wien.

Eine optimale Flüssigkeitszufuhr ist für die sportliche Leistung entscheidend^[6]. Sport kann zu hohen Schweißverlusten führen. Rund zwei Drittel der produzierten Muskelenergie gehen in Form von Wärme verloren. Um einer Hyperthermie vorzubeugen, beginnt der Sportler zu schwitzen^[20]. Daher ist rechtzeitiges Trinken für die Aufrechterhaltung der sportlichen Leistung entscheidend. Je höher die Umgebungstemperatur und das Körpergewicht sind und je länger und intensiver die Belastung ist, desto gravierender ist auch der Schweißverlust^[6]. Verliert der Sportler zwei Prozent seines Körpergewichtes in Form von Flüssigkeit, das sind bis zu 1,4 Liter pro Stunde (bei 70kg), kann das Leistungsvermögen bereits entscheidend vermindert werden. Bei einem Wassermangel von ein bis fünf Prozent können Durst, Einschränkung der Bewegungen, Müdigkeit, Schwäche sowie Übelkeit auftreten. Bei einem Verlust von mehr als sechs Prozent des Körpergewichtes kann es zu Schwindelgefühl, Kopfschmerzen, Atemnot, einem verminderten Blutvolumen und sogar Gehunfähigkeit kommen^[8]. Die wichtigste Regel lautet daher: „Trinken bevor der Durst kommt, denn Durst ist bereits ein zu spätes Warnsignal“^[20]. Für die menschliche Leistungsfähigkeit ist neben dem Wasserhaushalt auch der Elektrolythaushalt von besonderer Be-

deutung, da diese eng miteinander verbunden sind. Mit dem Schweiß gehen nicht nur Wasser, sondern auch Mineralstoffe wie Natrium und Kalium, in geringeren Mengen auch Kalzium und Magnesium verloren^[8]. Die Verluste an Mineralstoffen können bis zu drei Gramm pro Liter Schweiß betragen^[13]. Für den Sportler ist daher eine optimale Flüssigkeitszufuhr mit gleichzeitiger Mineralstoffsubstitution und Kohlenhydrataufnahme besonders wichtig. Durch Sportgetränke können diese Bedürfnisse besonders gut abgedeckt werden, jedoch wird die Wahl des richtigen Getränks durch das vielfältige Angebot und den individuellen Bedarf der Einzelperson erschwert^[2].

1. Physiologische Grundlagen

Im Folgenden werden die Prinzipien für die optimale Zusammensetzung von Sportgetränken zunächst aufgrund der Fachliteratur aufgearbeitet und dann eigene Gemische angegeben, die hinsichtlich Geschmack und erwarteter physiologischer Wirkung optimiert wurden, wobei die Osmolalität kryoskopisch ermittelt wurde.

1.1. WANN IST DER EINSATZ VON SPORTGETRÄNKEN SINNVOLL?

Bei Trainingseinheiten unter einer Stunde genügen als Flüssigkeitsersatz Wasser, stilles Mineralwasser oder stark verdünnte Sportgetränke. Ab einer Trainings- oder Wettkampfdauer von über einer Stunde ist der Einsatz von Sportgetränken gerechtfertigt^[9]. Diese müssen zusätzliche Kriterien erfüllen.

	Mannhart		Feil		Williams	
	Menge	Zeitpunkt	Menge	Zeitpunkt	Menge	Zeitpunkt
Prähydratation	300–500 ml	nach dem Einlaufen, Minuten vor Leistung			500 ml 300–500 ml	1–2 h vorher 15–30 min vorher
Hydratation (< 1 h Belastung)	bis 500 ml	verteilt auf zirka fünf Einnahmen	250 ml	alle 15 min	180–240 ml	alle 10–15 min
Hydratation (> 1 h Belastung)	600–1200 ml	verteilt auf zirka fünf Einnahmen	150–200 ml	4 x/h, Beginn nach 30 min	180–240 ml	alle 10–15 min
Rehydratation	> Verluste	sofort nach der Leistung				sofort danach dann alle 2 h

Tab. 1: Empfehlungen für die optimalen Trinkmengen in den drei Trainingsphasen

<i>Hypoton (< 300 mOsm/kg)</i>	<i>Isoton (285–300 mOsm/kg)</i>	<i>Hyperton (> 300 mOsm/kg)</i>
Leitungs-/Mineralwasser Früchte-/Kräutertee Verdünnte Suppe Alkoholfreies Bier	Verdünnter Fruchtsaft 1:1 Isotonische Sportgetränke Gezuckerter Tee (bis 60 g Zucker/Liter)	Fruchtsäfte Energy Drinks Limonaden/Cola Sportgetränke zur Regeneration Malzbier

Tab. 2: Beispiele für die Osmolalität von Getränken [20]

1.2. FLÜSSIGKEITSBEDARF VON SPORTLERN

Die aktuelle Empfehlung lautet: 35–40 ml pro Kilogramm Körpergewicht/Tag + 1,5mal den trainingsbedingten Flüssigkeitsverlust [3,4]. Die maximale Wasserabsorptionsrate im Dünndarm liegt bei höchstens 0,9 Liter pro Stunde. Da in vielen Fällen die Schweißsekretion höher liegt, ist es nicht immer möglich die Schweißverluste während der Belastung auszugleichen [20].

Abhängig vom Trainings- beziehungsweise Wettkampfablauf unterscheidet man drei Phasen der Flüssigkeitszufuhr:

1. Vor Trainingsbeginn spricht man von „Prähydratation“.
2. Während des Trainings spricht man von „Hydratation“, wobei die Länge des Trainings und der individuelle Schweißverlust für die Auswahl des Getränks bestimmend sind.
3. Nach dem Training, während der Regenerationsphase, spricht man von „Rehydratation“.

1.3. KRITERIEN FÜR DIE ZUSAMMENSETZUNG VON SPORTGETRÄNKEN

Das Sportgetränk soll den Sportler mit Flüssigkeit, Energie und Elektrolyten versorgen. Eines der Hauptkriterien, ob es sich um ein geeignetes Sportgetränk handelt, ist daher eine möglichst rasche Passagezeit. Getränke welche die Magenentleerungszeit verzögern, oder durch ihre hohe Osmolarität eine langsamere Flüssigkeitsresorption verursachen, können einen wesentlichen Wettbewerbsnachteil für den Sportler darstellen.

1.3.1. Osmolarität/Osmolalität

Grundsätzlich lassen sich die Sportgetränke anhand ihrer Osmolarität/Osmolalität unterscheiden. Sie werden eingeteilt in: a) hypotonisch, b) isotonisch, c) hypertonisch.

Getränke mit einem hohen Anteil an einfachen Kohlenhydraten (zum Beispiel Glucose) haben eine hohe Osmolarität (große Teilchenkonzentration). Sie erreichen dadurch einen höheren Teilchengrad als das Blut und werden als hyperton bezeichnet. Werden solche Getränke zugeführt, müssen die Schleimhäute im Magen-Darbereich zunächst Wasser abgeben, um die Getränke zu verdünnen. Dies ist während der Belastung unerwünscht, da es zu einem Flüssigkeitsverlust der Darmschleimhäute führt. Hypertone Getränke können zudem Erbrechen sowie Oberbauchkrämpfe begünstigen. Wird die Anzahl der Einzelteilchen soweit verringert, dass das Getränk die gleiche Teilchenkonzentration wie das Blut besitzt, wird die Lösung als isoton bezeichnet. Je nach Grad

der Teilchenkonzentration (osmotischer Druck) kann das Getränk auch hypoton sein.

Isotone und besonders hypotone Flüssigkeiten sind zum schnellen Flüssigkeitsersatz am besten geeignet [6]. Isotone Getränke weisen eine Osmolalität von 285–300 mOsm/kg auf, die der des Blutes am nächsten kommt. Hypotone Getränke haben eine dem Schweiß vergleichbare Osmolalität mit <300 mOsm/kg, hypertone Getränke besitzen mehr als 300 mOsm/kg (20).

1.3.2. Inhaltstoffe von Sportgetränken

Die Basisernährung ist für den Sportler ausschlaggebend. Eine vitamin- und mineralstoffarme Ernährung, das heißt eine schlechte Wettkampfvorbereitung, kann zu Krämpfen, Leistungsabfall etc. führen. Ein Sportgetränk kann eine schlechte Ernährung nicht ausgleichen.

Über die Art und Menge der einzelnen Komponenten, die den Getränken zugesetzt werden, herrscht Uneinigkeit. In der Literatur finden sich unterschiedliche Empfehlungen, die im Folgenden dargelegt werden und in Tabelle 3 zusammengefasst dargestellt werden.

1.3.2.1. Kohlenhydrate

Ein bestimmter Kohlenhydratanteil im Getränk ist wichtig, weil er zur Aufrechterhaltung des Blutzuckerspiegels während der Belastung beiträgt und die endogenen Glykogenspeicher schont [2]. Um von möglichen leistungssteigernden Effekten ausgehen zu können, müssen pro Belastungsstunde mindestens 45 Gramm Kohlenhydrate zugeführt werden [16]. Feil und Wessinghage empfehlen bei der Kohlenhydratkonzentration des Getränkes unter acht Prozent (8% = 80 g KH/l) zu bleiben, da dadurch die Magenentleerungsgeschwindigkeit negativ beeinflusst und somit die Flüssigkeitsaufnahme reduziert wird [6]. Enthält ein Getränk nur Glucose, so Rehrer, so kommt es bereits ab einer Konzentration von fünf Prozent zu einer verzögerten Magenentleerung. Werden hingegen Saccharose und Maltodextrine anstelle von Glucose eingesetzt, ist die Magenentleerungsrate bis zu einer Konzentration von neun Prozent nicht wesentlich vermindert [19].

Eine Kombination verschiedener Kohlenhydrate scheint die totale Kohlenhydrat-Resorption zu begünstigen [4,12,19]. Lange Zeit war man der Ansicht, dass die maximale Oxidationsrate von exogen zugeführten Kohlenhydraten 1–1,1 g/min beträgt. Das entspricht einer Kohlenhydrataufnahme von 1–1,5 g/min. In jüngeren Studien konnte jedoch gezeigt wer-

den, dass durch die gleichzeitige Zufuhr verschiedener Arten von Kohlenhydraten die Oxidationsrate auf 1,3 g/min^[10], auf 1,5 g/min^[21] und sogar 1,7 g/min^[10] angehoben werden kann.

Mannhart und Kamber empfehlen ein Verhältnis von Glucose zu Fructose von fünf zu eins. Ein Fructoseanteil von >35 g pro Liter Getränk kann die Kohlenhydratoxidationsrate bereits negativ beeinflussen und zu gastrointestinalen Unverträglichkeiten führen. Weiters wird erwähnt, dass durch die Verwendung von Glucose(polymer)-, Saccharose-Getränken unter Leistung (Hydratation) eine verminderte Kalium-Akkumulation (siehe Kalium 1.3.2.4) stattfinden soll^[16]. Kohlenhydrate in Form von Glucosepolymeren und/oder Saccharose sollen die Rehydratation kaum begünstigen. Prinzipiell wird eine optimale Rehydratation und Regenera-

tion nur dann erzielt, wenn dabei mehr Elektrolyte konsumiert werden als über den Schweiß verloren wurden und die Glykogenspeicher durch maßvolle Kohlenhydratzufuhr aufgefüllt werden^[16].

1.3.2.2. Protein

Es wurde festgestellt, dass die Aufnahme von verzweigtkettigen Aminosäuren die Abnahme der Aminosäure Glutamin verhindert. Dadurch bleibt der Sportler widerstandsfähiger gegenüber Erkältungen. Zusätzlich wird die Gefahr eines Übertrainings verringert. Demnach wären bei mehrstündigen Belastungen Sportgetränke empfehlenswert, die mit diesen Eiweißen angereichert sind^[6]. Nach Mannhart und Kamber soll die Zugabe von verzweigtkettigen Aminosäuren bei Belastungen über zwei Stunden zu erhöhten Amino-

	Herzog	Mannhart					Maughan	Feil	
		Prähydratation < 1 h Belastung	Prähydratation > 1 h Belastung	Hydratation < 1 h Belastung	Hydratation > 1 h Belastung	Rehydratation			
Menge an Kohlenhydraten	5–8 %	0–4–8 %	4–8 %	eventuell 4–8 %	4–8 %	2–10 % mind. 25g/h zirka 1 g KH/kg HG	2–8 %	6 %	
Art der Kohlenhydrate	spielt keine Rolle	Glucosepolymere, Glucose, Saccharose					Glucose, Saccharose, Maltose, Glucoseoligomere, kleine Mengen an Fructose	Maltodextrin, etwas Fructose	
Natrium	330–450 mg/l						230–1380 mg	460–1000 mg/l	
Chlorid									
Natriumchlorid					1–1,5 g/l	1,5–(3) g/l			
Bicarbonat								> 1500 mg/l	
Kalium	115 mg/l				eventuell	eventuell			
Kaliumchlorid									
Magnesium	25 mg/l							nicht während der Belastung	
Eisen mit Ascorbinsäure									
Zink									
Kupfer									
Kalzium	80 mg/l								
Thiamin	0,13 mg/MJ								
Riboflavin	0,16 mg/MJ								
Aminosäuren								ja	
Osmolalität				< 300 mOsm/kg	< 300 mOsm/kg	< 300 mOsm/kg			

Tab. 3: Empfehlungen zur Zusammensetzung von Sportgetränken

säurespiegeln im Blut führen. Der Proteinabbau während der Leistung wird durch die Aminosäurezufuhr vermutlich nicht gehemmt, der Proteinaufbau in der Regenerationsphase jedoch begünstigt^[16]. Nach der Belastung soll außerdem die Kombination aus Kohlenhydraten und Proteinen die Glykogenresynthese verbessern^[23].

1.3.2.3. Natrium

Neben den Kohlenhydraten ist besonders das Natrium ein wesentlicher Bestandteil eines optimalen Sportgetränks. Es dient dazu, dass zugeführtes Wasser im Körper gebunden und nicht sofort wieder ausgeschieden wird. Dies hat auch den Vorteil, dass man durch eine größere Natriummenge einem ständigen Harndrang entgegenwirken kann^[6,17]. Weiters beschleunigt es die Flüssigkeits- und Kohlenhydratre-

sorptionsrate im Darm^[23]. Der D-Glucose-Natrium-Cotransport aus dem Darmlumen in die Bürstensaumzellen verläuft höchstwahrscheinlich streng nach dem stöchiometrischen Prinzip, also eins zu eins^[15]. Umgerechnet bedeutet das, dass pro 1 g NaCl zirka 3,5 g Glucose (Glucose-mono-hydricum) zur Verfügung stehen sollten. Durch die geschmackliche Beeinträchtigung kann nie ausreichend Natrium zugeführt werden, um der gesamten Glucose Menge zu entsprechen. Der D-Glucose-Natrium-Cotransport ist nur einer von mehreren Resorptionsmechanismen. Hauptaugenmerk soll daher auf der Osmolarität liegen.

Aus der Literatur (siehe Tabelle 3) ergibt sich ein empfohlener Natriumgehalt von 230–1380 mg (10–60 mMol) Natrium pro Liter. Mengen über 1100 mg Natrium pro Liter wirken sich negativ auf den Geschmack des Getränks aus, weshalb selbst

Geiss		Neumann	Brouns		Konopka	Williams			
Hydratation	Rehydratation	Mineraldrink für Ausdauersportler nach Reus	Notwendig	Optional		Prähydratation (< 1 h Belastung)	Hydratation (1–4 h Belastung)	Hydratation (> 4 h Belastung)	Rehydratation
2–4 %	8–10 %	2–4 %	3–10 %		0,02	ev. 6–8 % (< 1 h Belastung) 5–10 % bei Erfahrung 20–50 % mögl. (> 1 h Belastung)	5–10 %	5–10 % bei Erfahrung 20–50 % möglich	1 g KH/kg KG
		Glucose	maximal/l: Fructose 35 g Glucose 55 g Saccharose 100 g Maltose 100 g Maltodextrin 100 g Stärke 100 g		Glucose	Glucose	Glucose	Glucose	
mind. 200 mg/l		690–920 mg/l Leistungssportler 230 mg/l Freizeitsportler	maximal 1100 mg/l					400–1100 mg/l	
				1500 mg/l					
	mind. 1,6 g/l				3,5 g/l				
					2,5 g/l				
	100–200 mg/l	192–230 mg/l		maximal 225 mg/l				120–225 mg/l	
					1,5 g/l				
		50 mg/l		maximal 100 mg/l					
		6 mg/l							
		3 mg/l							
		1 mg/l							
				maximal 225 mg/l					
									eventuell
		250–300 mOsm/l		< 500 mOsm/l vorzugsweise isoton					

hergestellte Getränke oft unbeliebt sind^[6]. In der Rehydrationsphase soll ein erhöhter Natriumgehalt (bis 3 g NaCl/Liter) allerdings zu schnellerer Rehydratation führen^[16].

Als Alternative zu Natriumchlorid gibt es Natriumhydrogencarbonat („Bicarbonat“), das durch die zusätzliche Funktion als basischer Säurepuffer interessant scheint. Besonders bei hochintensiven Belastungen ist ein Bicarbonatanteil als Säurepuffer sinnvoll, da die Milchsäure im Blut sonst sehr rasch ansteigt^[6,7].

Als Folgen eines Natriummangels können muskuläre Krämpfe, Muskelsteifigkeit, Übelkeit und in schweren Fällen auch Hirnödeme und epileptische Anfälle auftreten^[6].

1.3.2.4. Kalium

Der Kaliumgehalt eines Sportgetränks sollte weniger als 225 mg/Liter betragen (siehe Tabelle 3), da während der Belastung das in der Muskulatur (1 g Glycogen bindet 19,5 mg Kalium) gebundene Kalium freigesetzt wird (Kalium-Akkumulation im Blut)^[1,2]. Kaliumkonzentrationen von mehr als 700 mg/Liter können die Leistung beeinträchtigen^[20]. Eine Hypokaliämie kommt nur unter außergewöhnlichen Bedingungen vor (zum Beispiel Fasten, Einnahme von Diuretika). Eine Hyperkaliämie kann zu einer Störung der elektrischen Erregungsbildung führen und damit Herzrhythmusstörungen bis hin zum plötzlichen Herztod auslösen^[5]. Ein erhöhter Kaliumbedarf während der Belastung ist daher fraglich.

Nach Beendigung der sportlichen Aktivität ist es allerdings denkbar, dass vermehrt Kalium benötigt wird, da große Mengen mit dem Harn ausgeschieden werden. Unmittelbar nach der Körperaktivität kommt es zudem zu einer raschen Aufnahme von Kalium durch die Zellen. Weiters ist die Glykogensynthese mit der Kaliumspeicherung gekoppelt und diese verläuft nach Trainingsende mit maximaler Geschwindigkeit^[2]. Oft wird der Zusatz an Kalium jedoch nur als optional angegeben oder die Notwendigkeit generell verneint^[16,17]. Williams empfiehlt den Kaliumbedarf über die Ernährung zu decken. Besonders Zitrusfrüchte und Bananen stellen gute Kaliumquellen dar. Ein Glas Orangensaft deckt zirka die Kaliummenge ab, die mit einem Liter Schweiß verloren geht^[23].

Empfehlungen für den Zusatz weiterer Mineralstoffe sowie von Vitaminen sind äußerst unterschiedlich. Magnesiumgaben während der Belastung sollen gemieden werden, da dies zu Magenkrämpfen und Durchfall führen kann^[6].

1.3.2.5. Weitere mögliche Inhaltsstoffe

Der Bedarf des Zusatzes von Vitaminen ist wissenschaftlich wenig belegt. Stehle und Herzog erwähnen die Zugabe von Thiamin und Riboflavin wegen deren Beteiligung am Energie- beziehungsweise Kohlenhydratstoffwechsel^[9].

Organische Fruchtsäuren verringern die Magenentleerungsrate, weshalb Apfel- oder Orangensäfte während intensiver Belastung, auch in verdünnter Form, nicht empfohlen werden^[6]. Zitronensäure reduziert die Magenentleerung um bis zu 25 Prozent^[23]. Daher ist der Einsatz von großen Mengen an Fruchtsäften nicht zu empfehlen.

Kohlensäurehaltige Getränke sind ungünstig, da sie meist zu Magenbeschwerden und Aufstoßen führen. Deren Einfluss auf die Magenentleerung ist allerdings noch umstritten^[16,23]. Williams empfiehlt koffeinhaltige Getränke zu meiden, da sie einen stark diuretischen Effekt haben^[23]. Eine erhöhte Diurese nach Koffeinkonsum tritt nach einer Studie von Wemple et al. nur unter Ruhebedingungen und nicht während sportlicher Aktivität auf^[22], was eventuell durch den erhöhten Adrenalinpiegel zu erklären ist^[5]. Gegen Ende von mehrstündigen Belastungen könnten koffeinhaltige Getränke zur Bekämpfung von Müdigkeit eingesetzt werden, wobei auf die Osmolarität zu achten ist.

1.4. TRINKTEMPERATUR VON HYDRATATIONS-LÖSUNGEN

Bei einer Temperatur von 5–10 °C passiert die Flüssigkeit den Magen während der Belastung am schnellsten^[20]. Allerdings können diese sehr kalten Getränke Magenbeschwerden verursachen. Lamprecht und Smekal empfehlen daher 10–15 °C^[14]. Besonders im Sommer ist es wichtig, dass die Getränke gekühlt werden. Bei kalten Temperaturen ist jedoch gegen warme Getränke nichts einzuwenden (siehe Tabelle 3).

1.5. CONCLUSIO DER ERNÄHRUNGS-PHYSIOLOGISCHEN BETRACHTUNG

Somit ergaben sich bezüglich der physiologischen Ergebnisse von Sportgetränken für die Phase der „Hydratation“ folgendes:

- Sportgetränk ist ab 1 h Belastung sinnvoll
- Osmolalität (mOsm/kg) von 285–300 sollte nicht überschritten werden.
- Kohlenhydrate – 45 g bis 80 g pro Liter, verschiedene Kohlenhydrattypen sind sinnvoll
- Natrium – 230–1380 mg pro Liter
- Kalium – weniger als 225 mg pro Liter
- optional verzweigtkettige Aminosäuren ab 2 h Belastung
- optional Zusätze von Bicarbonat

Grundsätzlich kann man sagen, dass jeder Sportler für sich selbst herausfinden muss, welches Getränk für seine sportlichen Anforderungen am besten geeignet ist. Wichtig dabei ist, dass unbekannte Getränke im Training getestet werden und nicht erst im Wettkampf. Entscheidend für die Menge, die getrunken wird, ist neben der Verträglichkeit auch der Geschmack. Der Sportler, der schnell seine Schweißverluste ausgleicht und die Energiedepots rasch wieder auffüllt, verkürzt seine Regenerationszeit und ist rasch wieder leistungsfähig.

2. Praktische Umsetzung – Erstellen von Sportgetränken

Sportgetränke, die im Handel erhältlich sind, verursachen bereits bei Hobbysportlern hohe Kosten. Zusätzlich ist es für den Laien nicht ersichtlich, ob das gekaufte Getränk wirklich geeignet ist. Das Ziel unserer Untersuchung war es Rezepte für Sportgetränke zu erstellen, die

Produkt (erhältlich bei)	Marke/Hersteller	Osmolalität
Multivitamin sirup (Hofer)	Sweet Valley/Spitz GmbH	
Weichselsirup (Hofer)	Sweet Valley/Spitz GmbH	
Himbeer-Zitrone Sirup (Hofer)	1,5 L Flasche/ohne Markenangabe	(50 g/950 g Wasser) 136
Himbeersirup (Lebensmittelhandel)	YO/Eckes-Granini Austria	
Mineralwasser (Spar)	Despar	12
Multifruchttee (Hofer)	Westcliff	25
Johannisbeer-Kirsch-Tee (Hofer)	Westcliff	26
Naturmolke (Lebensmittelhandel)	Lattella/Tirolmilch	269
Orangenektar (Hofer)	Sweet Valley/Spitz GmbH	533
Yoganic Frucht molke (Zielpunkt)		584
Multivitamin saft (Hofer)	Sweet Valley/Spitz GmbH	800
Zitronensaft „100 % Zitrone“ (Lebensmittelhandel)	Rauch	

Tab. 4: Verwendete Zutaten

- für die Phase der „Hydratation“ den oben genannten Anforderungen bezüglich ihrer Zusammensetzung entsprechen,
- aus im Handel erhältlichen Zutaten bestehen,
- leicht zuzubereiten sind
- und ganz wichtig: einen angenehmen Geschmack haben.

2.1. MATERIALIEN

- Gefrierpunktsosmometer: gonotec, Osmomat 030
- Waage: Kern&Sohn, Typ 510-33, Genauigkeit 0,00
- Pipette: Gilson
- Magnetrührgerät: Frames
- Geeichte Bechergläser, Messkolben
- Löffel, Schneebesens etc.

2.2. ZUTATEN

Jeder Kohlenhydrat Typ hat eine andere osmotische Wirkung. Es ist daher ganz entscheidend welches Produkt mit welcher Kohlenhydratzusammensetzung man verwendet. Bei 100 Prozent Fruchtsäften kann es von Jahr zu Jahr Abweichungen geben, je nach natürlichem Zuckergehalt.

2.3. METHODIK

Die Mischung erfolgte nach den oben dargestellten physiologischen Erkenntnissen und der geschmacklichen Optimierung, wobei die erzielte Osmolalität schließlich kryoskopisch (Gefrierpunktserniedrigung) überprüft wurde. Für die Flüssigkeiten wurden geeichte Messbecher verwendet.

Die Flüssigkeiten hatten Zimmertemperatur, um eine bessere Lösung der Trockenzutaten zu gewährleisten. Alle Säfte, Sirupe wurden vor Gebrauch geschüttelt, um eine optimale Durchmischung zu gewährleisten. Da unsere Rezepte für den privaten Anwender zusammengestellt wurden, wurde zunächst kein Magnetrührgerät eingesetzt, sondern mit jedermann zugänglichen Rührwerkzeugen (Schneebesens und

Löffel) langsam gerührt, bis alle Trockenzutaten gelöst waren. Im zweiten Messdurchgang wurde ein Magnetrührgerät eingesetzt. Die Ergebnisse der zweiten Messung bestätigen eine gute Durchmischung und korrekte Ergebnisse der ersten Messung.

Produkt (erhältlich bei)	Hersteller
Saccharose (Lebensmittelhandel)	Wiener Zucker / Agrana
Glucose (Lebensmittelhandel/Apotheke)	
Fructose (Lebensmittelhandel/Apotheke)	
Maltodextrin (Apotheke)	Malto6 / G&M Pharma
Natriumchlorid (Lebensmittelhandel)	

Tab. 5: Trockenzutaten

	EW	KH	F	Na	kcal
Multivitamin sirup	0,4	73,5	0,1	–	303
Weichselsirup	?	73,5	?	–	?
Himbeersirup	?	75,0	?	–	?
Multivitamin saft	0,3	12,7	0,1	0,002	
Orangenektar	0,3	10,4	0,1	–	
Frucht molke	0,5	13,0	< 0,1	?	226
Naturmolke	0,7	4,0	0,1	?	20
Mineralwasser				0,0139	
Honig		ca. 82			
Himbeerzitrone-Sirup	keine Angaben				

Tab. 6: Nährwertangaben in g/100 ml

	Zutaten	Menge	Kohlenhydrate	Natrium	Osmolalität
G1	Multivitaminsirup Kochsalz Mineralwasser	80 ml 1,2 g 920 ml	58,8 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup	472,8 mg	270
G2	Multivitaminsirup Mineralwasser Maltodextrin Kochsalz	70 ml 930 ml 20 g 1,5 g	71,45 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup/ Maltodextrin	586,9 mg	285
G3	Multivitaminsirup Mineralwasser Traubenzucker Kochsalz	60 ml 940 ml 10 g 1,5 g	54,1 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup/ Glucose	587,1 mg	291
G4	Multivitaminsirup Mineralwasser Traubenzucker Maltodextrin Kochsalz	70 ml 930 ml 4 g 4 g 1,5 g	59,45 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup/ Glucose/Maltodextrin	586,9 mg	302
G5	Multivitaminsirup Multifruchttee Leitungswasser Maltodextrin Kochsalz	80 ml 500 ml 420 ml 6,5 g 1,5 g	65,3 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup/ Maltodextrin	574 mg	309
G6	Multivitaminsaft Leitungswasser Maltodextrin Kochsalz	250 ml 750 ml 50 g 1,2 g	81,75 g Saccharose/Glucose/Fructose/ Maltodextrin	460 mg	234
G7	Johannisbeer-Kirsch-Tee Honig Kochsalz	1000 ml 40 g 1,2 g	32,8 g Saccharose/Glucose/Fructose/ Maltose	460 mg	240
G8	Johannisbeer-Kirsch-Tee Honig Maltodextrin Kochsalz	1000 ml 40 g 40 g 1,2 g	72,8 g Saccharose/Glucose/Fructose/ Maltose/Maltodextrin	460 mg	250
G9	Orangenektar Multifruchttee Honig Kochsalz	250 ml 750 ml 30 g 1,2 g	50,6 g Saccharose/Glucose/Fructose/ Maltose	460 mg	309

Tab. 7a: Getestete Getränkemischungen

Zubereitung: Alle flüssigen Zutaten ergeben genau einen Liter. Danach wurden die Trockenzutaten (Salz, Glucose, Maltodextrin etc.) ergänzt. Diese Methode ist auch im Haushalt leicht durchzuführen. Man benötigt in jedem Fall eine digitale Waage.

2.4. AUSWAHL DER ZUTATEN, BERECHNUNG

Bei der Auswahl von Säften, Tees, Molke und Sirupen wurde neben dem Geschmack besonders darauf geachtet, dass der maximal erlaubte Kaliumgehalt pro Liter nicht überschritten wird (zum Beispiel bei Fruchtsäften). Die Natriumangaben errechnen sich aus Kochsalzzugaben, Natriumbicarbonatzugaben und Mineralwasserangaben. Etwaige Natriumspuren in Tees, Sirupen, Säften, Molkegetränken und Leitungswas-

ser konnten vernachlässigt werden. Die Angaben über den Kohlenhydratgehalt stammen ausschließlich von den Verpackungen der verwendeten Zutaten.

2.5. GETRÄNKEMISCHUNGEN

Alle unten aufgelisteten Rezepte wurden getestet. „korr“ (Korrektur) bezeichnet Optimierungsvarianten der jeweiligen Grundrezepturen (G1-16). Die Optimierungen betrafen die Osmolalität, den Kohlenhydratgehalt oder den Geschmack.

2.6. AUSWAHL DES PASSENDEN GETRÄNKES

Ursprünglich wurden 30 Rezepturen entwickelt. Während der Messungen wurden Abänderungen vorgenommen. Einige der oben angeführten Rezepturen haben eine zu hohe Osmo-

	Zutaten	Menge	Kohlenhydrate	Natrium	Osmolalität
G10	Weichselsirup Mineralwasser Kochsalz	80 ml 920 ml 1,2 g	58,8 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup	472,8 mg	315
G11	Weichselsirup Johannisbeer-Kirsch-Tee Mineralwasser Maltodextrin Kochsalz	50 ml 500 ml 450 ml 20 g 1,2 g	56,75 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup/ Maltodextrin	466,3 mg	202
G11 korr1	Weichselsirup Johannisbeer-Kirsch-Tee Mineralwasser Maltodextrin Kochsalz	50 ml 500 ml 450 ml 30 g 1,2 g	66,75 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup/ Maltodextrin	466,3 mg	217
G11 korr2	Weichselsirup Johannisbeer-Kirsch-Tee Mineralwasser Maltodextrin Kochsalz Zitronensaft	50 ml 500 ml 450 ml 50 mg 1,2 g 2 ml	86,75 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup/ Maltodextrin	466,3 mg	226
G12	Himbeersirup Leitungswasser Kochsalz	80 ml 920 ml 1 g	73,5 g Saccharose/Fructose/Maltodextrin	470 mg	221
G12 korr	Himbeersirup Molke Natur Mineralwasser Kochsalz Maltodextrin	40 ml 250 ml 710 ml 1,2 g 50 g	81 g Saccharose/Fructose/Maltodextrin	469,9 mg	248
G13	Fruchtmolke Leitungswasser Kochsalz	500 ml 500 ml 1,2 g	65 g Glucose-Fructose-Sirup	460 mg	313
G13 korr	Fruchtmolke Leitungswasser Kochsalz	400 ml 600 ml 1,2 g	52 g Glucose-Fructose-Sirup	460 mg	255
G14	Orangenektar Leitungswasser Kochsalz Maltodextrin	250 ml 750 ml 1,2 g 50 g	76 g Saccharose/Glucose/Fructose/ Maltodextrin	460 mg	184
G15	Himbeersirup Leitungswasser Maltodextrin Kochsalz Fructose	50 ml 950 ml 20 g 1,2 g 15 g	72,5 g Saccharose/Fructose/Maltodextrin	460 mg	280
G16	Marillenektar Leitungswasser Natrium-Bikarbonat Maltodextrin	250 ml 750 ml 2,5 g 25 g	63 g Saccharose, Maltodextrin	682,5 mg	212
G 16 korr	Marillenektar Leitungswasser Natrium-Bikarbonat Maltodextrin 6	250 ml 750 ml 5 g 25 g	63 g Saccharose, Maltodextrin	1365 mg	275

Tab. 7b: Getestete Getränkemischungen

	Zutaten	Menge	Kohlenhydrate	Natrium	Osmolalität
G17	Multivitaminsirup Leitungswasser Kochsalz	80 ml 920 ml 1 g	58,8 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup	393 mg	250
G18	Multivitaminsirup Leitungswasser Kochsalz	70 ml 930 ml 2 g	51,5 g Saccharose/Glucose-Fructose-Sirup	786 mg	255
G19	Himbeer-Zitrone Sirup Leitungswasser Kochsalz	80 ml 920 ml 1 g	nicht angegeben	393 mg	250
G20	Himbeer-Zitrone Sirup Leitungswasser Kochsalz	70 ml 930 ml 2 g	nicht angegeben	786 mg	255

Tab. 8: Getestete Getränkemischungen Messung 2

lalität oder zu geringen Kohlenhydratanteil und können daher nicht empfohlen werden (G13, G7).

Für die Hydratation während lang andauernden Belastungen können insbesondere die Getränke G1, G2, G3, G6, G8, G11, G11korr1, G11korr2, G12, G12korr, G14, G15, G17, G18, G19, G20. Diese sind leicht hypoton und enthalten dennoch ausreichend Kohlenhydrate und Natrium. Für Belastungseinheiten im hochintensiven Bereich können G16, G16korr verwendet werden (enthält Bicarbonat).

Jeder Sportler soll nach dem eigenen Geschmack entscheiden, welche Getränke am besten geeignet sind. Wir haben alle Rezepte verkostet und für trinkbar bis sehr gut befunden. Multivitaminsirup mit Salz schmeckt in fast jeder Variante gut. Die Sportler müssen die Rezepturen sehr genau einhalten. Jede Abweichung verändert die Osmolalität. Für den Laien ist es unmöglich von den getesteten Zutaten auf die Osmolalität von anderen Säften, Sirupen etc. zu schließen. Die Angabe der Produktnamen ist daher unumgänglich. ■■

LITERATUR

- Baron DK, Berg A: Optimale Ernährung des Sportlers. S. Hirzel Verlag, Stuttgart 2005; 219
- Brouns F: Die Ernährungsbedürfnisse von Sportlern. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1993.
- Colombani P, Mannhart C: Handout zum Schnellkurs Sporternährung. Swiss Forum For Sport Nutrition. Tagung angewandte Sporternährung, ETH Zürich 2003.
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung; Österreichische Gesellschaft für Ernährung; Schweizer Gesellschaft für Ernährungsforschung; Schweizerische Vereinigung für Ernährung: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, 1. Auflage. Umschau Braus GmbH, Frankfurt am Main 2000; 148
- Driskell J, Wolinsky I: Macroelements, Water and Electrolytes in Sports nutrition. CRC Press Boca Raton 1999; 168-190, 212-236
- Feil W, Wessinghage T: Ernährung und Training fürs Leben. WESSP, Nürnberg 2000
- Geiss KR, Hamm M, Avenarius W, Jester I: 9,79 natürlich möglich? Ein Leitfaden der Sporternährung und Ergänzungsnahrung zur Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit. ISME Privat-Institut für Sport, Medizin und Ernährung GmbH, Mörfelden 1994.
- Geiss KR, Hamm M: Handbuch Sportlerernährung. Rowohlt Taschenbuchverlag GmbH, Reinbek bei Hamburg, 1992
- Herzog B, Stehle B: Moderne Drinks – Situation und Trends auf dem Getränkemarkt. Referate anlässlich der 4. Ernährungsfachtagung in Jena 1996; 21-37.
- Jentjens RL, Achten J: High oxidation rates from combined carbohydrates ingested during exercise. Med Sci Sports Exerc 2004; 36 (9): 1551-1558
- Jentjens et al: Handout zur 2. Tagung Angewandte Sporternährung aus der Sicht der Wissenschaft. Swiss Forum For Sport Nutrition, ETH Zürich 2005
- Jeudenkrup AE, Jentjens RL, Moseley L: Nutritional considerations in triathlon. Sports Med 2005; 35: 163-181
- Konopka P: Sporternährung: Leistungsförderung durch vollwertige und bedarfsangepasste Ernährung. 4. Auflage, BLV, München, Wien, Zürich, 1991
- Lamprecht M, Smekal G: Sport und Ernährung. Kompendium der Sportmedizin. Springer Verlag, Wien 2004; 203-214
- Lehmann J: Kohlenhydrate – Chemie und Biologie. Thieme Verlag, Stuttgart, 1996; 263-269, 279-282
- Mannhart C, Kamber M: Kohlenhydrathaltige Sportgetränke. Supplementenguide. Ein Ratgeber für Zusatzpräparate im Sport. Eidgenössische Sportschule Magglingen 1998; 4-9
- Maughan RJ: Water and electrolyte loss and replacement in exercise. Nutrition in Sport 2000; 226-240
- Neumann G: Ernährung im Sport. Meyer und Meyer, Aachen 1996
- Rehrer NJ: Fluid and Electrolyte Balance in Ultra-Endurance Sport. Sports Med 2001; 31 (10): 701-715
- Sckek A: Top-Leistung im Sport durch bedürfnisgerechte Ernährung. Trainerbibliothek/Deutscher Sportbund, Bundesausschuss Leistungssport. Philippka-Sportverlag, Münster 2002
- Wallis GA, Rowlands DS: Oxidation of combined ingestion of Maltodextrins and fructose during exercise. Med Sci Sports Exerc 2005; 37 (3): 426-432
- Wemple RD, Lamb DR, McKeever KH: Caffeine vs. caffeine-free sports drinks: effect on urine production at rest and during prolonged exercise. Int J Sports Med 1997; 18: 40-46
- Williams MH: Ernährung, Fitness, Sport. (Deutsche Ausgabe hrsg. von Richard Rost), Ullstein Mosby, Berlin/Wiesbaden 1997

- * **Korrespondenzadresse:** Helga Klein, Diätologin, IMSB Austria – Institut für medizinische und sportwissenschaftliche Beratung Südstadt, Johann-Steinböck-Straße 5, 2344 Maria Enzersdorf, Fon 02236/22 928-347, h.klein@imsb.at
- ** Birgit Lötsch, Diätologin: Rudolfstiftung, 1030 Wien, birgit.loetsch@wienkav.at
- *** Maria Ketzler: Mag. der Ernährungswissenschaften, mariaketzer@hotmail.com