

## **Ironman Projekt 2010**

### **Nahrungs- sowie Flüssigkeitsaufnahme und gastrointestinale Probleme während langer Ausdauerwettkämpfe**

#### **1 Kohlenhydrataufnahme**

Mit steigender Belastungsintensität nimmt der Anteil der Kohlenhydrate als Energielieferant gegenüber den Fetten zu. Ab einem respiratorischen Quotienten von 1,0 werden fast ausschließlich Kohlenhydrate zur Energiegewinnung genutzt.

Die Untersuchung der Zufuhr von Kohlenhydraten vor, während und nach Belastung wurde daher eingehend untersucht. So konnte gezeigt werden, dass die Aufnahme von Kohlenhydraten während der Belastung die Glykogenspeicher schont und die Leistung steigert (Kerksick et al., 2008; El-Sayed, MacLaren & Rattu, 1997) insbesondere wenn die Glykogenspeicher vor der Belastung erniedrigt sind (Widrick et al., 1993).

Kohlenhydrate haben ein 7,6 % höheres Energieäquivalent als Fette.

Bezogen auf 1 l O<sub>2</sub> ergeben Kohlenhydrate 21,1 kJ und Fette 19,6 kJ Energie.

Bei intensiven langausdauernden Wettkämpfen stehen somit die Kohlenhydrate als leistungsdeterminierender Faktor fest. Lange galt, dass die maximale Glukoseresorption bei 1 g pro Minute liegt, bzw. bei 60 g pro Stunde (Kerksick et al., 2008). So empfehlen das American College of Sports Medicine (ACSM) und die American Dietetics Association (ADA) Athleten 0,7 g/kg/KG/h (30-60 g/h) während Ausdauerwettkämpfen (ACSM 2009).

Die Resorption von Glukose und anderen Kohlenhydraten wie Galaktose erfolgen über den Glukose-Cotransporter (SGLT1). Ist dieser gesättigt, gelangt die zelluläre Glukoseabsorption an ihre Grenzen und die Kohlenhydratoxidation kann nicht mehr gesteigert werden (Currell & Jeukendrup, 2008; Jeukendrup & Jentjens, 2000; Jeukendrup et al., 1999).

Der Nachweis des Fructosecarriers über das GLUT5-Transportsystem (Currell & Jeukendrup, 2008) ermöglichte die Aufnahme zusätzlicher Kohlenhydrate. Die Nutzung beider Carrier für Fructose und Glukose erreicht somit 90 g resorbierte KH/h und damit eine höhere Leistungsfähigkeit von bis zu 8 % (Jeukendrup et al., 2006; Currell & Jeukendrup 2008).

Gels und Riegel werden mit einem Verhältnis von Glukose zu Fructose von 2:1 am Markt bereitgestellt. Zudem werden diese auch mit Salz und Koffein angeboten.

Wie unterschiedlich Athleten trotzdem höhere Mengen vertragen können, zeigt eine Untersuchung der Universität Montana. So konnte Linsey Corbin, fünftplaziert beim Ironman Hawaii 2008, auf dem Rad 165 g KH/h und beim Laufen 137 g KH/h zu sich nehmen ohne Beschwerden zu bekommen (Pöttgen, 2008).

Für die Kohlenhydratresorption ist die Anwesenheit von genügend Natrium erforderlich. Bei langen Ausdauerleistungen wie dem Ironman Hawaii oder dem Boston Marathon konnten bei 27 % der Langstreckentriathleten bzw. 13 % der Marathon Teilnehmer Hyponatriämien nachgewiesen werden (Hiller et al., 1987; Almond et al., 2005).

Allgemein anerkannt ist inzwischen die empfohlene Zufuhr von 1-2 g Salz entsprechend 400-800 mg Natrium pro Stunde, um eine Hyponatriämie zu verhindern (Sharp, 2006) und die Aufrechterhaltung des Plasmavolumens zu gewährleisten (Murray, 2007).

Sportartspezifisch werden verschiedene Angaben zur Flüssigkeits- und Nahrungsaufnahme gemacht. So variiert die KH-Aufnahme bei professionellen Radfahren von weniger als 25 g/h (Garcia-Roves, 1998) bis zu 94 g/h (Saris, 1989). Eine retrospektive Befragung bei 422 Läufern, Radfahrern und Triathleten zeigte eine höhere Flüssigkeits- und Nahrungsaufnahme bei Triathleten im Vergleich zu Läufern (Peters et al., 1999a). Dagegen zeigen andere Autoren keine Differenz zwischen Läufern, Radfahrern und Triathleten (ACSM, 2009).

## **2 Gastrointestinale Beschwerden**

Mechanische Erschütterungen können Empfindlichkeiten des Magen-Darm-Trakts verstärken. 30-42 Prozent der Läufer klagen bei Belastungen regelmäßig über Stuhldrang, 14-30 Prozent bekommen sogar Durchfall. Diese Beschwerden sind typisch für das Laufen, sie werden in anderen Disziplinen nicht so häufig beobachtet. Es besteht auch hier ein direkter Zusammenhang zwischen der Belastungsintensität und dem Schweregrad der Symptome. Die Fähigkeit, Nahrung zumindest in flüssiger Form während der Belastung zuzuführen und zu vertragen, ist trainierbar und sollte von allen Athleten, die Langzeitausdauersportarten betreiben, regelmäßiger Bestandteil langer Trainingseinheiten sein (Zapf, 2008). Die Aufnahme verschiedener Nahrungsstoffe, wie Fett, Fasern und Eiweiß haben schon früher zu gastrointestinalen (GI) Problemen während der Belastung geführt (Peters et al., 1999b). Die KH Aufnahme und insbesondere hypertone Getränke wurden ebenfalls früh mit GI-Beschwerden in Verbindung gebracht (Rehrer, van Kemenade, Meester, Brouns & Saris, 1992; Peters et al., 1999b). Obwohl eine hohe Kohlenhydrataufnahme (~1.5 g/min) in Form von Gels von Athleten über 10 Meilen (16 km) Läufen bei milden äußeren Bedingungen gut vertragen wird (Pfeiffer, Cotterrill, Grathwohl, Stellingwerff & Jeukendrup, 2009), führt die Wettkampfdauer mit zunehmender Länge zu einer erhöhten Inzidenz für GI-Probleme (Peters et al., 1993). Dies gilt ebenso bei extremen äußeren Bedingungen. Trainierte haben zudem eine größere Hitzetoleranz als Untrainierte (Gisolfi, 2000). Während Belastung und in Ruhe können Trainierte ihren Magen schneller entleeren als Untrainierte (Harris, Lindeman & Martin, 1991).

### 3 Untersuchung gastrointestinaler Beschwerden bei Ausdauerwettbewerben 2010

Im Rahmen einer Beate Pfeiffer mit der Universität Birmingham geführten Studie wurden u. a. verschiedene Ironmanrennen untersucht. Die folgenden Daten stammen aus der Veröffentlichung in *Medicine & Science in Sports & Exercise* (Official Journal of the American College of Sports Medicine) vom Juli 2011 (Pfeiffer et al., 2011). Bei folgenden Ereignissen wurden 221 Ausdauerathleten zu ihrem Verhalten und Beschwerden befragt:

- zwei Ironman-Triathlonrennen (IM) in Hawaii und Frankfurt, (3,8 km Schwimmen, 180 km Radfahren, 42,2 km Laufen),
- Ironman 70.3 Wiesbaden (halbe Distanz) (1,9 km Schwimmen, 90 km Radfahren, 21,1 km Laufen),
- Marathon München (MARATHON), flache Streckenführung, 42,2 km Laufen,
- Amateure bei 100 km/150 km Radrennen,
- Vattenfall-Cyclassics cycling race, Hamburg (CYCLE),
- Professionelle Radfahrer (PRO) wurden während der Etappenrennen untersucht. Ein Profi-Team während zwei flachen Etappen (228 km und 182 km) bei der Dauphine Liberé, France. Das zweite Team bei der Vuelta a España (Tour of Spain).

#### 3.1 Abdominelle Beschwerden

Es zeigte sich, dass die unteren abdominellen Symptome signifikant weniger problematisch bei der Halb-Distanz IM 70.3 waren als beim IM Hawaii und beim IM Germany. Die oberen und unteren abdominellen Symptome bei Radfahrern waren im Durchschnitt geringer als bei allen Triathlon-Events.

GI-Probleme zeigten sich wie folgt:

- IM Hawaii 32 %,
- IM GER 31 %,
- IM 70.3 14 %,
- CYCLE und MARATHON 4 % ,
- PROs 7 %.

Zum Trainingsaufwand machten die teilnehmenden Triathleten folgende Angaben:

- IM Hawaii 19,2 ± 7,8 Stunden,
- IM GER 16,4 ± 5,5 Stunden,
- IM 70.3 13,2 ± 4,8 Stunden.

#### 3.2 Kohlenhydrataufnahme

Die Kohlenhydrataufnahme betrug pro Stunde in Gramm wie folgt:

- IM Hawaii 62 ± 26,
- IM GER 71 ± 25,
- IM 70.3 65 ± 25.

Im Gegensatz zum Triathlon lag die durchschnittliche Kohlenhydrataufnahmerate bei den Radfahrern (CYCLE) signifikant niedriger ( $53 \pm 22$  g). Die durchschnittliche Kohlenhydrataufnahmerate lag bei den PRO-Radfahrern tendenziell höher als bei den Amateuren (ca. 20%), ( $64 \pm 20$  g und  $53 \pm 22$  g).

Die niedrigste mittlere KH Aufnahmerate wurde beim Marathon mit  $35 \pm 26$  g/h dokumentiert, welche signifikant niedriger lag als beim Radfahren (CYCLE) und allen drei Triathlon-Events. Unabhängig vom Event, schwankte die individuelle Kohlenhydrataufnahme stark (6 bis 136 g/h). Innerhalb der Triathlon-Events war die Kohlenhydrataufnahme signifikant höher beim Radfahren im Vergleich zum Lauf. Bei beiden IM Events nahmen Männer mehr Kohlenhydrate zu sich als Frauen. Berechnet zum Körpergewicht fand sich jedoch kein signifikanter Unterschied.

### 3.3 Flüssigkeitsaufnahme

Athleten nahmen einen höheren prozentualen Anteil von flüssigen KH während des IM Hawaii im Vergleich zum IM 70.3 auf ( $49 \pm 24\%$  and  $40 \pm 14\%$ ).

Weniger feste KH wurden während des IM Hawaii als beim IM 70.3 konsumiert ( $15 \pm 16\%$  und  $24 \pm 20\%$ ). Beim IM GER war ein ähnlicher Trend zu einem höheren prozentualen Anteil an flüssigen KH und geringerem Anteil an festen KH im Vergleich zum IM 70.3 zu erkennen.

Innerhalb der Triathlon-Events wurde ein signifikant höherer Anteil fester KH während des Radfahren als beim Laufen festgestellt. Die Form der KH-Aufnahme war nicht signifikant unterschiedlich zwischen PRO- und Amateur-Radfahrern (CYCLE). Beim MARATHON wurden signifikant weniger KH in flüssiger Form als beim IM 70.3 konsumiert. Der Anteil der Kohlenhydrataufnahme als Gel war signifikant höher beim MARATHON als beim Radfahren (CYCLE).

### 3.4 Kohlenhydratkonzentration

Die Analyse der Kohlenhydrate in Bezug auf fest, gelförmig und flüssig wurde mit der Flüssigkeitsaufnahme als Lösung in Prozent (%) berechnet. Im Durchschnitt über alle sechs Events lag die Kohlenhydratlösung bei  $10,6 \pm 6,2\%$ . Die konsumierte Kohlenhydratmenge war beim IM Hawaii ( $8,8 \pm 4,4\%$ ) signifikant höher verdünnt als bei allen anderen Events.

Die aufgenommenen KH entsprachen einer 3,5- bis 27-prozentigen Lösung.

Die aufgenommene Flüssigkeitsmenge betrug bei den Ironmanrennen:

- IM Hawaii                     $794 \pm 309$  ml/Stunde
- IM GER                       $703 \pm 238$  ml/Stunde
- IM 70.3                       $700 \pm 254$  ml/Stunde

Innerhalb der Triathlon-Events lag eine höhere Flüssigkeitsaufnahme auf dem Rad mit  $849 \pm 339$  ml/h gegenüber Lauf  $729 \pm 377$  ml/h bei allen drei Triathlon-Events vor. Bei Radevents ( $643 \pm 599$  ml/h) wurde signifikant weniger Flüssigkeit als beim Triathlon aufgenommen. Amateure (CYCLE) nahmen weniger Flüssigkeit auf als

PROs bei VUELTA und DL ( $711 \pm 270$  ml/h). Die niedrigste Aufnahme fand sich beim MARATHON mit  $354 \pm 187$  ml/h.

Beim IM Hawaii nahmen Männer  $849 \pm 280$  ml/h und Frauen  $675 \pm 289$  ml/h zu sich.

Beim IM GER nahmen Männer  $575 \pm 216$  ml/h und Frauen  $729 \pm 245$  ml/h zu sich. Mit dem Körpergewicht verrechnet ergibt sich allerdings kein signifikanter Unterschied bei beiden Geschlechtern.

### 3.5 Salzaufnahme (mg/Stunde)

- IM Hawaii  $422 \pm 213$ ,
- IM GER  $444 \pm 216$ ,
- IM 70.3  $403 \pm 193$ ,
- MARATHON  $118 \pm 87$ ,
- CYCLE  $208 \pm 183$ ,
- PRO  $311 \pm 156$ .

### 3.6 Koffeinaufnahme (mg/ Stunde)

- IM Hawaii  $26 \pm 22$ ,
- IM GER  $33 \pm 29$ ,
- IM 70.3  $28 \pm 24$ ,
- MARATHON  $23 \pm 32$ ,
- CYCLE  $21 \pm 29$ ,
- PRO  $12 \pm 14$ .

### 3.7 Vorgeschichte der GI-Probleme

Bei allen Events korrelierte die Bewertung der oberen und unteren abdominellen Symptome positiv mit der Vorgeschichte. Die mittleren Werte für obere und untere abdominelle Symptome korrelierten nicht mit KH-, Flüssigkeits-, Salz-, Koffein-, Eiweiß-, Fett- oder Ballaststoffaufnahme in irgendeinem Triathlon-Event.

Übelkeit und Blähungen korrelierten mit der KH-Aufnahmerate beim IM Hawaii und beim IM 70.3. Eine hohe Einnahme von Ballaststoffen korrelierte ebenso mit vermehrten Blähungen beim IM 70.3 und IM Hawaii.

### 3.8 Persönliche Charakteristiken, Trainingsgewohnheiten und Umgebungsbedingungen

Keine signifikante Differenz der oberen und unteren abdominellen Symptome bestand zwischen Frauen und Männern.

Innerhalb der Daten vom IM Hawaii korrelierten untere abdominelle Symptome negativ mit der Dauer der Ausdauertrainingserfahrung.

Untere abdominelle Symptome korrelierten negativ mit den Trainingsaufwand in Stunden/Woche beim IM 70.3. Mittlere obere und untere abdominelle Symptome korrelierten signifikant mit dem Hitzeindex verschiedener Events.

Damit zeigt sich, dass vermehrter Trainingsaufwand und Ausdauererfahrung weniger Beschwerden verursachen, dagegen aber steigende Temperaturen zu vermehrten Beschwerden führen.

### 3.9 Race performance

Bei beiden IM Events und MARATHON korrelierten schnelle Endzeiten mit der Höhe der KH-Aufnahme. Ebenso korrelierten schnellere Endzeiten mit hoher Salzaufnahme beim IM Hawaii und IM GER. Eine negative Korrelation mit hohen Kaffeemengen erschien beim IM Hawaii und MARATHON.

## Literatur

- ACSM. (2009). Nutrition and athletic performance. *Med Sci Sports Exerc*, 41 (3):709-731.
- Almond, C. S., Shin, A. Y., Fortescue, E. B., Mannix, R. C., Wypij, D., Binstadt, B. A., Duncan, C. N., Olson, D. P., Salero, A. E., Newburger, J. W. & Greenes, D. S. (2005). Hyponatremia among runners in the Boston Marathon: *N Engl J Med*, 352, 1550-1556.
- Currell, K. & Jeukendrup, A. (2008). Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. *Med Sci Sports Exerc*, 40 (2), 275-81.
- El-Sayed, M. S., MacLaren, D. & Rattu, A. J. (1997). Exogenous carbohydrate utilisation: effects on metabolism and exercise performance. *Comp Biochem Physiol A Physiol.*, 118 (3), 789-803.
- Garcia-Roves, P. M., Terrados, N., Fernandez, S. F. & Patterson, A. M. (1998). Macronutrients intake of top level cyclists during continuous competition--change in the feeding pattern. *Int J Sports Med*, 19 (1), 61-67.
- Gisolfi, C. V. (2000). Is the GI System Built For Exercise? *News Physiol Sci* 2000 Jun, 15, 114-9.
- Harris, A., Lindeman, A. K. & Martin, B. J. (1991). Rapid orocecal transit in chronically active persons with high energy intake. *J Appl Physiol*, 70 (4), 1550-1553.
- Hiller, W. D., O'Toole, M. L., Fortess, E. E., Laird, R. H., Imbert, P. C. & Sisk, T. D. (1987). Medical and physiological considerations in triathlons. *Am J Sports Med.*, 15 (2), 164-167.
- Jeukendrup, A. E., Raben, A., Gijsen, A., Stegen, J. H., Brouns, F., Saris, W. H. & Wagenmakers, A. J. (1999) Glucose kinetics during prolonged exercise in highly trained human subjects: effect of glucose ingestion. *J Physiol. Mar 1*, 515 ( Pt 2), 579-589
- Jeukendrup, A. E. & Jentjens, R. (2000). Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise: current thoughts, guidelines and directions for future research. *Sports Med.*, 29 (6), 407-424.
- Jeukendrup, A., Moseley, L., Mainwaring, G., Samuels, S., Perry, S. & Mann, C. H. (2006). Exogenous carbohydrate oxidation during ultraendurance exercise. *J Appl Physiol*, 100 (4), 1134-1141.
- Kerksick, C., Harvey, T., Stout, J., Campbell, B., Wilborn, C., Rider, R., Kalman, D., Ziegenfuss, T., Lopez, H., Landis, J., Ivy, J. L. & Antonio, J. (2008). International Society of Sports Nutrition position stand: nutrient timing. *J Int Soc Sports Nutr.*, 5, 17. *Erratum in: J Int Soc Sports Nutr.*, 5, 18.
- Murray, B. (2007). The role of salt and glucose replacement drinks in the marathon. *Sports Med.*, 37 (4-5), 358-360.
- Peters, H., Van Schelven, F., Verstappen, P., De Boer, R., Bol, E., Erich, W., Van der Trogt, C. & De Vries, W. (1993). Gastrointestinal problems as a function of carbohydrate supplements and mode of exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 25 (11), 1211-1224.
- Peters, H., Bos, M., Seebregts, L., Akkermans, L., van Berge Henegouwen, G., Bol, E., Mosterd, W. & de Vries, W. (1999a). Gastrointestinal symptoms in long-distance runners, cyclists, and triathletes: prevalence, medication and etiology. *Am J Gastroenterol*, 94 (6), 1570-1581
- Peters, H., Zweers, M., Backx, F., Bol, E., Hendriks, R., Mosterd, W. & De Vries, W. (1999b). Gastrointestinal symptoms during long-distance walking. *Med Sci Sports Exerc*, 31 (6), 767-773.

- Pfeiffer, B., Cotterrill, A., Grathwohl, D., Stellingwerff, T. & Jeukendrup, A. (2009). The effect of carbohydrate gels on gastrointestinal tolerance during a 16-km run. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 19 (5), 485-503.
- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Hodgson, A. B., Randell, R., Pottgen, K., Res P., Jeukendrup, A. E. (2011). Nutritional intake and gastrointestinal problems during competitive endurance events. *Med Sci Sports Exerc.*, Jul 19.
- Pöttgen, K. (2008) Leistungsprofile von Profiathleten und Wettkampfmanagement beim IRONMAN Hawaii 2008. *Medical Triathlon World*, 44, 5-6
- Rehrer, N., van Kemenade, M., Meester, W., Brouns, F. & Saris, W. (1992). Gastrointestinal complaints in relation to dietary intake in triathletes. *Int J Sport Nutr*, 2 (1), 48-59.
- Saris, W. H., van Erp-Baart, M. A., Brouns, F., Westerterp, K. R. & ten Hoor, F. (1989). Study on food intake and energy expenditure during extreme sustained exercise: the Tour de France. *Int J Sports Med*, 10 Suppl 1, S26-31.
- Sharp R. L. (2006). Role of sodium in fluid homeostasis with exercise. *J Am Coll Nutr.*, 25 (3 Suppl), 231S-239S.
- Widrick, J. J., Costill, D. L., Fink, W. J., Hickey, M. S., McConell, G. K. & Tanaka, H. (1993). Carbohydrate feedings and exercise performance: effect of initial muscle glycogen concentration. *J Appl Physiol.*, 74 (6), 2998-3005.
- Zapf, J. (2008) Magen-Darmprobleme im Ausdauersport. [http://www.loges.de/Magen-Darmprobleme\\_im\\_Ausdauersport](http://www.loges.de/Magen-Darmprobleme_im_Ausdauersport) Letzter Aufruf 26.12.2010

### **Anschrift des Autors:**

Dr. Klaus Pöttgen  
Medizinischer Leiter Ironman Germany  
Hobrechtstrasse 26  
64285 Darmstadt  
E-Mail: klaus@drpoettgen.de