



universität
wien

MASTERARBEIT

Titel der Masterarbeit

„Wettkampferernährung im Ausdauersport

Theorie und Praxis“

verfasst von

Mag. Elisabeth Pichler, Bakk.rer.nat

angestrebter akademischer Grad

Master of Science (MSc)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 838

Studienrichtung lt. Studienblatt: Masterstudium Ernährungswissenschaften

Betreut von: Univ.-Prof. Paul Haber

Hinweis:

In der Arbeit wurden für eine bessere Lesbarkeit maskuline und feminine Formen nicht verwendet. Alle Begriffe maskuliner Schreibweise beziehen sich gleichermaßen auf beide Geschlechter.

ABSTRACT:

Zielsetzung: Die Nahrungszufuhr während Ausdauerwettkämpfen bekommt immer mehr an Bedeutung. Das Ziel dieser vorliegenden Arbeit ist zum einen die unterschiedlichen Empfehlungen zu diskutieren und zum anderen die Einhaltung derer bei Wettkämpfen in den Sportarten Laufen, Radfahren, Duathlon und Triathlon zu untersuchen. Die Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr soll mit der Planung und Testung der Ernährung, der Zufriedenheit und Leistungseinbrüchen während dem Wettkampf verglichen werden. Unterschiede zwischen den vier Sportarten werden festgestellt.

Methode: Mittels Fragebögen wurde das Ernährungsverhalten von 75 Athleten (Alter 36 ± 9 Jahren, davon: 8 Läufer, 19 Duathleten, 13 Triathleten und 35 Radfahrer) untersucht. Die Befragungen fanden zeitnahe zu den Belastungen statt. Es wurde eine Excel-Datei mit allen Lebensmitteln und deren Nährstoffzusammensetzung erstellt und für jeden Athleten die stündliche Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr, unter besonderer Berücksichtigung der Kohlenhydrat- und Natriummenge und des Energiegehaltes, ausgerechnet und mittels Statistikprogramm SPSS verglichen.

Resultate: Während einem Ausdauerwettkampf wird eine Zufuhr von 60-80g Kohlenhydrate, eine Mischung aus Glukose und Fruktose, und eine Flüssigkeitszufuhr von 800-1000ml, abhängig von Schweißrate und Außentemperatur, pro Stunde empfohlen. Bis auf die Läufer kommt der Großteil der Sportler dieser Angabe sehr nahe. Natrium sollte in einer Menge von 600-1000mg pro Stunde aufgenommen und die Magnesiumaufnahme möglichst gering gehalten werden. Die Nährstoffzufuhr steht nicht in einem signifikanten Zusammenhang mit den Leistungseinbrüchen, da die Ernährung nur einen Teil der Leistungsfähigkeit darstellt und mehrere Faktoren berücksichtigt werden müssen.

Conclusio: Der Stellenwert der Ernährung steigt im Ausdauersportbereich. Die Empfehlungen von den Autoren sind sehr unterschiedlich, da sehr viel mehr Faktoren wie die Schweißrate, Labestation, Verträglichkeit berücksichtigt werden müssen. Sinnvoll wären weitere Studien, die Empfehlungen der verschiedenen Sportarten und auch Kombinationssportarten wie Triathlon und Duathlon analysieren und Empfehlungen auch für unterschiedliche Wettkampfdauer ermitteln.

ABSTRACT (english)

Purpose: The food intake during endurance events gets more and more important. Meanwhile, there are several recommendations of different authors. The aim of this study is firstly to compare and to discuss these values Secondly the compliance should be determined in the different sports of running, cycling, duathlon and triathlon. The food and fluid intake should be compared with the planning and testing of nutrition in training, satisfaction and performance degradation during the race. In addition, differences between the intakes during the four sports are detected.

Methods: Using questionnaires the food intake during competition of 75 athletes (age 36 ± 9 years of which 8 runners, 19 Duathletes, 13 triathletes and 35 cyclists) was investigated. Minimum duration of the selected events was 120 min. An Excel-file with all foods and their nutritional composition was created. For each athlete the hourly food and fluid intake, with particular emphasis on carbohydrate and sodium amount and energy content was calculated. The comparisons and correlations were analysed with the statistic program SPSS.

Results: During an endurance competition an intake of 60-80g carbohydrates, a mixture of glucose and fructose, per hour is recommended. The fluid intake should be around 800-1000ml per hour, depending on outside temperature and sweat rate. Except for the runners, most of the athletes come these statement very close. Sodium should be consumed in an amount of 600-1000mg per hour and magnesium intake should be kept as low as possible. The mean sodium intake is too low and the magnesium intake too high. The nutrient intake is not significantly associated with performance degradation, because the diet is only a part of the performance, and several factors must be taken into account.

Conclusion: The importance of nutrition increases in endurance sports. The recommendations of the authors are very different, because a lot more factors such as the rate of sweating, refreshment station and tolerability should be considered. Further studies would be useful to create recommendations of different sports and the combination of sports like triathlon and duathlon. Another important part would be to identify recommendations for different event with different duration.

INHALT

1.	EINLEITUNG	16
2.	THEORIETEIL	18
2.1.	Bedeutung der Wettkampfernährung.....	18
2.1.1.	Kohlenhydrate	19
2.1.2.	Fette	23
2.1.3.	Eiweiss.....	24
2.2.	Bedeutung der Mikronährstoffe im Ausdauersport.....	25
2.2.1.	Ausgewählte Vitamine	25
2.2.2.	Ausgewählte Mineralstoffe	25
2.3.	Ernährung am Wettkampftag vor der Belastung.....	27
2.4.	Empfehlungen der Zufuhr während der Belastung	31
2.4.1.	Zeitpunkt.....	31
2.4.2.	Kohlenhydrate	32
2.4.3.	Flüssigkeitszufuhr	37
2.4.4.	Kohlehydratanteil in Getränken.....	41
2.5.	Beurteilung der Empfehlungen während der Belastung.....	43
2.6.	Nährstoffkonzentrate im Sport.....	44
2.6.1.	Riegel	44
2.6.2.	Gels.....	45
2.6.3.	Getränke	45
2.6.4.	Flüssignahrung.....	46

2.7.	Analyse der Strategien von unterschiedlichen Firmen.....	47
2.7.1	POWERBAR.....	47
2.7.2	SQUEEZY.....	50
2.7.3	NUTRIXION.....	52
2.7.4	PEEROTON.....	54
2.7.1.	Diskussion der unterschiedlichen Ernährungsstrategien.....	57
3.	EMPIRISCHER TEIL.....	59
3.1.	Fragestellung.....	59
3.2.	Methodik.....	59
3.3.	Auswertung.....	61
3.4.	Untersuchtes Kollektiv.....	61
3.5.	Untersuchte Wettkämpfe	63
3.6.	Ergebnisse	66
3.6.1.	Kohlenhydrataufnahme	66
3.6.2.	Energieaufnahme.....	73
3.6.3.	Flüssigkeitsaufnahme.....	75
3.6.4.	Natrium- und Magnesiumaufnahme.....	78
3.6.5.	Planung, Testung, Zufriedenheit, Leistungseinbruch	82
3.6.6.	Informationsquelle.....	85
3.7.	DISKUSSION.....	86
3.7.1.	Kohlenhydrataufnahme	86
3.7.2.	Energieaufnahme.....	87

3.7.3.	Flüssigkeitsaufnahme.....	88
3.7.4.	Natrium- und Magnesiumaufnahme.....	89
3.7.5.	Planung, Testung, Zufriedenheit und Leistungseinbruch.....	90
3.7.6.	Informationsquelle	91
4.	ZUSAMMENFASSUNG	93
5.	LITERATUR	96
6.	ANHANG	100

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1 Strategie für einen Wettkampf über 3h, Powerbar, Quelle: www.powerbar.de	47
Abb. 2 Strategie für einen Langdistanztriathlon (ca. 11h 19 min), Powerbar, Quelle: www.powerbar.de	48
Abb. 3 Strategie für unterschiedliche Laufdistanzent (10-42km), Squeezy, Quelle: www.squeezy.de	50
Abb. 4 Strategie für unterschiedliche Radrennen (40-120km), Squeezy, Quelle: www.squeezy.de	51
Abb. 5 Strategie für Triathlon, Nutrixxion, Quelle: www.nutrixxion.com	52
Abb. 6 Strategie für Marathon, Nutrixxion, Quelle: www.nutrixxion.com	53
Abb. 7Strategie für Radrennen, Peeroton, Quelle: www.peeroton.com	55
Abb. 8 Strategie fürs Laufen, Peeroton, Quelle: www.peeroton.com	56
Abb. 9 Altersverteilung des gesamten Kollektivs.....	62
Abb. 10 Verteilung der Wettkampfdauer des gesamten Kollektivs	65
Abb. 11 Verteilung der untersuchten Wettkämpfe	65
Abb. 12 Durchschnittliche Kohlenhydratzufuhr in g/h, aufgeteilt nach Disziplin	68
Abb. 13 Verlauf der aufgenommenen stündlichen Kohlenhydratmenge in g (nur Wettkämpfe mit einer Dauer von 10h)	69
Abb. 14 durchschnittlich Kohlenhydrataufnahme der Duathleten	69
Abb. 15 Kohlenhydrataufnahme in g/kg KG/h nach Geschlecht und Disziplinen	72
Abb. 16 Zusammenhang von stündlicher Flüssigkeitsaufnahme und stündlicher Kohlenhydrataufnahme.....	73
Abb. 17 durchschnittliche Energiezufuhr (kcal)/h, aufgeteilt auf die einzelnen Disziplinen.....	74
Abb. 18 Verlauf der aufgenommenen Energiemenge pro Stunde bei Wettkämpfen mit einer Dauer von 10 h.	75
Abb. 19 Stündliche Flüssigkeitszufuhr aufgeteilt auf Wettkampfart und einzelne Disziplinen..	76

Abb. 20 stündlich aufgenommen Flüssigkeitsmenge in ml im Verlauf bei Wettkämpfen mit einer Dauer von 10 h	77
Abb. 21 Verlauf der stündlich aufgenommenen Flüssigkeitsmenge (gesamtes Kollektiv) ohne Berücksichtigung der Wettkampfdauer	78
Abb. 22 Häufigkeitsverteilung der stündliche Natriumaufnahme	79
Abb. 23 Zusammenhang zwischen Flüssigkeits- und Natriumaufnahme	80
Abb. 24 Häufigkeitsverteilung der stündlichen Magnesiumaufnahme	81
Abb. 25 Zusammenhang zwischen Flüssigkeits- und Magnesiumaufnahme	82
Abb. 26 Überblick über Planung, Testung, Zufriedenheit der Wettkampfernährung und Leistungseinbruch, aufgeteilt nach Sportart und Geschlecht.	84
Abb. 27 Genutzte Informationsquellen zum Thema Wettkampfernährung.....	85

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1 Unterschiedliche Empfehlungen der Kohlenhydrataufnahme in den letzten Stunden vor dem Wettkampf	29
Tab. 2 Unterschiedliche Empfehlungen der Kohlenhydrataufnahme während der Belastung /h	33
Tab. 3 Übersicht der Empfehlung für die Art der Kohlenhydratzufuhr während der Belastung	37
Tab. 4. Übersicht- Empfehlung der Flüssigkeitsaufnahme /h Belastung	39
Tab. 5 Empfehlungen für die Natriumaufnahme während der Belastung von verschiedenen Autoren.	41
Tab. 6 Nährwertangaben zur Ernährungsstrategie- Powerbar- Wettkampf über 3h	47
Tab. 7 Nährwertangaben zur Ernährungsstrategie- Powerbar- Langdistanztriathlon	49
Tab. 8 Nährwerte- Empfehlungen für Marathon- Squeezy.....	50
Tab. 9 Nährwerte- Empfehlungen für Radrennen- Squeezy.....	51
Tab. 10 Nährwerte- Empfehlungen für Triathlon, Nutrixxion.....	53
Tab. 11 Nährwerte- Empfehlungen für Laufen, Nutrixxion.....	54
Tab. 12 Nährwerte- Empfehlungen für Radrennen- Peertoton.....	55
Tab. 13 Nährwerte- Empfehlungen für Läufe- Peertonton	57
Tab. 14 Aufteilung des Kollektivs nach Wettkampftart und Geschlecht.....	62
Tab. 15 Stündliche Kohlenhydrataufnahme des gesamten Kollektivs und der einzelnen Sportarten (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum) Einheit: Gramm...	66
Tab. 16 Stündliche Kohlehydrataufnahme, aufgeteilt auf die Disziplinen des Duathlons und des Triathlons (Laufen und Radfahren),.	67
Tab. 17 durchschnittliche aufgenommene Menge an Kohlenhydraten in g/kg KG/h mit Standardabweichung, aufgeteilt auf die Sportarten bzw. Teildisziplinen.....	71
Tab. 18 aufgenommene Kohlenhydratmenge in g/kg KG /h, aufgeteilt auf die Disziplinen Lauf und Rad und die beiden Geschlechter.	72

Tab. 19 Energieaufnahme in kcal /h aufgeteilt auf die einzelnen Wettkampfsarten und	
Teildisziplinen	74
Tab. 21 Natriumaufnahme aufgeteilt auf die vier Sportarten.....	79
Tab. 22 Magnesiumaufnahme aufgeteilt auf die vier Sportarten	81
Tab. 23 Überblick über Planung, Testung und Zufriedenheit und Leistungseinbruch.....	83
Tab. 24 Überblick über Planung, Testung und Zufriedenheit und Leistungseinbruch in	
Prozentwerten ausgedrückt	83
Tab. 25 Genutzte Informationsquellen zum Thema Wettkampfernährung	85

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

g.....	Gramm
mg.....	Milligramm
kg.....	Kilogramm
KH	Kohlenhydrate
/h	pro Stunde
bzw.....	beziehungsweise
ca.....	circa
g KH/kg KG/h.....	Gramm Kohlenhydrate pro Kilogramm Körpergewicht pro Stunde
Na.....	Natrium
Mg.....	Magnesium
WK.....	Wettkampf
d.h.....	das heißt

1. EINLEITUNG

Aufgrund meiner zwei Studienrichtungen Sport- und Ernährungswissenschaften habe ich mich für das Thema Wettkampfernährung entschieden. Die größte Bedeutung findet die Nahrungsaufnahme im Ausdauersport. Nicht nur die Mahlzeiten vor und nach einer Belastung, sondern auch während eines Wettkampfes, tragen zu einer hohen Leistungsfähigkeit bei. Empfohlen wird eine Nährstoffzufuhr ab einer Belastung von über 90-120 min (Haber, 2009; Hultmann und Greenhaff, 1993; Jeukendrup, 2011), deswegen fiel die Wahl auf Ausdauerwettkämpfe, mit einer Mindestdauer von zwei Stunden. Bei kürzerer Dauer ist keine Nahrungsaufnahme notwendig. Zu den am weitest verbreiteten Arten im Breiten- und Hobbysportbereich zählen Läufe (Halbmarathon, Marathon, Ultramarathon), Radrennen (Rennrad oder Mountainbike) und Triathlon (Halbdistanz und Langdistanz). Genau diese werden in der vorliegenden Arbeit behandelt. Als vierte Wettkampfsart wurde der Duathlon (Crossduathlon oder Straßenduathlon) gewählt, der aus einer Kombination von Laufen und Radfahren besteht.

Im ersten Teil der Arbeit werden die aktuellen Empfehlungen einer optimalen Wettkampfernährung im Ausdauersport beschrieben und Meinungsverschiedenheiten von Autoren diskutiert. Zu Beginn wird die Frage geklärt, welche Bedeutung die Ernährung und insbesondere die drei Makronährstoffe Kohlenhydrate, Fett und Eiweiß haben und ab wann eine exogene Zufuhr notwendig ist. Im Anschluss daran werden die Empfehlungen vor und während des Wettkampfes beschrieben, aufgegliedert in feste und flüssige Nahrung.

Im zweiten Teil werden Ernährungsstrategien von unterschiedlichen Sportnahrungsmittelherstellern analysiert, verglichen und diskutiert. Die meisten Firmen bieten Strategien, speziell für Läufe, Radrennen und Triathlons unterschiedlicher Länge.

Der dritte und letzte Teil beschreibt die durchgeführte Studie, gegliedert in die Fragestellung, Methodik, Beschreibung des untersuchten Kollektivs und Wettkämpfe, die Analysemethoden und das Ergebnis mit anschließender Diskussion.

Die genaue Fragestellung lautet: Werden die Empfehlungen einer Nahrungsaufnahme zum Erreichen der optimalen Leistung während eines Ausdauerwettkampfes im Breitensport erfüllt und gibt es sportartspezifische Unterschiede?

2. THEORIETEIL

2.1. BEDEUTUNG DER WETTKAMPFERNÄHRUNG

Viele Studien beschreiben den positiven Zusammenhang zwischen der richtigen Ernährung vor und während des Wettkampfes mit der Leistungsfähigkeit im Ausdauersport. Durch die Aufnahme von kohlenhydratreicher Nahrung während der Belastung der Ermüdungszeitpunkt und Leistungsabfall hinausgezögert und die Geschwindigkeit im Wettkampf kann länger aufrechterhalten werden (Neumann, 2005; Haber, 2009; Kerksick et al., 2008; Vandenbogaerde, 2011).

Die Kohlenhydrataufnahme am Tag vor und direkt vor dem Wettkampf steht in engem negativen Zusammenhang mit der Marathonlaufzeit und kann auch als ein Prädiktor der Marathonzeitvorhersage angesehen werden. Eine höhere Aufnahme an Kohlenhydraten bringt eine bessere Marathonzeit mit sich (Wilson et al., 2013).

In einer Untersuchung zum Einfluss der Kohlenhydratgabe während der Belastung teilten die Autoren ihr Studienkollektiv in vier Gruppen ein. Eine Gruppe bekam während der Belastung nur ein Placebo, die zweite Gruppe bekam eine Kohlenhydrat (KH) -Elektrolyt-Lösung, die dritte ein KH-Getränk (Gatorade, 6%KH) und die vierte Gruppe eine Wasser-Elektrolyt-Lösung. Die Menge an Kohlenhydrate ($79 \pm 4\text{g}$) war bei allen vier Varianten gleich. Sie stellten fest, dass die Gabe von Kohlenhydraten und die Gabe von Flüssigkeiten die Leistung einer hochintensiven Belastung am Ergometer jeweils um 6% und die Kombination von beiden um 12% steigerte (Below et al., 1994).

Diese beiden Studien verdeutlichen die Bedeutung der Wettkampfer Ernährung in Hinblick auf eine optimale Leistungsfähigkeit.

Im nächsten Kapitel werden die drei Makronährstoffe Kohlenhydrate, Fette und Eiweiß und eine Auswahl an Mikronährstoffen mit deren Bedeutung für den Ausdauersport genauer behandelt.

2.1.1. KOHLENHYDRATE

2.1.1.1. Bedeutung der Kohlenhydrate im Ausdauersport

Kohlenhydrate sind besonders im Ausdauersport mit höheren Intensitäten die wichtigste Energiequelle der Muskulatur. In Ruhe erfolgt die Energiebereitstellung zu 90% aus Fettsäuren und nur 10% aus Kohlenhydraten. Diese 10% sind für die Versorgung des Zentralnervensystems und der roten Blutkörperchen zuständig (Mc Ardle et al., 2010).

Bis zu einer Belastung von 50% der maximalen Sauerstoffaufnahme hat das Fett als Energielieferant die größte Bedeutung. Da sich Athleten im Wettkampf über dieser Grenze befinden liegt hierbei das Hauptaugenmerk bei den Kohlenhydraten. Es besteht fast eine lineare Beziehung zwischen Belastungsintensität und Abbaugeschwindigkeit des Glykogens (=Speicherform der Kohlenhydrate im Muskel). Die Entleerung der Speicher ist abhängig von Intensität, Dauer der Belastung, dem Trainingszustand und der exogenen Zufuhr der Kohlenhydrate. Ausdauertrainierte sind vermehrt fähig Fett als Energiequelle zu nutzen und die gespeicherten Kohlenhydrate zu schonen, dies ist jedoch nicht für den Wettkampf gültig, da die Intensität im Wettkampf für die Fettverbrennung zu hoch ist. (Mc Ardle et al., 2010; Friedrich, 2008).

Bei einer Sauerstoffaufnahme von über 100% greift der Körper ausschließlich auf die Kohlenhydratreserven zurück (Hultmann und Greenhaff, 1993).

Das gespeicherte Glykogen kann der Körper mittels Glykogenolyse zu Glukose und weiter zu ATP, Energie, umwandeln. Die Glukoneogenese, die Neubildung von Glukose (aus Eiweißbausteinen), findet nur in sehr geringem Ausmaß statt um die Blutglukose aufrecht zu erhalten (Friedrich, 2008).

Weiteres hilft eine adäquate Kohlenhydrataufnahme den Eiweiß- und somit Muskelabbau zu verhindern. Im Fettstoffwechsel fungieren die Kohlenhydrate als metabolischer „Primer“ (Mc Ardle et al., 2010).

Kohlenhydrate gelten als schnelle Energielieferanten, da sie anaerob viermal und aerob doppelt so schnell umgesetzt werden können wie Fette. Kommt es zu einem Kohlenhydratmangel während sportlicher Belastung, so entsteht ein sogenannter „Hungerast“ (=Hypoglykämie). Es treten Symptome wie Schwindel, Zitterigkeit, Hungergefühl, Kraftlosigkeit und Schwarzwerden vor den Augen auf (Konopka, 2012).

2.1.1.2. Kohlenhydratreserven

Begründet wird die Notwendigkeit der Nahrungsaufnahme während einer lang andauernden Belastung durch die limitierte Speicherung von Glykogen im Körper. Selbst bei einer Marathonzeit unter 2h 30 min reichen die Speicher nicht aus und es kommt zu einer negativen Energiebilanz (Geiß und Hamm, 2000). Die Größe der Glykogenspeicher im Muskel geben Bodil (1993) und Haber (2009) mit 200-400 g an, das entspricht 900-1800 kcal. Mc Ardle et al. (2010) geben eine Glykogenreserve von 2000 kcal bei einem durchschnittlichen Athleten an. Die Größe der Speicher schwankt je nach Gewicht und Muskelmasse.

Die Speicher sind im Zuge einer Wettkampfbelastung schnell verbraucht. Beim Laufen verbrennt ein Sportler je nach Geschwindigkeit und Körpergewicht zwischen 500 kcal (50 kg KG und 10km/h Laufgeschwindigkeit) und 1500 kcal (94 kg KG und 16km/h Laufgeschwindigkeit) pro Stunde. Als Faustformel kann 1 kcal pro kg Gesamtgewicht (Körpergewicht inklusive Kleidung) pro Kilometer angenommen werden. Bei einer Laufgeschwindigkeit über 15 km/h wird ein Kalorienverbrauch von 14-17 kcal pro kg KG und Stunde angegeben. Beim Radrennen und beim Schwimmen ist er mit 10-11 kcal etwas niedriger (Mc Ardle et. al, 2010).

Zusätzlich befindet sich noch Glykogen in der Leber (80-100 g) (Bodil, 1993). Geiß und Hamm (2000) beschreiben die gesamten Kohlenhydratspeicher eines Nichtsportlers mit 200-300 g und die eines Hochleistungssportlers mit 700-750 g, somit ist beinahe eine Vervierfachung der Glykogenreserven möglich. Der Normalwert des gespeicherten Glykogens in der Muskulatur wird mit 15 g pro kg Muskelmasse angegeben (Mc Ardle et. al, 2010).

2.1.1.3. Kohlenhydratspeicherung

Wie oben erwähnt sind die Kohlenhydratspeicher begrenzt und deswegen sehen Geiß und Hamm (2000) als Ziel einer sportlergerechten Ernährung die Glykogenspeicher vor einem Wettkampf zu vergrößern. Mit der Methode des Kohlenhydratladens oder auch „Carboloading“ genannt, kann dies in den Tagen vor dem Wettkampf erreicht werden. Dabei werden vier bis sieben Tage vor dem Wettkampf die Speicher durch ein 60-90 min langes intensives anaerobes Ausdauertraining in Kombination mit einer kohlenhydratarmen und eiweißreichen Ernährung entleert. In den Tagen bis zum Wettkampf wird der Trainingsumfang auf 50-60% reduziert, die wettkampfspezifischen

Anteile bleiben gleich, und die Ernährung gestaltet sich kohlenhydratreich und fettarm. Als Richtwert können 7-10 g KH/kg KG/Tag gesehen werden. Mit dieser Methode können die Speicher innerhalb der letzten Woche vor dem Wettkampf verdoppelt werden (Haber, 2009; Tomasits und Haber, 2005; Seitz, 2005).

In einer Untersuchung des Zürich Marathons im Jahr 2005 stellte Seitz (2005) fest, dass es bei Hobbyathleten mit einer Kohlenhydrataufnahme von 6 g/kg KG an den Tagen vor dem Wettkampf zu einem Leistungseinbruch im letzten Viertel der Laufstrecke kam, im Gegensatz zu einer Aufnahme von 7-10 g, wie es empfohlen wird. Als Maximum der täglichen Kohlenhydrataufnahme nennen die Autoren 500-600 g (Haber, 2009; Tomasits und Haber, 2005). Der Großteil der Resynthese nach der Entleerung der Speicher erfolgt in den ersten 24 Stunden, ist jedoch erst nach drei bis vier Tagen abgeschlossen. Durch ein richtiges Kohlenhydratladen wird die Nutzung des Glykogens im Muskel beschleunigt und die Fettverbrennung gehemmt. Dadurch kann das Renntempo länger aufrechterhalten werden (Hultmann und Greenhaff, 1993).

Eine abgeschwächte Form, bei der nur versucht wird die Speicher am Tag vor dem Wettkampf bestmöglich zu füllen, ohne sie davor zu entleeren, bedingt eine Kohlenhydrataufnahme von 10-12 g pro kg KG und ist weniger effektiv (Seitz, 2005). Diese Angabe würde die oben genannte Maximalmenge pro Tag bei einem durchschnittlichen Mann mit 70-75 kg überschreiten. Um eine solch hohe Kohlenhydrataufnahme zu erreichen, ist die Verwendung von kohlenhydrathaltigen Getränken unverzichtbar (Seitz, 2005).

Jeukendrup et al. (1996) führten Untersuchungen an sieben trainierten Radfahren durch. Einmal fuhren die Probanden zwei Stunden lang bei 57% ihrer maximalen Sauerstoffaufnahme mit gefüllten und das zweite Mal mit entleerten Glykogenspeichern. Die gewählte Intensität entspricht nicht unbedingt der eines zweistündigen Wettkampfes, jedoch konnte laut Angaben der Autoren keine höhere Intensität mit entleerten Speichern über diesen Zeitraum durchgehalten werden. Dies ist schon ein Beweis für die Notwendigkeit aufgefüllter Speicher vor einem Wettkampf. Der Fettanteil der Energiebereitstellung betrug bei der Testreihe ohne Kohlenhydratladen 70% und bei den Tests mit Kohlenhydratreserven nur 57%. Prinzipiell wäre dies nicht schlecht, da die Fettspeicher viel größer sind als die

Kohlenhydratspeicher, jedoch birgt das Verwenden der Fettdepots als Energiequelle ein niedrigeres Tempo mit sich. Die nicht gefüllten Speicher führten auch zu einer 28%ig niedrigeren exogenen Oxidationsrate der zugeführten Kohlenhydrate während der Belastung. Begründet wurde dieses Erkenntnis durch die höhere Verfügbarkeit von Freien Fettsäuren (FFS) (Jeukendrup et al., 1996). Gefüllte Glykogenspeicher tragen also so zu besseren Leistungen bei.

Nicht nur das Auffüllen der Speicher in den letzten Tagen vor dem Wettkampf, sondern auch die Mahlzeit direkt vor der Belastung und die Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme während des Rennens spielen eine große Rolle. Es besteht eine additive Wirkung zwischen der Kohlenhydrataufnahme am Vortag und der Kohlenhydrat- und Flüssigkeitszufuhr am Wettkampftag (Seitz, 2005). Febbraio et al., (2000) fanden heraus, dass die Zufuhr während der Belastung entscheidender ist als die Nährstoffzufuhr davor.

Auf die Nahrungsaufnahme kurz vor und während der Belastung wird im nächsten Kapitel näher eingegangen.

Weiters ist auch zu erwähnen, dass 1 g Glykogen 3 ml Wasser und 19 mg Kalium bindet. Das bedeutet ein höheres Körpergewicht vor dem Start und auch erweiterte Flüssigkeits- und Kaliumspeicher (Tomasits und Haber, 2005; Hultmann und Greenhaff, 1993).

Die Autoren Geiß und Hamm (2000) beschreiben die Tatsache, dass das gespeicherte Glykogen nur in den Muskeln verwendet werden kann, in denen es gespeichert wurde. Glykogenreserven der Arme können bei andauernder Belastung der Beine (z.B. Radfahren) nicht als Energiequelle herangezogen werden, da diese nicht mehr in den Blutkreislauf kommen. Es ist also auf eine sportartspezifische bzw. eine muskelspezifische Entleerung der Speicher vor dem Kohlenhydratladen zu achten. Daraus lässt sich ein Vorteil der Triathleten und Duathleten im Gegensatz zu den reinen Läufern und Radfahrern ableiten. Im Triathlon werden zuerst vermehrt die Reserven der Oberkörpermuskulatur entleert und durch eine geeignete Schwimmtechnik die der Beinmuskulatur geschont um danach noch genug Reserven für die weiteren zwei Disziplinen zu haben.

2.1.2. *FETTE*

2.1.2.1. **Bedeutung der Fette im Ausdauersport**

Da Fett nur bei einer aeroben Belastungsintensität unter 50% der maximalen Sauerstoffaufnahme verwendet werden kann, hat das Fett in der Wettkampfernährung wenig Bedeutung (Tomasits und Haber, 2005; Geiß und Hamm 2000).

Erst wenn im Wettkampf alle Kohlenhydratspeicher verbraucht sind, und keine weiteren Kohlenhydraten während der andauernden Belastung zugeführt werden, greift der Körper vermehrt auf die Fettverbrennung zurück. Diese Tatsache bringt aber auch eine Temporeduzierung und Leistungseinbußen mit sich. Eine höhere Bedeutung hat dieser Makronährstoff bei extremen Ausdauerbelastungen, bei dem die Intensität niedriger gewählt wird um die lange Dauer überhaupt durchhalten zu können. In diesem Fall sind sie gespeicherten Fette sehr wohl eine bedeutende Energiequelle (Geiß und Hamm 2000).

Die Zufuhr von Fett während der Belastung verzögert die Entleerungsrate des Magens und vermindert somit die Aufnahme von Wasser und Kohlehydraten. Fette müssen zuerst abgebaut werden und würden erst nach drei bis vier zur Energieversorgung zur Verfügung stehen (Zapf et al., 1998). Dieselben Autoren beschreiben auch die Trainierbarkeit der Energiebereitstellung aus freien Fettsäuren, sodass trainierte Ausdauersportler vermehrt auf die Fettreserven zurückgreifen können. Erreicht wird dies durch nüchternes Grundlagenausdauertraining (Geiß und Hamm 2000; Bodil, 1993). Mit steigender Belastungsdauer steigt auch die Nutzung dieser Reserven als Energiequelle (Bodil, 1993).

Die Kohlenhydrate gelten im Vergleich zu Fett als ökonomischere Energiequelle da sie sowohl aerob als auch anaerob verwertet werden können. Fette verbrauchen im Gegensatz zu Kohlenhydraten mehr Sauerstoff bei der Verstoffwechselung (Geiß und Hamm, 2000; Tomasits und Haber, 2005).

Aus diesem Grund wird in den folgenden Kapiteln hauptsächlich auf die Kohlenhydrate eingegangen.

2.1.2.2. Fettreserven

Im Gegensatz zu den Kohlenhydraten sind die Fettreserven mengen- und kalorienmäßig beachtlich größer. 1 g Fett liefert 9,3 kcal und 1 g Glykogen liefert 4,1 kcal, somit ist die Speicherung von Fett für den Körper effizienter. Je nach Körperfettgehalt und Körpergewicht erreichen die Fettdepots eine Höhe von über 70000-100000g, das entspricht einer Energiereserve von über 65000-93000kcal und würde für die Energieversorgung von 2-3 Monaten reichen (Tomasits und Haber, 2005; Bodil, 1993; Zapf et al., 1998). Auch in der Muskulatur ist Fett in Form von Tröpfchen gespeichert, mit einem Energiegehalt von etwa 3000 kcal (Tomasits und Haber, 2005).

2.1.3. EIWEISS

2.1.3.1. Bedeutung von Eiweiß im Ausdauersport

Dem Eiweiß wird in der Wettkampfernährung im Ausdauersport nur eine geringe Bedeutung zugesprochen. Jedoch ist zu beachten, dass Ausdauersportler durch ihren erhöhten Energieverbrauch auch einen erhöhten Eiweißbedarf mit 1,2-1,8 g/kg KG pro Tag aufweisen. Bei hochintensiven Belastungen und Ultraausdauerwettkämpfen steigt der Eiweißanteil in der Energiebereitstellung auf 5-10% an (Marées, 2002).

Es besteht eine positive Korrelation zwischen Intensität der Belastung und Ausmaß der Eiweißverbrennung (Hultmann und Greenhaff, 1993). Wenn die Kohlenhydratreserven aufgebraucht sind, greift der Körper, neben dem Fett, auch auf Eiweiß als Energiequelle zurück. Da Eiweiß nur funktionell gespeichert ist, führt dies zu einem Muskelabbau. Durch eine adäquate Zufuhr von Kohlenhydraten, sollte es aber nicht so weit kommen (Mc Ardle et. al, 2010).

2.2. BEDEUTUNG DER MIKRONÄHRSTOFFE IM AUSDAUERSPORT

2.2.1. AUSGEWÄHLTE VITAMINE

2.2.1.1. Vitamin-B-Komplex

Vitamin B₁ (Thiamin) und B₆ (Pyridoxin) haben einen direkten Einfluss auf den Kohlenhydratstoffwechsel und sind deswegen während Ausdauerbelastungen essentiell (Geiß und Hamm, 2000). Ein Mangel an Thiamin erhöht den Laktatanstieg und mindert somit die Leistungsfähigkeit. Da es nicht gespeichert werden kann, muss es bei einem erhöhten Kohlenhydratstoffwechsel stets zugeführt werden. Es ist in allen Getreidearten vorhanden und wird deswegen in der kohlenhydratbetonten Kost von Ausdauersportlern ohnehin vermehrt eingenommen. Weitere Quellen sind Milch, Gemüse, Hülsenfrüchte und einige Fleischsorten wie Niere, Herz und Hirn. In Studien wurde herausgefunden, dass eine Supplementierung über den Bedarf hinaus keine positiven Auswirkungen auf die Leistung hat (Baron und Berg, 2005). In der Literatur wird ein Bedarf von Thiamin mit 4-8 mg statt den normalen 1-2 mg pro Tag angegeben (Weineck, 2010). Der Bedarf an Pyridoxin kann durch die körpereigenen Speicher abgedeckt werden (Berg und Baron, 2005).

2.2.1.2. Vitamin C

Zum einen hat Vitamin C eine Schutzwirkung auf andere Vitamine und zum anderen erhöht es die Eisenresorption. Der Bedarf von Sportlern gegenüber Nichtsportlern ist zwei bis dreimal so groß (Weineck, 2010). Schröder und Worm (1986) geben den Mehrbedarf mit 90 mg pro 1000 kcal Nahrungsaufnahme an.

2.2.2. AUSGEWÄHLTE MINERALSTOFFE

2.2.1.2. Natrium

Natrium befindet sich zum Großteil außerhalb der Zelle. Dieses Mengenelement fungiert in der Regulation des Wasserhaushaltes und ist an der Muskel- und Nervenregbarkeit beteiligt. Natrium wird hauptsächlich über den Schweiß, aber auch über die Niere ausgeschieden (Schröder und Worm, 1986). Der Bedarf für Ausdauersportler ist abhängig von der Schweißmenge. Diese Ausscheidung ist aber auch trainierbar, sodass gut trainierte Personen einen natriumärmeren Schweiß vorweisen als untrainierte Personen. Prinzipiell liegt durch die „typisch österreichische Ernährung“ aufgrund des hohen Salzkonzsums kein Natriummangel vor. Durch einen

Mangel kommt es während der Belastung zu einer geringeren Wasserbindung im Körper und dies kann zu Muskelkrämpfen und gestörten Muskelfunktionen führen (Geiß und Hamm, 2000).

2.2.1.3. Magnesium

Magnesium fungiert als Aktivator nahezu aller am Energiestoffwechsel beteiligten Enzyme und geht, so wie auch viele andere Mikronährstoffe, mit dem Schweiß verloren. Bezogen auf den Sport ist auch die Funktion als Erregungsübertragung vom Nerv auf den Muskel und somit auch der Muskelkontraktion von großer Bedeutung (Geiß und Hamm, 2000). Daraus lässt sich ableiten, dass ein Magnesiummangel zu Muskelkrämpfen und verstärktem Muskelkater führen kann (Weineck, 2010). Laut Haber (2009) ist ein Drittel der Sportler nicht ausreichend mit Magnesium versorgt. Aus diesem Grund gibt es Magnesium bereits in Form von Pulver, Tabletten, Getränken speziell für Sportler. Die meisten Produkte in der Sportlerernährung sind mit Magnesium angereichert. Auch die beliebte Banane von den Labestationen stellt einen Magnesiumlieferanten dar. Der Mehrbedarf liegt bei ca. 15 mg/100kcal zusätzlich zu den täglichen Empfehlungen von 300 mg für Frauen und 350 mg für Männer angegeben, und ist daher schwer zu verallgemeinern. Die Höhe des Energieumsatzes stellt den größten Einflussfaktor des Bedarfs dar. Von einer Supplementierung zusätzlich zur Nahrung wird während des Wettkampfes durch die laxierende Wirkung nicht empfohlen, sondern eine kurartige Aufnahme während der Tage vor dem Wettkampf (Geiß und Hamm, 2009). Natürliche Quellen für Magnesium sind Bananen, Mineralwässer, Hülsenfrüchte, Milch, Käse, Fleisch, Fisch, grünes Gemüse und Kartoffeln.

2.2.1.4. Kalium

Kalium, welches für die Glykogenspeicherung entscheidend ist, sollte bei Ausdauerathleten ebenfalls ausreichend zugeführt werden. Es ist der Gegenspieler zum Natrium und hat eine entwässernde Wirkung. Als Mangelerkrankung können Schwäche der Skelettmuskulatur und Funktionsstörungen des Herzens gesehen werden. Ebenso verzögert eine verminderte Aufnahme nach der Belastung die Wiederauffüllung der Glykogenspeicher. Je nach Schweißrate und -konzentration ist eine Supplementierung während der Belastung notwendig, da sonst mit Leistungseinbußen zu rechnen ist (Geiß und Hamm, 2000; Weineck, 2010).

2.2.1.5. Kalzium

Neben der Funktion als Festigkeitsgeber der Knochen und Zähne ist Kalzium an der Reizleitung im Nervensystem, der Blutgerinnung und der elektromechanischen Kopplung der Muskulatur beteiligt. Ein Mangel führt zu Muskelkrämpfen und Störungen der neuromuskulären Erregbarkeit. Die Resorption des Kalzium erfährt durch die Aufnahme von Laktose und Vitamin D einen positiven und durch die Aufnahme von Phytat und Oxalat einen negativen Effekt (Geiß und Hamm, 2000).

2.2.1.6. Eisen

Der Eisenbedarf von Sportlern ist gegenüber Nichtsportlern um das Zwei- bis Dreifache erhöht. Die für körperlich aktiven Personen erwähnenswerten Funktionen sind die Blutbildung und die Enzyymbildung. Fällt durch einen Mangel der Eisenspiegel ab, resultiert daraus eine verminderte Blutbildung, die mit einer Verminderung der körperlichen Leistungsfähigkeit einhergeht (Weineck, 2010). Besonders bei Läuferinnen stellt die Druckbelastung auf die Sohle und somit Zerstörung der roten Blutkörperchen in Kombination mit dem ohnehin erhöhten Bedarf aufgrund der Menstruation, eine große Gefahr dar (Geiß und Hamm, 2000; Haber, 2009). Schröder und Worm (1986) geben einen zusätzlichen Bedarf von 7 mg/1000kcal für Männer und 8 mg/1000kcal für Frauen im Ausdauersport an.

2.3. ERNÄHRUNG AM WETTKAMPFTAG VOR DER BELASTUNG

Die Autoren sind sich einig, dass ein Wettkampf einer Ausdauerdisziplin weder nüchtern noch dehydriert begonnen werden sollte (Geiß und Hamm, 2000; Berg und Baron, 2005; Konopka, 2012, Seebauer, 2003). Jedoch unterscheiden sich die Meinungen bei den Empfehlungen des Zeitpunktes und der Menge der letzten aufgenommen Mahlzeit vor der Belastung. Berg und Baron (2005) empfehlen die letzte Nährstoffzufuhr spätestens drei bis vier Stunden vor dem Start mit leicht verdaulichen Kohlenhydraten wie Toast, Brot mit Honig, Orangensaft. Konopka (2012) hingegen rät die letzte Mahlzeit zweieinhalb bis drei Stunden davor in Form von stärkehaltigen Nahrungsmitteln wie Müsli, Vollkornflocken, Reis, Nudeln, Obst und Gemüse mit einem Energiegehalt von max. 200-400 kcal zu sich zu nehmen. Bei sehr langer Wettkampfdauer empfehlen die Autoren alle 15-30min vor dem Start 100-200ml eines kohlenhydrathaltigen Getränks. Auf Grund der langen Verweildauer der Speisen im

Magen schreibt Bodil (1993) über die Wichtigkeit der letzten Nahrungsaufnahme zweieinhalb bis drei Stunden vor dem Wettkampf um Magenbeschwerden zu vermeiden. Weitere Empfehlungen sind vier Stunden vor der Belastung 4-5 g KH/kg KG und eine Stunde davor keine Nahrungsaufnahme mehr (Tomasits und Haber, 2005).

Oligosaccharidhaltige Getränke können noch zwei Stunden vor einem Wettkampf in kleinen Mengen zur Schonung der Glykogenreserven konsumiert werden (Marées, 2002).

Geiß und Hamm (2000) beschreiben eine Kohlenhydrataufnahme von 80-120 g drei bis vier Stunden vor dem Wettkampf und eine kleinere Portion noch 60-90min vor der Belastung. Ähnlich setzt sich Hemm (2005) für eine Aufnahme von 75-100 g Kohlenhydraten, 500-750ml Flüssigkeit und 600-800 mg Natrium als Mahlzeit vor dem Wettkampf ein. Widersprüchlich zu diesen Meinungen raten Casa et al. (2000) zu einer Kohlenhydrataufnahme 30 min vor dem Wettkampf.

Hultmann und Greenhaff (1993) erwähnen eine negative Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit bei einer Zufuhr von Kohlenhydraten direkt vor dem Wettkampf.

Kohlenhydrate, welche 90-120 min davor aufgenommen werden sorgen für die Schonung des Leberglykogens. Die Nahrungsaufnahme am Tag vor der Belastung und direkt vor der Belastung gilt als entscheidender Faktor für eine gute Marathonzeit im Gegensatz zur Aufnahme während der Belastung (Wilson et al., 2013).

Anhand einer am Ergometer durchgeführten Studie konnte festgestellt werden, dass eine Kohlenhydrataufnahme eine Stunde vor der Belastung die Leistung um 12,5% verbessert, es jedoch keinen Unterschied zwischen einer Gabe von 1,1 g und 2,2 g KH/kg KG gab. Die Oxidationsrate von den Kohlenhydraten war im Mittel um 12% höher, wenn zuvor Kohlenhydrate aufgenommen wurden (Sherman et al., 1991).

In Tab. 1 werden die unterschiedlichen Empfehlungen der Autoren für die Kohlenhydrataufnahme in den letzten Stunden vor dem Wettkampf veranschaulicht.

Autoren	Wann	Was und Menge
Berg und Baron, 2005	3-4 h davor	kohlenhydratreich, leicht verdaulich
Konopka, 2012	2,5-3 h davor	Stärkehaltige Lebensmittel, max. 200-400kcal Lange Wettkämpfe: alle 15-30 min 100-200 ml kohlenhydrathaltiges Getränk
Bodil, 1993	2,5-3 h davor	-
Tomasits und Haber, 2005	4 h davor	4,5 g KH/kg KG
Geiß und Hamm, 2000	3-4h davor 1-1,5h davor	80-120 g Kohlenhydrate Kleinere Portion
Hemm, 2005	Keine Angabe	75-100 g Kohlenhydrate, 500-700 ml Flüssigkeit und 600-800 mg Natrium
Sherman et al., 1991	1h davor	1,1-2,2 g KH/kg KG

Tab. 1 Unterschiedliche Empfehlungen der Kohlenhydrataufnahme in den letzten Stunden vor dem Wettkampf

Zusammenfassend kann man feststellen, dass es keine fixen Vorgaben für eine optimale Nährstoffzufuhr in den Stunden vor der Belastung gibt, sondern diese Angaben nur als Richtwerte und Empfehlungen zu sehen sind. Viele Faktoren spielen dabei eine Rolle. Zum einen hat der Startzeitpunkt einen entscheidenden Einfluss. Bei Rennen in den frühen Morgenstunden ist es oft zeitlich nicht möglich drei bis vier Stunden davor ausreichend Nahrung zu sich zu nehmen. Athleten sind es zum Teil nicht gewohnt, große Mengen am Morgen zu verzehren und es ist auch wichtig ausgeschlafen an den Start zu gehen, anstatt den Schlaf für die Nahrungsaufnahme zu opfern. Zum anderen hat auch die Wettkampfdauer einen großen Einfluss. Je länger der Wettkampf dauert, desto entscheidender wird die Ernährung vor und während der Belastung. Auch die Ernährung an den Tagen vor dem Wettkampf, das Klima und die Wettkampfarm haben einen Einfluss. Bei einem Triathlon spielt die Aufnahme vor dem Start eine noch bedeutendere Rolle, da in der ersten Disziplin (Schwimmen) von den meisten Athleten nichts aufgenommen wird. In den drei anderen Wettkampfarmen ist eine Nahrungsaufnahme gleich von Beginn an möglich. Nicht zu vergessen ist auch die

Einstellung zum Wettkampf bzw. die Startsituation. Plant der Athlet von Beginn an, an seine Grenzen zu gehen, ist ein nicht zu voll gefüllter Magen wichtiger, als bei einem Ironman-Neuling, mit dem Ziel durch zu kommen und einen damit verbundenen eher ruhigeren Start.

Wichtig ist nicht nüchtern und nicht dehydriert an den Start zu gehen, aber auch nicht mit überfüllten Magen. Die letzte größere Mahlzeit sollte mindestens zwei bis drei Stunden vor der Belastung erfolgen und kohlenhydratreich, fett- und ballaststoffarm gestaltet werden. Je größer der Abstand zum Start ist, desto größer kann oder soll auch die aufgenommene Kohlenhydratmenge sein. Diese Mahlzeit sollte keine schwerverdaulichen Speisen wie Hülsenfrüchte, einige rohe Gemüsesorten, Vollkornprodukte etc. enthalten. Bei längeren Wettkämpfen ist es auch sinnvoll 30 min vor dem Start entweder eine kleine Portion Kohlenhydrate in flüssiger oder in fester Form zu sich zu nehmen, um die Speicher noch länger zu schonen. Der Wettkampftag ist nicht der richtige Zeitpunkt neue Strategien auszuprobieren, sondern im Training getestete und für gut bewertete Methoden durchzuführen. Jeder Mensch ist individuell und reagiert somit auch in unterschiedlicher Weise auf verschiedene Lebensmittel.

Bei der Beurteilung der unterschiedlichen Empfehlungen sind Angaben in der Einheit pro Kilogramm Körpergewicht sinnvoller und auch genauer als generelle Gramm-Angaben, da die Verstoffwechselung und Speicherung von Kohlenhydraten von der Masse der Muskulatur abhängig ist. Für eine 50 kg schwere Frau ist nicht die gleiche Menge an Kohlenhydraten notwendig, als für einen 80 kg schweren Athleten.

2.4. EMPFEHLUNGEN DER ZUFUHR WÄHREND DER BELASTUNG

2.4.1. ZEITPUNKT

Wettkämpfe mit einer Dauer bis zu 60 min können problemlos ohne Nahrungsaufnahme absolviert werden. Bei Athleten mit vergrößerten Speichern tritt der Leistungsabfall eine halbe bis eine Stunde später ein, das heißt nach 90-120 min (Haber, 2009; Hultmann und Greenhaff, 1993).

Jeukendrup (2011) schreibt, dass bei einer Wettkampfdauer unter 30 min keine Nährstoffzufuhr notwendig, bei einer Dauer von 30-75 min reichen sehr kleine Mengen einer Mundspülung mit Kohlenhydraten und bei ein- bis zweistündigen Belastungen sind 30 g Kohlenhydrate/h empfehlenswert. Dauern die Wettkämpfe zwei bis drei Stunden lange an, steigt die empfohlene Kohlenhydratmenge auf 60 g/h. Darüber hinaus empfiehlt der Autor eine Zufuhr von bis zu 90 g/h (Jeukendrup, 2011). Bei Belastungen von drei bis vier Stunden sollte bereits nach 30 min mit der Aufnahme von Kohlenhydraten begonnen werden, um die Glykogenreserve zu schonen (Neumann, 2005). Ein Beispiel aus dem Triathlon: Sprint- und Kurzdistanzen (Wettkampfdauer ca. 45-120 min) können ohne Energieaufnahme absolviert werden. Vergrößerte, gefüllte Kohlenhydratspeicher reichen für diese Zeit aus. Während dieser Belastung wird fast ausschließlich auf die Kohlenhydrate als Energielieferant zurückgegriffen. Bei der Langdistanz (Wettkampfdauer über 7 h) nimmt die Zufuhr während der Belastung einen leistungsmitentscheidenden Stellenwert ein. Aufgrund der langen Dauer muss die Intensität unter der anaeroben Schwelle gewählt werden und auch Fett trägt einen Anteil zur Energiebereitstellung bei. Sinn ist es die Kohlenhydratspeicher durch eine frühe, exogene Zufuhr zu schonen. Viele Sportler kennen diesen Einbruch, man spricht dabei von dem „Mann mit dem Hammer“, der eintritt, wenn alle Glykogenreserven aufgebraucht sind und zu spät oder zu wenig Kohlenhydrate aufgenommen wurden (Pöttgen, 2009).

2.4.2. KOHLENHYDRATE

Die exogene Oxidation von Kohlenhydraten während der Belastung ist begrenzt. Diese Tatsache macht die Bedeutung von gefüllten Speichern und die Kohlenhydratzufuhr kurz vor der Belastung zur Schonung der Speicher noch größer. Bei längeren Belastungen ist es auch entscheidend relativ früh (spätestens nach 60 min) mit der Aufnahme zu beginnen um die Stoffwechselraten bestmöglich zu nutzen und die Entleerung der Speicher längst möglich hinauszuzögern. Applegate (1989) empfiehlt eine Aufnahme von 0,2-0,6 g KH/kg KG/h. Laut den Empfehlungen von Kerksick et al. (2008) sollen 30-60 g Kohlenhydrate/h verzehrt werden. Neumann (2005) wiederum setzten das obere Limit auf 60-70 g/h und Tomasits und Haber (2005) auf 60-80 g/h und erklären eine höhere Zufuhr für unzweckmäßig. Diese Portion wird optimal auf mehrere kleinere Mengen aufgeteilt, kann aber auch auf einmal konsumiert werden. Auch Geiß und Hamm (2000) unterstützen die Methode des Nibblings (Aufnahme von mehreren kleinen Portionen). Andere Untersuchungen bei Ultraausdauerwettkämpfen beschrieben die Wichtigkeit der Energiezufuhr und nicht nur der Aufrechterhaltung des Blutzuckers mittels Kohlenhydrate. Sie empfehlen 1-1,5 g KH/kg KG/h. Während der Belastung ist von ballaststoffreichen Lebensmitteln abzuraten, da dies die Magenentleerung verzögert (Geiß und Hamm, 2000). Die Kohlenhydrataufnahme von festen Lebensmitteln wie Gels, Riegeln etc. sollte max. 30 g/h betragen, um eine gute Verträglichkeit zu gewährleisten. Der Rest wird im besten Fall über flüssige Kohlenhydratquellen aufgenommen (Zapf et al., 1998). Eine geringere Aufnahme führt zu Leistungseinbrüchen, Beschwerden wie Schwindel, Übelkeit, Müdigkeit, Zittern und Kaltschweiß. Diese Beschwerden traten bei einem Marathonlauf im Zuge eines „Ironmans“ sowohl bei Athleten mit einer Aufnahme von unter 30 g Kohlenhydrate/h auf, also auch bei einer Zufuhr von über 70 g. Die optimale Menge wird in diesen Untersuchungen mit 30-70 g/h angegeben. 30 g/h gelten als absolutes Minimum. Aufgeteilt auf die zwei Disziplinen Radfahren und Laufen wird in der erst genannten Disziplin eine Aufnahme von 50-60 g Kohlenhydraten/h und beim Laufen nur 40-50 g/h empfohlen. Die Verträglichkeit beim Radfahren ist also etwas höher (Hemm, 2005).

Autoren	Menge
Applegate, 1989	0,2-0,6 g/kg KG (Bsp: Mann mit 60 kg: 30-36 g)
Kerksick et al., 2008	30-60 g
Neumann, 2005	60-70 g
Tomasits und Haber, 2005	60-80 g
Geiß und Hamm, 2000	1-1,5 g/kg KG (Bsp.: Mann mit 60 kg: 60-90 g)
Zapf et al., 1998	30-70 g

Tab. 2 Unterschiedliche Empfehlungen der Kohlenhydrataufnahme während der Belastung /h

Tab. 2 beschreibt die Empfehlungen unterschiedliche Autoren für die Kohlenhydrataufnahme während der Belastung. Zur einfachen Vergleichbarkeit wurden Angaben pro Kilogramm Körpergewicht am Beispiel eines 60 kg schweren Mannes umgerechnet. Als Minimum für die stündliche Aufnahme sind 30 g anzunehmen. Die Obergrenze liegt je nach Autoren zwischen 60 und 80 g und ist abhängig vom Körpergewicht und der Muskelmasse des Athleten.

Es ist noch der Unterschied zwischen den verschiedenen Sportarten zu erwähnen. Beim Radfahren kann mehr aufgenommen werden als beim Laufen, da in dieser Sportart die Magenpassage weniger gehemmt ist (Schürch, 1991). Untersuchungen während eines Langdistanztriathlons beschreiben die größere Aufnahme von Kohlenhydraten beim Radfahren (1,2-1,5 g/min) im Vergleich zum Laufen (0,6-0,8 g/min) (Kimber et al., 2002).

Die Absorptionsraten können optimiert werden, wenn unterschiedliche Formen von Kohlenhydraten aufgenommen werden (Casa et al., 2000). Isolierte Glukose, Oligosaccharide und Stärke können vom Körper sehr rasch resorbiert werden (Geiß und Hamm, 2000). Größere Mengen an Fruktose sollten vermieden werden, da sie zu Verdauungsstörungen führen (Tomasits und Haber, 2005; Kerksick et al., 2008). Maltose wird von Neumann (2005) als sehr magenverträglich, mit einer schnellen Resorption im Darm, beschrieben. Den Vorteil in Oligo- und Polysacchariden sieht derselbe Autor in der langsameren Resorption und der Entfaltung der Wirkung über einen längeren Zeitraum, da diese zuerst zu Glukose abgebaut werden müssen.

In einer Untersuchung an acht trainierten Radfahren konnten die höchsten Oxidationsraten während einer 150 minütigen Radfahrt bei 60% der VO_{2max} bei einer Gabe von Glukose gemeinsam mit Fruktose beobachtet werden. Im Vergleich zu reiner Glukosegaben (2,4 g/min) wiesen die Athleten bei der Kombination von Glukose (1,2 g/min) und Fruktose (1,2 g/min) 50% niedrigere Oxidationsraten auf. Ebenso war die Fettoxidation bei der kombinierten Gabe geringer (34% der gesamten Energiebereitstellung), als bei reiner Glukosegabe (43%) und bei der Gabe von reinem Wasser (61%). Die exogenen Oxidationsraten flachten bei der Zufuhr von ausschließlich Glukose nach 105-120 min bei 1,06 g/min ab, im Gegensatz dazu konnte bei der Zufuhr von beiden Monosacchariden kein Plateau beobachtet werden und die Oxidationsrate stieg auf 1,75 g/min. Auf die endogene Kohlenhydratoxidation wirkt sich die Art der Monosaccharide nicht aus. Es konnte nur ein Unterschied zwischen reinem Wasser und reiner Kohlenhydratzufuhr gemessen werden. Auch hinsichtlich der Magenbeschwerden wurden keine Nachteile von der Gruppe mit Fruktosegabe beobachtet (Jentjens und Jeukendrup, 2005).

Eine ähnliche Untersuchung wurde im Jahr 2004 durchgeführt. Es wurde der Unterschied von reiner geringer Glukoseaufnahme (1,2 g/min), reiner hoher Glukoseaufnahme (1,8 g/min) und einer Mischung von Glukose (1,2 g/min) und Fruktose (1,2 g/min) verglichen. Auch hier konnten die höchsten Oxidationsraten bei der kombinierten Gabe von den beiden Monosacchariden gefunden werden (1,26g/min im Vergleich zu 0,8 g/min, bei niedriger und hoher Glukosegabe). Diese Daten beweisen, dass es eine obere Grenze der exogenen Oxidation von Glukose gibt und es nicht zweckmäßig ist, darüber hinaus mehr von diesem Einfachzucker während der Belastung zuzuführen. Der Anteil der Fettoxidation verhielt sich ähnlich wie in der oben erwähnten Untersuchung: Bei reiner Wassergabe 54% der Gesamtenergiebereitstellung, bei Kohlenhydratgabe 31-43%. Es wurde auch eine höhere Prävalenz von Magenbeschwerden bei der Gabe von 1,8 g Glukose/min im Vergleich zur Gabe von Glukose und Fruktose beobachtet (Jentjens et al., 2004).

Jeukendrup und Moseley (2006) wählten in ihrer Studie mit fünf Stunden eine längere Belastungsdauer als in den beiden zuvor beschriebenen Testserien. Grund dafür war die bislang ungeklärte Stoffwechselsituation nach den bereits getesteten zwei bis drei Stunden Belastung. Wiederum wurden Radfahrer untersucht, welche dreimal fünf

Stunden lang an unterschiedlichen Tagen bei 58% ihrer $\text{VO}_{2\text{max}}$ Rad fahren. Dabei wurden ihnen anfänglich 600 ml und danach alle 20 min 270 ml einmal mit reiner Glukose (1,5 g/min) und einmal mit der Kombination von Glukose und Fruktose im Verhältnis 2:1 (1,5 g/min) verabreicht. Das dritte Getränk war ein Placebo aus reinem Wasser. Beobachtet wurde wieder die Plateaubildung bei reiner Glukosegabe nach 90-120 min bei einem Maximum von 1,24 g/min. Die Zufuhr von Glukose und Fruktose gemeinsam erreichte mit 1,4 g/min eine höhere Oxidationsrate. Die Testreihe mit reiner Glukosegabe und reinem Wasser führte zu einer Leistungsverminderung, die vorgegebene Umdrehungszahl am Ergometer konnte nicht gehalten werden (Jeukendrup und Moseley, 2006).

Alle drei Studien widerlegen die häufig angegebene maximale exogene Oxidationsrate von Kohlenhydrate bei 1,0-1,1 g/min. Höhere Stoffwechselraten können nur mit der kombinierten Gabe von Glukose und Fruktose erreicht werden.

Während einer intensiven Laufeinheit von ca. 70 min wurden keine generellen Unterschiede zwischen Glukose und Glukose mit Fruktose beobachtet. Einige Athleten vertrugen die reine Glukose besser und andere wiederum die Glukose-Fruktose Mischung in Gelform. Dies deutet auf die Notwendigkeit des Testens der Wettkampfernährung in einer vergleichbaren Trainingseinheit hin. Es gibt eine individuelle Prädisposition für Verdauungsprobleme während körperlicher Belastung (Pfeiffer et al., 2009).

Weiters wurde bei einem 100km Radrennen (Dauer zirka zweieinhalb Stunden) die Auswirkung von Glukose mit BCAA (verzweigtkettige Aminosäuren) und reiner Glukose im Vergleich zu Placebo bestimmt. Die Autoren stellten fest, dass bei trainierten Radfahrern die zusätzliche Zufuhr von BCAAs keinen positiven Effekt auf die Leistung hat, es jedoch untrainierten helfen könnte, ihre Performance zu verbessern (Madsen et al., 1996; Zapf et al., 1998).

Ebenso kann eine zusätzliche Gabe von mittelkettigen Triglyzeriden zur Glukose die Leistung nicht verbessern (Angus et al., 2000; Zapf et al., 1998). Nach den Empfehlungen von Kerksick et al. (2008) verbessert eine Gabe von Kohlenhydraten kombiniert mit Proteinen im Verhältnis 3-4:1 die Ausdauerleistung und treibt die Glykogenresynthese an.

Jentjens und Jeukendrup (2003) untersuchten neuen Radfahrer bei einer Belastung von zwei Stunden bei 50% der Maximalleistung und testeten den Unterschied zwischen reiner Glukosegabe (1,8 g/min), Glukose (1,2 g/min) kombiniert mit Saccharose (0,6g/min) und Glukose (1,2 g/min) vermischt mit Maltose (0,6 g/min). Die Menge an Kohlenhydraten war immer gleich. Auch diese Autoren stellen eine Verringerung der Fettoxidation bei einer Aufnahme von Kohlenhydraten während der Belastung fest. Die exogene Kohlenhydratoxidation war bei der Aufnahme von Glukose mit Saccharose um 18% höher im Vergleich zu reiner Glukose und Glukose mit Maltose. Zwischen den beiden zuletzt genannten konnte kein Unterschied festgestellt werden. Es wurde auch kein Unterschied in der endogenen Oxidationsrate bei allen drei Gruppen gefunden. Die Erklärung liegt in den verschiedenen intestinalen Transportern von Fruktose und Glukose (Jentjens und Jeukendrup, 2003).

Zusammenfassend kann man davon ausgehen, dass durch eine Zufuhr von Glukose und Fruktose (oder auch in Form von Saccharose) die limitierten exogenen Kohlenhydratoxidationsraten erhöhte werden können. Bei Aufnahme von reiner Glukose wird nach eineinhalb bis zwei Stunden ein Plateau der Oxidationsrate erreicht. Fruktose kann durch einen differenten Transportweg diese Raten erhöhen. Bei einem guten Verhältnis dieser beiden Einfachzucker (Glukose : Fruktose = 2:1 oder 1:1) wurden auch weniger Magenbeschwerden beobachtet. Das Ausmaß der Fettsäurenoxidation ist von der Art der Kohlenhydrate nicht abhängig, wird aber durch die Zufuhr von Kohlenhydraten im Vergleich zu reinem Wasser erniedrigt. In Tab. 3 werden die Empfehlungen der Art der zugeführten Kohlenhydrate während der Belastung von verschiedenen Autoren dargestellt.

Autoren	Zuckerart
Jentjens und Jeukendrup, 2005	Glucose+ Fruktose (1:1)
Jentjens et al., 2004	Glucose + Fruktose (1:1)
Pfeiffer et al., 2009	Kein Unterschied Glukose oder Glukose und Fruktose
Jeukendrup und Moseley, 2006	Glukose + Fruktose (2:1)
Jentjens und Jeukendrup, 2003	Glukose + Saccharose

Tab. 3 Übersicht der Empfehlung für die Art der Kohlenhydratzufuhr während der Belastung

2.4.3. FLÜSSIGKEITSZUFUHR

2.4.3.1. Bedeutung einer ausreichenden Flüssigkeitszufuhr während körperlicher Belastung

Bereits ein Flüssigkeitsverlust von 1-2% bzw. 1-5% des Körpergewichts führt zu einer Minderung der körperlichen Leistungsfähigkeit. 2% bei einem 70 kg schweren Mann sind 1,4 Liter und durch eine starke Schweißproduktion und eine mangelnde Flüssigkeitsaufnahme rasch zu erreichen. Symptome dafür sind Müdigkeit, Einschränkung der Bewegungen, Schwäche und Übelkeit. Bei einer Abnahme des Körpergewichts von 6-10% durch Flüssigkeitsmangel treten Kopfschmerzen, Schwindelgefühl, Atemnot, vermindertes Blutvolumen und Gehunfähigkeit auf. Bei einem weiteren Flüssigkeitsverlust befinden sich die Athleten in einem Delirium und es kann zu lebensbedrohlichen Zuständen kommen (Casa et al., 2000; Geiß und Hamm, 2000; Seebauer, 2003). Haber (2009) gibt an, dass es bei einem Gewichtsverlust durch Schwitzen von mehr als 2 kg/h bereits nach zwei Stunden mit einer kritischen Dehydration zu rechnen ist. Die Leistungsminderung lässt sich durch die Eindickung des Blutes und den somit schlechtere Nährstoff- und Sauerstofftransport und auch Abtransport von Stoffwechselprodukten wie das Laktat erklären (Geiß und Hamm, 2000).

Eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr sorgt für den Wärmeabtransport über den Blutkreislauf und regt die Schweißbildung an. Dies ist wichtig, damit die Körpertemperatur nicht zu hoch wird (Tomasits und Haber, 2005).

In einer Untersuchung von Zapf et al. (1998) wurden die meisten Leistungseinbrüche bei einem „Ironman Langdistanz“ bei der Gruppe mit der niedrigsten Flüssigkeitszufuhr gefunden (< 750 ml/h).

Durstgefühl gilt als kein guter Indikator für die Flüssigkeitszufuhr, da Durst erst bei bereits dehydriertem Zustand eintritt und bereits mit Leistungseinbußen zu rechnen ist. Die ausreichende und rechtzeitige Flüssigkeitsaufnahme gilt als einer der wichtigsten Aspekte während längeren Belastungen, um die Gesundheit und Leistungsfähigkeit aufrecht zu halten (Seebauer, 2003, Zapf et al., 1998). Die Empfehlungen von 1 Liter Flüssigkeit/h ist nur als Richtwert zu sehen, da viele Einflussfaktoren, unter anderem auch die Außentemperatur, berücksichtigt werden müssen. Diese Menge wird auch als oberes Limit bezüglich der Aufnahme im Körper gesehen (Zapf et al., 1999; Haber, 2009).

Laut Seebauer (2003) liegt die maximale Entleerungsrate des Magens für Flüssigkeit bei 800 ml/h und die maximale mögliche Aufnahme bei 20-30 ml/min. Die Autoren Tomasits und Haber (2005) beschreiben bei normalen Außentemperaturen (bis 25°C) 400-700 ml salzhaltiger Flüssigkeit pro Stunde als ausreichend. Es wird eine maximale Aufnahme von 500 ml bei einer Belastung über 80% der VO₂max angegeben. Diese Aussage unterstützt auch Schürch (1991), der bei einer Belastung von 30 min bis vier Stunden 500-1000 ml Flüssigkeit pro Stunde empfiehlt, aufgeteilt auf drei bis fünf Portionen von 100 bis 200 ml. Schlechter Trainierte sollte bereits früher (ab 30 min) mit der Flüssigkeitszufuhr beginnen als besser trainierte Athleten (ab 60-90 min) (Schürch, 1991; Seebauer, 2003). Applegate (1989) empfiehlt alle 15-30 min 150-250 ml Flüssigkeit, das sind 300-1000ml/h, zu sich zu nehmen. Am besten in Form von Getränken mit einem Kohlenhydratanteil von 5-10%, weist aber auch darauf hin, dass dies bei einem Wettkampf über neun Stunden zu wenig sein könnte. Die optimale Trinktemperatur liegt bei 10-20°C (Marées, 2002; Casa et al., 2000; Seebauer, 2003). Bei Langzeitausdauerbelastungen (z.B. 24h- Rennen) werden eineinhalb bis zwei Liter Flüssigkeit pro Stunde empfohlen (Tomasits und Haber, 2005). In einer Untersuchung eines Langdistanztriathlons wurde die optimale Flüssigkeitszufuhr bezogen auf Beschwerden wie Übelkeit, Schwindel, Leistungseinbrüche und Kämpfe mit 1000-1250 ml festgelegt. Das Beschwerdebild fällt bei einer höheren Zufuhr milder aus als bei einer zu geringen Flüssigkeitsaufnahme. Je weniger getrunken wurde, desto

größer war das Ausmaß der Beschwerden (Hemm, 2005). Reines Wasser reicht nicht aus und es kann dadurch zu einer Wasservergiftung kommen, da Wasser hypoton ist (Tomasits und Haber, 2005). Aus diesem Grund sollen bevorzugt isotonische Getränke konsumiert werden und alle mit dem Schweiß verloren gehenden Mineralstoffe zugeführt werden. Das viele Trinken soll in das tägliche Leben eingebaut werden, um einen Gewöhnungseffekt zu erzielen. Sinnvoll ist es 4% des eigenen Körpergewichts bzw. 40-45 ml/kg KG an Flüssigkeit täglich zu konsumieren (Seebauer, 2003). Trinken unter Belastung ist auch ein trainierbarer Faktor (Zapf et al., 1998).

In der Tab. 4 werden die unterschiedlichen Empfehlungen noch einmal übersichtlich dargestellt.

Autoren	Menge
Zapf et al., 1999	1000 ml
Haber, 2009	1000 ml
Seebauer, 2003	800 ml
Tomasits und Haber, 2005	400-700 ml Langzeitausdauer: 1000-1500 ml
Schürch, 1991	500-1000 ml
Applegate, 1989	300-1000 ml
Hemm, 2005	1000-1250 ml

Tab. 4. Übersicht- Empfehlung der Flüssigkeitsaufnahme pro Stunde Belastung

2.4.3.2. Schweiß und Mikronährstoffe

Die Schweißraten reichen je nach Außentemperatur, Intensität etc. von 0,5-2,5 l/h und sind individuell unterschiedlich (Casa et al., 2000; Geiß und Hamm 2000). Seebauer (2003) gibt sogar Schweißraten von 3 Liter pro Stunde an. In einer Studie eines Langdistanztriathlons konnten bei gemäßigter Außentemperatur (25°C) Schweißraten von $1,22 \pm 0,24$ l/h im Mittel gemessen werden. Zur Ermittlung des Flüssigkeitsverlustes durch Schweiß kann folgende Formel verwendet werden:

Flüssigkeitsverlust pro Stunde = $(KG_{\text{vor}} - KG_{\text{nach}} - 0,2/0,3\text{kg}) / \text{Trainingsdauer in Stunden}$ (Zapf et al., 1998).

Dafür ist eine Wägung vor und nach der Belastung notwendig, welche ohne Kleidung durchgeführt werden sollte, damit der Schweiß in der Kleidung nicht mitberücksichtigt

wird (Zapf et al., 1998). Mit einem Liter Schweiß gehen 1-4 g Natrium und 200 mg Kalium, Magnesium, Kalzium und Chlorid verloren (Tomasits und Haber, 2005; Haber, 2009; Geiß und Hamm, 2000). Zusätzlich zu diesen Mineralstoffen liegt bei Sportlern ein erhöhter Bedarf an Eisen, Vit B₁, B₂, B₆, Vit C und E vor (Haber, 2009; Schürch, 1991). Von Haber (2009) wird der Verlust von Kalium über den Schweiß während der Belastung als vernachlässigbar angegeben, da die Versorgung durch einen hohen Fleisch-, Obst-, und Gemüsekonsum meist ausreichend ist (Haber, 2009).

Schnellere Athleten neigen eher zu einem höheren Flüssigkeitsverlust, da zum einen die Schweißraten durch die vermehrte Wärmeproduktion höher ist und zum anderen aus Angst Zeit zu verlieren, weniger konsumiert wird (Zapf et al., 1998). Als einfachste und schnellste Methoden, den Flüssigkeitsverlust innerhalb einer Belastung festzustellen, ist, wie schon oben erwähnt, das Abwägen. Der Athlet sollte vor und nach (eventuell auch während) einem längeren Training/Wettkampf sein Gewicht kontrollieren und somit seinen Hydrationszustand feststellen. Da dies während des Wettkampfes meist schwer möglich ist, sollte diese Methode im Training öfters durchgeführt werden, um Informationen über die individuelle Schweißrate zu erhalten. Eine weitere Möglichkeit die Flüssigkeitsbilanz zu kontrollieren ist die Urinfarbe. Ist der Urin leicht gelblich bis durchsichtig, liegt ein guter Hydrationszustand vor, wird er jedoch dunkelgelb, deutet dies auf eine Mangelversorgung an Flüssigkeit hin. Dafür wurden eigene Farbkarten zur leichteren Orientierung entworfen (Geiß und Hamm, 2000; Tomasits und Haber, 2005; Casa et al., 2000).

Die Autoren Geiß und Hamm (2000) beschreiben einen Trainingseffekt für die Natriumausscheidung. Der Körper kann lernen, bei hohen Belastungen und hohen Außentemperaturen, seinen Schweiß anzupassen, um sich vor übermäßigen Natriumverlust zu schützen. Bei den Mikronährstoffen Magnesium und Kalium ist eine solche Anpassung nicht bekannt.

2.4.3.3. Empfehlungen Mikronährstoffzufuhr mit der Flüssigkeit

Bei einer Wettkampfdauer von über vier Stunden wird folgende Konzentration der einzelnen Elektrolyten pro Liter empfohlen: 800-1200 mg Natrium, 150-240 mg Kalium, 8-20 mg Calcium, 2,5-7,5 mg Magnesium und 900-1400 mg Chlorid (Schürch, 1991). Casa et al. (2000) empfehlen 300-700 mg Salz pro Liter, da 1 g Kochsalz zu

0,4 g Natrium und 0,6 g Chlorid besteht, entspricht diese Menge nur 120-280 mg Natrium und 180-420 mg Chlorid. Die Empfehlungen von Seebauer (2003) lauten 400-1100 mg Natrium pro Liter Flüssigkeit. Zapf et al. (1998) sprechen sich für eine Natriumaufnahme von 300-700 mg/l/h aus. Die Natriumzufuhr sollte über Getränke und nicht über Salztabletten und salzhaltige feste Nahrung erfolgen. Grund dafür ist die entstehende Hypertonie im Magen-Darm-Trakt, welche zu gastrointestinalen Beschwerden und einen zusätzlichen Flüssigkeitsverlust führen kann. (Zapf et al., 1998). In der Untersuchung eines Triathlons traten die häufigsten Beschwerden (Schwindel und schlechtes Allgemeinbefinden) bei der niedrigsten Natriumzufuhr (<100 mg/h) auf. Je höher die Aufnahme war, desto geringer fielen die Beschwerden aus. Als eine optimale Natriumzufuhr gelten 600 mg/h. Die Verantwortung dafür liegt zu einem großen Teil beim Veranstalter in der Bereitstellung natriumhaltiger Getränke an den Labestationen (Hemm. 2005).

Autoren	Natrium-Empfehlung
Schürch, 1991	800-1200 mg/l
Casa et al., 2000	300-700 mg Salz/l = 120-280 mg Natrium/l
Seebauer, 2003	400-1100 mg/l
Zapf et al., 1998	300-700 mg/l
Hemm, 2005	600 mg/h

Tab. 5 Empfehlungen für die Natriumaufnahme während der Belastung von verschiedenen Autoren.

Die Übersicht der Natriumempfehlungen in Tab. 5 reichen von 120-1200 mg Natrium pro Liter Flüssigkeit. Dies ist von der Schweißrate und der Flüssigkeitsaufnahme abhängig.

2.4.4. KOHLEHYDRATANTEIL IN GETRÄNKEN

Der Zweck der Sportlergetränke liegt nicht nur in der Flüssigkeits- und Mikronährstoffzufuhr, sondern auch in der Verminderung der Unterzuckerung und der Energiezufuhr. Kohlenhydratangereicherte Getränke (6-10% Kohlenhydrate) ermöglichen eine länger Belastungsdauer von bis zu einem Drittel (Tomasits und Haber, 2005). Die Empfehlungen der Kohlenhydratkonzentration liegen zwischen 5-10% (Neumann, 2005; Speedy et al., 2011; Haber, 2009; Marées, 2002; Casa et al., 2000; Geiß und Hamm 2000; Kerkick et al., 2008). Einige Autoren geben eine maximale

Konzentration von 8% an, bzw. 5% bei Glukoselösungen und 8% bei Oligosaccharidlösungen, diese gelten als noch magenverträglich mit der gleichzeitig höchsten Wasseraufnahme. Ein zu hoher Anteil an Kohlenhydraten würde die Wasserresorption im Darm zu sehr verlangsamen (Neumann, 2005; Haber, 2009; Casa et al., 2000). Pro Stunde könnten 700-800ml (bei geübten Sportlern bis zu 1000 ml) einer solchen Lösung den Magen passieren, das entspricht einer Kohlenhydratmenge von 70 g bzw. 300 kcal und ist für eine Stunde ausreichend. Die optimale Verteilung der Kohlenhydrate liegt bei 80-90% Oligo- bzw. Polysacchariden und 10-20% Glukose und Fruktose (Geiß und Hamm, 2000).

Laut Neumann (2005) ist zwar die Resorption im Darm neben der Konzentration der Kohlenhydrate, der Temperatur und Trinkmenge auch vom Mineralgehalt abhängig, jedoch wird die Verträglichkeit und Resorption der Kohlenhydrate nicht von den Mineralstoffen beeinflusst. Weiters verzögern ein hoher Kohlensäuregehalt die Säure von Fruchtsäften und hohe Umgebungstemperaturen die Magenentleerung (Seebauer, 2003).

Der Vorteil von den flüssigen Kohlenhydratquellen ist zum einen der Beitrag zur Flüssigkeitsbilanz und zum anderen der einfachere Konsum während dem Wettkampf. Die NATA empfiehlt Getränken mit gutem Geschmack und Markierungen auf den Trinkflaschen zur besseren Kontrolle (Casa et al., 2000). Bodil (1993) fanden in einer Untersuchung heraus, dass der Wechsel der Geschmacksrichtung während eines Wettkampfes (bei gleichem Kohlenhydratanteil, unterschiedlichen Grad der Süße) keinen Einfluss auf die Leistung hat.

Sportlergetränke mit 30-80 g Kohlenhydraten und 400-1200 mg Natrium pro Liter Flüssigkeit führen im Vergleich zu reinem Wasser, Cola, Fruchtsäften und Mineralwasser zu einer besseren Rehydration. Statt häufiger nur einen Schluck zu nehmen wird empfohlen, auf einmal 100-200 ml zu trinken, da größere Volumina die Magenentleerung beschleunigen. Ein Getränk, das während der Belastung konsumiert wird, sollte Maltodextrin und Fruktose im Verhältnis 2:1 enthalten, um eine schnellst mögliche Energiebereitstellung zu gewährleisten (Seebauer, 2003).

2.5. BEURTEILUNG DER EMPFEHLUNGEN WÄHREND DER BELASTUNG

Die Meinungen über die Aufnahme von Kohlenhydraten während der Belastung unterscheiden sich zwischen den unterschiedlichen Autoren. Betrachtet man alle Meinungen in Tab. 2 so ist der gemeinsame Nenner in etwa *60-80 g/h*. Beim Radfahren ist die Verträglichkeit höher als beim Laufen. Entscheidend ist der Anteil der Muskelmasse, die Belastungsintensität und die Art der zugeführten Kohlenhydrate. Stimmt die Zusammensetzung der zugeführten Kohlenhydrate mit Glukose und Fruktose im richtigen Verhältnis, so ist eine Aufnahme von *1,4 g/min* möglich. Hochgerechnet auf eine Stunde entspricht dies *84 g*. Bei reiner Glukoseaufnahme kann nur *1 g pro min* vom Körper verstoffwechselt werden, dies entspricht *60 g*. Als grobe Empfehlung wird also *60-80 g* angenommen. Es ist empfehlenswert, die Hälfte der aufgenommenen Kohlenhydratmenge in flüssiger Form zu konsumieren und den Rest mittels Gels und Riegeln. Wiederum werden beim Laufen nur flüssige Nahrungsmittel und Gels empfohlen, beim Radfahren zusätzlich auch feste Kohlenhydratquellen wie Riegel. Entscheidend für die Kohlenhydrataufnahme ist die Art und Dauer des Wettkampfes und die Ernährung in den letzten Stunden und Tagen vor der Belastung. Für die Beantwortung der Fragestellung, ob die Empfehlungen bei Wettkämpfen mit einer Dauer von mindestens zwei Stunden eingehalten werden, werden *60-80 g* als Empfehlung festgelegt. Beim Laufen eher an der unteren Grenze (*60 g*) und beim Radfahren eher an der oberen Grenze (*80 g*). Ausgedrückt in Gramm pro kg KG werden *1-1,4 g* Kohlenhydrate empfohlen.

Die Flüssigkeitszufuhr ist sehr stark von der Außentemperatur und der Schweißrate abhängig. Als grober Richtwert kann dennoch eine Menge von *800-1000 ml* gesehen werden. Beim Radfahren ist wie auch bei den Kohlenhydraten eine höhere Aufnahme möglich. Entscheidend ist möglichst früh mit dem Trinken zu beginnen, immer wieder kleine Mengen zu konsumieren und den eigenen Schweißverlust auszugleichen. Die einfachste Messmethode hierfür ist die Abwägung vor und nach der Belastung.

Die Natriumausscheidung ist sehr individuell und auch trainierbar, deswegen ist eine Empfehlung sehr schwierig bzw. kann diese nur grob gefasst werden. Sie liegt zwischen *600- 1000 mg/h*.

Die Magnesiumaufnahme sollte vor und nach der Belastung stattfinden und nur in sehr geringem Maße während des Wettkampfes aufgrund der laxierenden Wirkung. Eine Ausnahme stellt eine Mangelsituation im Körper dar, dann ist wäre eine Aufnahme auch während der Belastung sinnvoll, besonders um Muskelkrämpfe vorzubeugen!

2.6. NÄHRSTOFFKONZENTRATE IM SPORT

Die hohe Intensität während des Wettkampfes, das Fehlen von Ruhepause, die große benötigte Energiezufuhr mit wenig Volumen, sind Gründe für die Notwendigkeit von Nährstoffkonzentrationen im Sport. Die Vorteile liegen in der hohen Nährstoffdichte, des spezifischen Spektrums der Nährstoffe, dem Nichtvorhandensein von ungewünschten Begleitstoffen, dazu zählen Fette, Cholesterin und Purine und dem geringen Volumen. Die Aufnahme ist mit wenig Aufwand überall und zu jeder Zeit möglich. Ein einfacher Transport und keine notwenige Kühlung beschreiben weitere positive Aspekte von Nährstoffkonzentraten (Konopka, 2012).

Zu unterscheiden sind flüssige und feste Formen und Eiweiß- und Kohlenhydratkonzentrate. Im Ausdauerwettkampf liegt das Hauptaugenmerk auf Kohlenhydratkonzentrate, im Laufsport auf flüssigen und im Radsport zusätzlich auf festen Formen. Zu den festen Nährstoffkonzentraten zählen Riegel und Gele und zu den flüssigen Getränke in Pulverform und Fertigmischungen. Deren Aufnahme dient der schnellen Zufuhr von Kohlenhydrat-Gemischen in einem günstigen Verhältnis von kurz- und langkettigen Kohlenhydraten. Die meisten Produkte liefern zusätzlich Vitamine, Mineralstoffe und spezielle Aminosäuren. Der Sinn liegt in der optimalen Versorgung des Sportlers um die Leistungsfähigkeit so lange wie möglich aufrecht zu erhalten (Konopka, 2012)

2.6.1. RIEGEL

Riegeln sind Kohlenhydrate in konzentrierter Form. Je nach Hersteller sind die in der Untersuchung verwendeten Riegel 50-100 g schwer und beinhalten zwischen 14 und 37 g Kohlenhydrate. Meist ist die Menge in zwei kleinere Stücke portioniert, um die häufigere Aufnahme von kleineren Mengen zu erleichtern. Der Ballaststoffgehalt sollte so niedrig wie möglich sein, um eine leichte Verdauung zu gewährleisten und liegt bei den untersuchten Produkten zwischen 1 und 5,5 g pro Riegel. Der Fettgehalt liegt zwischen 2 und 14 g pro Riegel. Bei kürzeren Wettkämpfen ist ein niedrigerer

Fettgehalt eher zu empfehlen, da Fett die Aufnahme von Kohlenhydraten verzögert. Bei sehr langen Ausdauerbelastungen dient das Fett als effektiver Energielieferant. Der Eiweißgehalt liegt bei den Riegeln bei 1,5-12 g pro Riegel. Meistens sind Mikronährstoffe wie Vitamin des B-Komplexes, Vitamin C, Natrium, Magnesium, Kalzium, Vitamin E zugesetzt.

Beim Verzehr eines Riegels sollte unbedingt danach etwas Flüssigkeit aufgenommen werden, um die Verdaulichkeit zu verbessern.

2.6.2. *GELS*

Gels ermöglichen die Aufnahme von Kohlenhydraten in konzentrierter Form auch während dem Laufen oder bei schwierigen Bergetappen auf dem Rad, da kein Kauen notwendig ist. Dafür ist ein „Nachtrinken“ essentiell (Konopka, 2012). Einige Firmen haben bereits sogenannte „Hydrogels“ entwickelt, die keine Flüssigkeitsaufnahme mehr erfordern.

Die Menge liegt bei 25-90 g pro Gel mit einem Kohlenhydratgehalt von 20-45 g pro Gel. In Prozent ausgedrückt sind dies 50-80% Kohlenhydrate. Der Fett- und Eiweißgehalt ist nahezu Null. Auch bei den Gels findet man eine Anreicherung mit den schon oben erwähnten Nährstoffen.

Wichtig ist, alle Produkte im Vorhinein auf Verträglichkeit zu testen.

2.6.3. *GETRÄNKE*

Getränke gibt es in Pulver- oder Tablettenform, welche in Wasser aufgelöst werden müssen und schon fertig in Flaschen abgefüllt sind. Zum einen gleichen solche Mineralstoffgetränke den Flüssigkeitsverlust aus und zum anderen führen sie den Körper alle mit dem Schweiß verloren gegangenen Mineralstoffe im richtigen Verhältnis zu. Viele Mineralstoffgetränke versorgen den Körper auch noch zusätzlich mit Kohlenhydraten. Die Aufnahme von Kohlenhydraten in flüssiger Form ist während der Belastung einfacher und praktischer, da man mit einem Getränk mehrere Bedürfnisse abdecken kann. Die am häufigsten vorkommenden Mineralstoffe sind Natrium, Chlorid, Kalium Kalzium, Magnesium und Phosphor. Vitamine des B-Komplexes und Vitamin C werden ebenfalls häufig zugesetzt. Der Vorteil des Pulvers oder der Tablette, welche in Wasser aufgelöst werden müssen, ist die Praktikabilität. Wasser bekommt man an jeder Labestation und somit kann man sich die Getränke

während eines längeren Rennens selbst mischen und in Flaschen z.B. am Rad mit befördern (Konopka, 2012).

2.6.4. FLÜSSIGNAHRUNG

Eine spezielle Gruppe stellt die Flüssignahrung dar. In der Medizin, bei Mangelernährung eingesetzt, ist sie auch besonders im Radsport sehr beliebt und dienlich. Mit einer sehr hohen Nährstoffdichte versorgt sie den Körper mit allen wichtigen Nährstoffen, sowohl den drei Makronährstoffen, also auch Mineralstoffen und Vitaminen. Beispiele für Hersteller sind: „Ensure“ und „Allin“. Hier liegt das Hauptaugenmerk nicht auf den Kohlenhydraten, sondern einem optimalen Verhältnis zwischen Fett, Eiweiß und Kohlenhydraten. Diese Art der Sportlernahrungsmittel findet besonders im Radsport bei extremer Ausdauerbelastung Anwendung.

2.7. ANALYSE DER STRATEGIEN VON UNTERSCHIEDLICHEN FIRMEN

In diesem Kapitel werden Ernährungsstrategien vier namhafter Hersteller von Nahrungsergänzungsmitteln analysiert, Empfehlungen aufgezeigt und untereinander verglichen. Die vier Firmen lauten: „Powerbar“, „Squeezy“, „Peeroton“ und „Nutrixxion“. Alle haben sich auf den Ausdauersportler spezialisiert und Lebensmittel für die Wettkampfernährung entwickelt. Von jeder Marke sind isotonische Getränke, Riegel und Gels mit unterschiedliche Größe, Zusammensetzung, Geschmack entwickelt worden. Zur besseren Vermarktung und Erleichterung für die Athleten wurde für die verschiedenen Wettkämpfe eine Strategie mit genauem Zeitpunkt und Dosierung der Produkte entwickelt, auf die folgend näher eingegangen wird. Im Anschluss werden die

2.7.1 POWERBAR

Wettkampf über 3h (Radrennen Marathon, Triathlon)

Wie in Abb. 1 sichtbar ist, wird empfohlen, 60 min vor dem Wettkampf, einen Riegel mit 150-300 ml Flüssigkeit aufzunehmen. Während der Belastung sollte alle Stunden ein halber Riegel, ein Powergel Hydro und 500ml eines kohlenhydrathaltigen, isotonischen Getränks konsumiert werden.



Abb. 1 Strategie für einen Wettkampf über 3h, Powerbar, Quelle: www.powerbar.de

Zeitpunkt	Produkt	Menge	Energie (kcal)	Kohlenhydrate (g)	Na (mg)	Mg (g)	Flüssigkeit (ml)
60min davor	Energize Riegel	55g	199	39,1	210	37	150-300ml
Während pro Stunde	ISOMAX	500ml	178	41	400	20	500ml
	Energizeriegel	22,5g	100	19,5	105	18,5	
	Powergel hydro	70g	109	26,6	310	0	
Gesamt Davor während			199 387	39,1 87,1	210 815	37 38,5	150-300ml 500ml

Tab. 6 Nährwertangaben zur Ernährungsstrategie- Powerbar- Wettkampf über 3h

Für einen Wettkampf über 3 h (Laufen, Radfahren oder Triathlon) empfiehlt Powerbar eine stündliche Energieaufnahme von 387 kcal, 87,1 g Kohlenhydrate, 815 mg Natrium und 38,5 g Magnesium und dazu 500 ml einer Flüssigkeit. Die Kohlenhydratmenge wird fast zur Hälfte in flüssiger Form zugeführt, die andere Hälfte besteht aus einem Gel und einem halben Riegel. Das Gel ist eine spezielle Form „hydro“, welcher kein zusätzliches Nachtrinken erfordert. Diese Ernährungsstrategie entspricht den Empfehlungen, bis auf die Flüssigkeitsmenge, welche mit 500 ml im Vergleich zur Empfehlung 800-1000 ml zu gering ist.

Vor dem Wettkampf wird empfohlen, einen Riegel mit 199 kcal 39,1 g Kohlenhydraten, 210 mg Natrium und 37 g Magnesium in Kombination mit 150-300 ml Wasser zu konsumieren.

Triathlon ca. 11h

Während der ersten Disziplin, dem Schwimmen, wird nichts konsumiert. Nach den absolvierten 3,8 km sollte stündlich ein ganzer Energieriegel, aufgeteilt auf 2 Portionen konsumiert, und alle 15 min 200 ml eines kohlenhydrathaltigen, isotonischen Getränks aufgenommen werden. Beim Laufen reduziert sich die Flüssigkeitszufuhr um 100 ml auf 150 ml alle 15 min und statt dem Riegel wird alle 30 min ein Gel mit Koffein konsumiert.

Exemplarische Sporternährungsstrategie eines ambitionierten Triathleten während einer Langdistanz (11 Stunden 19 Min.) mit ca. 87g Kohlenhydraten pro Stunde

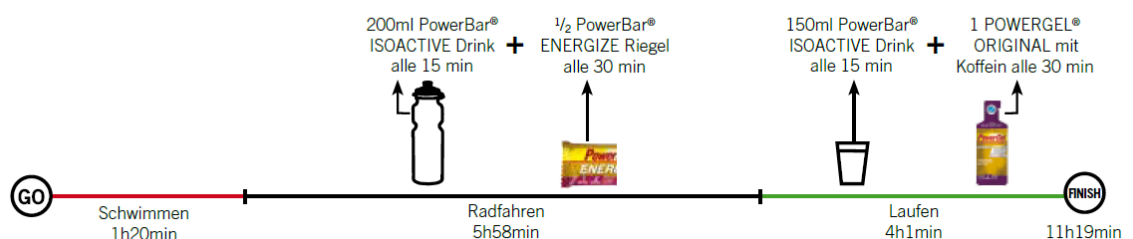


Abb. 2 Strategie für einen Langdistanztriathlon (ca. 11h 19 min), Powerbar, Quelle:www.powerbar.de

Sportart (pro h)	Produkt	Menge	Energie (kcal)	KH (g)	Na (mg)	Mg (g)	Flüssig- keit
Rad	Iso active Energize riegel	800 ml	185	46,4	672	35,2	800 ml
		55	199	39,1	210	37	
Gesamt/h Rad			384	85,5	882	72,2	800 ml
Laufen	Iso active Powergel mit Koffein	600 ml	139	34,8	384	26,4	600 ml
		82	214	53,4	600		
Gesamt/h Laufen			353	88,2	984	26,4	600 ml
Durch- schn./h (Rad+ Laufen)			369	86,9	933	49,3	700 ml
Gesamter WK			338	78,7	839	49	655 ml

Tab. 7 Nährwertangaben zur Ernährungsstrategie- Powerbar- Langdistanztriathlon

Bei einem elfstündigen Triathlon empfiehlt Powerbar während des Radfahrens stündlich 800 ml zu trinken und einen Riegel 199 kcal mit 39,1 g Kohlenhydraten, 210 mg Natrium und 37 g Magnesium zu verzehren. Das kohlenhydrathaltige Getränk liefert zusätzlich 185 kcal, 46,4 g Kohlenhydrate 672 mg Natrium und 35,2 g Magnesium. Gemeinsam stellt das eine Aufnahme von 384 kcal, 85,5 g Kohlenhydraten, 882 mg Natrium und 72,2 g Magnesium pro Stunde Radfahren dar. Beim Laufen reduziert sich die Flüssigkeitsmenge auf 600 ml/h und der Riegel wird durch ein Powergel mit Koffein ersetzt. Dabei werden pro Stunde 353 kcal, 88,2 g Kohlenhydrate, 984 mg Natrium und 26,4 g Magnesium aufgenommen. Beim Radfahren und Laufen ist die Kohlenhydrataufnahme annähernd gleich, jedoch wird beim Laufen mehr Natrium und weniger Magnesium zugeführt. Durchschnittlich werden beim Radfahren und Laufen 369 kcal, 86,9 g Kohlenhydrate, 933 mg Natrium, 49,3 g Magnesium und 700 ml Flüssigkeit zugeführt. Wenn man die Schwimmzeit ohne Nahrungsaufnahme miteinberechnet sind es nur mehr 338 kcal, 78,7 g Kohlenhydrate, 839 mg Natrium, 49 g Magnesium und 655 ml Flüssigkeit. Auch hier stimmen die Mengen mit den Empfehlungen überein. Zu beobachten ist die Reduktion der Flüssigkeitsaufnahme vom

Radfahren (800 ml/h) zum Laufen (600 ml/h) und die höheren Empfehlungen bei längeren Wettkämpfen.

2.7.2 SQUEEZY

Laufen

Da die meisten Athleten bei einem Halbmarathon unter 120 min bleiben, wird nur auf die Marathondistanz und deren Ernährungsstrategie von Squeezy eingegangen. Der Beginn der Nahrungsaufnahme ist nach 60 min. Nach 60, 90 und 120 min wird jeweils ein Gel mit 200ml Flüssigkeit konsumiert, darauf folgen zwei Squeazypaks wieder jeweils im Abstand von 30 min. Eine halbe Stunde vorm Ziel wird ein Energy-Supergel mit 200 ml Wasser verzehrt. Die angenommene Marathonzeit ist vier Stunden.



Abb. 3 Strategie für unterschiedliche Laufdistanzen (10-42km), Squeezy, Quelle: www.squeezy.de

Zeitpunkt	Produkt	Menge	Energie (kcal)	KH (g)	Natrium (mg)	Flüssigkeit
1.h	-					
2.h	Energy gel	2= 50g	130	32	20	400ml
3.h	Energy gel	25g	65	16	10	200ml
	Squeazy-pak	120ml	158	40	70	
			223	56	80	
4.h	Squeazy-pak	120ml	158	40	70	200ml
	Energy super gel	25g	65	16	30	
			223	56	100	
Gesamt/h			192	48	67	266
Mit 1.h			144	36	50	200

Tab. 8 Nährwerte- Empfehlungen für Marathon- Squeezy

Die Nahrungszufuhr während eines Marathons wird erst nach 60 min empfohlen. Danach sollten stündlich 48 g Kohlenhydrate, 67 mg Natrium und 266 ml Flüssigkeit konsumiert werden. Laut Angaben vom Hersteller befindet sich kein Magnesium in den empfohlenen Produkten.

Diese Empfehlungen sind sehr niedrig, meiner Meinung nach, zu niedrig. Sowohl die Flüssigkeitszufuhr, also auch die Kohlenhydratzufuhr. Obwohl es sich um die Disziplin Laufen handelt, kann der Körper mehr an Kohlenhydraten, besonders in flüssiger Form aufnehmen.

Radrennen

Auch hier wird nur die Strategie der längsten Distanz, 120 km bei einer Dauer von ca. 4 h analysiert. Nach 30 min wird eine Portion einer Gelflasche mit 200ml Flüssigkeit aufgenommen. In den folgenden 30 min werden 50 g eines Fruchtgummis mit derselben Flüssigkeitsmenge verzehrt, danach folgt ein Riegel, gefolgt von drei Portionen aus der Gelflasche im Abstand von 30 min mit jeweils 200 ml Flüssigkeit.

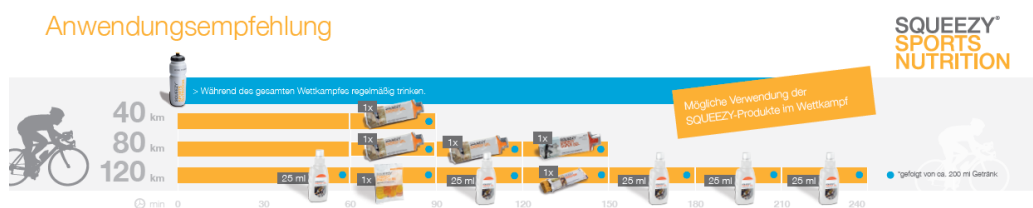


Abb. 4 Strategie für unterschiedliche Radrennen (40-120km), Squeezy, Quelle: www.squeezy.de

Zeitpunkt	Produkt	Menge	Energie (kcal)	KH (g)	Natrium (mg)	Flüssigkeit
1.h	Gel Flasche	25 ml	66	16,5	15	200 ml
2.h	Gel Flasche	25 ml	66	16,5	15	400 ml
	Fruit gum	50 g	165	36	50	
	Gesamt/h		231	52,5	65	
3.h	Gel Flasche	25 ml	66	16,5	15	400 ml
	Energy bar	50 g	182	37	80	
	Gesamt/h		248	53,5	95	
4.h	Gel Flasche	50 ml	132	33	30	200 ml
Gesamt/h			169	39	51,3	300 ml

Tab. 9 Nährwerte- Empfehlungen für Radrennen- Squeezy

Bei einem Radrennen mit einer Dauer von ca. 4h wird von Squeezy eine Aufnahme von 39 g Kohlenhydraten, 51,3 mg Natrium und 300ml Flüssigkeit empfohlen. In der ersten Stunde wird nur 1 Gel mit 16,5 g Kohlenhydraten konsumiert, danach steigt die Zufuhr auf über 50 g/h und in der letzten Stunde sinkt sie wieder auf 39 g. Auch hier wird kein Magnesium konsumiert.

Vergleicht man diese Werte mit den oben angeführten Empfehlungen, ist eine zu geringe Aufnahme an Kohlenhydraten, Natrium und Flüssigkeit erkennbar. Bei Radrennen im Wettkampftempo würde der Energieverbrauch die Energieaufnahme beachtlich übersteigen und die Gefahr eines Leistungseinbruchs wäre größer.

2.7.3 NUTRIXION

Triathlon

Direkt am Start wird ein Gel verzehrt, danach folgt jede Stunde zwei Gels und ein Riegel, gleichgültig welche Disziplin, Radfahren oder Laufen. Der Unterschied liegt in der Flüssigkeitsaufnahme. Während des Radfahrens werden alle 30 min 350-400 ml eines isotonischen Getränkes konsumiert, während des Laufens alle 5 km (15-30 min) 150 -200 ml.

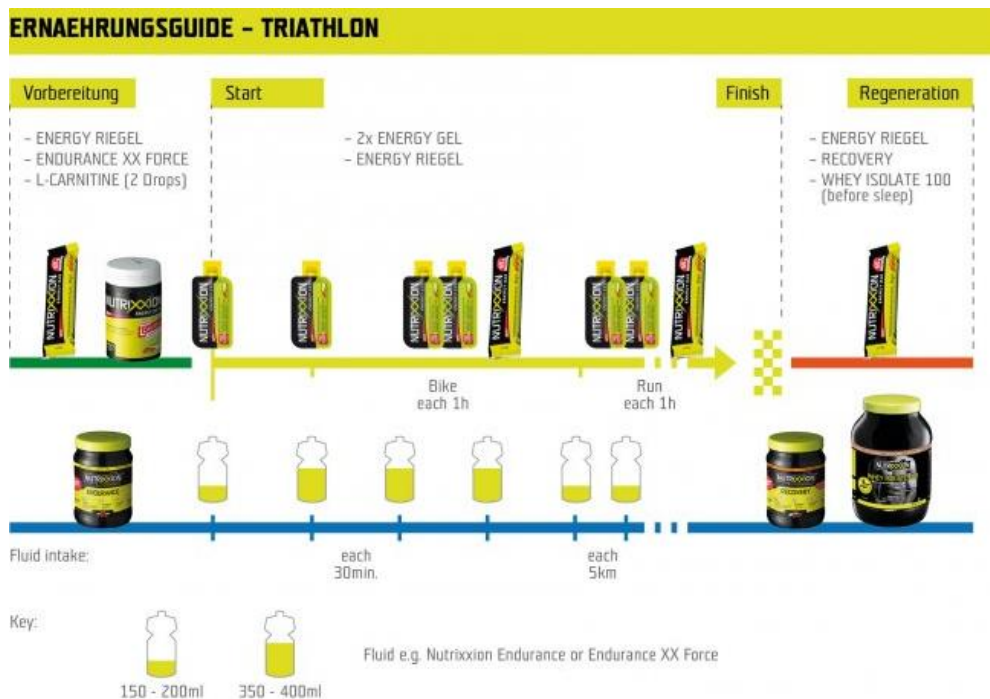


Abb. 5 Strategie für Triathlon, Nutrixion, Quelle: www.nutrixion.com

	Produkt	Menge	Energie (kcal)	KH (g)	Natrium (mg)	Flüssigkeit
Pro h	Energy gel	80 ml	238	59,8	72	500 ml
	Energy Riegel	55 g	201	33,6	300	
	Endurance	500 ml	333	32,2	145	
	Getränk					
Gesamt/h			772	125,6	517	500 ml

Tab. 10 Nährwerte- Empfehlungen für Triathlon, Nutrixxion

Während eines Triathlons sollte (egal ob Laufen oder Radfahren) stündliche eine Kohlenhydratmenge von 125,6 g verzehrt werden. Beim Radfahren sollten pro Stunde 700-800 ml und beim Laufen 300-400 ml getrunken werden.

Die Kohlenhydratmenge ist beinahe doppelt so hoch, als die Empfehlungen von 60-80 g/h und somit zu hoch. Stündlich einen Riegel während dem Laufen zu verzehren ist nicht leicht durchführbar und für die meisten auch nicht möglich. Die Flüssigkeitsaufnahme mit 300-400 ml während des Laufens ist wiederum sehr niedriger angesetzt und liegt weit unter den Empfehlungen von 800-1000 ml. Man müsste auch bei der Aufnahme von festen Lebensmitteln zwischen dem Rad- und dem Laufsplit unterscheiden!

Laufen

Bei einem Lauf wird empfohlen, alle 45 min ein Gel zu verzehren und alle 5 km 150-200 ml eines isotonischen, kohlenhydrathaltigen Getränkes.

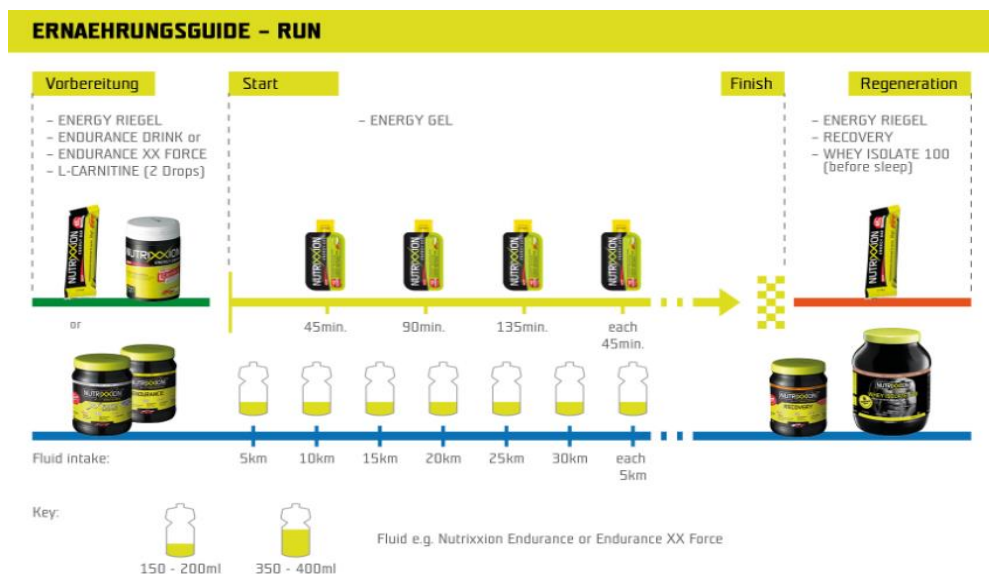


Abb. 6 Strategie für Marathon, Nutrixxion, Quelle: www.nutrixxion.com

	Produkt	Menge	Energie (kcal)	KH (g)	Natrium (mg)	Flüssigkeit
Pro h	Energy gel Endurance Getränk	50 ml 400 ml	149 106,4	37 26	45 196	400 ml
Gesamt/h			255,4	63	241	400 ml

Tab. 11 Nährwerte- Empfehlungen für Laufen, Nutrixxion

Nutrixxion empfehlen während eines Laufens eine Kalorienzufuhr von 255 kcal, mit 63 g Kohlenhydraten und 241 mg Natrium pro Stunde. Getrunken werden sollte stündlich 400 ml.

Die Strategie der Kohlenhydrataufnahme passt mit 63 g/h, aufgeteilt auf flüssige und feste Nahrungsmitteln. Die Flüssigkeitszufuhr wäre, besonders an heißen Tagen und bei einer hohen Schweißproduktion, viel zu gering.

2.7.4 PEEROTON

Peeroton empfiehlt 30 min vor dem Wettkampf einen Riegel mit 125 ml Wasser und 250ml eines isotonischen Getränks. Während der Belastung sollte alle 20 min 250 ml desselben Getränks konsumiert werden, alle 45 min ein Riegel mit 125ml Flüssigkeit und alle 30 min eine Geltube mit gleichviel Wasser konsumiert werden.

Radfahren

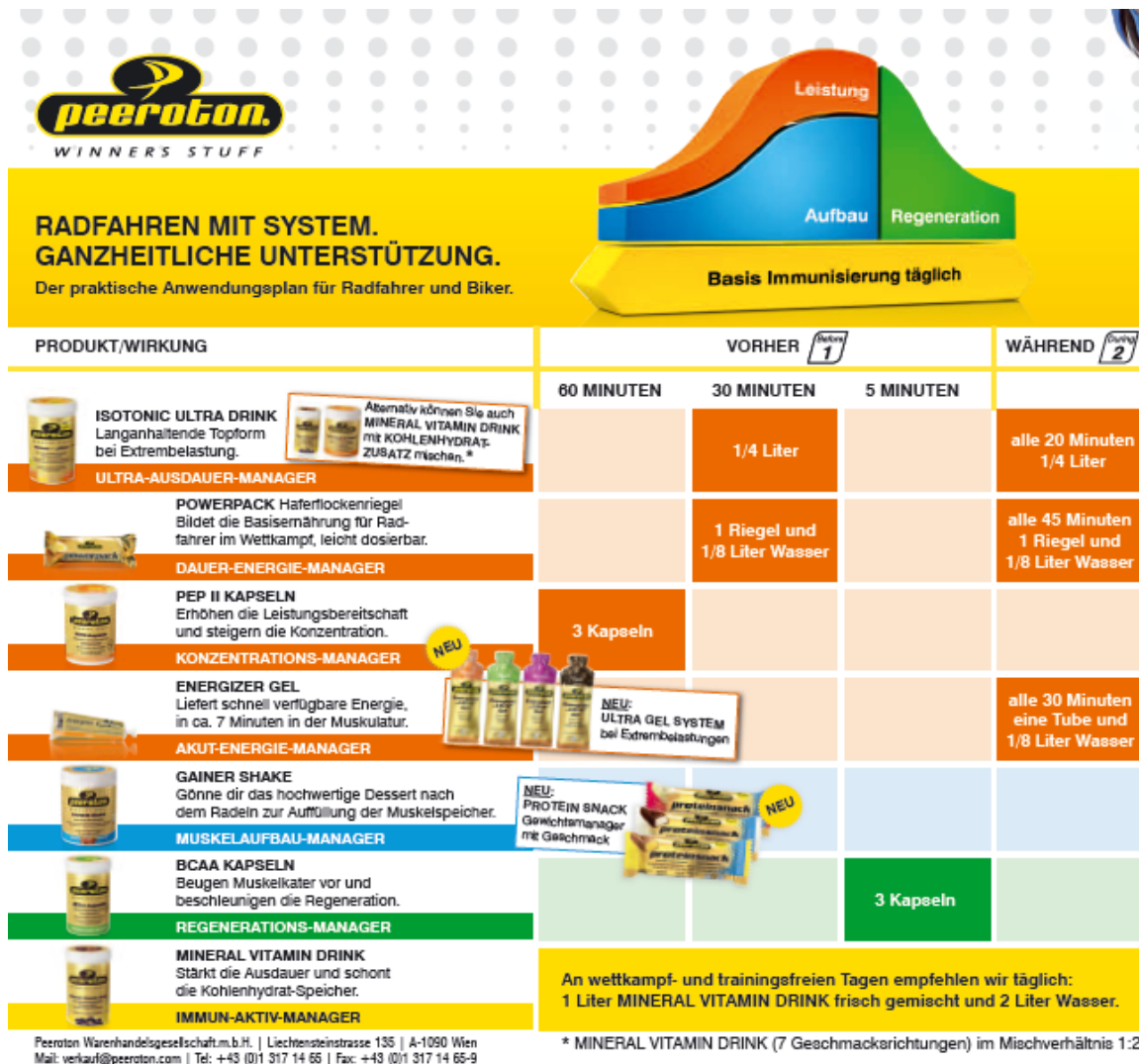


Abb. 7 Strategie für Radrennen, Peeroton, Quelle: www.peeroton.com

	Produkt	Menge	Energie (kcal)	KH (g)	Natrium (mg)	Magnesium (g)	Flüssigkeit
Pro h	Powerpack	87,5 g	334	47	27,5	49	150 ml
	Isotonic ultra drink	750 ml	162	38,7	0		750 ml
	Energizer	70 ml	214	54	200	100	150 ml
	Gel						
Gesamt/h			710	140	227,5	149	1050 ml

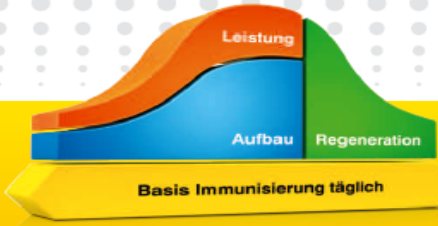
Tab. 12 Nährwerte- Empfehlungen für Radrennen- Peertoton

Peeroton empfiehlt Radfahrern pro Stunde 710 kcal, 140 g Kohlenhydrate, 228 mg Natrium und 149 g Magnesium aufzunehmen. Die Flüssigkeitszufuhr sollte bei 1050 ml liegen. Von den 1050 ml Flüssigkeit sind 300 ml reines Wasser. Der Rest ein kohlenhydrathaltiges Getränk, welches knapp 40 g Kohlenhydrate von den insgesamt 140 g liefert.

Diese Menge an Kohlenhydraten übersteigt die maximalen Oxidationsraten weit und ist auch zu viel um eine gute Magenverträglichkeit zu gewährleisten. Die Flüssigkeitszufuhr ist an der oberen Grenze, aber für ein Radrennen in Ordnung. Die Natriummenge ist wiederum sehr niedrig. Der Grund dafür ist das Fehlen von diesem Mikronährstoff im isotonischen Getränk.

Laufen

Beim Laufen ist die Ernährung vor dem Wettkampf gleich: Während des Wettkampfes wird jedoch auf Riegel verzichtet, und nur eine Geltube alle 30 min mit 125 ml Wasser empfohlen. Alle 5 km soll 250 ml eines kohlenhydrathaltigen Getränkes konsumiert werden.

LAUFEN MIT SYSTEM. GANZHEITLICHE UNTERSTÜTZUNG.
Der praktische Anwendungsplan für Halbmarathon.

PRODUKT/WIRKUNG	VORHER ^{Phase 1}			WÄHREND ^{Phase 2}
	60 MINUTEN	30 MINUTEN	5 MINUTEN	
 ISOTONIC ULTRA DRINK Langanhaltende Topform bei Extremlastung. ULTRA-AUSDAUER-MANAGER		1/4 Liter		alle 5 km 1/4 Liter
 POWERPACK Haferflockenriegel Bringt langanhaltende Energie, ist leicht verdauulich und gut dosierbar. DAUER-ENERGIE-MANAGER		1 Riegel und 1/8 Liter Wasser		
 PEP II KAPSELN Erhöhen die Leistungsbereitschaft und steigern die Konzentration. KONZENTRATIONS-MANAGER	3 Kapseln			
 ENERGIZER GEL Liefert schnell verfügbare Energie, in ca. 7 Minuten in der Muskulatur. AKUT-ENERGIE-MANAGER				alle 30 Minuten eine Tube und 1/8 Liter Wasser**
 GAINER SHAKE Gönne dir das hochwertige Dessert nach dem Lauf zur Auffüllung der Muskelspeicher. MUSKELAUFBAU-MANAGER				
 BCAA KAPSELN Beugen Muskelkater vor und beschleunigen die Regeneration. REGENERATIONS-MANAGER			3 Kapseln	
 MINERAL VITAMIN DRINK Stärkt die Ausdauer und schont die Kohlenhydrat-Speicher. IMMUN-AKTIV-MANAGER				

An wettkampf- und trainingsfreien Tagen empfehlen wir täglich:
1 Liter MINERAL VITAMIN DRINK frisch gemischt und 2 Liter Wasser.

Peeroton Warenhandels-gesellschaft m.b.H. | Lichtensteinstrasse 135 | A-1090 Wien
Mail: verkauf@peeroton.com | Tel: +43 (0)1 317 14 65 | Fax: +43 (0)1 317 14 65-9

* MINERAL VITAMIN DRINK (7 Geschmacksrichtungen) im Mischverhältnis 1:2
** Wassereinnahme bei Labeatation.

Abb. 8 Strategie fürs Laufen, Peeroton, Quelle: www.peeroton.com

	Produkt	Menge	Energie (kcal)	KH (g)	Natrium (mg)	Magnesium (g)	Flüssigkeit
Pro h	Isotonic ultra drink Energizer Gel	750 ml	162	38,7	0	100	750 ml
		70 ml	214	54	200		150 ml
Gesamt/h			376	92,7	200	100	900 ml

Tab. 13 Nährwerte- Empfehlungen für Läufe- Peertonton

Im Gegensatz zum Radfahren werden beim Laufen von Peeroton statt 140g nur 92,7g Kohlenhydrate und 376 kcal statt 710 kcal/h empfohlen. Die Flüssigkeitsaufnahme ist auch um 150 ml (900 statt 1050 ml) niedriger. Auf feste Nahrungsmittel wie Riegel wird völlig verzichtet. Die Energie wird mittels Gels und kohlenhydrathaltige Getränke zugeführt. Die Nahrungsaufnahme 30 min davor: 1 Riegel mit 125 ml Wasser und 250 ml isotonisches Getränk ist bei beiden Sportarten gleich.

Trotz der Reduktion der Kohlenhydrat- und Energieaufnahme im Vergleich zum Radfahren ist die Empfehlung zu hoch. Die Flüssigkeitsaufnahme ist mit 900 ml im Normbereich, jedoch für eine Laufdisziplin ebenfalls sehr hoch angesetzt.

2.7.1. DISKUSSION DER UNTERSCHIEDLICHEN ERNÄHRUNGSSTRATEGIEN

In fast allen Strategien ist ersichtlich, dass während des Laufens keine feste Nahrung wie Riegel empfohlen wird, da die Aufnahme nur schwer möglich ist. Nur bei den groben Empfehlung von Powerbar für Wettkämpfe im Lauf-, Rad- und Triathlonsport und von Nutrixxion für den Triathlon werden keine Unterschiede gemacht und auch bei den Läufen ½-1 Riegel pro Stunde empfohlen. Bis zu einer Marathondistanz ist es auf jeden Fall möglich, die Energie in Form von kohlenhydrathaltigen Getränken und Gels aufzunehmen.

Die Flüssigkeitszufuhrempfehlungen sind beim Laufen auch niedriger als beim Radfahren. Beim Radfahren reichen sie von 300 bis 1050 ml/h. Die niedrigsten Empfehlungen sind von Squeezy für ein vierstündiges Radrennen. Die Angaben mit über 1000 ml Flüssigkeitszufuhr sind von Peeroton wettkampfdauerunspezifisch. Bei den Läufen wird eine Aufnahme von 200-900 ml empfohlen. Die Getränke sind meist isotonische Sportlergetränke mit Kohlenhydraten und Mineralstoffen. Reines Wasser wird nur vereinzelt zum Nachtrinken geraten. Kohlensäurehaltige Getränke scheinen bei den Empfehlungen nicht auf.

Die stündlich zugeführte Kohlenhydratmenge reicht beim Radfahren von 40 (Squeezy) bis 140 g (Peeroton). Die letztgenannte überschreitet das Limit aus der Literatur mit 60-80 g deutlich. Die Mindestzufuhr mit 30 g/h wird bei allen Strategien erreicht. Zu berücksichtigen ist immer das Körpergewicht bzw. die Muskelmasse, da mehr Muskelmasse auch höhere Mengen an Kohlenhydraten speichern und verstoffwechseln kann. Bei allen vier Firmen ist ein Teil der empfohlenen Kohlenhydrate von flüssigen Quellen. Beim Laufen reichen die Mengen für die empfohlenen Kohlenhydrate von 48-93 g/h. Wiederrum stammt die höchste Angabe von Peeroton und die niedrigste von Squeezy. Empfehlungen für einen Triathlon gibt es von Powerbar und von Nutrixion und reichen von 87-126 g KH/h. Dabei ist zu bedenken, dass sich die Aufnahme auf die Rad- und Laufeinheit beschränkt, da beim Schwimmen, der ersten Disziplin, meist keine Nahrungsaufnahme stattfindet. Getrunken sollte pro Stunde zwischen 500-700 ml werden.

Zu beobachten ist auch, dass in jeder Strategie Gels enthalten sind, da dies die konzentrierteste und am leichtesten einzunehmende Form darstellt.

3. EMPIRISCHER TEIL

Mit der vorliegenden Untersuchung soll die tatsächliche Nahrungsaufnahme während einer Wettkampfbelastung über 120 min festgestellt und mit den aktuellen Empfehlungen verglichen werden.

3.1. FRAGESTELLUNG

Die Fragestellung lautet:

Werden die Empfehlungen einer Nahrungsaufnahme zum Erreichen der optimalen Leistung während eines Ausdauerwettkampfes im Breitensport erfüllt?

Weitere Fragestellungen:

- Gibt es Unterschiede in den Nahrungsaufnahmen zwischen den verschiedenen Sportarten? (Laufen, Radfahren, Duathlon, Triathlon)?
- Wird die Wettkampfernährung im Vorhinein geplant und getestet?
- Wie zufrieden sind die Athleten mit Ihrer Wettkampfernährung? Woher bekommen Sie die Informationen?
- Spielt die Wettkampferfahrung bei der Ernährung im Wettkampf eine Rolle?
- Spielt die Dauer des Wettkampfes auf die stündliche aufgenommenen Nahrung und Flüssigkeit eine Rolle?

3.2. METHODIK

Zu Beginn wurde ein Fragebogen (siehe Anhang) erstellt. Es wurden anthropometrische Daten wie Körpergewicht, Körpergröße und Alter, Angaben zum Wettkampf (Dauer, Art, Splitzeiten), zur Wettkampferfahrung und zum Auftreten von Leistungseinbrüchen abgefragt. Fragen über die Planung, Testung und Zufriedenheit ihrer Wettkampfernährung waren enthalten. Neben der Auskunft woher sie die Informationen erhielten, schrieben die Athleten nieder, was sie vor und während dem Wettkampf konsumiert haben. Die Lebensmittel wurden in feste und flüssige getrennt und auch in Selbstverpflegung und Verpflegung der Labestation. Dies diente auch als Hilfestellung für das Erinnerungsvermögen. Bei ungenauen Angaben von Lebensmittel bei der Labestation konnten dies besser identifiziert werden. Es wurde darauf geachtet, dass die Menge und Art der aufgenommenen Lebensmittel so genau wie möglich gemacht wurde.

Die Vorwettkampfernährung wurde in 2 Zeitabschnitte geteilt: unmittelbar (30min) vor dem Wettkampf) und bis zu 4h davor. Die Angaben während der Belastung waren stundenweise zu notieren. Zum einen ist es eine Hilfestellung, da die Athleten angeregt wurden genau nachzudenken und ob es auch so möglich war die Nahrungsaufnahme den einzelnen Disziplinen (bei Triathlon und Duathlon) zuzuordnen.

Die Fragebögen wurden direkt nach dem Wettkampf ausgeteilt und wieder eingesammelt oder noch am selben Tag per Mail verschickt. Das Einsammeln kurz nach dem Wettkampf ist ein essentieller Teil für genaue und vollständige Informationen. Bei Wettkämpfen von längerer Dauer ist es schwierig die Nahrungsaufnahme nach einiger Zeit genau nachvollziehen.

Als Fehlerquelle ist auf jeden Fall der Flüssigkeitskonsum von einer Labestationen während des Rennens zu erwähnen. Die Becher sind oft sehr unterschiedlich gefüllt und werden zum Teil nicht ganz ausgetrunken. Angaben in Milliliter sind somit äußerst schwierig. Ebenso unterscheidet sich das Mischverhältnis der isotonischen Getränke voneinander, deswegen wurden die Angaben der Hersteller auf den Produkten oder die Empfehlungen auf deren Webseite herangezogen und als Durchschnittswert verwendet.

Nach dem Abschluss der Datenerhebung wurden eine Datenbank aller verzehrten Produkte mit den Angaben zum Energiegehalt (in kJ und kcal), Kohlenhydrat- Eiweiß-, Fett- , Ballaststoffgehalt (in g) und den beinhalteten Gehalt an Magnesium und Natrium (in mg) pro 100 g und pro Produkt in einer Excel-Tabelle. erstellt. Wiederum wurden die Lebensmittel in Flüssigkeiten und feste Lebensmittel geteilt. Die Informationen stammen direkt von der Webseite der Hersteller.

Für jeden einzelnen Athleten wurden die aufgenommen Nahrung stündlich zusammen kopiert, aufgeteilt auf die unterschiedlichen Disziplinen, addiert, und in ein weiteres Excel-sheet übertragen. Am Ende entstand eine übersichtliche Tabelle mit der Athleten ID (Identitätsnummer), den anthropometrischen Daten, der Wettkampf Art, Dauer, den Splitzeiten, den Angaben zur Planung, Testung, Zufriedenheit und Leistungseinbruch. Danach folgte die aufgenommene Menge von Energie, Kohlenhydraten, Fett, Eiweiß, Natrium, Magnesium und der Flüssigkeit von jeder einzelnen Stunden über den gesamten Wettkampf und auch aufgeteilt auf die unterschiedlichen Disziplinen. Die

letzten Spalten enthielten die Menge an aufgenommenen Kohlenhydraten in g pro kg KG, wiederum aufgeteilt auf die unterschiedlichen Sportarten.

Diese Tabelle wurde in das Statistikprogramm SPSS importiert und ausgewertet.

3.3. AUSWERTUNG

Mittels dem SPSS Statistikprogramm und mit Excel wurden die deskriptiven Werte wie Mittelwert, Standardabweichung, Minimum und Maximum der verschiedenen Variablen und Gruppen ermittelt. Zur besseren Veranschaulichung wurden diese Werte mittels Histogramm, Kreisdiagramm, Streudiagramm oder Balkendiagramm dargestellt.

Um Zusammenhänge zwischen der Energie- Kohlenhydrat-, Flüssigkeits-, Natriumaufnahme mit der Planung, Testung, Zufriedenheit und dem Leistungseinbruch festzustellen, wurden die Korrelationskoeffizienten Pearson Spearmans Rho ermittelt. Positive Wert zwischen 0 und 1 stellen einen positiven Zusammenhang dar und Werte zwischen 0 und minus 1 einen negativen. Der Zusammenhang wird mit einem $r=0,4-0,5$ als durchschnittlich betrachtet, und mit eine $r>0,7$ als stark. Werte nahe bei $r=1$ oder $r=-1$ stellen einen sehr starken Zusammenhang dar.

3.4. UNTERSUCHTES KOLLEKTIV

In die Studie miteingeschlossen wurden erwachsene Frauen und Männer, die einen Ausdauerwettkampf mit einer Dauer von mindestens 120 min absolvierten. Die Wettkämpfe waren entweder Läufe, Radrennen, die Kombination Duathlon oder Triathlon. Unter den befragten Athleten befanden sich der österreichische Meister und die österreichische Meisterin im Langdistanz Duathlon, der steirische Meister und die steirische Meisterin im Langdistanz Duathlon und der beste Österreicher des Ironman Austria in Klagenfurt.

Die Daten wurden anonym behandelt.

Insgesamt wurde der Fragebogen von 80 Personen ausgefüllt und davon konnten 75 verwertet werden. Die Angaben der restlichen fünf Personen waren zu ungenau und teilweise mangelhaft. Von den 75 Personen waren 13 weiblich und 62 männlich. Das durchschnittliche Alter lag bei 36 ± 9 Jahren. Der jüngste Teilnehmer war 22 Jahre alt und der älteste 70 Jahre. Die Frauen waren im Durchschnitt 32 ± 7 Jahre alt und die

Männer 37 ± 9 Jahre alt. Über ein Viertel der Probanden ist zwischen 35 und 40 Jahre alt. (siehe Abb. 9).

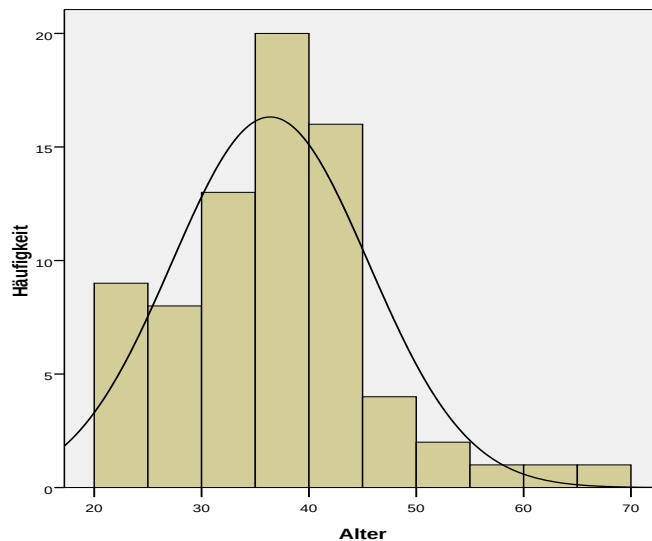


Abb. 9 Altersverteilung des gesamten Kollektivs (n=75)

Unter den 75 Athleten und Athletinnen waren 4 Läuferinnen, 4 Läufer, 3 Duathletinnen, 16 Duathleten, 3 Triathletinnen, 10 Triathleten, 3 Radfahrerinnen und 32 Radfahrer (siehe Tab. 14).

WK-Art	Gesamt	Weiblich	Männlich
Lauf	8	4	4
Duathlon	19	3	16
Triathlon	13	3	10
Radrennen	35	3	32

Tab. 14 Aufteilung des Kollektivs nach Wettkampftart und Geschlecht

Das Kollektiv war durchschnittlich 177 ± 8 cm groß und 71 ± 10 kg schwer. Aufgeteilt nach dem Geschlecht waren die Frauen 165 ± 2 cm groß und 59 ± 7 kg schwer und die Männer hatten einen Mittelwert von 180 ± 6 cm Körpergröße und 74 ± 9 kg KG. Der mittlere BMI lag bei den Frauen bei $21,5 \pm 2,4$ kg/m² und bei den Männern bei $22,7 \pm 1,8$ kg/m².

3.5. UNTERSUCHTE WETTKÄMPFE

Die untersuchten Wettkämpfe kann man in vier große Bereiche unterteilen. Der erste Bereich umfasst alle Laufrennen. Die meisten Marathons (42,195 km) finden im Frühjahr oder Herbst statt und somit war es schwierig, während des Untersuchungszeitraumes (Juni-August) Daten von Marathonis zu sammeln. Vier Athleten mit guter Dokumentation ihres Ernährungsverhaltens während dem Sport konnten den Fragebogen zu einem vergangenen Marathon noch exakt und gewissenhaft ausfüllen. Ein Athlet füllte nach einem absolvierten Halbmarathon (21,0975 km) mit einer Endzeit von 2h 30min einen Fragebogen aus.

Der zweite Bereich umfasst alle Radrennen, die wiederum in Rennrad und Mountainbike eingeteilt werden können. In die Untersuchung wurden zwei Mountainbikerennen, das „Mountainbike-Extreme“ in Pöls, Steiermark, und die „Salzkammergut-Trophy“, Österreichs größte Radmarathon in Bad Goisern, Salzburg, eingeschlossen. Beim erst genannten absolvieren die Radfahrer in zwei, vier oder acht Stunden eine 10 km lange Strecke mit 450 hm so oft als möglich. Neben Einzelfahren gibt es auch einen Staffelwettbewerb, welcher aber nicht in die Studie miteinbezogen wurde, da einzelne Belastungsdauer für jeden unter 120 min liegt. Der Untergrund der Strecke ist größtenteils Schotter, der Rest Wiese.

Bei der „Salzkammergut-Trophy“ gibt es unterschiedliche Strecken bis zu 210 km auszuwählen. Die befragten Athleten absolvierten entweder die Strecke B mit 119,5 km und 3848 hm oder die Strecke C mit 73,6 km und 2446 hm. Das Streckenprofil und der Untergrund waren technisch sehr schwierig zu fahren, was möglicherweise auch zu einer geringeren Nahrungsaufnahme führen könnte.

Zu den in die Studie eingeschlossenen Rennrad-Wettkämpfen zählen das 12- und 24h Rennen in Kaindorf, der „Jedermann Radmarathon“ in Fohnsdorf, die „Dolomiten Radrundfahrt“ und der „Ötztal- Radmarathon“. Die Strecke des letztgenannten führt von Sölden über das Kühtai nach Innsbruck dann weiter über den Brenner nach Sterzing, über den Jaufenpass und das Timmelsjoch wieder zurück nach Sölden. Insgesamt sind 238 km und 4500 hm zu absolvieren und die Siegerzeit liegt bei ca. 7 h. Bei der „Dolomitenrundfahrt“ ist der Start in Lienz in Tirol. Die Strecke „Classic“ ist 112 km lang und hat 1850 hm, die Strecke „Extreme“ ist 123 km lang mit 2680 hm. Der

„Jedermann Radmarathon“ mit dem Start in Fohnsdorf (Obersteiermark) erstreckt sich über 94 km und 1385 hm. Beim Radrennen in Kaindorf ist über 12 oder 24 h ein Rundkurs mit 17,9 km und 185 hm so oft wie möglich abzufahren. Auch hier gibt es eine Staffelwertung, der Wechsel erfolgte aber meist nach 60-90 min und somit war der Belastungszeitraum, um bei der Untersuchung teilzunehmen, zu kurz.

Die dritte und vierte Kategorie beinhalten Wettkämpfe mit mehreren Disziplinen. Zum einen wurden zwei Langdistanz-Duathlons untersucht und zum anderen Triathlons der Halb- und Langdistanz. Die beiden Duathlons waren der „Mürzman Extrem Duathlon“ und der „Powerman“ in Weyer. Die Steirischen Meisterschaften im Langdistanzduathlon fanden beim „Mürzman“ in Mürzzuschlag (Steiermark) statt, dabei waren 10 km zu laufen, 100 km Rad zu fahren und wieder 20 km zu laufen. Die 100km wurden mit dem Rennrad auf einer asphaltierten, kubierte Strecke absolviert. Die 10km lange Laufstrecke mit unterschiedlichen Untergründen (Schotter, Asphalt, Wiese) wurde zu Beginn einmal und danach zweimal gelaufen. Die österreichischen Meisterschaften dieser Sportart wurden beim „Powerman“ abgehalten. Zu Beginn mussten die Athleten 15,6 km laufen, im Anschluss waren 82,4 km mit dem Rennrad zu absolvieren (zweimal 41,2 km) und danach wieder 7,3 km zu laufen.

Die letzte Gruppe Wettbewerbe mit drei Disziplinen: Schwimmen, Radfahren, Laufen, sind die sogenannten Triathlons. Die Langdistanz setzt sich zusammen aus 3,8km schwimmen, 180 km Radfahren und 42 km laufen. Miteingeschlossen wurden der „Ironman“ in Klagenfurt oder der Triathlon in Podersdorf (Burgenland). Bei der Halbdistanz ist in allen drei Disziplinen die Hälfte der Strecke zu absolvieren, 1,9 km Schwimmen, 90 km Radfahren und 21,1 km Laufen. Die untersuchten Wettbewerbe dieser Art fanden in Linz, St. Pölten und Podersdorf statt.

Die durchschnittliche Dauer aller Wettkämpfe lag bei 337 ± 158 min.

Die Dauer untersuchten Läufe lag bei 223 ± 65 min, die der Radrennen bei 310 ± 160 min, die der Duathlons bei 324 ± 91 min und die Triathlons dauerten im Durchschnitt 500 ± 168 min.

Die Verteilung der Wettkampfdauer wird in Abb. 10 grafisch dargestellt.

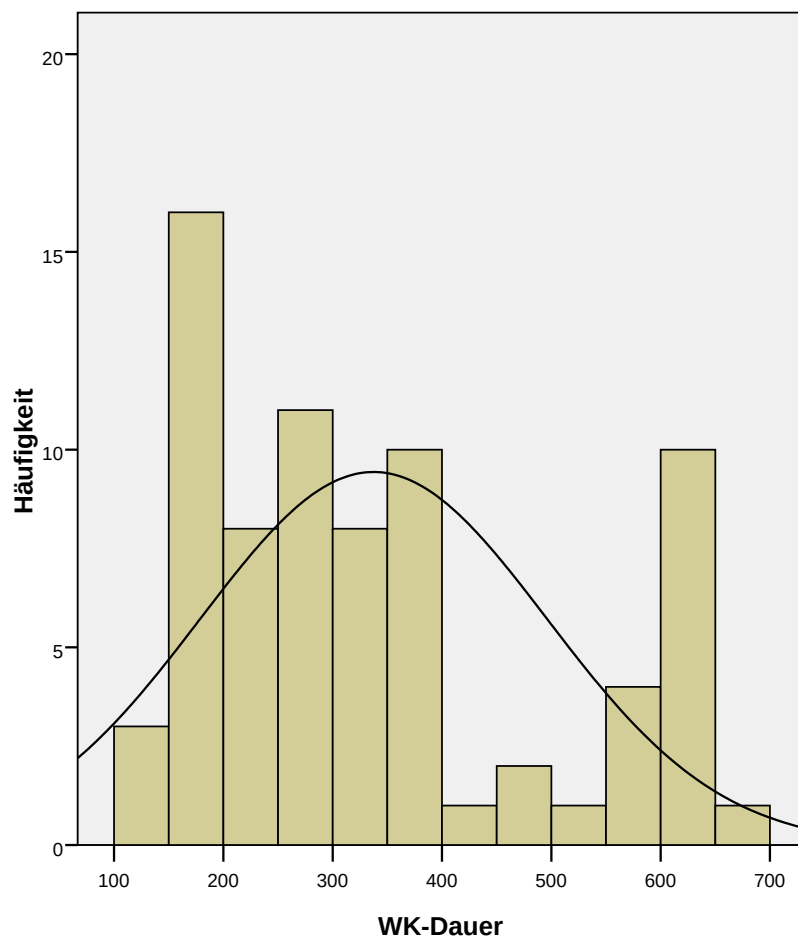


Abb. 10 Verteilung der Wettkampfdauer des gesamten Kollektivs (n=75)

Insgesamt wurden 8 Fragebögen nach einem Lauf, 13 nach einem Triathlon, 19 nach einem Duathlon und 35 nach einem Radrennen ausgefüllt (siehe Abb.11)

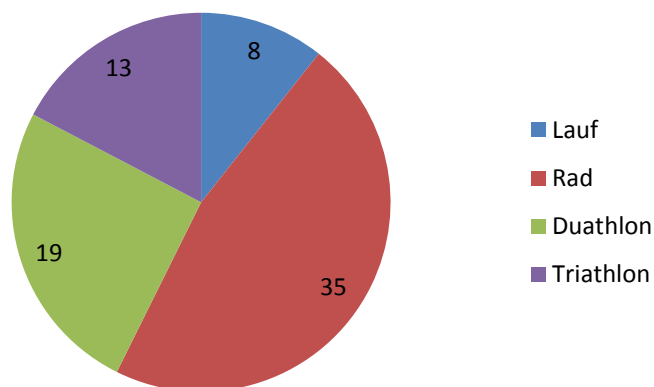


Abb. 11 Verteilung der untersuchten Wettkämpfe (Anzahl der Personen, n=75)

3.6. ERGEBNISSE

In vielen Teilen der Ergebnisse werden alle Läufe, auch jene im Zuge eines Triathlons oder Duathlons zusammengefasst zusätzlich zur Auswertung der reinen Läufe, da in Bezug auf Verbrauch, Umgebungsbedingungen, Verträglichkeit kein Unterschied besteht. Dies gilt ebenso beim Radfahren. Wenn dies der Fall ist, geht es aus dem Text hervor und wird als „Lauf allgemein“ oder „Rad allgemein“ bezeichnet.

Die Ausdrücke „reine“ Läufe oder „reine“ Radrennen bedeutet, dass ausschließlich diese eine Disziplin zu absolvieren war und ausgewertet wird. Im Gegensatz dazu wird die Laufeinheit beim Triathlon oder Duathlon als „Laufsplit“ bzw. die Radeinheit als „Radsplit“ bezeichnet. In den Tabellen findet man diese Variablen zum Beispiel unter dem Namen „Duathlon_Lauf“ oder „Triathlon_Rad“.

Die Variable „Gesamt“ bezieht sich immer auf das gesamte Kollektiv, also alle 75 befragten Personen.

3.6.1. KOHLENHYDRATAUFNAHME

Das Kollektiv nimmt durchschnittlich $54,9 \pm 27,7$ g KH/h. Die Werte reichen von 11,7g bis 159,8 g/h. Der Durchschnitt liegt knapp unter den Empfehlungen von 60-80 g/h. (siehe Tab. 15)

Wettkampftart	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Gesamt	54,9	27,7	11,7	159,8
Lauf	25,5	10,2	11,7	45,8
Duathlon	55,7	20,2	19,8	108,2
Triathlon	57,3	21,3	31,4	115,5
Rad	60,4	32,2	60,4	159,8

Tab. 15 Stündliche Kohlenhydrataufnahme des gesamten Kollektivs und der einzelnen Sportarten (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum) Einheit: Gramm.

Nur die Gruppe der Radfahrer kommt mit einem Durchschnittswert von $60,4 \pm 32,2$ g Kohlenhydraten pro Stunde innerhalb des Bereiches der Empfehlungen. Die Läufer haben mit einer durchschnittlichen Zufuhr von $25,5 \pm 45,8$ g die niedrigste Aufnahme und konsumieren somit weniger als die Hälfte der empfohlenen Menge an Kohlenhydraten. Die Duathleten nehmen im Durchschnitt stündlich $55,7 \pm 20,2$ g und die Triathleten $57,3 \pm 21,3$ g auf. (siehe Tab. 15)

Vergleicht man die Kohlenhydrataufnahme der beiden Gruppen, mit und ohne Leistungseinbruch, so ist kein signifikanter Unterschied zu erkennen.

In der Tab. 16 und Abb. 12 sind die Wettkampfsarten Duathlon und Triathlon auf ihre Teildisziplinen Laufen und Radfahren aufgeteilt. Beim Duathlon ist ganz deutlich sichtbar, dass die stündliche Aufnahme beim Laufen (32,9 g/h) um mehr als die Hälfte niedriger ist als beim Radfahren (73 g/h). Vergleicht man die Radeinheiten vom Duathlon und Triathlon findet man sehr ähnliche Werte (beide im Bereich der empfohlenen 60-80 g), jedoch nehmen Triathleten in der Laufzeit doppelt so viele Kohlenhydrate auf, als Läufer im Zuge eines Duathlons. Der Triathlon ist der einzige von den drei Wettkampfsarten mit Laufdisziplin, bei welchem die Sportler auch während des Laufens stündlich über 60 g Kohlenhydrate pro Stunde aufnehmen.

Die Variable „Triathlon gesamt“ bezieht sich auf die gesamte Wettkampfdauer (inklusive Schwimmen) und ist aus diesem Grund geringer als die durchschnittliche Aufnahme beim Radfahren und beim Laufen im Triathlon. Triathleten nehmen während des Radfahrens und des Laufens stündlich, den Empfehlungen entsprechend, genug Kohlenhydrate auf, kompensieren allerdings nicht die erste Stunde ohne Nahrungsaufnahme.

Wettkampfsart	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Duathlon gesamt	55,7	20,2	19,8	108,2
Duathlon Lauf	32,9	16,3	0	56,3
Duathlon Rad	73,0	32,9	1,1	165
Triathlon gesamt	57,3	21,3	31,4	115,5
Triathlon Lauf	63,2	37,7	15,8	165,4
Triathlon Rad	68,0	43,3	19,5	119

Tab. 16 Stündliche Kohlehydrataufnahme, aufgeteilt auf die Disziplinen des Duathlons und des Triathlons (Laufen und Radfahren), Einheit: Gramm.

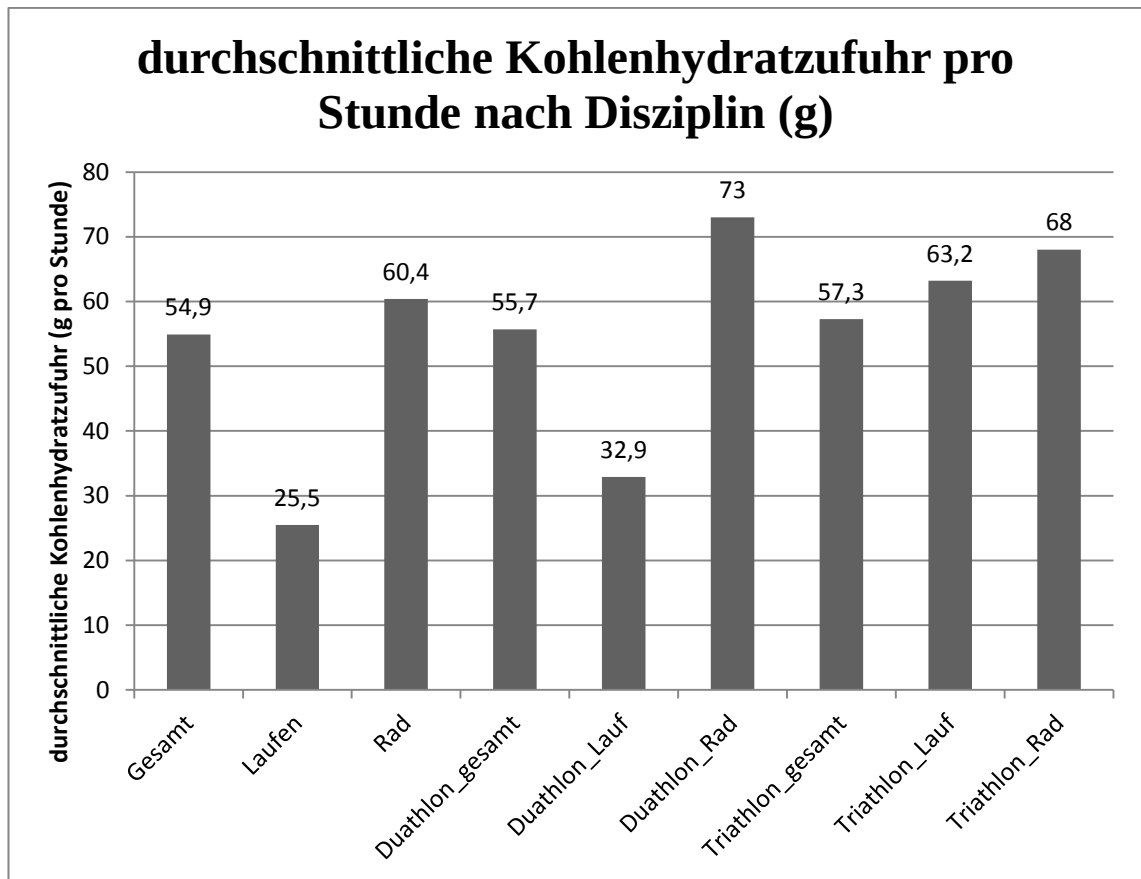


Abb. 12 Durchschnittliche Kohlenhydratzufuhr in g/h, aufgeteilt nach Disziplin

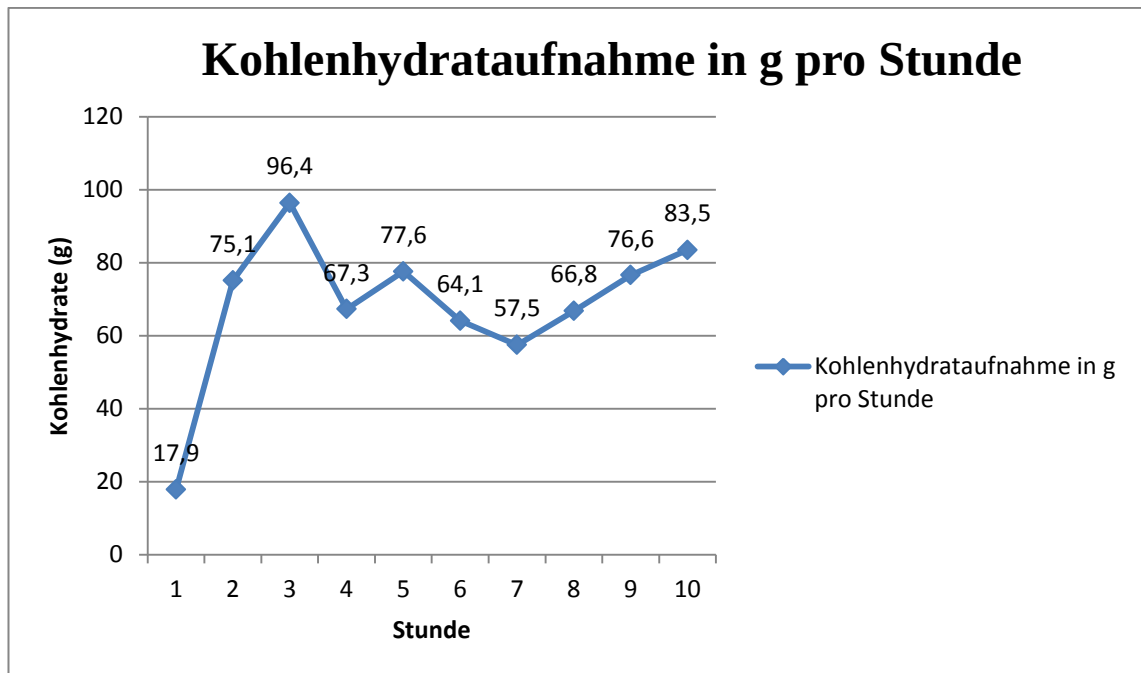


Abb. 13 Verlauf der aufgenommenen stündlichen Kohlenhydratmenge in g (nur Wettkämpfe mit einer Dauer von 10h) (n=10)

In Abb. 13 sieht man den Verlauf der stündlich aufgenommenen Kohlenhydrate bei Wettkämpfen mit einer Dauer von 10 h. Der erste Wert ist so niedrig, weil der Großteil dieser hier ausgewählten Wettkämpfe Triathlons sind, und sich die Athleten in der ersten Stunde noch im Wasser befinden. Interessant ist zu beobachten, dass die Kohlenhydratmenge steigt, obwohl das Laufen die letzte Disziplin darstellt und dabei die Verträglichkeit schlechter ist.

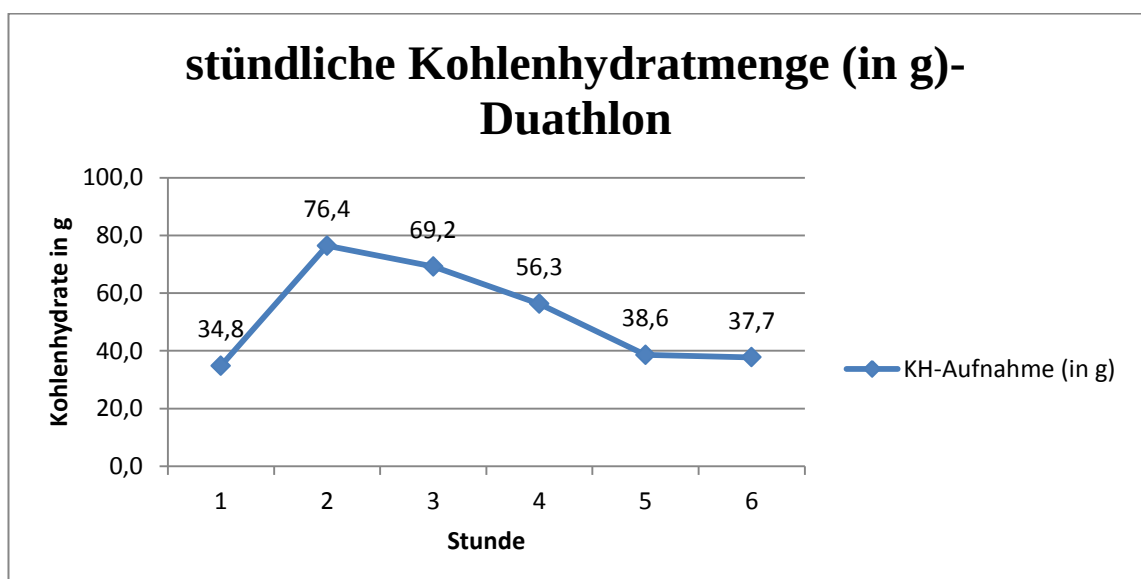


Abb. 14 durchschnittlich Kohlenhydrataufnahme der Duathleten in g /h (n=13)

In Abb. 14 sieht man den Verlauf der stündlich aufgenommenen Kohlenhydratmenge der Duathleten. Klar ersichtlich ist der Unterschied zwischen den zwei Disziplinen. Die erste Stunde wurde gelaufen, die folgenden drei Stunden mit dem Rad absolviert und die letzten beiden Stunden wieder gelaufen. Man sieht auch, dass gegen Ende der Radzeit die Kohlenhydrataufnahme schon etwas reduziert wird, um keinen zu vollen Magen für die Laufeinheit zu haben.

Um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen unterschiedlichen Körpergewichtsklassen zu erhalten wurde die gesamte Kohlenhydratmenge in g/kg KG/h umgerechnet und daraus die Durchschnittswerte ermittelt. Empfehlungen in dieser Einheit haben den Vorteil, dass die Muskelmasse miteinbezogen wird, von der die Kohlenhydrataufnahme auch abhängig ist, mit einbezogen wird. In Tab. 17 wird die aufgenommene Menge an Kohlenhydraten auf die einzelnen Sportarten bzw. Teildisziplinen aufgesplittet. Durchschnittlich (Gesamtkollektiv, alle Disziplinen) werden 0,8 g KH/kg KG/h aufgenommen. Dies liegt über den Empfehlungen von Applegate aus dem Jahr 1989 (Empfehlung: 0,2-0,6 g/kg KG/h), jedoch unter den von Geiß und Hamm aus dem Jahr 2000, welche 1-1,5 g Kohlenhydrate/kg KG/h empfehlen und auch unter den Empfehlungen der im Theorieteil beschriebenen 1-1,4 g KH/kg KG/h.

Läufer nehmen im Vergleich zu reinen Radfahrern durchschnittlich nur die Hälfte auf (0,4 g im Vergleich zu 0,8 g/h). Bei den Duathleten und Triathleten wird im Radsplit eine größere Menge an Kohlenhydraten aufgenommen als beim Laufen. Im Duathlon ist die aufgenommene Menge beim Laufen 0,5 g und beim Radfahren 1,1 g. Bei den Triathleten liegt die aufgenommene Menge an Kohlenhydraten bei der zweiten Disziplin, dem Radfahren, bei 1,5 g und beim Laufen bei 0,9 g. (siehe Tab. 17)

Sportart	KH (g/kg/h)	STDABW
Gesamt	0,8	0,4
Laufen	0,4	0,2
Rad	0,8	0,5
Duathlon_gesamt	0,8	0,3
Duathlon_Lauf	0,5	0,3
Duathlon_Rad	1,1	0,6
Triathlon_gesamt	0,8	0,2
Triathlon_Lauf	0,9	0,5
Triathlon_Rad	1,5	1,9

Tab. 17 durchschnittliche aufgenommene Menge an Kohlenhydraten in g/kg KG/h mit Standardabweichung, aufgeteilt auf die Sportarten bzw. Teildisziplinen

Radfahrer im Zuge eines Duathlons und eines Triathlons sind die einzigen beiden Teildisziplinen, welche eine adäquate Kohlenhydrataufnahme erreichen. Die Triathleten im Laufen kommen den Empfehlungen mit 0,9 g/kg KG/h sehr nahe. Die Variable „Triathlon_gesamt“ berücksichtigt auch die Schwimmeinheit und ist somit unter den Werten vom Laufen und Radfahren.

Die Kohlenhydrataufnahme steht in einem positiven schwachen signifikanten Zusammenhang mit der Wettkampfdauer ($r = 0,29$; $p = 0,012$, $\alpha = 0,05$), d.h. je länger der Wettkampf dauert, desto mehr Kohlenhydrate werden pro Stunde aufgenommen. Darin liegt auch die Begründung der hohen Kohlenhydratzufuhr der Triathleten, da die untersuchten Wettkämpfe dieser Art, mit einem Durchschnitt von 500 min die längsten waren.

Die Wettkampferfahrung liegt bei durchschnittlich 70 ± 201 Wettkämpfen mit einer Dauer von über 120 min und hat keinen Einfluss auf die aufgenommene Kohlenhydratmenge.

Aufgeteilt auf das Geschlecht und den beiden Disziplinen (ohne Unterscheidung des Wettkampftyps- Triathlon, Duathlon, reine Läufer, reine Radrennen) nehmen Männer beim Radfahren mehr KH/kg KG als Frauen und beim Laufen weniger auf. Beide Disziplinen zusammengefasst nehmen Männer 0,8 g/kg KG/h auf und Frauen 0,7 g/kg KG/h. Die männlichen Radfahrer erreichen einen Durchschnittswert von 0,9 g/kg KG/h und die Frauen von 0,7 g/kg KG/h. Beim Laufen werden von den Männern nur 0,3 g/kg

KG/h aufgenommen und von den Frauen 0,4 g/kg KG/h. Die Werte der Läufer liegen also bei beiden Geschlechtern weit unter den Empfehlungen. Jedoch schaffen es weder die Frauen noch die Männer in einer Disziplin die Empfehlungen zu erreichen. Am nächsten kommen die Männer beim Radfahren. (siehe Tab. 18)

Sportart	KH/kg	STDABW
Frauenbike	0,7	0,6
Männerbike	0,9	1
Frauenrun	0,4	0,4
Männerrun	0,3	0,4
Frauengesamt	0,7	0,4
Männergesamt	0,8	0,4

Tab. 18 aufgenommene Kohlenhydratmenge in g/kg KG/h, aufgeteilt auf die Disziplinen Lauf und Rad und die beiden Geschlechter.

Kohlenhydrataufnahme (g/kg KG/h) nach Geschlecht und Disziplin

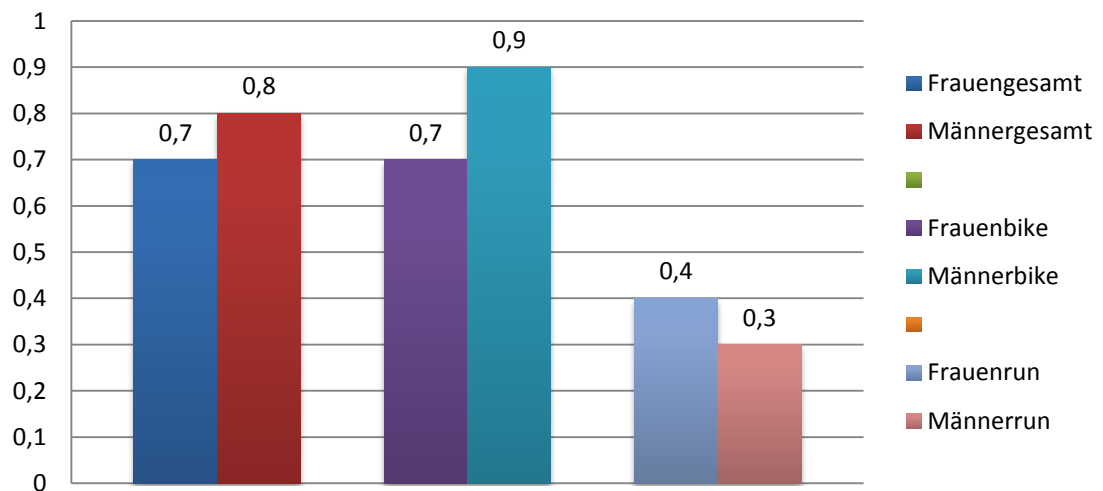


Abb. 15 Kohlenhydrataufnahme in g/kg KG/h nach Geschlecht und Disziplinen

Eine höhere Flüssigkeitszufuhr geht mit einer größeren Menge an Kohlenhydraten einher. Dies lässt sich durch die Aufnahme von flüssigen Kohlenhydraten erklären. Der Zusammenhang ist mit $r=0,6$ stark ($p=0,00$; $\alpha=0,01$). (siehe Abb. 16)

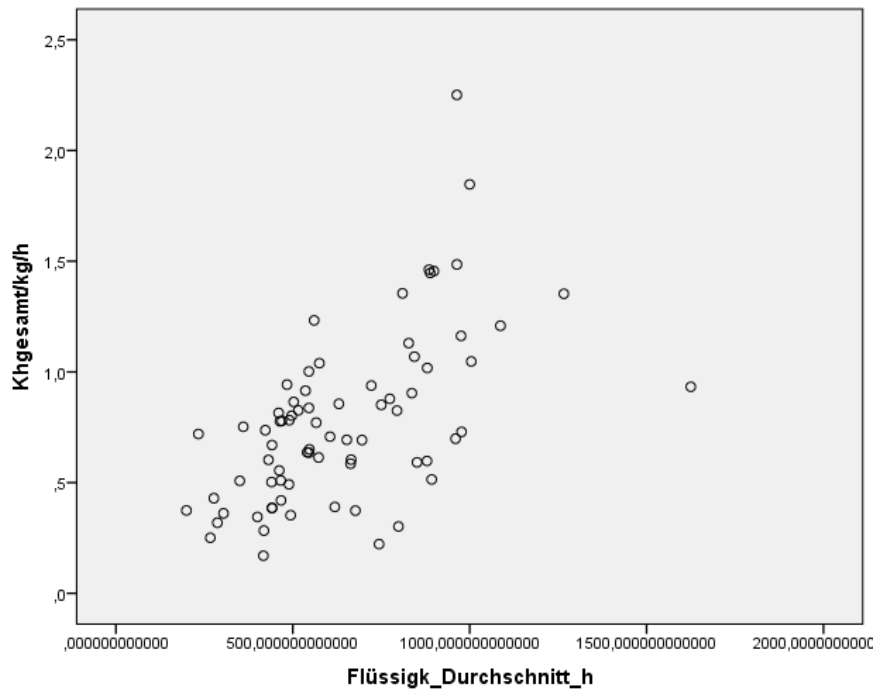


Abb. 16 Zusammenhang von stündlicher Flüssigkeitsaufnahme und stündlicher Kohlenhydrataufnahme

3.6.2. ENERGIEAUFNAHME

Betrachtet man die stündlich aufgenommene Kalorienmenge, so werden von den Athleten durchschnittlich 248 ± 118 kcal aufgenommen. Der Unterschied vom Radfahren zum Laufen ist auch hier klar ersichtlich. Während eines reinen Laufes wird mit 121 ± 69 kcal weniger Energie aufgenommen als beim Radfahren mit 267 ± 131 kcal, obwohl der Energieverbrauch höher liegt. Duathleten und Triathleten nehmen durchschnittlich in etwa gleich viel Energie auf (258 ± 93 und 275 ± 89 kcal). Betrachtet man den Triathlon und den Duathlon, so werden beim Radfahren wieder in etwa gleich viele Kalorien konsumiert, jedoch nimmt ein Duathlet in den beiden Laufsplits stündlich nur 141 ± 76 kcal im Gegensatz zu einem Triathlet mit 267 ± 157 kcal auf. Am meisten Energie wird von Triathleten aufgenommen und am wenigsten von reinen Läufern. Die Energieaufnahme von Duathleten während dem Laufen ähnelt der von reinen Läufern (141 kcal zu 121 kcal). (siehe Tab. 19 und Abb. 17)

Sportart	Kalorien	STABW
Gesamt	248	118
Laufen	121	69
Rad	267	131
Duathlon_gesamt	258	93
Duathlon_Lauf	141	76
Duathlon_Rad	341	165
Triathlon_gesamt	275	89
Triathlon_Lauf	267	157
Triathlon_Rad	312	121

Tab. 19 Energieaufnahme in kcal/h aufgeteilt auf die einzelnen Wettkampfsarten und Teildisziplinen

durchschnittliche Energiezufuhr (kcal) pro Stunde nach Disziplin

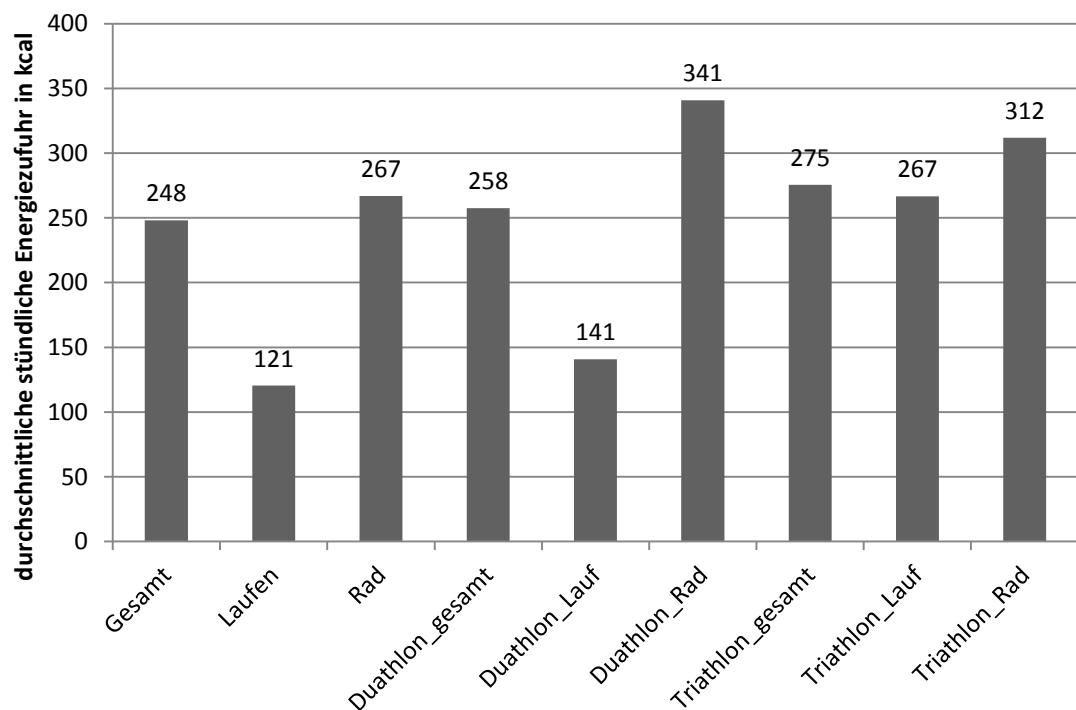


Abb. 17 durchschnittliche Energiezufuhr (kcal)/h, aufgeteilt auf die einzelnen Disziplinen

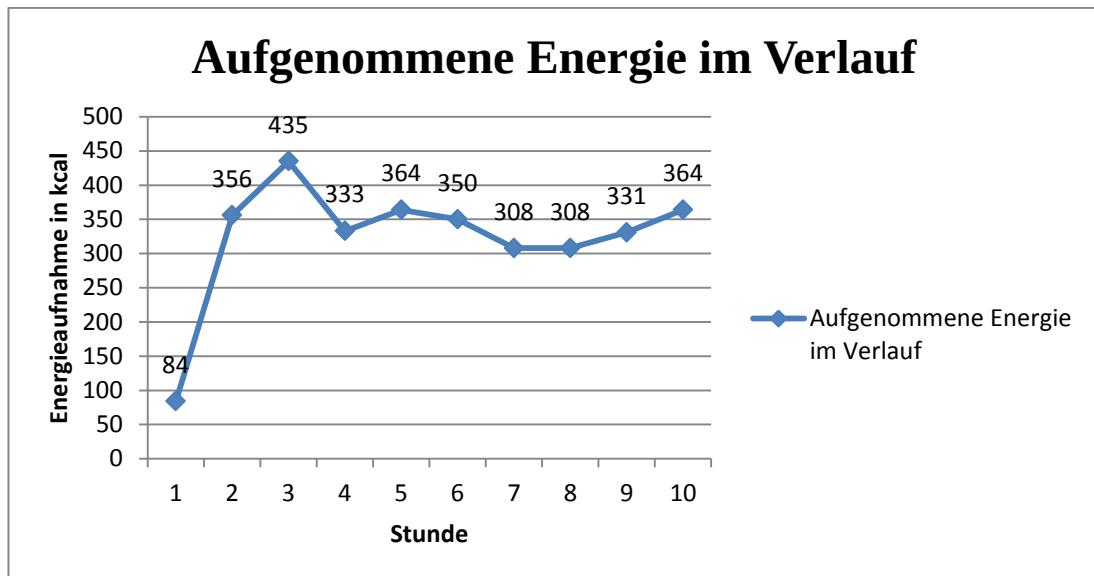


Abb. 18 Verlauf der aufgenommenen Energiemenge pro Stunde bei Wettkämpfen mit einer Dauer von 10 h. (n=10)

Parallel zur Kurve der Kohlenhydrate verläuft diese Kurve der Energie, dies deutet auf einen sehr hohen Kohlenhydratanteil der Wettkampfernährung hin. (siehe Abb. 18)

Betrachtet man die durchschnittlich aufgenommene Kalorien- und Kohlenhydratmenge und bedenkt man, dass 1 g Kohlenhydrate 4,1 kcal hat, so beträgt der durchschnittliche Kohlenhydratanteil im Gesamtkollektiv 90%. Beim Laufen sind es 86%, beim Radfahren 93%, bei Duathleten 88% und bei Triathleten 85%. Der Kohlenhydratanteil der Energieaufnahme schwankt also, je nach Sportart zwischen 85 und 93%.

3.6.3. FLÜSSIGKEITSAUFNAHME

Die stündliche Flüssigkeitsaufnahme liegt bei durchschnittlich 640 ± 256 ml. Es wurden Werte zwischen 0 und 3200 ml/h ermittelt. Der Durchschnittswert liegt unter den Empfehlungen von 1000ml von Zapf et al (1999), Haber (2009), Seebauer (2003) und Hemm (2005.) Die Empfehlungen von Schürch (1991) mit 500-1000 ml und Applegate (1989) mit 300-1000 ml werden erreicht. Diese sind jedoch sehr weit gefasst. Im Hinblick auf die in dieser Arbeit definierten Empfehlungen mit 800-1000 ml liegt der Wert darunter.

In der Tab. 20 wird die Flüssigkeitszufuhr, aufgeteilt auf die verschiedenen Wettkampfsarten, dargestellt, und alle Läufe (reine Laufwettbewerbe inklusive Laufsplit im Duathlon, im Triathlon = Lauf allgemein) sowie alle Radeinheiten (reine Radrennen

inklusive Radsplit im Duathlon und Triathlon= Rad allgemein) zusammengefasst. Es ist ersichtlich, dass beim Laufen weniger getrunken wird, als beim Radfahren, sowohl bei reinen Läufen im Vergleich zu reinen Radrennen, als auch alle Laufsplits und Radsplits der Duathlons und Triathlons zusammengefasst. Bei reinen Läufen werden durchschnittlich 439 ± 141 ml/h, zusammen mit den Laufeinheiten von den Duathlons und Triathlons 498 ± 335 ml/h konsumiert. In reinen Radrennen werden stündlich 667 ± 212 ml und mit den beiden Wettkampfformen Duathlon und Triathlon zusammen 715 ± 282 ml getrunken. Die Maximalwerte reichen bei reinen Läufen bis zu 743 ml und bei allen Läufen zusammengefasst 1560 ml/h. Der Maximalwert der Radfahrer ist mit 1579 ml/h in etwa gleich hoch. Den höchsten Wert erreicht ein Duathlet beim Radfahren mit 3200 ml/h. Duathleten nehmen stündlich 675 ± 251 ml und Triathleten 643 ± 375 ml auf. Radfahrer, Duathleten und Triathleten nehmen/h in etwa gleich viel Flüssigkeit auf. Bei den Flüssigkeiten handelt es sich nicht ausschließlich um reines Wasser, sondern alle Flüssigkeiten zusammengefasst: Isotonische Getränke, Red Bull, Coca Cola, Wasser, Mineralwasser etc.

	Mittelwert	Standardabw.	Minimum	Maximum
Lauf	439	141	287	743
Duathlon	675	251	199	1266
Duathlon_Lauf	440	238	0	938
Duathlon_Rad	882	691	11	3200
Triathlon	643	375	233	1625
Triathlon_Lauf	619	470	163	1560
Triathlon_Rad	774	365	250	1523
Rad	667	212	267	1087
Lauf allgemein	498	335	0	1560
Rad allgemein	715	282	250	1579

Abb. 19 Stündliche Flüssigkeitszufuhr aufgeteilt auf Wettkampfform und einzelne Disziplinen (in ml)

Nur die Duathleten beim Radfahren schaffen es die Empfehlungen von 800-1000 ml/h einzuhalten. Die Triathleten kommen bei der Radeinheit diesem Wert sehr nahe. (siehe Abb. 19)

Es besteht keine Korrelation der Flüssigkeitsaufnahme mit der Wettkampferfahrung und der Wettkampfdauer. Nach einem Vergleich der Mittelwerte (Spearman) konnte kein Zusammenhang in Bezug auf Planung, Testung, und Leistungseinbruch festgestellt werden. Das bedeutet, dass Personen die ihre Ernährung im Vorhinein planen bzw. testen oder nicht planen bzw. testen nicht signifikant mehr oder weniger trinken. Ebenso bei Personen mit oder ohne Leistungseinbruch.

In Abb. 20 ist der Verlauf der Flüssigkeitsaufnahme während des Wettkampfes dargestellt. Berücksichtigt wurden nur Wettkämpfe mit einer Dauer von 10 h. In der ersten Stunde wird relativ wenig Flüssigkeit aufgenommen, da der Großteil der inkludierten Wettkämpfe Triathlons sind und die erste Stunde im Wasser verbracht wird. Gleich wie bei der Kohlenhydrat- und Kalorienaufnahme steigt die Zufuhr gegen Ende des Wettkampfes an.

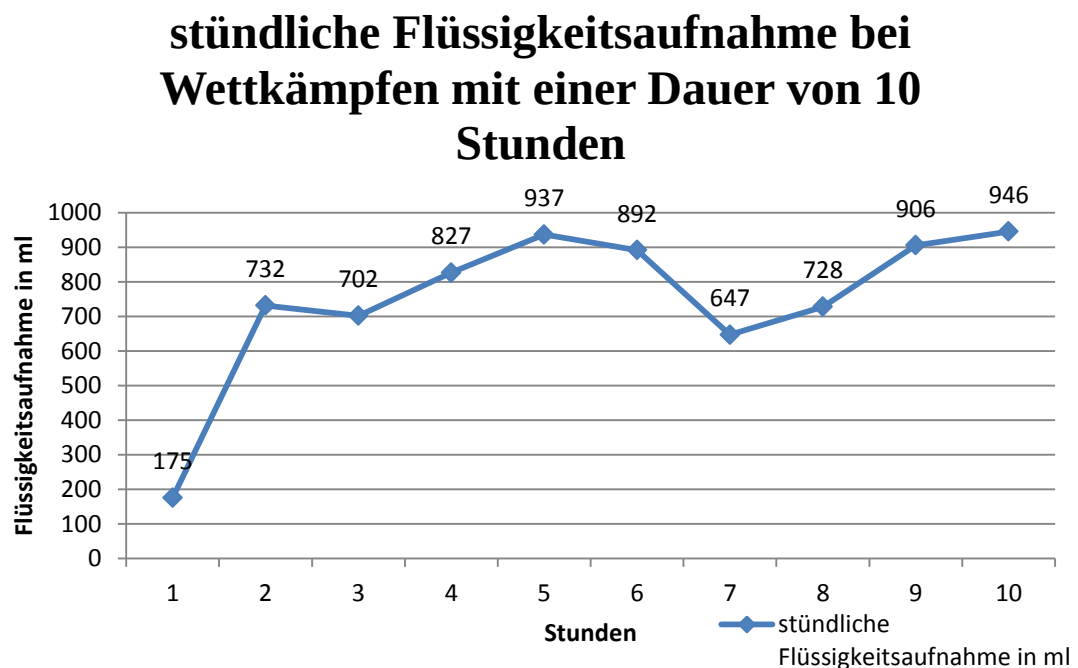


Abb. 20 stündlich aufgenommen Flüssigkeitsmenge in ml im Verlauf bei Wettkämpfen mit einer Dauer von 10 h (n= 10)

Schließt man alle Wettkämpfe mit ein, auch jene, mit einer kürzeren Dauer, ergibt sich folgende Grafik:

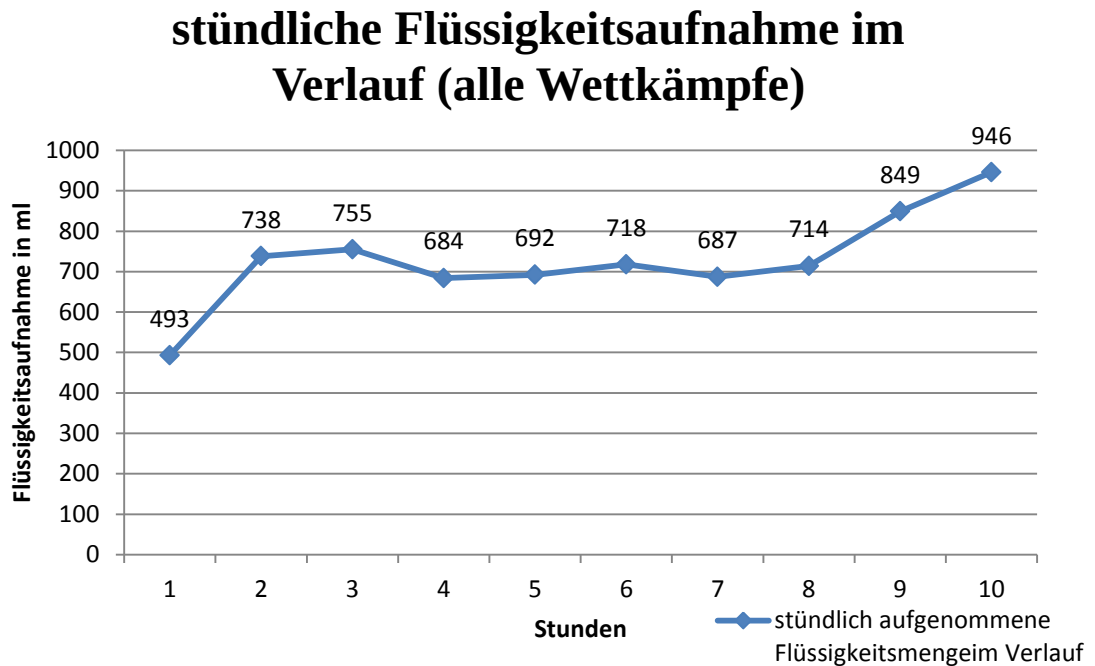


Abb. 21 Verlauf der stündlich aufgenommenen Flüssigkeitsmenge (gesamtes Kollektiv) ohne Berücksichtigung der Wettkampfdauer (n=20)

Auch hier kann beobachtet werden, dass die Flüssigkeitsaufnahme ab der achten Stunde steigt. Der erste Wert ist wieder aufgrund des Schwimmens der Triathleten erniedrigt. (siehe Abb. 21).

3.6.4. Natrium- UND MAGNESIUMAUFNAHME

Im Durchschnitt werden pro Stunde 269 ± 265 mg Natrium aufgenommen. Die Werte reichen von 0,2 – 1287 mg/h. Beim Laufen werden die niedrigsten Aufnahme von Natrium mit einem Mittelwert von 122 ± 152 mg/h erreicht und bei den Triathleten mit 397 ± 361 mg/h die höchsten. Bei den reinen Radrennen wird beinahe doppelt so viel aufgenommen als bei den Läufen. (siehe Tab. 20)

Natrium	Mittelwert	Standardabw.	Minimum	Maximum
Lauf	122	152	0,2	391
Duathlon	312	276	1,3	907
Triathlon	397	361	1,3	1287
Rad	233	194	1,1	1020

Tab. 20 Natriumaufnahme aufgeteilt auf die vier Sportarten (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum in mg/h)

Die durchschnittliche Aufnahme von Natrium liegt deutlich unter den Empfehlungen von 600-1000 mg/h. Die Spannweite ist sehr groß, die Aufnahme liegt dennoch bei den meisten unter den Empfehlungen. Die Verteilung der Häufigkeiten ist in Abb. 22 zu sehen.

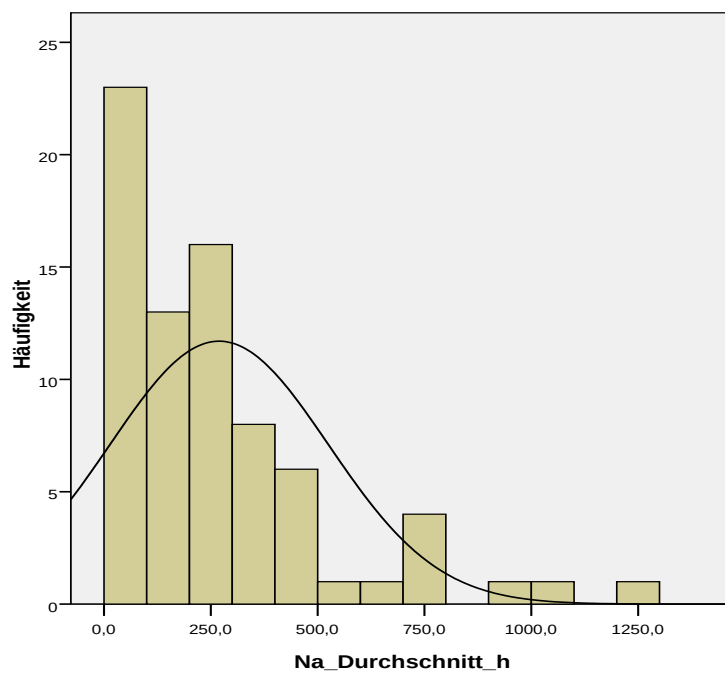


Abb. 22 Häufigkeitsverteilung der stündlichen Natriumaufnahme (in mg) (n=75)

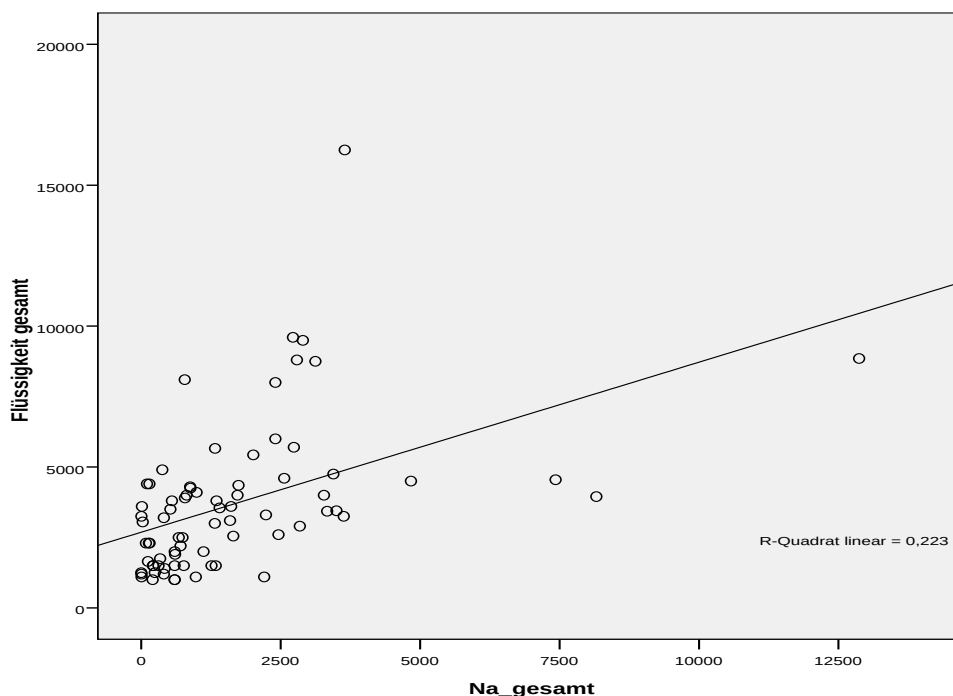


Abb. 23 Zusammenhang zwischen Flüssigkeits- und Natriumaufnahme (Flüssigkeit in ml, Na in mg)

Der Zusammenhang zwischen der gesamten Natriumaufnahme und der gesamten Flüssigkeitsaufnahme ist linear und signifikant und mit einem $r = 0,572$ (Spearman; $p = 0,012$, $\alpha = 0,05$) mehr als durchschnittlich stark (Abb. 23). Je mehr Flüssigkeit aufgenommen wird, desto mehr Natrium wird konsumiert, das bedeutet, dass der Großteil der Natriumaufnahme in flüssiger Form passiert.

Zwischen Wettkampferfahrung und Natriumaufnahme besteht kein signifikanter Zusammenhang.

Die Magnesiumaufnahme liegt im Mittel bei 91 ± 76 mg/h, die Werte reichen von 6,9–426 mg/h. Die geringste Magnesiumaufnahme findet man bei Triathleten mit 55 ± 61 mg/h und die höchsten Aufnahmen bei den Duathleten mit einer in etwa doppelt so hohen stündlichen Zufuhr (113 ± 102 mg). (siehe Tab.21) Demnach erfüllen die Triathleten am besten die Empfehlungen während der Belastung, die lauten, möglichst kein Magnesium aufzunehmen.

Magnesium	Mittelwert	Standardabw.	Minimum	Maximum
Lauf	69	65	7,1	220
Duathlon	113	102	15,2	426
Triathlon	55	61	6,9	234
Rad	97	63	14,4	280

Tab. 21 Magnesiumaufnahme aufgeteilt auf die vier Sportarten (Mittelwert, Standardabweichung, Minimum, Maximum in mg/h)

Abb. 24 zeigt die Häufigkeitsverteilung der stündlichen Magnesiumaufnahme. Ein Viertel der Sportler nimmt zwischen 50 und 100 mg an Magnesium pro Stunde zu sich. Man sieht auch, dass der Großteil der Sportler weniger als 150 mg/h an Magnesium aufnimmt.

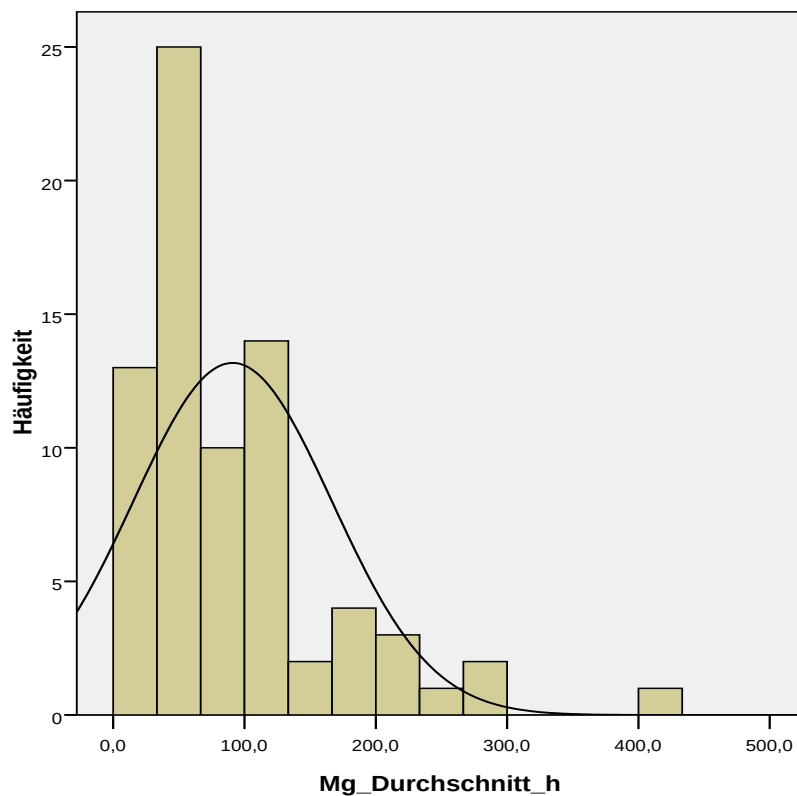


Abb. 24 Häufigkeitsverteilung der stündlichen Magnesiumaufnahme (in mg) (n= 75)

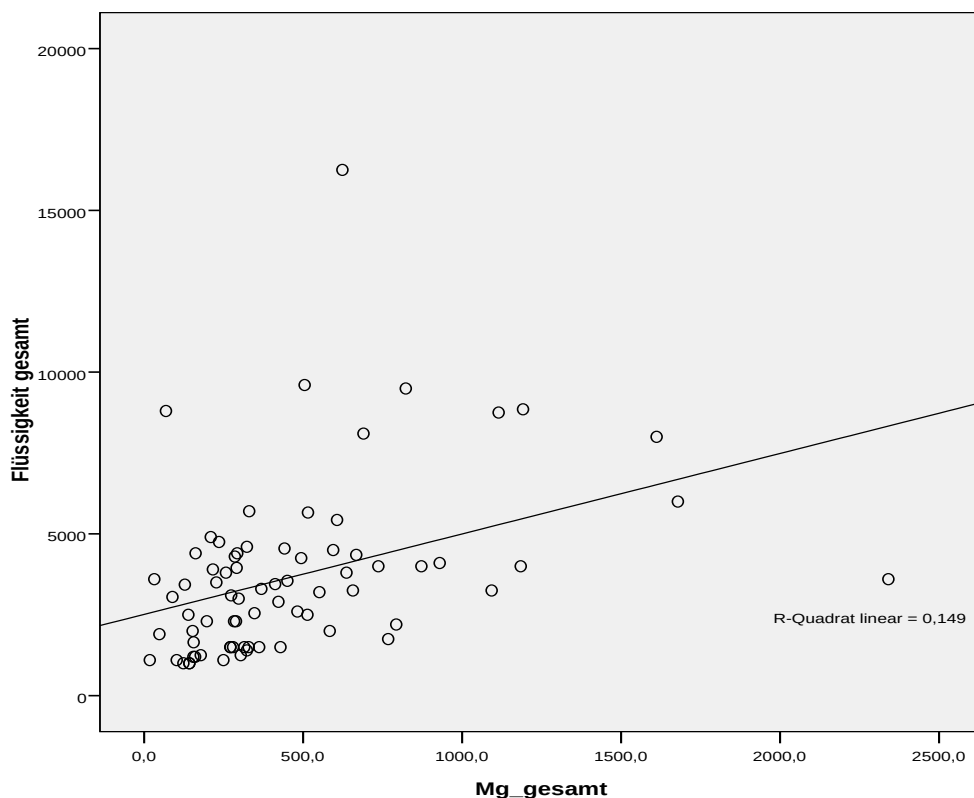


Abb. 25 Zusammenhang zwischen Flüssigkeits- und Magnesiumaufnahme (Mg in mg und Flüssigkeit in ml)

Der Zusammenhang zwischen der Magnesium- und Flüssigkeitsaufnahme verhält sich mit einem $r=0,498$ ($p=0,013$, $\alpha=0,05$), ähnlich wie die Natriumaufnahme, stark positiv. Ein höherer Flüssigkeitskonsum geht also mit einer höheren Magnesiumaufnahme einher.

Zwischen Magnesiumaufnahme und Leistungseinbruch besteht kein signifikanter Zusammenhang.

3.6.5. PLANUNG, TESTUNG, ZUFRIEDENHEIT, LEISTUNGSEINBRUCH

Mittels Fragebogen wurde erhoben, ob die Wettkampfernährung geplant, im Vorhinein getestet wurde, die Athleten danach damit zufrieden waren und ob sie einen Leistungseinbruch verspürten. Die Fragen wurden jeweils mit „JA“ oder „NEIN“ beantwortet.

80 % der untersuchten Personen haben ihre Wettkampfernährung im Vorhinein geplant, 72 % getestet und 81 % waren mit ihrer Ernährung im Nachhinein zufrieden. Einen Leistungseinbruch erlitten 48 % der 75 Teilnehmer. Bei der Planung und Testung, also der Vorarbeit ist kein Unterschied zwischen Männern und Frauen erkennbar, jedoch

sind die Frauen zufriedener, können also das Geplante besser umsetzen und erleiden weniger oft einen Leistungseinbruch. Die Triathleten sind mit 100 % die am besten vorbereitete Gruppe, was die Planung und Testung der Wettkampfernährung betrifft. Am wenigsten bereiten sich die Läufer vor. Nur 50 % der untersuchten Läufer haben ihre Ernährung während der Belastung geplant und nur 38 % getestet. Jedoch sind sie trotz allem auch die Gruppe, in der die meisten zufrieden sind und gleich nach dem Radfahren die zweitwenigsten Leistungseinbrüche erleiden (34 %). Die meisten Leistungseinbrüche findet man bei den Triathleten. Obwohl alle ihre Nahrungszufuhr planen und testen erleiden 12 von 13 Athleten einen Leistungseinbruch während des Wettkampfes.

	geplant	getestet	zufrieden	Leistungseinbruch	gesamt
Gesamt	60	54	61	36	75
Frauen	10	9	12	5	13
Männer	50	45	48	31	62
Lauf	4	3	7	3	8
Duathlon	17	14	14	9	19
Triathlon	13	13	10	12	13
Rad	26	24	30	12	35

Tab. 22 Überblick über Planung, Testung und Zufriedenheit und Leistungseinbruch (Anzahl der mit „Ja“ beantworteten)

PROZENTWERTE	geplant	getestet	zufrieden	Leistungseinbruch
Gesamt	80	72	81	48
Frauen	77	69	92	38
Männer	79	69	77	50
Lauf	50	38	88	38
Duathlon	89	74	74	47
Triathlon	100	100	77	92
Rad	74	69	86	34

Tab. 23 Überblick über Planung, Testung und Zufriedenheit und Leistungseinbruch in Prozentwerten ausgedrückt.

Überblick über Planung, Testung, Zufriedenheit und Leistungseinbruch aufgeteilt nach Sportart und Geschlecht

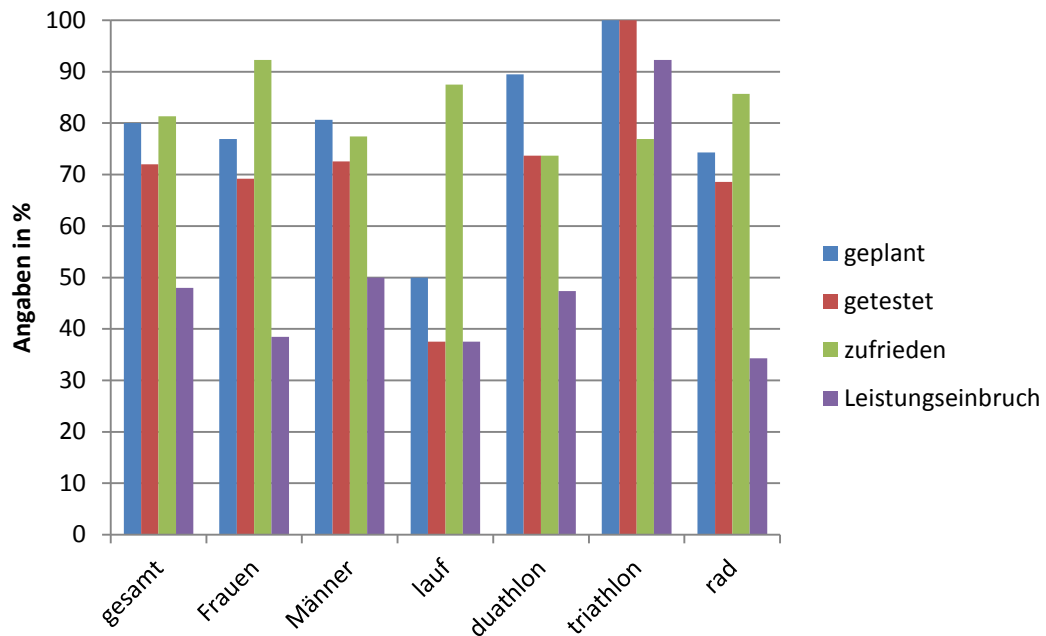


Abb. 26 Überblick über Planung, Testung, Zufriedenheit der Wettkampferernährung und Leistungseinbruch, aufgeteilt nach Sportart und Geschlecht. (Prozentangaben der Personen, die zustimmten)

Es bestehen keine Zusammenhänge zwischen der Planung und einem Leistungseinbruch und zwischen der Planung und der Dauer der Wettkämpfe. Längere Wettkämpfe werden also nicht eher geplant als kürzere.

Die Wettkampfdauer steht im Zusammenhang mit einem Leistungseinbruch. Der Mittelwert der Wettkampfdauer der Gruppe mit Leistungseinbruch beträgt 380 min und die der Gruppe ohne Leistungseinbruch 230 min.

3.6.6. INFORMATIONSQLLE

Die Athleten wurden nach ihrer Informationsquelle über Wettkampfernährung gefragt, wo Mehrfachantworten möglich waren. Der größte Teil des Wissens basiert auf eigenen Erfahrungen, 73 % der 75 Probanden lernen aus eigenen Fehlern und Erfolgen. An zweiter Stelle der meist genutzten Informationsquelle stehen Bücher und Zeitschrift, gefolgt von Trainer und Trainierkollegen. Nur knapp ein Drittel holt sich Informationen über das Internet und nur 15 % besuchen eine Ernährungsberatung. (siehe Abb. 27 und Tab. 24)

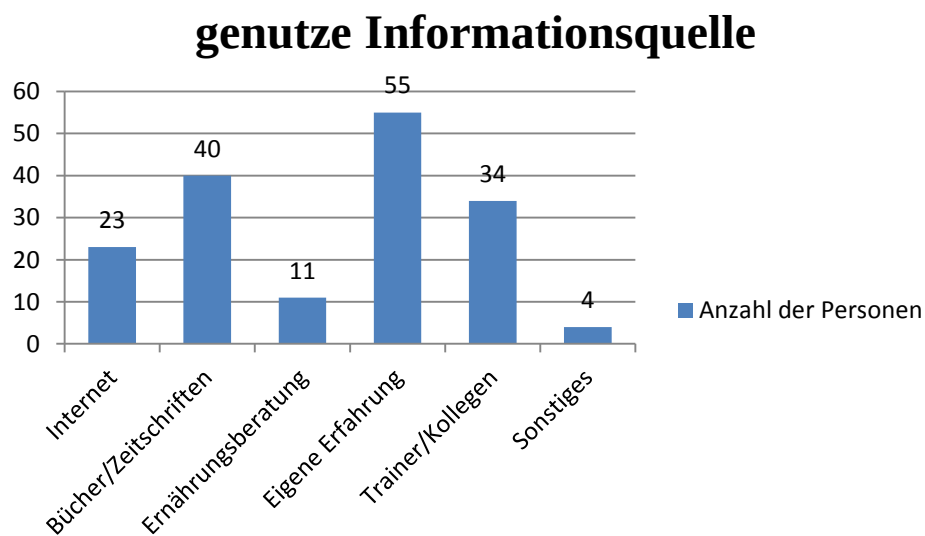


Abb. 27 Genutzte Informationsquellen zum Thema Wettkampfernährung (Mehrfachantworten möglich)

Infoquelle	Anzahl	Prozent
Internet	23	31 %
Bücher/Zeitschriften	40	53 %
Ernährungsberatung	11	15 %
Eigene Erfahrung	55	73 %
Trainer/Kollegen	34	45 %
Sonstiges	4	5 %

Tab. 24 Genutzte Informationsquellen zum Thema Wettkampfernährung (Mehrfachantworten möglich)

3.7. DISKUSSION

3.7.1. KOHLENHYDRATAUFNAHME

Die durchschnittliche Kohlenhydrataufnahme unterscheidet sich bei Läufern und Radfahrern enorm (mit Ausnahme des Triathlons). Unterschiedliche Empfehlungen, speziell auf Sportarten wären also sinnvoll. Zu berücksichtigen ist nicht nur der Energieverbrauch, sondern auch die Verträglichkeit und Aufnahmemöglichkeit während einer Sportart.

Es stellt sich die Frage, ob die fehlende Energieaufnahme während des Schwimmens im Langdistanztriathlon eine höhere Aufnahme in den beiden anderen Disziplinen erfordert oder nicht. Da die Syntheserate jedoch begrenzt ist, ist dies nicht sinnvoll. Zu beachten ist aber, dass die Aufnahme von Kohlenhydraten nach dem Schwimmen an der oberen Grenze liegt um nicht noch weitere Einbußen zu erreichen und auch in der Laufeinheit ausreichend Kohlenhydrate aufzunehmen. Der Vorteil des Schwimmens als erste Disziplin ist die Entleerung der Glykogenspeicher besonders in den oberen Extremitäten. Somit stellt Schwimmen beinahe keine Entleerung der Beinmuskulatur dar und es kommt zu keiner frühzeitigen Entleerung der gespeicherten Kohlenhydrate. Eine ähnliche Aufnahme an Kohlenhydraten beim Radfahren im Triathlon und im Duathlon beweist auch das nicht vorhandene Kompensationsverhalten durch eine höhere Aufnahme der Triathleten beim Radfahren. Erst bei der Laufeinheit wird dies ersichtlich, da die Aufnahme beachtlich höher liegt als beim Laufen von Duathleten oder reinen Läufern. Ein Grund dafür, zusätzlich zum Schwimmen, ist auch die Dauer der Triathleten, die in den untersuchten Wettkämpfen mit Abstand länger ist als die der Duathleten.

In einer Studie von Kruseman et al. wurde im Jahr 2005 die Wettkampfernährung eines Bergmarathons ermittelt. Es wurde eine Kohlenhydrataufnahme von 31 ± 14 g/h errechnet. 52 % der Probanden nahmen stündlich über 30 g Kohlenhydrate auf, nur drei von den 42 getesteten Athleten schafften 60 g/h. Leider sind keine Daten über Leistungseinbrüche bzw. Zusammenhänge mit der Leistung bekannt. Auch in dieser Studie lag die Aufnahme weit unter den Empfehlungen. Im Vergleich zur vorliegenden Studie ist die Aufnahme mit $25,5 \text{ g} \pm 0,2 \text{ g}$ sehr ähnlich. Eigene Empfehlungen für Läufer und Radfahrer sind anzudenken.

Bei einem Langdistanz-Triathlon wurde eine durchschnittliche Aufnahme von 67 ± 26 g Kohlenhydraten/h beobachtet. Beim Radfahren war dieser Wert mit 68 ± 28 g etwas höher und beim Laufen mit 54 ± 30 g niedriger (Hemm, 2005). In der vorliegenden Studie konnte beim Radsplit im Triathlon eine Kohlenhydrataufnahme von 68 ± 43 g und beim Laufsplit von 63 ± 16 g/h beobachtet werden. Die beiden Analysen ähneln sich. Die Aufnahmen liegen innerhalb der Empfehlungen.

3.7.2. ENERGIEAUFNAHME

Der Grund für die höchste Energieaufnahme in der dritten Stunde während der 10 stündigen Triathlons liegt wahrscheinlich darin, dass die Athleten erschöpft vom Wasser in die Wechselzone sind und danach auf das Rad steigen und es einige Zeit braucht, bis sich die Herzfrequenz wieder etwas absenkt, die Athleten an die Nahrungsaufnahme denken und die Verträglichkeit besser wird. Am Ende hinaus wird stündlich immer mehr Energie aufgenommen, obwohl die letzten Stunden laufend verbracht werden. Dies lässt sich möglicherweise durch das Verspüren und „Verhindern-Wollen“ eines Leistungseinbruches erklären.

Für die Tatsache, dass in den Laufeinheiten im Zuge eines Duathlons beachtlich weniger Energie aufgenommen wird als im Laufsplit von Triathleten kann zum einen an der längeren Dauer von den untersuchten Triathlons liegen und zum anderen in den zwei Laufeinheiten bei einem Duathlon, welche kürzer sind als beim Triathlon. Da die Laufzeiten am Stück kürzer sind, wird der Hauptaspekt der Energieaufnahme auf das Radfahren gelegt.

Bei einer Studie eines Langzeitausdauerwettkampf im Triathlon wurden durchschnittlich, aufgeteilt auf die zwei Disziplinen Laufen und Radfahren, bei der erstgenannten 275 ± 148 kcal und bei der zweitgenannten 314 ± 128 kcal/h aufgenommen (Hemm, 2005). Dies entspricht in etwa den Beobachtungen der vorliegenden Studie.

In einem Bergmarathon wurde eine Energieaufnahme von 141 ± 63 kcal/h ermittelt. (Kruseman et al., 2005). Dieser Wert kommt der Kalorienzufuhr der reinen Läufer dieser Studie mit 121 ± 69 kcal und den Laufeinheiten des Duathlons mit 141 ± 76 kcal sehr nahe. Nur die Triathleten nehmen beim Laufen in etwa doppelt so viele Kalorien (267 ± 157 kcal) auf. Diese Tatsache spricht also nicht hundertprozentig für

Empfehlungen speziell für das Laufen und für das Radfahren, sondern auch wettkampfspezifisch.

Der ermittelte Kohlenhydratanteil von 85-93 % entspricht auch dem 88 %igen Kohlenhydratanteil der Wettkampfernährung bei einem siebenstündigen Bergmarathon, in einer Untersuchung von Kruseman et al. im Jahr 2005. Auch der ermittelte Kohlenhydratanteil von Kimber et al im Jahr 2002 mit 94 % ist der vorliegenden Studie sehr ähnlich.

Wie auch in der vorliegenden Studie stellte Kruseman et. al im Jahr 2005 einen Zusammenhang zwischen der Kohlenhydrataufnahme und der Flüssigkeitszufuhr fest.

3.7.3. FLÜSSIGKEITSAUFNAHME

Eine mögliche Ursache, dass kein signifikanter Unterschied in der Flüssigkeitsaufnahme bei Personen mit oder ohne Leistungseinbruch, mit oder ohne Planung und Testung festgestellt werden konnte, ist der starke Einfluss der Außentemperatur und der Schweißrate auf die Flüssigkeitsaufnahme.

Zapf et al. (1993) beobachteten bei einem Langdistanztriathlon der Serie Ironman eine stündliche Flüssigkeitsaufnahme von 912 ± 259 ml/h. Dieser Wert liegt über dem der in dieser Studie ermittelten 643 ± 245 ml/h im Triathlon. Es geht aus der Studie nicht hervor, ob die Schwimmzeit für die Durchschnittsberechnung abgezogen oder miteinbezogen wurde.

In einem Bergmarathon im Jahr 2005 mit einer durchschnittlichen Dauer von 7 h wurde eine Flüssigkeitsaufnahme von 548 ± 158 ml/h beobachtet. Ein Drittel der Probanden tranken über 600 ml, jedoch schafften nur 5 % stündlich 800 ml oder mehr aufzunehmen. Alle erreichten eine Aufnahme von über 200 ml/h. Eine höhere Flüssigkeitszufuhr stand mit einer höheren Aufnahme an Kohlenhydraten, Energie und Natrium im Zusammenhang. Ebenso korrelierte eine höhere Flüssigkeits-, Energie- und Kohlenhydrataufnahme mit einer besseren Leistung. (Kruseman et al., 2005) Diese Tatsache konnte in der vorliegenden Studie nicht festgestellt werden, da unterschiedliche Wettkampfsarten und Veranstaltungen verglichen wurden. Als Indikator konnte nur die Frage nach dem Leistungseinbruch herangezogen werden, wobei in diesem Fall keine Signifikanz festgestellt werden konnte.

Hemm ermittelte in seiner Untersuchung eines Ironmans eine durchschnittliche Aufnahme von 583 ± 283 ml/h an Flüssigkeit. 75 % tranken weniger als 750 ml/h. Je weniger getrunken wurde, desto schlechter waren die Befindlichkeiten. Die Personen mit der geringsten Flüssigkeits- und Kohlenhydrataufnahme erlitten auch die meisten Leistungseinbrüche. Der Unterschied vom Laufsplit zum Radsplit war mit 572 ± 350 ml/h und 593 ± 331 ml/h nicht sehr groß. Ebenso der Anteil der Athleten, welche weniger als 500 ml und mehr als 1250 ml tranken (51-53 % und 4 %) unterschied sich in den zwei Disziplinen nicht. In diesem Fall lässt sich daraus schließen, dass es keinen Unterschied in der Flüssigkeitsaufnahme bezüglich Disziplin im Triathlon gibt (Hemm, 2005).

3.7.4. NATRIUM- UND MAGNESIUMAUFNAHME

Der starke positive Zusammenhang zwischen Natriumaufnahme und Flüssigkeitsaufnahme beweist, dass ein Großteil des Natriums in den Getränken enthalten ist.

Hemm hat im Jahr 2005 bei einer Untersuchung eines Langzeitdistanztriathlons bei einer Natriumaufnahme von 600 mg/h die wenigsten Beschwerden ermittelt. Die Aufnahme dieses Kollektivs liegt im Durchschnitt nur bei der Hälfte dieser empfohlenen Aufnahme. Ähnlich wie bei der Flüssigkeitsaufnahme sind auch bei der Natriumzufuhr die Außentemperatur und die Schweißrate zu berücksichtigen. Zapf et al. (1993) beobachtete bei einem Ironman in Roth eine stündliche Natriumaufnahme von 119 ± 41 mg/h und gab als Begründung das Getränkeangebot der Labestationen an. Je besser die vorhandenen Getränke die Sportler mit allen wichtigen Nährstoffen versorgen, desto besser ist die Aufnahme und desto weniger Leistungseinbrüche findet man vor. Als weiterer, nicht außer Acht zu lassender Faktor neben der Außentemperatur und der Schweißrate ist also auch das Angebot an den Verpflegungsstationen.

Moran et al. (2011) analysierte das Ernährungsverhalten einer Frau bei einem 100 km Rennen und ermittelte eine stündliche Natriumaufnahme vom 500 mg/h. Die Versorgung war individuell abgestimmt und mit Begleitfahrzeug gereicht, somit waren keine Lebensmittel von Labestationen notwendig. Die Natriumzufuhr wurde über das Sportlergetränk Gatorade (84 mg/100ml) und über Suppe (240 mg/100ml) erreicht. Die Flüssigkeitszufuhr lag bei 415 ml/h und die Kohlenhydratzufuhr bei 44 g/h. Es kam zu

keinem Leistungseinbruch und auch keinen gastrointestinalen Problemen. (Moran et al., 2011)

Bei einem Bergmarathon mit einer Durchschnittsdauer von 7 h wurde bei 95 % der Athleten eine Natriumaufnahme von über 500 mg/h beobachtet. Die Probanden dieser Studie nahmen das Natrium hauptsächlich über salzige Lebensmittel auf. Eine höhere Natriumaufnahme korrelierte mit einer höheren Flüssigkeitsaufnahme.

Wie auch in der vorliegenden Studie stellte Kurseman et. al im Jahr 2005) einen Zusammenhang zwischen der Flüssigkeitsaufnahme und der Natriumaufnahme fest.

Der erhöhte Bedarf von Magnesium wird mit 15 mg/100kcal Energieverbrauch beschrieben, jedoch wird auch eine laxierende Wirkung erwähnt. In den verwendeten Studien, welche sich mit Untersuchungen der Wettkampfernährung beschäftigen findet man keine Daten zur Magnesiumaufnahme. Weiters empfehlen auch nur zwei der vier Firmen, deren Ernährungsstrategien analysiert wurden, Magnesium während der Belastung. Diese Fakten sprechen eher für eine Aufnahme vor und nach der Belastung, sodass während der Belastung kein Mangel entsteht. Dies soll nicht der Funktion von Magnesium widersprechen, sondern die Wichtigkeit der Aufnahme in der Basisernährung verdeutlichen. Da die Wissenschaft sich in diesem Punkt sehr widerspricht, ist die Aufnahme von Magnesium schwer zu beurteilen. Eine Aufnahme von 50 mg/h wird als akzeptabel gewertet, Werte über 100 mg sind zu hoch, außer es besteht von vornherein ein Magnesiummangel. Entscheidend in diesem Fall ist der aktuelle Magnesiumstatus im Körper und wiederum die Schweißrate, da ein kleiner Teil auch mit dem Schweiß verloren geht. Wie früher immer geglaubt, dass nur Magnesium bei Muskelkrämpfen Abhilfe schafft, ist nicht korrekt.

3.7.5. PLANUNG, TESTUNG, ZUFRIEDENHEIT UND LEISTUNGSEINBRUCH

Im Gegensatz zur angenommenen Hypothese, dass eine bessere Ernährungsweise während des Wettkampfes weniger Leistungseinbrüche mit sich bringt wird nicht bestätigt. Dies beweist, dass ein Wettkampf ein sehr komplexes Thema ist und viel mehr Faktoren wie Wahl der Geschwindigkeit, vorausgegangenes Training, Leistungsniveau, Umgebungstemperaturen usw. als Ursache für einen Leistungseinbruch sein können.

Eine weitere Erwartung war, dass die Personen, welche die Ernährung planen und testen sich mit der Thematik intensiver beschäftigen und somit auch keinen Leistungseinbruch erleiden. Diese Vermutung trat nicht ein.

Durch diese Befragung wird aber deutlich, dass der Großteil der Athleten, auch im Breitensport, sich bereits des Einflusses der Ernährung auf die Wettkampfleistung bewusst ist und sich durchschnittlich 80 % oder mehr mit einer Planung und Testung auseinander setzten. In einer Studie von Kruseman et.al aus dem Jahr 2005 testen nur 60% der Befragten ihre Wettkampfernährung im Training. Möglicherweise hat sich in den letzten 8 Jahren das Bewusstsein für die richtige Nahrungszufuhr verbessert bzw. an Bedeutung gewonnen.

Die Ursache, dass die Anzahl der Triathleten, welche die Wettkampfernährung im Vorhinein planen und testen kann auch in der Länge des Wettkampfes liegen. Die untersuchten Triathlons stellen die Sportart mit der längsten Wettkampfdauer dar. Jedoch wurde kein signifikanter Zusammenhänge in Bezug auf die Wettkampfdauer bei der Gruppe mit oder ohne Planung bzw. mit oder ohne Testung festgestellt.

Im Gegensatz dazu schneiden die Läufer in diesem Kapitel am besten ab, mit den zweitwenigsten Leistungseinbrüchen und den meisten zufriedenen Sportler, da die Wettkampfdauer der untersuchten Wettkämpfe am kürzesten, ist im Vergleich zu den Radrennen, Duathlons und Triathlons.

3.7.6. INFORMATIONSQUELLE

Der Einfluss der eigenen Erfahrung als Informationsquelle der Wettkampfernährung wird als sehr wichtig bewertet, da nicht jeder Athlet dieselben Mengen an konzentrierten Kohlenhydraten verträgt und auch die Geschmacksvorlieben unterschiedlich sind. Deswegen ist es notwendig aus eigenen Fehlern zu lernen und diese Fehler bzw. Erfahrungen, wenn möglich, in einem simulierten Wettkampf und nicht erst im wirklichen Wettkampf zu machen. Trainer und Trainerkollegen als Informationsquelle erscheint auch sinnvoll, da diese Personen vertraute Ansprechpartner des Athleten darstellen.

Die Ernährungsberatungen sollten mehr genutzt werden, da dabei die Möglichkeit besteht, die aufgenommene Energiemenge und die Nahrungszusammensetzung

genauestens durchzurechnen um den Körper optimal zu versorgen. Die Informationen aus dem Internet sind mit Vorsicht zu behandeln, da oft sehr viel Werbung dahinter steckt und nur „Halbwahrheiten“ vermittelt werden. Der Vorteil ist wiederum, dass die Informationen in den meisten Fällen aktuell sind.

Interessant wäre die Frage, welche Informationen sich die Befragten genau aus diesen Medien holten bzw. welche Zeitschriften/Bücher/Webseiten genutzt werden.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Schon seit den 40er Jahren ist die Bedeutung der Ernährung im Ausdauersport bekannt. Viele Studien wurden auf diesem Gebiet durchgeführt und darauf basierend auch unterschiedliche Empfehlungen für die Nahrungsaufnahme vor, während und nach einer Ausdauerbelastung abgegeben.

Die höchste Bedeutung wird der zugeführten Kohlenhydratmenge zugeschrieben, da dieser Makronährstoff bei den hohen Intensitäten im Wettkampf den Hauptenergielieferant darstellt. Erst bei sehr lang andauernden Belastungen, welche mit einer niedrigeren Geschwindigkeit absolviert werden müssen erlangen auch die Fette mehr an Bedeutung. Eiweiß kommen erst bei Mangelzuständen zum Einsatz und dies gilt es mit einer adäquaten Zufuhr zu verhindern.

Aufgrund der Tatsache, dass die Kohlenhydratspeicher, im Gegensatz zu den Fettspeichern, begrenzt sind, ist nicht nur ein „Kohlenhydrat-Laden“ vor dem Wettkampf, sondern auch eine Zufuhr während einer Belastung von über 2 h notwendig. Mit der richtigen Ernährung in der Woche vor und direkt vor dem Wettkampf können die Glykogenspeicher vervierfacht werden. Zusätzlich bindet Glykogen Wasser und Kalium. Dennoch sind die Speicher begrenzt und in etwa nach 90-120 min entleert.

Für die Zufuhr der Kohlenhydrate während der Belastung wird eine Menge von 60-80 g pro Stunde empfohlen. Um eine optimale Oxidationsrate zu erreichen wird zu einer Mischung aus Glukose und Fruktose geraten. Unter Berücksichtigung des Körpergewichts sollte die Aufnahme bei 1-1,4 g KH/kg KG/h liegen kein Leistungseinbrüche zu erleiden.

Neben den Kohlenhydraten spielt auch die Flüssigkeitszufuhr für die Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit eine entscheidende Rolle. Empfohlen werden 800-1000ml/h. Abhängig ist die Menge von der Außentemperatur und der Schweißrate, die von individuell sehr unterschiedlich ist.

Sporttreibende haben auch einen erhöhten Bedarf an Vitamin B1, Vitamin C, Natrium, Magnesium, Kalium, Kalzium und Eisen. Während der Belastung ist eine Zufuhr von

600-1000 mg Natrium empfehlenswert und eine möglichst geringe Magnesiumaufnahme. Die Zufuhr dieses Mikronährstoffes sollte vor und nach der Belastung vermehrt stattfinden.

Der Großteil der Sportler kommt den Empfehlungen der Kohlenhydrataufnahme sehr nahe, mit Ausnahme der Läufer, welche weniger als die Hälfte der empfohlenen 60-80 g aufnehmen. Vergleicht man die Lafeinheiten mit den Radeinheiten so werden während des Laufens immer weniger Kohlenhydrate aufgenommen als beim Radfahren, mit Ausnahme der Triathleten, deren Kohlenhydrataufnahme während des Laufens nur minimal sinkt im Vergleich zum Radfahren. Ursachen dafür könnte die lange Dauer der Wettkämpfe sein, oder die Kompensation der Mangelnden Aufnahme während des Schwimmens.

Ähnliches beobachtet man bei der Flüssigkeitsaufnahme. Beim Laufen werden durchschnittlich 440-500 ml/h aufgenommen, mit Ausnahme der Triathleten, welche stündlich 619 ml während des Laufens aufnehmen. Beim Radfahren reichen die Werte von 643-715 ml/h und kommen den 800 ml der Empfehlungen sehr nahe.

Die Natriumzufuhr liegt bei allen Sportlern unter den Empfehlungen und reichen von 122 mg/h bei reinen Läufern bis 397 mg/h bei Triathleten

Die Werte der Magnesiumaufnahme reichen von 55 mg/h der Triathleten bis zu 113 mg/h der Duathleten. Auch in diesem Aspekt sind die Triathleten den Empfehlungen am nächsten. Es besteht ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der Natrium- und Magnesiumaufnahme und der Flüssigkeitsaufnahme.

In allen vier Punkten wird deutlich, dass Empfehlungen speziell für Läufer, Radfahrer und auch den Kombinationssportarten Duathlon und Triathlon sinnvoll wäre.

Produkte mit konzentrierten Kohlenhydraten wie Riegel und Gels und Sportlergetränke mit Kohlenhydraten und Mineralstoffen erleichtern dem Sportler die Zufuhr.

Die Nahrungsaufnahme steht nicht im Zusammenhang mit dem Auftreten von Leistungseinbrüchen, da sehr viele Faktoren zu einer optimalen Leistungsfähigkeit beitragen. Die Ernährung ist also nur als Teil des Ganzen zu sehen.

Der Großteil der Athleten plant und testet die Ernährung im Training und ist auch mit ihrer Wettkampfernährung zufrieden, dies verdeutlicht den hohen Stellenwert von der Wettkampfernährung. Die Informationen nehmen die Sportler in erster Linie aus eigenen Erfahrungen, zum Teil von Trainer und Trainingskollegen und Bücher und Zeitschriften. Nur 15 % nehmen eine Ernährungsberatung in Anspruch.

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich die Triathleten während des Wettkampfes am besten ernähren, jedoch keine Empfehlung erreicht wird. Sportart- und wettkampfspezifische Ernährungsempfehlungen wären sinnvoll, jedoch sollte die Wettkampfernährung stets individuell geplant und auch im Vorhinein getestet werden. Zu berücksichtigen sind die Wettkampffart, die Dauer, die Außentemperaturen, das Angebot der Labestationen, das Körpergewicht, die Geschmacksvorlieben, die Startzeit und die Verträglichkeit der Nahrungsmittel.

5. LITERATUR

ANGUS D, HARGREAVES M, DANCEY J, FABBRAIO M. Effect of carbohydrate or carbohydrate plus medium-chain triglyceride ingestion on cycling time trial performance. J. Appl. Physiol. 2000; 88: 113-119

APPLEGATE E., Nutritional concerns of the ultra endurance triathlete. Medicine and science in sports and exercise 1989; 21:5, 205-208

BELOW P, MORA-RODRIGUEZ, GONZALEZ-ALONSO JOSE, COYLE E. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1h of intense exercise. Med. Sci. Sports Exerc. 1994; 27:200-210

BERG D, BARON A. Optimale Ernährung des Sportlers. Hirzel-Verlag, Stuttgart, 2005, 3. Auflage

BLACK K, SKIDMORE P, BROWN R. Energy intakes of ultraendurance cyclists during competition, an observation study. International journal of sport nutrition and exercise metabolism 2012; 22:19-23

CASA D, ARMSTRONG L, HILLMAN S, MONTAIN S, REIFF R, RICH B, ROBERTS W, STONE J. National Athletic Trainers` Association Position Statement: Fluid Replacement for Athletes. Journal of Athletic Training 2000; 35(2):212-224

COY G, SNOW R, BURKE L. Race-day carbohydrate intakes of elite triathletes contesting Olympic-distance triathlon events. International journal of sport nutrition and exercise metabolism 2010; 20:299-306

DREHBROW B, BINAHAN C, LEVERITT M. Drink-Flavour change's Lack of Effect on Endurance cycling performance in trialed athletes. International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism 2007-2008; 17; 4:315-327

FEBBRAIO M, CHUI A, ANGUS D, ARKINSTALL M, HAWWLEY J. Effects of carbohydrate ingestion before and during exercise on glucose kinetics and performance. J Appl Physiol 2000; 89:2220-2226

FRIEDRICH W. Optimale Sporternährung. Spitta-verlag, Balingen, 2008.

GEISS K, HAMM M. Handbuch der Sportler-Ernährung. Beher`s Verlag, Hamburg, 2000

HABER P. Leitfaden zur medizinischen Trainingsberatung. Rehabilitation bis Leistungssport. Springer WienNewYork, 2009, 3. Auflage

HAMM Michael, Die richtige Ernährung für Sportler, 1. Auflage 2009 riva Verlag

HEMM F. Zusammenhänge zwischen Nahrungsaufnahme und Befindlichkeit im Langzeitausdauer-Wettkampf. Internet: www.dissertation.de-Verlag im Internet GmbH, 2005.(Stand 3.7.2013)

HULTMANN E, GREENHAFF P. Ernährung und Energiereserven In: Ausdauer im Sport, (Shephard R.J./ Astrand P.-O.;Hrsg.), Eine Veröffentlichung des IOC in Zusammenarbeit mit der FIMS, Deutscher Ärzte-Verlag Köln 1993;137-144

JENTJENS R, JEUKENDRUP A. High rates of exogenous carbohydrate oxidation from a mixture of glucose and fructose ingested during prolonged cycling exercise. British journal of nutrition 2005; 93: 485-492

JENTJENS R, JEUKENDRUP A.E. Oxidation of exogenous glucose, sucrose, and maltose during prolonged cycling exercise. J. Appl. Physiol.2003, 96:1285-1291

JENTJENS R, MOSELEY L, WARING R, HARDING L, JEUKENDRUP A. Oxidation of combined ingestion of glucose and fructose during exercise. J. Appl. Physiol 2004; 96:1277-1284

JEUKENDRUP A, BORGHOOTS L, SARIS W, WAGENMARKERS A. Reduced oxidation rates of ingested glucose during prolonged exercise with low endogenous CHO availability. J. Appl. Physiol. 1996; 81 (5): 1952–1957

JEUKENDRUP A, MOSELEY L, MAINWARNING G, SAMUELS S, PERRY S, MANN C. Exogenous carbohydrate oxidation during ultra endurance exercise. J Appl Physiol 2006; 100: 1134-1141

JEUKENDRUP A, Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. Journal of sports sciences 2011; 29: sup 1, 91-99

KERKSICK C, HARVEY T, STOUT J, CAMPBELL B, WILBORN C, KREIDER R, KALMA D, ZIEGENFUSS T, LOPEZ H, LANDIS J, IVY J, ANTONIO J. International society of sports nutrition position stand: Nutrient timing. Journal of the international society of sports nutrition 2008; 5:17

- KIMBER N, ROSS M, SPEEDY D. Energybalance during an Ironman Triathlon in male and female triathletes. International journal of sport nutrition and exercise metabolism 2002; 12:47-62
- KNECHTLE B, MÜLLER G. Ernährung bei einem Extremausdauerwettkampf. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2002; 53:2, 54-57
- KONOPKA P. Sporternährung. Grundlagen, Ernährungsstrategien, Leistungsförderung. BLV-Buchverlag, München, 2012, 13.Auflage
- KRUSEMAN M, BUCHER S, BOVARD M, KAYSER B, BOVIER P. Nutrient intake and performance during a mountain marathon: an observational study. Eur J Appl Physiol 2005; 94:151-157.
- MADSEN K, MACLEAN D, LIENS B, CHRISTENSEN D. Effects of glucose, glucose plus branched-chain amino acids, or placebo on bike performance over 100km. J Appl Physiol. 1996; 81:2644-2650
- MARÉES H. Sportphysiologie. Sport& Buch Strauß, Köln, 2002
- MCARDLE WD, KATCH FI, KATCH VL (2010) Exercise Physiology. Energy, Nutrition, and Human Performance. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
- MORAN S, DZIEDZIC C., COX G. Feeding strategies of a female athlete during an ultraendurance running event. International founal of sport nutrition and exercise metabolism, 2011; 21:347-351.
- NEUMANN G. Kohlenhydrat- und Proteinaufnahme im Triathlon. 19. Und 20. Internationales Triathlon-Symposium (Engelhardt M, Franz B, Neumann G, Pfützner A). Bad Endorf 2004/Bad Buchau 2005 Czwaina ; 18: 72-81
- NIELSON B: Die Bedeutung von Ernährung, Flüssigkeitszufuhr und Vitamineinnahmen vor, während und nach Ausdauerbelastung in Ausdauer im Sport, Shephard R.J./ Astrand P.-O. (Hrsg.) Eine Veröffentlichung des IOC in Zusammenarbeit mit der FIMS, Deutscher Ärzte-Verlag Köln 1993 (S. 288-300)
- PFEIFFER B, COTTERILL A, GRATHWOHL D, STELLINGSWERFF T, JEUKENDRUP A. The effect of carbohydrate gels on gastrointestinal tolerance during a 16-km run. International journal of sport nutrition and exercise metabolism 2009; 19:485-503

- PÖTTGEN K. Leistungsprofile von Profithleten beim IRONMAN Hawaii 2008. Kohlenhydratstoffwechsel und Auswirkungen auf das Wettkampfmanagment. 24. Internationales Triathlon-Symposium Darmstadt 2009; Feldhaus Edithion Czwalina. 65-69
- SCHRÖDER E, Worm N. Der Vitamin & Mineralstoff-Ratgeber für Ausdauer-Sportler. Sportinform-Verlag, 1986.
- SCHÜRCH P. Flüssigkeitsaufnahme und Sport. Primed-Fachbuch-Verl.-Ges. , Erlangen, 1991
- SEEBAUER W. Zusammensetzung und Flüssigkeitsmengen zur optimalen Rehydratation im Sport und bei schweißtreibender körperlicher Belastung. 18. Internationales Triathlonsymposium, Leipzig, Czwalina-Verlag 2003. S 85-101
- SEITZ E. KH-Zufuhr in der Wettkampfphase bei Hobby-Marathonläuferinnen, Zürich Marathon 2005. Internet: www.schlau-essen.ch/ernaehrungsstudie_marathon.htm (Stand: 3.7.2013)
- SHERMAN W, PEDER M, WRIGHT D. Carbohydrate feedings 1h before exercise improves cycling performance. Am J Clin Nutr 1991;54:866-70.
- SPEEDY D, NOAKES T, KIMBER N, ROGERS I, THOMPSON J, BOSWELL R, ROSS J, CAMBELL R, GALLAGHER P, KUTTNER J. Fluid balance during and after an ironman triathlon. Clinical Journal of sport medicine 2011; 11:44-50
- TOMASITS J, HABER P. Leistungsphysiologie. Grundlagen für Trainer, Physiotherapeuten und Masseure. Springer Wien New York, 2005, 2. Auflage
- WEINECK, J. Optimales Training. Spitta-Verlag, 2010. WILSON P, INGRAHAM S, LUNDTROM C, THODES G. Dietary tendencies as predictors of marathon time in novice marathoners. International journal of sport nutrition and exercise metabolism 2013; 23: 170-177.
- ZAPF J, SCHMIDT W, LOTSCH M, HEBER U. Die Natrium- und Flüssigkeitsbilanz bei Langzeitbelastungen- Konsequenzen für die Ernährung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 1999; 50:11+12, 375-379
- ZAPF J, SCHMIDT W, LOTZ M, HEBER U. Anforderungen an das Nahrungsmittelangebot der Langdistanz. 13 Internationales Triathlon-Symposium Erbach 1998, Czwalina-Verlag, 1998. S 43-59

6. ANHANG

Fragebogen

Ernährung bei Ausdauerwettkämpfen

Im Zuge meiner Masterarbeit untersuche ich die Wettkampfernährung von Ausdauersportlerinnen und -sportlern. Für eine genaue Analyse und Auswertung ist es notwendig die Verzehrsmengen vor und während der Belastung auf den nachfolgenden Seiten genau wie möglich auszufüllen!

Vielen Dank fürs Mitmachen und eine gute Regeneration!

PERSÖNLICHE ANGABEN:

Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

Alter:Jahre

Körpergewicht: kg

Körpergröße: cm

ANGABEN ZUM WETTKAMPF:

Art: ☐ Marathon ☐ Duathlon ☐ Triathlon ☐ Radrennen

Wettkampfdauer: StundenMinuten

(wenn bekannt/vorhanden: Splitzeiten:.....)

Haben Sie einen Leistungseinbruch verspürt? ☐ Ja ☐ nein wenn ja, Zeitpunkt?

Nach.....h/min

Wie viele Wettkämpfe (Dauer > 2h) haben Sie bisher in ihrer Karriere ca. schon absolviert?

Wie informieren Sie sich über Wettkampfernährung?

- ☐ Internet
- ☐ Bücher/Zeitschriften
- ☐ Ernährungsberatung
- ☐ Eigene Erfahrung
- ☐ Trainer /Trainingskollegen
- ☐ Sonstiges:

Haben Sie Ihre Wettkampfernährung im Vorhinein geplant? ☐ Ja ☐ nein

Haben Sie Ihre Wettkampfernährung im Training zuvor ausprobiert? ☐ Ja ☐ nein

Waren Sie mit Ihrer Wettkampfernährung zufrieden? ☐ Ja ☐ nein

Wenn nein, warum nicht?.....

ERNÄHRUNG WÄHREND DEM WETTKAMPF

Bitte notieren Sie möglichst genau stundenweise alle aufgenommenen festen und flüssigen Lebensmittel während der Belastung!

	Welche festen Nahrungsmittel haben Sie verzehrt?- Selbstverpflegung (Marke, Sorte, Gewicht, Anzahl, Größe) z.B. Riegel Powerbar Schoko 55g	Welche festen Nahrungsmittel haben Sie verzehrt?- Labestation z.B. ½ Banane, 1 Gel Powerbar tropical	Welche Getränke haben Sie verzehrt?-Selbstverpflegung (Mengenangabe, Marke, Sorte) z.B: 0,5 l Peeroton Ananas	Welche Getränke haben Sie verzehrt?-Labestation z.B. 0,2l Cola, 0,5l Wasser
1.h				
2.h				
3.h				
4.h				

5.h				
6.h				
7.h				
8.h				
9.h				
10h				

ERNÄHRUNG VOR DEM WETTKAMPF

Bitte notieren Sie möglichst genau alle aufgenommenen festen und flüssigen Lebensmittel vor der Belastung!

Was haben Sie in den letzten Stunden 3h vor dem Wettkampf zu sich genommen? (z.B. 1 Kornspitz mit 10g Butter und 10g Marmelade, 1/4l

Naturjoghurt mit 30g Haferflocken und 1 mittelgroßen Banane und 0,5l Wasser)

Feste Nahrung:	Getränke:

Was haben Sie unmittelbar vor dem Wettkampf (30 min) zu sich genommen?

Feste Nahrung:	Getränke:

Beispielhafte Auswertung eines Ironmans

Stunde	Marke	Name	Portios- größe	Energie (kJ)	Energie (kcal)	KH (g)	Fett (g)	Eiweiß (g)	Ballast- stoffe (g)	Natrium (mg)	Magnesium (mg)
2	Powerbar	Powerbar Gel shots (5 Stück)	40,0	587,3	140,0	32,0	0,2	2,5	0,2	40,0	0
	Powerbar	Iso active lemon	500ml	493,0	116	29	0,2	0,2	0,2	420	22
2gesamt			500	1080,3	256	61	0,4	2,7	0,4	460	22
3	Powerbar	Iso active lemon	500ml	493,0	116	29	0,2	0,2	0,2	420	22
3	Powerbar	Energize Bar	55	844,0	199	39,1	1,9	5,9	1,1	210	37
3gesamt			500	1337,0	315	68,1	2,1	6,1	1,3	630	59
4	Powerbar	Iso active lemon	500	493,0	116	29	0,2	0,2	0,2	420	22
4	Powerbar	Energize Bar	55g	844,0	199	39,1	1,9	5,9	1,1	210	37
4		Pepsi	150	276	66	16,35	0	0	0	0	0
4gesamt			650	1613	381	84,45	2,1	6,1	1,3	630	59
5	Powerbar	Energize Bar (1/2)	27,5g	422	99,5	19,55	0,95	2,95	0,55	105	18,5
5	Powerbar	Iso active lemon	500	493	116	29	0,2	0,2	0,2	420	22
5		Pepsi	150	276	66	16,35	0	0	0	0	0
5gesamt			650	1191	281,5	64,9	1,15	3,15	0,75	525	40,5
6	Seueezy	Energy super gel(mit Koffein)	25g	277	65	16	0	0	0	30	
6	Powerbar	Iso active lemon	500	493	116	29	0,2	0,2	0,2	420	22
6		Pepsi	150	276	66	16,35	0	0	0	0	0
6	Powerbar	Iso active lemon	250	246,5	58	14,5	0,1	0,1	0,1	210	11
6		Wasser	250								
6gesamt			1150	1292,5	305	75,85	0,3	0,3	0,3	660	33
7	Seueezy	Energy super gel(mit Koffein)	25g	277	65	16	0	0	0	30	

7	Seueezy	Energy super gel(mit Koffein)	25g	277	65	16	0	0	0	30	
7		Pepsi	150	276	66	16,35	0	0	0	0	0
7	Powerbar	Iso active lemon	250	246,5	58	14,5	0,1	0,1	0,1	210	11
7		Wasser	250								
7gesamt			650	1076,5	254	62,85	0,1	0,1	0,1	270	11
8gesamt			650	1076,5	254	62,85	0,1	0,1	0,1	270	11
9	Seueezy	Energy super gel(mit Koffein)	25g	277	65	16	0	0	0	30	
9	Seueezy	Energy super gel(mit Koffein)	25g	277	65	16	0	0	0	30	
9		Pepsi	150	276	66	16,35	0	0	0	0	0
9	Powerbar	Iso active lemon	250	246,5	58	14,5	0,1	0,1	0,1	210	11
9		Wasser	250								
9		Wassermelone	200g	310	74	15,8	0,4	1,2	0,6		
9		Wassermelone	200g	310	74	15,8	0,4	1,2	0,6		
9gesamt			650	1696,5	402	94,45	0,9	2,5	1,3	270	11
10	Seueezy	Energy super gel(mit Koffein)	25g	277	65	16	0	0	0	30	
10	Powerbar	Powergel	41g	454	107	26,7	0	0	0	300	
10		Pepsi	150	276	66	16,35	0	0	0	0	0
10	Powerbar	Iso active lemon	250	246,5	58	14,5	0,1	0,1	0,1	210	11
10		Wasser	250								
10		Wassermelone	200g	310	74	15,8	0,4	1,2	0,6		
10		Wassermelone	200g	310	74	15,8	0,4	1,2	0,6		
10gesamt			650	1873,5	444	105,1	0,9	2,5	1,3	540	11

Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Elisabeth Pichler
Akademischer Grad: Mag.rer.nat. Sportwissenschaften,
Bakk.rer.nat. Ernährungswissenschaften

Ausbildungen

2010 - 2013 Magisterstudium für Sportwissenschaft an der Universität Wien

Seit 2011 Masterstudium für Ernährungswissenschaft an der Universität Wien

2007 – 2010 Bakkalaureatstudium für Sportwissenschaft an der Universität Wien

2007 - 2011 Bakkalaureatsstudium für Ernährungswissenschaften an der Universität Wien

1999 – 2007 Gymnasium Sachsenbrunn mit naturwissenschaftlichen Schwerpunkt/ Kirchberg am Wechsel

2007 – 2003 Volksschule Kirchberg am Wechsel

BERUFSERFAHRUNGEN

Seit Jänner 2013 Sportwissenschaftlerin und Ernährungscoach im Medizinischen Trainingszentrum Judenburg

Okt. 2012- Sept. 2013 Studienassistentenstelle der Studienprogrammleitung im Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport Wien / Österreich

März- Juni 2012 Studienassistentenstelle in der Abt. für Sport und Leistungsphysiologie im Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport Wien / Österreich

Seit 2012 Ernährungsberaterin und Personal Trainer bei „die Personal Trainer“ und selbstständig

2010 - 2011 Trainerin und Ernährungscoach im Sport- und Gesundheitszentrum Aspang am Wechsel

2010 Praktikum Kur- und Rehasentrum Bad Pirawarth

Zusatzausbildungen

Mai 2012	Gewerbeschein Lebens- und Sozialberater eingeschränkt auf ernährungs- und sportwissenschaftliche Beratung
Sept-Dez. 2012	Ausbildung zum Pilates Professional Coach
Oktober 2011	Ausbildung zum Personal Trainer (die Personal Trainer)
Mai- Sept. 2011	Auslandsaufenthalt Manchester, UK mit Ausbildung zum Fitnesscoach
2010	Langlauflehrwart (BSPA- Graz)
2008 – 2009	Massagegrundausbildung (USI-Wien) Ausbildung zum Ernährungs- und Wellnesscoach (Bildungsforum Wien)
2008	Snowboardinstruktor (USI-Wien)
2004	Nordic Walking Instruktor

Wien, Oktober 2013