

Christian Weich (2531408)

Zur Supplementierung

ergogener Substanzen

Schriftliche Ausarbeitung im Rahmen des

Vertiefungsfachs:

„Trainingswissenschaften“

Dozent: Prof. Dr. Stefan Panzer &

Dr. Franz Marschall

Sportwissenschaftliches Institut

der Universität des Saarlandes

Saarbrücken

Abgabe: 31. 03. 2012

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	3
2	ÄTIOLOGIE UND HISTORIE ERGOGENER SUBSTANZEN	3
3	BIOCHEMIE UND PHYSIOLOGIE AUSGEWÄHLTER SUBSTANZEN	4
3.1	Kreatin.....	4
3.1.1	Relevanz in der Trainingswissenschaft.....	5
3.2	(L-) Carnitin	5
3.2.1	Relevanz in der Trainingswissenschaft.....	6
3.3	Koffein.....	6
3.3.1	Relevanz für die Trainingswissenschaft.....	7
3.4	Taurin	7
3.4.1	Relevanz für die Trainingswissenschaft.....	7
3.5	Proteine (Branched Chained Amino Acids)	8
3.5.1	Relevanz für die Trainingswissenschaft.....	8
4	AKTUELLE STUDIENLAGE.....	9
4.1	Kreatin.....	9
4.2	L-Carnitin.....	11
4.3	Koffein.....	13
4.4	Taurin	14
4.4.1	Beispiel Red Bull	15
4.5	BCAA	16
5	EVALUATION & AUSBLICK	17
6	LITERATURVERZEICHNIS	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kreatinphosphat als Energieträger

S.4

1 Einleitung

Immer wieder kommt es in der Sportszene, besonders im Kraftsport, zu kontroversen Diskussionen, ob und in welcher Dosis die Ernährung durch sogenannte ergogene Substanzen ergänzt werden sollte. Oftmals werden solche Mittel sehr unvorsichtig eingenommen, sogar ohne deren eigentliche Wirkung zu kennen. Hier sieht die kommerzielle Nahrungsmittelindustrie eine Chance ihre inzwischen breite Palette an „Power Boostern“ oder „Fat Reducern“ ohne große Überzeugungsarbeit zu vermarkten.

Die folgende Übersicht betrachtet eine Auswahl vermutlich leistungssteigernder Substanzen bezüglich ihrer natürlichen Wirkung, aufgrund körpereigener Produktion, und deren mögliche Effekte als Nahrungsergänzungsmittel. Dies wird anhand von wissenschaftlichen Studien, die in den letzten Jahren durchgeführt wurden evaluiert und gegebenenfalls differenziert.

2 Ätiologie und Historie ergogener Substanzen

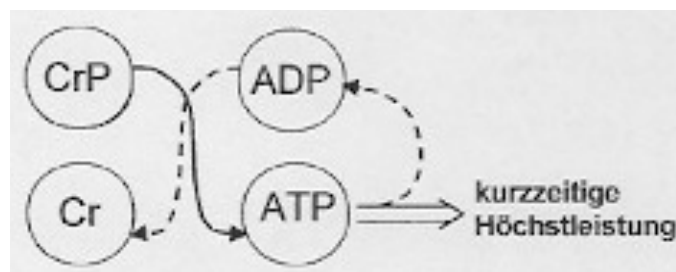
Die Bezeichnung „ergogen“ leitet sich aus dem Griechischen her und setzt sich zusammen aus den Worten „ergon“, was soviel heißt wie „Arbeit“ und „genan“ gleichbedeutend mit „produzieren“ (Maid-Kohnert, 2002). Diese Substanzen, die offensichtlich eine entscheidende Rolle im menschlichen Stoffwechsel spielen, kann der gesunde Körper fast ausnahmslos auch selbst herstellen, jedoch ist eine Zufuhr mittels Ernährung in vielen Fällen sehr wichtig, um einen optimal arbeitenden Organismus zu gewährleisten. Treten Mangelerscheinungen, z.B. aufgrund einer schweren Erkrankung auf, ist es notwendig, den Körper mithilfe von Nahrungsergänzungsmitteln zu unterstützen („Supplementierung“). Die positiven Erfolge des vorerst ausschließlich klinischen Einsatzes der Supplemente wurden schnell erkannt und innerhalb kürzester Zeit auch an gesunden Probanden angewandt. Man sah hier eine Chance, besonders Menschen, die ständig hohe Leistungen erbringen müssen, schnell und einfach fit zu halten und deren Leistungsfähigkeit dauerhaft zu steigern, jedoch ohne Berücksichtigung kurz –oder langfristiger wissenschaftlicher Belege. Innerhalb von nur wenigen Jahren hat sich neben dem allgemeinen Fitness-Boom auch ein „Supplement-High“ entwickelt, in dem immer mehr kommerzielle Anbieter eine immer breitere, vielversprechende Produktpalette anbieten. Um auf dem Markt konkurrenzfähig zu bleiben, müssen viele den Preis senken, billiger produzieren und letztlich steigt die Gefahr von Verunreinigungen (Geyer, Parr, Mareck, Reinhart, Schrader und Schänzer, 2004). Zu beachten ist jedoch, dass die hier betrachteten Substanzen nicht auf der Dopingliste von IOC oder WADA (außer Koffein in hohen Dosen) zu finden und somit grundsätzlich frei zugänglich sind.

3 Biochemie und Physiologie ausgewählter Substanzen

Das folgende Kapitel betrachtet, vorab der wissenschaftlichen Übersicht, die Nahrungsergänzungsmittel bezüglich ihrer Effekte und ihrer biochemischen Funktion im menschlichen Körper. Anschließend wird für jede Supplementierung die Relevanz für die Trainingswissenschaft bzw. Sportler allgemein betrachtet.

3.1 Kreatin

Im Zusammenhang mit Muskelfunktionen wird Kreatin in Form von Kreatinphosphat (KrP) benötigt. Wie man in Abb.1 (Nebel, 2002, S.214) erkennen kann, überträgt dieses seine Phosphatbindung, welche das nach kurzzeitig hohen Belastungen (1-2 Sekunden) entstandene ADP, wieder zu ATP aufwertet (sog. ATP-Resynthese) und somit wiederverwertbar macht. Kreatinphosphat stellt somit eine schnelle und sofortige Energiequelle vor allem bei



Sprintbelastungen dar. „KrP ermöglicht die ATP Resynthese innerhalb der ersten fünf bis zehn

Abbildung 1: Kreatinphosphat als Energieträger

Sekunden (...) [wobei] bei mittel –und langfristigen Belastungen (...) ATP über oxidative Stoffwechselprozesse sowie über die anaerobe Glykolyse wieder resynthetisiert werden [kann].“ (Nebel, 2002).

Kreatin wird in den Nieren, der Leber und der Bauchspeicheldrüse aus den Aminosäuren Arginin, Glycin (Nebel, 2002) und Methionin (Raschka und Ruf, 2012) synthetisiert und gespeichert, was einer Menge von 120 (Scientific Committee on Food, 2000) – 150g (Nebel, 2002) entspricht. Dieser Speicher befindet sich zu 95% in der Skelettmuskulatur und ist nach Entleerung „nach etwa 4 bis 6 Minuten Erholungszeit wieder aufgefüllt.“ (Nebel, 2002). Jeukendrup und Gleeson (2004) unterscheiden zusätzlich zwischen Typ 1 und Typ 2 Muskelfasern, wobei letztere 30% mehr Kreatin enthalten und dies könnte ein Indiz für deren Relevanz bei schnellkräftigen Aktionen sein.

Der Tagesbedarf liegt in der Literatur (Calfée und Fadale, 2006; Jeukendrup und Gleeson, 2004; Nebel, 2002) bei 2g pro Tag. Dieser wird endogen gedeckt und kann zusätzlich über die Nahrung zugeführt werden. Als Hauptquellen sind hier Fisch und Fleisch zu nennen, welches im griechischen *kreas* bedeutet und somit Kreatin seinen Namen gibt.

3.1.1 Relevanz in der Trainingswissenschaft

Wie man vom biochemischen Hintergrund erschließen kann ist es, besonders für Sportler, die hochintensive Arbeit (100m Sprinter, Kugelstoßer, Weitspringer etc.) verrichten nützlich, einen ausgeprägten Kr-Speicher zu besitzen. Dieser sollte zum einen möglichst groß sein, um vergleichsweise lange intensive Aktionen auszuführen und zum anderen nach Belastung wieder schnellstens regenerieren, sprich aufgefüllt werden. Fällt bei einer hohen Belastung die ATP Konzentration unter 30%, muss die nötige Energie schnellstmöglich über die Rephospyrylierung des entstandenen ADP vollzogen werden. Jedoch kann bei länger anhaltenden maximalen Belastungen dieses System die ATP Wiederherstellung nicht decken und muss über anaerobe, sprich übersäuernde Prozesse bereitgestellt werden. Hier kann ein vergrößerter Speicher möglicherweise effizienter wirken und die Dauer länger aufrechterhalten. Da für diesen Prozess Wasserstoffionen benötigt werden und somit die anstehende Übersäuerung gepuffert wird, stellt dies ggf. einen weiteren Vorteil dar (Jeukendrup und Gleeson , 2004).

Man errechnet sich mit einer Supplementierung, dass man durch eine Kreatinkur (5 Tage lang 20g pro Tag) seinen Speicher erweitert und durch anschließende Einnahme einer Erhaltungsdosis (2g pro Tag) die Größe erhält und die Fähigkeit zur zügigeren Wiederauffüllung gewährleistet. Zusammengefasst liegt die Begründung einer oralen Einnahme von Kreatin darin, dass durch die Maximierung der Kr –Gehalts in der Muskulatur mehr KrP für die Regeneration von ATP zur Verfügung steht und folglich eine maximale Leistung länger aufrecht erhalten werden kann und die Erholungszeit anschließend aufgrund von zuvor vermehrt anaerob-alaktazider Energiebereitstellung (geringere Laktatanhäufung) verkürzt ist. Die individuelle Speichermenge ist somit womöglich der limitierende Faktor für hohe und kurze Belastungen.

3.2 (L-) Carnitin

Carnitin, auch L-Carnitin oder Hydroxykarbonsäure, ist eine vitaminähnliche Verbindung bestehend aus den essentiellen Aminosäuren Lysin und Methionin (Diedrich, 2002). Es spielt eine entscheidende Rolle bei der Fettoxidation im Muskel, also vornehmlich dem aeroben Stoffwechsel (sehr gute und ausführliche Beschreibung der Physiologie und Biosynthese, siehe Schek, 1994). Die Synthese erfolgt hauptsächlich in der Leber und den Nieren bei einem Tagesbedarf der mit 16mg (Raschka und Ruf, 2012) bis zu 50mg (Cerretelli und Marconi, 1990) angegeben wird, der größtenteils auf diesem Weg gedeckt wird. Carnitin wird benötigt, um langkettige Fettsäuren aus dem Cytosol der Muskelzelle durch die Mitochondrienmembran zu transportieren. Anschließend erfolgt im Krebszyklus die β -Oxidation und die Wiederbereitstellung des Carriers, um einen erneuten Austausch (zur genauen Transportbeschreibung, siehe

Brouns, 1993) zu gewährleisten. Wichtige Nährstoffquellen sind Fleisch und Fisch (lat. carocarnis = Fleisch, Muskel).

3.2.1 Relevanz in der Trainingswissenschaft

L-Carnitin ist besonders in zweierlei Hinsicht relevant: Erstens sehen es viele als „Heilmittel“ gegen Fettpolster („Slimming Agent“, siehe hierzu Jeukendrup und Gleeson, 2004), also zur Gewichtsreduktion und zweitens wird es von Ausdauersportlern ins Auge gefasst, die sich Vorteile für den Fettstoffwechsel erhoffen (Hawley, 1998). Beide Hypothesen beruhen auf dem Prinzip des „Biocarriers“, nämlich der Fähigkeit der Substanz langkettige Fettsäuren (FS) aus dem Cytosol der Muskelzelle in die Mitochondrien zu transportieren (siehe oben). Im ersten Fall wird damit geworben, dass durch Einnahme vor dem Training ein erhöhter Carnitinspiegel vorliegt und somit die „Transportkapazität [der] Fettverbrennung [angekrubelt werden] soll.“ (Raschka und Ruf, 2012). In einer weiteren Theorie erhofft man sich, durch den „Anstieg der Fettoxidation“ (Vukovic, Costill und Fink, 1994) eine verbesserte Ausdauerleistungsfähigkeit, denn wenn man diesen effektiver nutzen kann, bleiben die Glykogenreserven erhalten und können zu einem späteren Zeitpunkt verbraucht werden bzw. kann das aktuelle Tempo länger durchgehalten werden. Teilweise hiermit deckend nennt Schek (1994, S.32f.) drei zentralen Hypothesen: 1. „Carnitin-Substitution wirkt leistungssteigernd im Sinne einer Beschleunigung des Transports und der Oxidation langkettiger Fettsäuren.“; 2. „Carnitin-Substitution wirkt leistungserhaltend im Sinne einer Geschwindigkeitsstabilisierung der Energiebereitstellung aus Fett.“ und 3. „Carnitin wirkt leistungssteigernd im Sinne einer Drosselung der anaeroben Energiegewinnung aus Glykogen.“

3.3 Koffein

Die wohl bekannteste und günstigste ergogene Substanz ist das Koffein, ein psychoaktives Alkaloid, das vorwiegend aus Pflanzen (*Coffea arabica*) gewonnen und verarbeitet wird. Am häufigsten wird es durch Tee, Kaffee, Schokolade oder Limonaden konsumiert, wobei der durchschnittliche Tageskonsum (in den USA) bei ca. 200mg liegt und dessen höchste Messung im Blut nach etwa 60 Minuten nachgewiesen wird, der dann schätzungsweise 4-6 Stunden anhält. Dieser betrifft nahezu alle Systeme des menschlichen Körpers, besonders des Zentrale Nervensystem (ZNS), da die einzelnen Moleküle die Blut-Hirn-Schranke passieren können und dort als Rezeptorblocker (Pauli, 2007) von Adenosin wirken. Aufgrund dessen werden die bekannten positiven Folgen, wie Wachheit, Aufmerksamkeit oder verbesserte Reaktion, aber auch die negativen, wie Tremor, Schlafentzug, Nervosität oder Durchfall hervorgerufen.

Das Ausmaß ist hierbei individuell sehr unterschiedlich und kann oder muss durch Gewöhnung an bestimmte Mengen angepasst werden.

3.3.1 Relevanz für die Trainingswissenschaft

Die Wirkung kommt hauptsächlich durch die verstärkte Aktivität der Neurotransmitter Serotonin, Dopamin, Glutamat und Acetylcholin (siehe hierzu Pinel, 2007) zustande. Diese spielen im Zusammenhang mit Muskelaktivität eine besondere Rolle (nähere Informationen siehe Jeukendrup und Gleeson, 2004, S. 242). Die Aktivität der Motoneuronen steigt („excitability of the muscle fibers“) und somit können vermehrt motorische Einheiten rekrutiert werden („signal transduction from the brain to the motor neuron“). Zudem kommt es zu einer stärkeren Calciumfreisetzung aus dem sarkoplasmatischen Retikulum, welche eine gesteigerte Fettsäureoxidation und somit möglicherweise Glykogenschonung hervorruft („[increased] lipolysis and [spared] muscle glycogen“). Im Gegensatz zu den anderen genannten Mitteln, ist Koffein ab einer Dosis von 12 mg/l (500-600 mg, ca. 6 Tassen Kaffee) im Urin laut der IOC Dopingliste positiv zu bewerten.

3.4 Taurin

Im Zusammenhang mit Koffein wird auch oft im selben Atemzug Taurin eine ebenso ergogene Wirkung zugewiesen. Aufgrund dessen liegt es nahe, kurz auf die Physiologie und die eventuelle Wirkung für Sportler einzugehen (später in Kapitel 4.4). Anschließend wird ein Beispiel mit beiden Inhaltsstoffen (Red Bull) aufgegriffen und diskutiert. Taurin ist eine Aminosulfonsäure und entsteht als Abbauprodukt der Aminosäuren Cystein (Jeukendrup und Gleeson, 2010; Raschka und Ruf, 2012; Schek, 1994) und Methionin (Raschka und Ruf, 2012; Schek, 1994). Der Tagesbedarf wird auf circa 50 – 125 mg geschätzt und vollständig über die Eigensynthese gedeckt bzw. Überschuss wird im Urin ausgeschieden (Raschka und Ruf, 2012; Scheck, 1994). Als Quellen nennen diese Autoren besonders Milch, Fleisch und Fisch, welche zu einer Gesamtspeichermenge von 12 – 18g führen können.

3.4.1 Relevanz für die Trainingswissenschaft

Taurin wird in vielerlei Hinsicht, besonders als „Fit-Macher“ (Raschka und Ruf, 2012) angepriesen. Eidler (2009, S.65) erarbeitet in ihrer Diplomarbeit eine gute Übersicht über mögliche ergogene Effekte. Am wichtigsten sind hier antioxidative Eigenschaften („Zellschutz für den Sportler“ (zitiert nach Neumann, 2007)), Konzentrationsverbesserung und allgemeine Leistungssteigerung zu nennen. Jeukendrup und

Gleeson (2010, S.190), Raschka und Ruf (2012) und Schek (1994) führen ebenfalls den Aspekt des Zellschutzes auf, halten diesen Ansatz aber für überbewertet.

3.5 Proteine (Branched Chained Amino Acids)

Aminosäuren sind der elementare Bestandteil eines Proteins und deswegen sehr wichtig beim Muskelaufbau (Anabolismus) und möglicherweise der Verhinderung des Muskelabbaus (Katabolismus). Proteine spielen eine extrem wichtige Rolle für unseren Organismus. Sie bilden zum einen die anatomische Grundlage für Haare, Bindegewebe und nicht zuletzt die Muskelstrukturen (z.B. Myosin & Aktin). Zusätzlich übernehmen sie funktionelle Aufgaben und sind so Bestandteile von Hormonen, Enzymen und Antikörpern. Die hier speziell ausgewählten sog. verzweigt-kettigen (da deren chemische Struktur an einer Verzweigung erkennbar ist) Aminosäuren gewinnen an immer größerer Bedeutung im Sport. Hierzu zählen Leucin (Tagesbedarf: 14 mg/kg Körpergewicht), Isoleucin (10 mg/kg KG) und Valin (10 mg/kg KG); sie sind essentiell und müssen daher dem Körper über Nahrungsmittel zugeführt werden. Proteine können aus tierischen und pflanzlichen Quellen gewonnen werden, wobei erstere, aufgrund der größeren Vorkommen an essenziellen AS, als qualitativ höher einzustufen ist. Bei einer Eiweißzufuhr sollte viel Wert auf die sog. „Biologische Wertigkeit“ gelegt werden, die angibt, wieviel Nahrungseiweiß benötigt wird, um 100g Körpereiwweiß zu ersetzen. Ist dieser Wert hoch, z.B. beim Hühnerei und Kartoffeln in Kombination, ist die Mahlzeit umso wertvoller zu bewerten (Friedrich, 2006, S.71).

3.5.1 Relevanz für die Trainingswissenschaft

„Man nennt die BCAAs auch die Stress- Aminosäuren, weil sie eine wichtige Rolle im Energie-Metabolismus und bei der Reaktion des Körpers auf Stress-Situationen spielen.“ (Burgerstein, 2007). Nach Jeukendrup und Gleeson (2004) werden diesen Aminosäuren drei zentrale Funktionen zugeschrieben: Einmal beschreiben sie den Gebrauch der Substanzen als Energieträger neben Fett und Kohlenhydraten, zum anderen erwägen sie gegenüber den BCAAs einen antikatabolen Effekt vor und nach körperlicher Belastung. Dies soll über eine beschleunigte Reparatur muskulärer Schäden führen. Die dritte und am stärksten verfolgte Hypothese beschreibt einen antiermüdenden Effekt, der mithilfe der zentralen Ermüdungs-Theorie erklärt wird. Zur ausführlichen Darstellung der „Central Fatigue Hypothesis“ in diesem Zusammenhang siehe Jeukendrup und Gleeson (2004, S.162). Diedrich (2002, S.88) nennt neben diesen noch „positive Effekte auf die Lymphozytenzahl –und funktion bzw. auf das Immunsystem“.

4 Aktuelle Studienlage

Schon seit vielen Jahren versuchen sich Wissenschaftler und besonders kommerzielle Anbieter mit den oben ausgeführten Kenntnissen Vorteile zu verschaffen. Erst begann dies selbstverständlich in der Medizin zur Unterstützung von Heilungsprozessen. Jedoch dauerte es nicht lange, bis die vom Ehrgeiz und unbedingten Siegeswillen gepackten Sportler diese Methoden zur Leistungssteigerung erfassten. Im folgenden Kapitel wird der heutige (Stand: März 2013) wissenschaftlich verfügbare Rahmen bezüglich dieser Erkenntnisse, Korrektheit und Gefahren abgesteckt.

4.1 Kreatin

In den bearbeiteten Studien wurde das Hauptaugenmerk in der Regel auf die Effekte der oralen Kreatineinnahme auf Maximalkraft, Ausdauerleistungsfähigkeit und wiederholte Leistungen, z.B. Sprintbelastungen gelegt. Zugrunde liegen alle dem Ergebnis von Harris, Soderlund und Hultman (1992), die herausfanden, dass eine vier- bis sechsmalige Kr-Einnahme von 5g über über wenige Tage zu einer Speichervergrößerung führt. Aufgrund weiterer Studien und Untersuchungen empfehlen Jeukendrup und Gleeson (2004, S. 250) eine orale Ingestion von 20g pro Tag über eine sechs Tage Spanne gefolgt von 2-3g Erhaltungsdosis, um möglichst schnell eine maximale Vergrößerung zu erreichen (bis zu 40%). Voraussetzung sei aber, dass die Personen „Responder“ seien und sie die Substanz im Darm aufnehmen können. Raschka und Ruf (2012) fügen hinzu, dass dies nur dann korrekt sei, wenn ein niedriger Ausgangswert vorgelegen hat und erhöhte Werte nur bei einer Erhaltungsdosis (siehe oben) zu erwarten seien. Nahezu alle Autoren (Jeukendrup und Gleeson, 2004; Nebel, 2002; Ryan und Fadale, 2006; Tarnopolsky, 2011; Williams, 1999; u.a.) weisen auf eine Zunahme der fettfreien Masse aufgrund einer Wasserspeicherung hin. Hier streuen die Werte um den Mittelwert von 1000g, z.B. sagt Williams (1999) 0,5 – 3,5 kg, Ryan und Fadale (2006) grenzen auf 1,6 – 2,4 kg ein.

Erste theoretische Wirkungen betreffen die Ausdauerleistungsfähigkeit, begründet darin, dass Kr und KrP eine wichtige Rolle beim Transfer von ATP aus den Mitochondrien zu den kontraktilen Fasern spielen (für vertiefte Informationen zu diesem Prozess siehe Jeukendrup & Gleeson (2004, S.252f), auch wenn der primäre Gedanke ist, dass die Energiebereitstellung bei langen Ausdauerheiten eher aerob gewährleistet ist. Jedoch kann diese Forderung in der gesamten Literatur (Jeukendrup und Gleeson, 2004, Ryan und Fadale, 2006; Tarnopolsky, 2011; u.a.) nicht bestätigt werden. Lediglich Nebel (2002) fügt hinzu, dass Kreatin womöglich „kurze hochintensive Anstrengungen während oder am Ende einer Ausdauerbelastung“ positiv beeinflusst, wobei Jeukendrup und Gleeson (2004) sogar eine zur Placebogruppe vergleichsweise schlechtere Leistung darstellen, die sie auf die prognostizierte Gewichtszunahme zurückführen (siehe oben).

Richtungsgebende Befunde bezüglich des Nutzens der Kreatinsupplementierung in Kombination mit Krafttraining gehen auf Vandenberghe, Goris, Van Hecke, Van Leemputte, Vangerven und Hespel (1997) zurück. Sie untersuchten im Vergleich zu einer Placebogruppe die Veränderungen auf die Maximalkraft für bestimmte Muskelgruppen (20 zu 25 % Steigerung), maximale Intervallbelastungen der Armflexoren (10 zu 25 % Steigerung) und der fettfreien Masse (60 % größer als ohne Kreatineinnahme). Dies lässt vermuten, dass eine Supplementierung in Kombination mit Krafttraining effektiver bzgl. dieser Variablen ist als reines Krafttraining. Jeukendrup & Gleeson (2004) diskutieren in diesem Kontext das Zellenanschwellen („cell swelling“), dass man ggf. auf einen anabolen Effekt zurückführen könnte. Sie können dies jedoch nicht wissenschaftlich belegen.

Darauf aufbauend ging man ab Ende der 90er Jahre nun vermehrt der physiologisch am sinnvollsten erscheinenden Hypothese (siehe Kapitel 3.1.1.), der Leistungssteigerung bei kurzen intensiven Aktivitäten, nach („high-intensity exercise“). Jeukendrup und Gleeson (2004) schreiben, dass über 70 % all dieser Studien Verbesserungen in Kraft („strength“), Kraftentwicklung („force production“) und Drehmoment („torque“) fanden. Tarnopolsky (2011) hebt nochmals die Notwendigkeit des Kreatin-KrP Systems für Sprint und hochintensive Belastungen hervor. Aufgrund der oftmals nur kleinen, aber signifikanten Befunde betont er zudem, dass selbst Unterschiede (im Vergleich zur Placebogruppe) von nur 1 – 2 % im Leistungssport zwischen Goldmedaille und Finalteilnahme entscheiden können. Eine weitere Bestätigung der oben genannten Hypothese liefern Ryan und Fadale (2006), die in einem kurzen Abschnitt besonders auf die Studie von Volek, Duncan und Mazzetti (1999) eingehen, in der 20 Gewichtheber über 12 Wochen lang untersucht wurden. Die Kreatingruppe lieferte nach dieser Periode signifikante Anstiege in der fettfreien Körpermasse, Maximalkraft beim Bankdrücken bzw. Kniebeugen und Typ 1, 2ab und 2a Muskelfasern. Neben Nebel (2002) und Raschka und Ruf (2012) wird diese Annahme in der Literatur weitestgehend unterstützt. Erstgenannter unterscheidet etwas genauer zwischen maximalen Einzelbelastungen, für die kein ergogener Effekt nachgewiesen werden konnte und wiederholten Belastungen, die er mit einer Studie von Kreider, Ferreira & Wilson (1998) unterstreicht, in der Footballspieler über 28 Tage mit Kreatin versorgt werden und deren Leistungen im Nachttest (Gewichtheben und 6-Sekundensprints) im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant bessere Ergebnisse lieferten. Sinnvoll zusammengefasst schreiben Raschka und Ruf (2012, S.129f), „Studien belegen den größten Einfluss bei kurzzeitigen, intensiven Belastungen (...) von bis zu 30 Sekunden Dauer, besonders bei wiederholten Einheiten (...). Bei Ausdauersportlern ist von einer Supplementierung (...) hingegen abzuraten.“

Im Gegensatz zur Aufarbeitung des positiven Nutzens kommen immer mehr Kritiker hinzu, die von Nahrungsergänzung kommerzieller Produkte abraten. Jeukendrup und Gleeson (2004) zitieren eine Meinung des American College of Sports and Medicine

(ACSM): „Es gibt keine definitiven Beweise und es wäre falsch die Einnahme von Kreatin als ein Gesundheitsrisiko anzusehen; ebenso hat man aufgrund des Mangels an Informationen keine Versicherung dafür, dass die Supplementation risikofrei ist. (...)“ Das sicherlich größte Problem fehlender Studien, besonders Langzeitstudien (Nebel, 2002; Ryan & Fadale, 2006), wurde hier sehr gut erkannt. Letztgenannte weisen zudem auf wenige Daten bezüglich anderen Körperbereichen, beispielsweise Herz und Gehirn hin, in denen Kreatin gespeichert ist und Effekte bei Jugendlichen, die immer früher dazu verführt werden.

Eine durchaus warnende und kritische Betrachtungsweise liefert das Scientific Committee on Food (2000), welches eine Kreatinkur als 10 –bis 20fache Übersteigerung des Tagesbedarfs einordnet. Das Problem von vorliegenden Studien sei, dass primär die Effekte und eben nicht die Nebenwirkungen untersucht würden und die Signifikanz aufgrund von kleinen Stichproben und mangelnder Testpowerberechnungen in Frage gestellt werden sollten. Des Weiteren diskutieren sie die schlechte Datenlage bezüglich anderen Geweben, wie Herz und Gehirn, Interaktionen mit anderen Mitteln, Standardkontrollen für Verunreinigungen („impurities“, siehe S.3) und Studien mit Freizeitsportlern. In ihrer Konklusion weisen sie nochmals auf die gastro-intestinalen Probleme hin und warnen ausdrücklich vor einer Supplementierung von überhöhten Dosen über 3g pro Tag. Nebel (2002) und Tarnopolsky (2011) versuchen die entstehende Erregung etwas zu entschärfen, indem sie die lebensbedrohlichen Berichte (krebserregend, leberschädigend, Nierenschäden) auf Einzelfälle einschränken. Oftmals seien diese Personen entweder vorerkrankt, es seien gegebenenfalls weitere Mittel eingenommen worden oder es lagen Verunreinigungen, wie z.B. durch Nandrolon, vor.

4.2 L-Carnitin

Der „Laienpresse“ (Schek, 1994) und Fitnessstudios zufolge wird Carnitin als Heilmittel, speziell für Menschen, die Fett reduzieren möchten und Ausdauersportler angepriesen (siehe Kapitel 3.2.). Im Gegensatz zu Kreatin ist sich die fachübergreifende Literatur heute, trotz einiger Studien mit positiven Effekten (z.B. in den Beiträgen von Raschka und Ruf, 2012 bzw. Schek, 1994) einig über die Wirkungslosigkeit der Supplementierung. Diese werden durch eine fehlende biochemische Erklärung und einem Mangel an Replikationsstudien mit gleichem Ergebnis in Frage gestellt. Schek (1994) geht in seinem Artikel zuerst allgemein auf die grundlegenden Resultate diverser Veröffentlichungen und dementsprechenden physiologischen Vorgänge ein, bis sie im Anschluss vereinzelt die drei aufgestellten Hypothesen (3.2.1.) evaluiert:

Die orale Supplementierung (gängige Untersuchungsmethode) bewirkt eine Muskelcarnitinsteigerung weder während der Belastung noch in Ruhe, sodass lediglich im Plasma eine Steigerung um 5 – 15 % gemessen werden konnte, die später im Tagesurin

vermehrt ausgeschieden wurde (Steigerung um das 5-9 fache). In seiner ersten Hypothese widerlegt er eine Geschwindigkeitssteigerung des Transports der langen Fettsäuren und der β -Oxidation selbst (s.o.). Seine Hauptgründe sind das Ausbleiben des Anstiegs des Gesamtcarnitins im Muskel, die Abhängigkeit der β -Oxidation von der Stoffwechsellage und vorhandener Enzyme (trainierbar) und die Erkenntnis, dass der Transport bereits mit maximaler Geschwindigkeit erfolgt (Steigerung über Lipolysegeschwindigkeit). An zweiter Stelle kommentiert er die Leistungserhaltung durch Geschwindigkeitsstabilisierung der Energiebereitstellung aus Fetten (s.o.). Auch dies ist durch die oben genannten Hinweise nicht begründbar, zudem erwähnt der Autor hier, dass selbst bei relativem Mangel an freiem Carnitin, eine Enzymaktivität mit „ v_{max} “ (S.33 oder auch Raschka und Ruf, 2012) gewährleistet ist. Die letzte Kritik übt er an der Behauptung, „Carnitin [wirke] leistungssteigernd im Sinne einer Drosselung der anaeroben Energiegewinnung aus Glykogen“ (S.33). Diesen Zusammenhang negiert er mithilfe einer Studie von Wagenmakers (1991), laut der sogar eine „beschleunigte Glykogenentleerung“ möglich ist und fügt hinzu, dass zudem „eine Verminderung des Laktatspiegels nach Carnitin-Applikation nicht [feststellbar sei]“ (zitiert nach Greig u.a., 1997; Marconi, 1985; Soop u.a., 1988). Final äußert sich Schek (1994) noch allgemein über die unzureichende methodisch-statistische Arbeitsweise betreffend Carnitinstudien (S.34), beispielsweise keine Kontrollgruppe, oft fehlende oder mangelnde Zahlenangaben zu trainingsphysiologischen Parametern, wie VO_{2max} oder sehr kurze Untersuchungszeiträume. Jeukendrup und Gleeson (2010) zitieren Untersuchungen von Barnett, Costill, Vukovic, Cole, Goodpaster, Trappe, Fink (1994), die sogar nach Carnitininfusion keine Veränderung bezüglich der Menge im Muskel und der Transportgeschwindigkeit des Carriers hervorgerufen haben. Diese beiden Studien (siehe Jeukendrup und Gleeson, 2010) zeigen ebenso keinen nachweisbar reduzierten Abbau von Glykogenspeichern und auch keine Steigerung der Müdigkeitsresistenz. Dies bestätigten bereits vorliegende Ergebnisse (Heinonen, 1996; Wagenmakers, 1991). Zwar geben Jeukendrup und Gleeson (2010) eine theoretische Basis für einen Einfluss auf High Intensity Training, jedoch bleiben auch hier Evidenzen für VO_{2max} , Laktatansammlung und die High Intensity Performance lückenhaft. Raschka und Ruf (2012) betonen, dass für die Geschwindigkeit der β -Oxidation weniger eine Carnitineinnahme, sondern eher die aerobe Leistungsfähigkeit und Sauerstoffverfügbarkeit verantwortlich seien; dies sei aber mit Training realisierbar (zitiert nach Burke und Deakin, 2010). Außerdem regeneriere Carnitin von selbst (Resynthese) und es bestehe die Gefahr, dass der Körper möglicherweise nach wochenlanger Ingestion die Eigenproduktion einstellt. Hawley (1998) bemängelt außerdem keinen Unterschied zwischen Freizeit – bzw. Leistungssportlern, unterschiedlichen Dosen und Ruhe -bzw. Belastungssituation. Eine sehr nennenswerte Zusammenfassung liefert Schek (1994), die „L-Carnitin [aus folgenden Gründen als] sinnlos [bezeichnet:] „L-Carnitin wird:

- in ausreichenden Mengen synthetisiert (von gesunden Personen),

- zusätzlich mit der Nahrung aufgenommen (besonders von Nicht-Vegetariern),
- bei körperlicher Betätigung nicht aus den Muskeln entleert,
- bei Supplementation nicht in den Muskeln angereichert,
- bei Überschuss mit dem Urin ausgeschieden.

Neben diesen kritischen Bemerkungen gehen lediglich Jeukendrup und Gleeson (2010) in deren neuen Ausgabe auf möglicherweise positive Wirkungen ein. Sie berichten von Untersuchungen durch Greenhaff (Nottingham) der mit seinem Team eine Leistungssteigerung um bis zu 15 % (zitiert nach Stephe, 2006) gemessen hat, wenn der Blutzuckerspiegel hoch ist. Dieser (zitiert nach Stephe, 2007) ergänzt später, dass dazu allerdings so hohe Spiegel notwendig seien, dass bei dementsprechend erhöhter Kohlenhydrateinnahme nicht unbedingt ein Vorteil bzgl. eine Fettreduktion zu erwarten wäre. Dies sind möglicherweise zukunftsweisende Erkenntnisse, aber dennoch kein Grund zur Supplementierung, es sei denn, es liegen krankheitsbedingt Mangelzustände vor (Raschka und Ruf, 2012).

4.3 Koffein

Allein die allgemeine Ansicht, die den hohen Konsum rechtfertigt, dass Koffein, z.B. in Kaffee, den Wachheitsgrad fördert, hat die Sportwissenschaft schon lange auf dessen Wirkung aufmerksam gemacht. Mehrere Autoren (Burke, 2008; Hawley, 1998; Jeukendrup und Gleeson, 2010; Raschka und Ruf, 2012; Scientific Committee on Food, 2001; und andere) haben gute Übersichten zu aktuell bekannten Effekten und Nebenwirkungen publiziert. So nennen Raschka und Ruf (2012) besonders folgende Wirkungsbereiche: Die Steigerung des Wachheitsgrades (Vigilanz) und Aufmerksamkeit durch die Adrenalinausschüttung, welche die psychomotorische Leistung (Reaktion, Koordination und Konzentration) fördert. Zum zweiten hat die Koffeineinnahme Konsequenzen für Ausdauersportler, denn durch eine erhöhte Lipolyserate (siehe dazu auch Scientific Committee on Food, 2001; Jeukendrup und Gleeson, 2010), kann ein glykogensparender Effekt gemessen werden. Problematisch scheint hier nur, dass dies bisher nur im Labor und unter Einnahme von reinem Koffein vorgefunden wurde, sodass möglicherweise andere Substanzen im Kaffee diesen Sachverhalt unterdrücken. Durch den direkten Einfluss auf das ZNS werden die Vigilanz (s.o.) und in diesem Zusammenhang auch kurzzeitige Intervallbelastungen, jedoch keine Sprints, gefördert. Die ACSM empfiehlt, um mit geringen Nebenwirkungen möglichst hohe Vorteile zu erzielen, eine Ingestion von 3-6 mg/kg Körpergewicht (ca. zwei Tassen normaler Filterkaffee) ungefähr eine Stunde vor Belastungsbeginn. Nebenwirkungen werden von den Autoren als sehr individuell beschrieben (beispielsweise Herzrhythmusstörungen, Nervosität bis hin zu Halluzinationen u.a.). Zudem könne es zu Wechselwirkungen mit anderen Mitteln, z.B. Kreatin kommen, wodurch die Effekte gegebenenfalls verringert

werden. Eine, wie oft propagiert, diuretische Wirkung wird eher widerlegt und mit Wasser gleichgesetzt (siehe hierzu Armstrong, 2002; Armstrong, Pumerantz, Roti, Judelson, Watson, Dias et. al., 2005). Jeukendrup und Gleeson (2010, S. 265ff.) gehen mehr auf die neurophysiologischen Auswirkungen ein und diskutieren über die gesteigerte Erregbarkeit der Muskelfasern ausgelöst durch den direkten Einfluss auf wichtige Enzyme (z.B. Phosphorylase) und besonders die positiven Veränderungen auf die Kalzium Einströmung und Freisetzung aus dem Sarkoplasmatischen Retikulum. Doch auch schon vorher, bei der Signalübertragung vom Gehirn hin zur motorischen Endplatte kommt es nach einer Supplementierung möglicherweise aufgrund von Katecholamin (z.B. Adrenalin) -und Neurotransmitteranstieg zur Senkung der Reizschwelle für die Rekrutierung von Motoneuronen, erhöhter Iontentransport im Muskel und demnach zur vereinfachten Übertragung von neuronalen Signalen (siehe hierzu auch Scientific Committee on Food, 2001, S.36). Neben den oben bereits aufgeführten negativen Effekten fügen Jeukendrup und Gleeson (2010, S. 270) noch hinzu, dass Koffein offensichtlich keinen Einfluss auf die Schweißrate hat. Im Beitrag von Hawley (1998) geht dieser relativ kurz und prägnant auf Koffeinergänzung ein. Er nennt Steigerung von Vigilanz, Senkung von Anstrengungsgefühl bzw. Reaktionszeit und gibt bei der Verschiebung des Müdigkeitszeitpunkts aufgrund der effektiveren Lipolyse (s.o.) nach hinten sogar einen Wert von 20 % an (er verweist hier auf Ivy, Costill, Fink et al., 1997). Im informativen Symposiumsartikel von Burke (2008) vom Australian Institute of Sport beschreibt dieser sehr ausführlich und unterlegt mit Studien die Effekte von Koffein besonders im Ausdauersport (Empfehlung: vor/während Belastung 2-3 mg/kg KG), aber auch bei intensiven Belastungen von 1 – 20 Minuten Dauer. Hingegen scheint es für Teamsportarten und Sprintleistungen kaum Evidenzen zu geben. Indirekt ermöglicht die Substanz hartes Training, gesteigerte Wachheit, aber möglicherweise auch, besonders bei höherer Dosis Schlafmangel oder andere Nebenwirkungen (s.o.). Aufgrund dessen gilt es zukünftig die kleinste Menge an Koffein herauszufinden, die optimal auf die Leistungsfähigkeit wirkt.

4.4 Taurin

Im Falle des Taurins gehen die positiven Befunde meist nicht über die von Tierstudien hinaus (Eider, 2009). In Studien mit Energydrinks (siehe 4.4.1) werden die Effekte oftmals fehlinterpretiert, da sie eher auf das Koffein und nicht auf Taurin zurückzuführen sind, auch die Verbesserung des Zellschutz (Eider, 2009, S. 57) zitiert nach Zhang, 2004) und die in diesem Zusammenhang betitelte antioxidative Wirkung werden überbewertet (Raschka und Ruf, 2012). Jeukendrup und Gleeson (2010), die die Substanz als kaum verstanden („poorly understood“, S.190) beschreiben, nennen ein Experiment bei dem selbst nach 7 Tagen Supplementierung keine Veränderung in Muskeltaurin, Kohlenhydrat -und Fettstoffwechsel zu messen war. Eider (2009, zitiert

nach Rutherford, 2006; Galloway et al., 2008) berichtet in ihrer Diplomarbeit zudem von zwei Forschungsgruppen, die ebenfalls keine leistungssteigernden Effekte (Untersuchung mit Profiradsportlern und Triathleten, die mit 2000mg Taurin vor der Belastung substituiert wurden, siehe S.58), sowie keine physiologischen Veränderungen vorfanden (Radfahrexperiment mit 1,6g Taurin vor der Belastung, siehe S.58).

Eine Taurinsubstitution ist demnach, laut heutigem Stand unnötig, da die notwendige Menge über die Eigensynthese abgedeckt und gespeichert werden kann. Überschüssige Reste werden über das Urin ausgeschieden. Aufgrund von wissenschaftlichen fundierten Hinweisen bei Ratten, Katzenbabies oder andern Tieren sollte man diese keinesfalls leichtfertig auf den Menschen übertragen und abwarten bis der nötige Forschungsbedarf gedeckt ist.

4.4.1 Beispiel Red Bull

Neben Kaffee hat in der letzten Dekade besonders das aus Österreich stammende Energiegetränk „Red Bull“ (RB) an Zuspruch gewonnen. Dieses möchte ich nun als konkretes Beispiel für ein typisches, kommerziell sehr einfach erhältliches ergogenes Mittel vorstellen. Man sieht viele Sportler, die nach und besonderes auch vor dem Spiel oder Wettkampf das Getränk verzehren. Im Rahmen dieser Ausarbeitung geht es nun um eine speziell auf Red Bull und dessen Inhaltsstoffe (u.a. auch Koffein und Taurin) ausgerichtete Übersicht. In einem Übersichtsartikel von Alford, Cox & Wescott (2001) aus Bristol wurden besonders die Inhaltsstoffe Taurin, Glucuronolacton und Koffein in Bezug auf „psychomotorische Leistung (Reaktionszeit, Konzentration, Gedächtnisleistung), subjektive Aufnahmefähigkeit und körperliche Ausdauer“ betrachtet (S.139). Ihr Ziel war es zu evaluieren, ob die im Handel erhältliche Dose und die kombinierte Wirkung der Inhaltsstoffe einen Effekt auf die gemessenen Daten haben. Hierzu analysierten sie drei Studien: Die erste verglich Mineralwasser und Red Bull, in der zweiten kam noch eine Nicht-Trinker Kontrollgruppe hinzu und in der dritten ersetzte stilles Wasser das Mineralwasser, außerdem wurde hier als Red Bull Alternative ein weiteres Energygetränk („Dummy drink“) gereicht (bzgl. Methoden, siehe S.141). Die Mineralwasser- Studie fand einen signifikanten Effekt im Reaktionszeittest im Vergleich zum einen im Pre –und Posttest, aber auch zwischen den beiden Getränken (RB Trinker waren im Mittel fast 100 ms schneller). Die wichtigsten Resultate für den Konsum von RB in der zweiten Studie waren eine signifikant bessere Aufmerksamkeit („alertness“, S.144) und eine verbesserte aerobe Leistung. Hinzu kommen in der dritten Studie noch deutlich bessere (sig.) Testergebnisse für die Gedächtnisleistung (direkte Wiedererkennung) und anaerober Ausdauer. Hingegen wurden wenige bzw. keine nennenswerten Veränderungen bezüglich des Blutdrucks und der Herzfrequenz gefunden. Des Weiteren liegen andere Studien mit verschiedenen Schwerpunkten bezüglich der abhängigen Variablen vor. Geiß, Jester, Falke, Hamm &

Waag (1994) untersuchten Radfahrleistungen in drei Durchgängen bei 70% der VO₂max, wobei die Fahrer nach 60 Minuten bis zur Ausbelastung beschleunigen sollten. Nach 30 Minuten Fahrzeit bekamen die Testpersonen jeweils immer 500 ml Getränk (U1= RB ohne Taurin / Glucoronolacton, U2= RB ohne Taurin/ Glucoronolacton/ Koffein oder U3= original RB). Das wichtigste Resultat war, dass die Sportler beim U3 (original RB) am leistungsstärksten waren (S.53). Eher kurze Belastungen untersuchten, zum einen Wingatesprints auf dem Rad und Bankdrückleistungen bei Forbes, Candow, Little, Magnus und Chilibeck (2007) und zum anderen Sprintintervalle bei Astorino, Matera, Basinger, Evans, Schurman und Marquez (2011). Letztere testeten 15 Fußballerinnen in 3x8 Sprints unter Placebo oder RB Einfluss (je 255 ml), aber fanden keinen signifikanten Unterschied. Beim Wingate (3 Sprints über 30s mit 2 Minuten Pause) beziehungsweise Bankdrücktest (3 Sätze mit maximaler Wiederholungszahl bei 70 % 1RM und 1 Minute Pause) wurde lediglich beim Bankdrücken eine durchschnittlich um zwei höhere Wiederholungszahl gemessen. Auch bei Ivy, Kammer, Ding, Wang, Bernard, Liao und Hwang (2009), die ebenfalls Radfahrer untersuchten, hier eine Belastung über eine Stunde bei 70% ihrer maximalen Wattleistung (mit 500ml RB versus Placebo 40 Minuten vor Testbeginn), wurde zwar eine Verbesserung gemessen, dennoch ist sich die Arbeitsgruppe nicht sicher, ob dies auf das Getränk zurückzuführen ist.

Zusammengefasst lässt sich weder eine Wirkung, noch eine eindeutige Zurückführung auf eines der Inhaltsstoffe finden. Jedoch entsteht in den meisten Studien der Eindruck, dass wahrscheinlich Koffein den ausschlaggebenden Effekt ausmacht und die anderen Zusatzstoffe eher weniger Einfluss auf den Körper haben (siehe dazu auch die Kapitel zu Koffein und Taurin).

4.5 BCAA

Der generelle Eiweißbedarf liegt je nach körperlicher Aktivität zwischen 1,5 und 2g pro kg Körpergewicht (siehe z.B. Baechle & Earle, 2000; Friedrich, 2006; Jeukendrup und Gleeson, 2004). Je länger und / oder intensiver ein Mensch körperlich tätig ist, desto höher ist sein Bedarf, da es hierbei zur vermehrten „Eiweißabnutzung“ (Friedrich, 2006, S.74) kommt, die kompensiert werden muss. Der Autor führt hier die Wichtigkeit der BCAA's ein und erklärt, dass ein vergrößertes Vorkommen in der Muskelzelle, zu mehr Ribosomenaktivität und somit zu einer gesteigerten Eiweißbiosynthese führe (S.74f.). Er zitiert für eine Empfehlung van Dam (2003), der hier angibt, zehn Minuten nach dem Training erst nur BCAA's (2-4g) zu sich zu nehmen („Reiz für den Strukturaufbau“) und erst eine halbe Stunde später die gewohnten hochwertigen Eiweiße (1,4 – 1,7g/ kg Körpergewicht), welche dann als „Baumaterial“ dienen. Eine genauer biochemische Erläuterung bleibt bei Friedrich (2006) jedoch aus. Burke und Deakin (2010) gehen auf mögliche Nebenwirkungen ein, die sie hauptsächlich bei ei-

ner Einnahme von mehr als 2g annehmen. Laut Neumann (2009) führt eine Ingestion über 2g dazu, dass die übermäßig vorhanden AS im Energiestoffwechsel oxidiert werden. BCAA's schreibt er eine wichtige Rolle bei der Glukoneogenese (Zuckerneubildung, S. 197) zu, da sie in der Leber das Stickstoffgerüst für die Pyruvatbildung liefern. Des Weiteren kann durch die Einnahme vermehrt Glutamin gebildet und freigesetzt werden, was zur Förderung der Lymphozytenproliferation beiträgt (zur detaillierten Beschreibung und Studien hierzu siehe S.198). Ein wohl wesentlich wichtigerer Faktor ist einen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit bei längeren Ausdauerbelastungen, wie Marathon oder Einzelzeitfahren (S. 199). Ein „anaboler Effekt [scheint] (...) sehr wahrscheinlich, [wohl aufgrund] der Zunahme der muskulären und nichtmuskulären Proteinsynthese (...).“ BCAAs wirken dem Abfall der Blutglukose entgegen und unterstützen den Körper auf hormoneller Ebene im Stoffwechsel. Als Folge der geförderten Proteinbiosynthese unterstreicht der Autor eine Regenerationsbeschleunigung, wenn die Proteine „bis zu drei Stunden“ nach der Belastung aufgenommen werden (S.199). In einer Übersicht (S.200) fasst er den Nutzen für Sportler in seiner recht ausführlichen Ausarbeitung der Thematik mit „Förderung der Muskelregeneration, gezielter Muskelaufbau und Erhalt der Immunkompetenz“ zusammen. Blomstrand, Hassmén, Ekblom & Newsholme (1991). führten Untersuchungen mit 30 km Cross Country –und Marathonläufern durch, verglichen mit einer Placebogruppe. Hier wurden, ausgenommen schnelle Marathonfinisher (unter 03:05 St), sowohl mentale, also auch leitungsphysiologische Verbesserungen festgestellt, die mit einer erhöhten Plasmakonzentration einher gingen. Lediglich Friel (2009, S.250f.), der zunächst die oben aufgeführten Ergebnisse bestätigt und sogar mit Dosisempfehlungen vertieft, geht auf mögliche langfristige negative Wirkungen ein und warnt vor einem „Ungleichgewicht in der Versorgung mit Aminosäuren“ (S.251) aufgrund exzessiver BCAA Einnahmen.

5 Evaluation & Ausblick

Nach der Begutachtung und Analyse zahlreicher Studien und Literatur ist die Substitution der oben eingeführten Substanzen nun etwas einsichtiger. Kreatin scheint besonders bei kurzen, intensiven Belastungen (Kraft, Sprint und HIT) einen positiven Effekt zu haben. Hingegen werden Ausdauerathleten vergeblich oder sogar zu ihrem Nachteil supplementieren. Neben einer förderlich bewerteten Kreatin Speichervergrößerung (Grundlage für Leistungssteigerung), wird hingegen die Zunahme von fettfreier Masse (ca. 1000g), vornehmlich durch Wassereinlagerung kritisiert. Problematisch scheinen jedoch eher lebensbedrohliche Einzelfälle, die mit einer Einnahme in Verbindung gebracht werden, gastro-intestinale Zwischenfälle und im Besonderen das Fehlen von Langzeituntersuchungen und Wechselwirkungsanalysen mit anderen Mitteln. Bei Kreatinspeicher im Muskel bleibt die Frage, inwiefern dieser genetisch determiniert ist

und somit eine Rolle bei einer möglichen Vergrößerung spielt. Dies könnte auch eine Ursache dafür sein, ob eine Person als Non-Responder keinen Effekt, auch in den oben genannten Aktivitäten erzielt.

Anders gestaltet sich die allgemeine Meinung gegenüber (L-)Carnitin, dem eine literaturübergreifende Wirkungslosigkeit angeheftet wird. Die von nahezu allen Autoren aufgeführten Schlussfolgerungen über eine leistungsverbessernde Funktion, wie gesteigerter Transport der freien Fettsäuren ins Mitochondrium, vermehrte Energiebereitstellung aus Fetten oder Drosselung der anaeroben Energiegewinnung, konnte ausnahmslos widerlegt werden. Hier fällt besonders der Mangel an aussagekräftigen Replikationsstudien und die schlechte statistisch-methodische Arbeitsweise (z.B. fehlende Kontrollgruppe, unterschiedliche Dosis oder Belastungen u.a.) auf. Im Sinne der Leistungssteigerung im Sport scheint eine Supplementierung von Carnitin zu diesem Zeitpunkt dementsprechend zwecklos und sollte nicht durch kommerzielle Werbemaßnahmen überbewertet werden.

Spricht man über Kaffee denkt man wohl, bevor man an Sport denkt, eher an eine Steigerung des Wachheitsgrades (Vigilanz). Jedoch resultieren offensichtlich viele Effekte, z.B. im Ausdauersport, auf genau diese Auswirkungen im Zentralen Nervensystem. Besonders wird hierdurch die psychomotorische Leistungsfähigkeit, beschrieben durch Konzentration, Reaktion oder Merkfähigkeit, verbessert. Belegt ist wahrscheinlich einen positiver Nutzen für den Ausdauersport, denn aufgrund einer gesteigerten Lipolyserate hat Koffein einen glykogensparenden Effekt. Zudem liegen Untersuchungen betreffend neurologischer Prozesse (besonders bezüglich Kalzium in der Muskulatur) vor, die auch Verbesserungen kurzzeitiger Belastungen, vermutlich bis zu 20 Minuten Aktivitätsdauer, bestätigen. Der oftmals angekreidete diuretische Effekt, der besonders Kaffee zugeschrieben wird, ist eher auf eine erhöhte Flüssigkeitszunahme zurückzuführen. Lediglich in Spielsportarten und Sprint bzw. Maximalkraftbelastungen scheint es bis dato keine positiven Befunde zu geben. Nebenwirkungen, wie Herzrasen, Durchfall etc. kommen zwar häufiger vor, sind jedoch sehr individuell und sollten vor einer Ingestion, besonders vor einem Wettkampf, getestet und nur bei guter Verträglichkeit angewandt werden.

Taurin, oftmals mit Koffein verknüpft, wird hingegen bisher keine Wirkung oder positive Veränderung zugeschrieben. Studien, die zukunftsweisende Ergebnisse aufzeigen, wurden bisher nur an Tieren durchgeführt. Zudem wird der Bedarf über die Eigensynthese beim gesunden Menschen vollkommen gedeckt. Aufgrund dessen kann man auf eine Supplementierung verzichten.

Anders als beim Taurin, schein die Einnahme von BCAAs bzw. Proteinen in einigermaßen moderaten Mengen förderlich zu sein. Hierzu wurden besonders Untersuchungen im Bereich des Muskelaufbaus (Anabolismus), Verhinderung des Muskelabbaus (Katabolismus) und Regenerationsfähigkeit bzw. Ermüdungsresistenz durchgeführt. Auch wenn die Studienlage hier recht deutliche Aussagen wagt, sollte man den-

noch vorsichtig sein. Zum einen werden zu hohe Dosen oftmals einfach als Energieträger oxidiert und somit in Bezug auf die oben beschriebenen Wirkungen nutzlos und zum anderen erwähnt Friel (2009, S.250f.) ein ungesundes „Ungleichgewicht in der Versorgung mit Aminosäuren (...)“ und die damit ggf. verbundenen langfristigen gesundheitlichen Folgen.

Allgemein lässt sich zusammenfassen, dass für alle ergogenen Substanzen richtungsweisende Studien vorliegen. Man muss allerdings auch ganz klar betonen, dass diese keine Evidenzen für oder gegen die Supplementierung der oben genannten Beispiele enthalten. Neben den bekannten und beschriebenen Nebeneffekten, die allerdings nicht generalisierbar, sondern eher auf Einzelfälle zurückzuführen sind, ist der größte Kritikpunkt die Vorgehensweise bei statisch-methodischen Arbeiten. Neben Kontrollgruppen und sehr unterschiedlichen Dosen bzw. Testzeitpunkten wird speziell die zu kurze Studiendauer bemängelt, sodass in der Regel Langzeiteffekte nicht untersucht und demzufolge unzureichend bekannt sind. Letztlich liegt es an jedem Athleten selbst herauszufinden, ob die betreffenden Substanzen einen leistungssteigernde Wirkung hervorrufen oder nicht. Dies ist grundsätzlich legitim, solange er nicht gegen Dopingauflagen verstößt. Zudem sollte ihm etwas daran liegen, seine Gesundheit in den Vordergrund zu stellen und nicht aufgrund von 2% mehr Leistung unangenehme Schmerzen oder Gewichtsprobleme in Kauf zu nehmen. Obwohl noch keine lebensgefährlichen bzw. drastischen Nebeneffekte gefunden wurden, ist es jedoch empfehlenswert, mit einem erfahrenen Arzt oder Trainer Rücksprache zu halten und die leistungsbestimmenden Parameter bzw. Blutwerte regelmäßig kontrollieren zu lassen. Hier gilt es, besonders im Kinder –und Jugendbereich, Aufklärungsarbeit zu leisten, da leistungssteigernde Mittel immer mehr und immer früher an Sportler herangetragen werden. Wie bereits in einem früheren Abschnitt hervorgehoben, sollte man ein besonderes Augenmerk auf die Sauberkeit der Produkte werfen. Hierzu wurde die sogenannte Kölner Liste eingerichtet, die regelmäßig Substanzen großer Hersteller prüft und die Ergebnisse online frei zugänglich aufführt. Abschließend eine Bemerkung von Beachle & Earle (2000): „Reliance on ergogenic substances may distract the athlete from full attention to proven training techniques, and even effective substances may produce side effects that emerge at just the wrong time and hinder peak performance. [Inhaltlich wiedergegeben: Die Verlässlichkeit auf ergogene Substanzen führt möglicherweise zur Vernachlässigung bewährter Trainingsmethoden, gegebenenfalls sogar zu Nebeneffekten, die, wenn sie zum falschen Zeitpunkt auftreten den Athleten am Erreichen seiner maximalen Leistungsfähigkeit hindern.]“

6 Literaturverzeichnis

Alford, C., Cox, H. & Wescott, R. (2001). The effects of Red Bull Energy Drink on human performance and mood. *Amino Acids*, 21, 139 – 150.

Armstrong, L. (2002). Caffeine, body fluid-electrolyte balance, and exercise performance. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, 12, 189 – 206.

Armstrong, L., Pumerantz, A., Roti, M., Judelson, D., Watson, G., Dias, J. et. Al. (2005). Fluid, electrolyte, and renal indices of hydration during 11 days of controlled caffeine consumption. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*, 15, 252 – 265.

Astorino, T., Matera, A., Basinger, J., Evans, M., Schurman, T. & Marquez, R. (2011). Effects of red bull energy drink on repeated sprint performance in women athletes. *Amino Acids*.

Beachle, T. & Earle, R. (2000). *Essentials of Strength Training and Conditioning*. Champaign: Human Kinetics.

Blomstrand, E., Hassmén, P., Ekblom, B. & Newsholme, E. (1991). Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise – effects on performance and on plasma concentration of some amino acids. *European Journal of Applied Physiology*, 63, 83 – 88.

Brouns, F. (1993). *Die Ernährungsbedürfnisse von Sportlern*. Berlin: Springer.

Burke, L. (2008). Caffeine and sports performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33, 1319 – 1334.

Burke, L. & Deakin, V. (2010). *Clinical Sports Nutrition*. North Ryde: Sports Medicine Series.

Burgenstein, U. (2007). *Handbuch Nährstoffe*. Stuttgart: Haug Verlag.

Calfee, R. & Fadale, P. (2006). Popular Ergogenic Drugs and Supplements in Young Athletes. *Official Journal of the American Academy of Pediatrics*. 117(3), 577 – 589.

Cerretelli P. and C. Marconi. (1990). L-carnitine supplementation in humans. The effects on physical performance. *Int. J. Sports Med.* 11, 1-14.

Diedrich, H. (2002). *Nahrungs-Ergänzungsmittel*. Köln: Sport und Buch Strauß.

Eidler, C. (2009). *Ergogene Substanzen im Sport - Eine ernährungsphysiologische Beurteilung von L-Carnitin, Kreatin, Coffein, Taurin und Cholin*. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Universität Wien.

Forbes, S., Candow, D., Little, J., Magnus, C. & Chilibeck, P. (2007). Effect of Red Bull Energy Drink on Repeated Wingate Cycle Performance and Bench-Press Muscle Endurance. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17, 433 – 444.

Friedrich, W. (2006). *Optimale Sporternährung*. Balingen: Spitta Verlag.

Friel, J. (2009). *Die Trainingsbibel für Radsportler*. Bielefeld: Covadonga Verlag.

Geiß, K., Jester, I., Falke, W., Hamm, M. & Waag, K. (1994). The effect of a taurine-containing drink on performance in 10 endurance-athletes. *Amino Acids*, 7, 45 – 56.

Geyer, H., Parr, M., Mareck, U., Reinhart, U., Schrader, Y. & Schänzer, W. (2004). Analysis of non-hormonal nutritional supplements for anabolic-androgenic steroids – results of an international study. *International Journal of Sports Medicine*, 25(2), 124 – 129.

Harris, R., Soderlund, K. & Hultman, E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science*, 83, 367 – 374.

Hawley, J. (1998). Fat Burning During Exercise. *The physician and sportsmedicine*, 26(9).

Heinonen, O. (1996). Carnitine and physical exercise. *Sports Med*, 22(2), 109 – 132.

Ivy, J., Kammer, L., Ding, Z., Wang, B., Bernard, J., Liao, Y. & Hwang, J. (2009). Improved Cycling Time-Trial Performance After Ingestion of a Caffeine Energy Drink. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 19, 61 – 78.

Jeukendrup, A. & Gleeson, M. (2004). *Sport Nutrition*. Champaign: Human Kinetics.

Jeukendrup, A. & Gleeson, M. (2011). *Sport Nutrition*. Champaign: Human Kinetics.

Kreider, R., Ferreira, M. & Wilson, M. (1998). Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Medicine Science Sports & Exercise*, 30, 73-82.

Maid-Kohnert, U. (2002). *Lexikon der Ernährung*. Heidelberg: Spektrum.

Molinerio, O. & Márquez, S. (2009). Use of nutritional supplements in sports: risks, knowledge, and behavioral-related factors. *Nutricion Hospitalaria*, 24(2), 128 – 134.

Nebel, R. (2002). Creatin im Sport – Ergogenes Supplement?. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53(7+8), 213 – 220.

Negro, M., Giardina, S., Marzani, B. & Marzatico, F. (2008). Branched-chain amino acid supplementation does not enhance athletic performance but affects muscle recov-

ery and the immune system. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 43(3), 347 – 351.

Neumann, G. (2009). *Ernährung im Sport*. Aachen: Meyer & Meyer.

Pinel, J. (2007). *Biologische Psychologie*. München: Pearson.

Raschka, C. & Ruf, S. (2012). *Sport und Ernährung*. Stuttgart: Thieme Verlag

Ryan, C. & Fadale, P. (2006). Popular Ergogenic Drugs and Supplements in Young Athletes. *Official journal of the American Academy of Pediatrics*, 117(3), 577 – 589.

Scientific Committee on Food. (2000). *Opinion of the Scientific Committee on Food safety aspects of creatine supplementation*.

Scientific Committee on Food. (2001). *Report of the Scientific Committee on Food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen*.

Schek, A. (1994). Ist eine L-Carnitin-Substitution bei Sportlern sinnvoll?. *Leistungssport*, 2, 29 – 35.

Schek, A. (2011). *Ernährungslehre kompakt*. Sulzbach im Taunus: Umschau Zeitschriftenverlag.

Tarnopolsky, M. (2011). Caffeine and Creatine Use in Sport. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 57(2), 1 – 8.

Vandenbergh, K., Goris, M., Van Hecke, M., Van Leemputte, M., Vangerven & Hespel, P. (1997) Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 83(6), 2055 – 2063.

Volek, J., Duncan, N. & Mazzetti, S. (1999). Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Medicine Science Sports & Exercise*, 31, 1147 – 1156.

Vukovic, M., Costill, D. & Fink, W. (1994). Carnitine supplementation: effect on muscle carnitine and glycogen content during exercise. *Med Science Sports and Exercise*, 26, 1122 – 1229.

Wagenmakers, A. (1991). L-Carnitine supplementation and performance. In: Brouns, F. (1991). *Advances in nutrition and top sport*. 32, 110 – 127.

Williams, M., Kreider, R. & Branch, J. (1999). *Creatine the power supplement*. Champaign: Human Kinetics.