

Nahrungsergänzungsmittel im Freizeit- und Leistungssportbereich – Kritische Evaluation eines aktuellen Reviews zur Sporternährung

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Science im Fachbereich Diätetik

Hochschule Neubrandenburg



Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften
Studiengang Diätetik

Durchgeführt an dem Deutschen Institut für
Sporternährung e.V. (DIESE), Bad Nauheim

Eingereicht von: **Sven Heitland**

1. Prüfer/in: Prof. Dr. rer. Nat. Luzia Valentini
2. Prüfer/in: Dipl. oec. troph. Uwe Schröder

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis.2019-0001-3

Bielefeld, den

Inhaltsverzeichnis

Abstrakt (deutsch)	II
Abstract (english)	III
1. Einleitung und Zielsetzung.....	1
2. Theoretischer Hintergrund.....	3
2.1. Definition Nahrungsergänzungsmittel.....	3
2.2. Allgemeiner NEM Konsums	4
2.3. Gründe für die NEM-Einnahme beim Sport.....	4
2.4. Nebenwirkungen von NEM	5
2.5. NEM im Freizeitsport	6
2.5.1. Definition Freizeitsport.....	6
2.5.2. Prävalenz von NEM im Freizeitsport.....	7
2.5.3. Gründe für den NEM-Konsum	8
2.5.4. Problematik von NEM im Freizeitsport.....	9
2.6. Theoretischer Hintergrund im Leistungssport.....	10
2.6.1. Definition Leistungssport	10
2.6.2. Prävalenz von NEM im Leistungssport	11
2.6.3. Gründe für den NEM-Konsum	12
2.6.4. Problematik von NEM im Leistungssport	13
3. Methodik.....	14
3.1. Zielgruppenanalyse.....	15
3.2. Flowchart zur Herangehensweise der Artikelerstellung	17
4. Ergebnis/Artikel	18
4.1 Artikel Ernährungs Umschau	18
4.2 Artikel Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.....	29
5. Konklusion.....	43
6. Literaturverzeichnis	45
7. Anhänge.....	49
8. Eidesstattliche Versicherung	55

Abstrakt (deutsch)

Nahrungsergänzungsmittel (NEM) liegen im Trend und sind ein weltweit wachsender Markt. Im Freizeitsport liegt die Prävalenz des NEM-Konsums etwa bei 60%, im Leistungssport bis zu 100%, um die Leistung zu steigern, die Regeneration zu beschleunigen oder aus gesundheitlichen Gründen. Allerdings existieren etliche Präparate, die erfolgsversprechende Effekte suggerieren und/oder „verbotene“ Substanzen enthalten oder bei einer Überdosierung zu leistungseinschränkenden Nebenwirkungen führen können. Die International Society of Sports Nutrition (ISSN) veröffentlichte im August 2018 einen Review, der viele der gängigen NEM zusammenfasst und bewertet. Ziele der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung von zwei Artikeln für zwei Fachartikel mit unterschiedlichen Schwerpunkten (Ernährungs Umschau: Freizeitsport; Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin: Leistungssport). Dabei werden die Wirkung, Nutzen, Dosierung und Nebenwirkungen ausgewählter NEM anhand der Vorgaben der ISSN evaluiert, durch zusätzliche Recherchen ergänzt und speziell für den Einsatz im Freizeit- bzw. Leistungssport evaluiert. Im Ergebnis zeigte sich, dass eine Proteinsupplementation direkt nach dem Sport die Regeneration fördern kann. Zur Leistungssteigerung bei kurzzeitigen intensiven oder intermittierenden Belastungen kann eine chronische Zufuhr von β -Alanin, Kreatin oder eine akute Zufuhr von Natrium-Bicarbonat unterstützend wirken. Eine akute Nitrat-Supplementation kann die Leistung bei Belastung bis etwa 40 Minuten steigern. Aufgrund der vielfältigen Wirkmechanismen des Koffeins ist es vielseitig einsetzbar sowohl bei kurzzeitig intensiven als auch langandauernden Belastungen sowie Teamsportarten. Die Einnahme von BCAA oder Arginin ist jedoch aufgrund der geringen Evidenz zur ergogenen Wirkung nicht empfehlenswert. Zur Steigerung der Leistungsfähigkeit können einige NEM hilfreich sein, sollten aber mit fachkundigen Personen abgesprochen werden, da NEM keine ausgewogene Ernährung und hartes Training ersetzen.

Abstract (english)

Dietary supplements (DS) are in vogue and are a growing market worldwide. In recreational sports, the prevalence of NEM consumption is about 60%, in competitive sports up to 100%, to increase performance, accelerate recovery or for health reasons. However, there are several preparations that suggest promising effects and / or contain "forbidden" substances or, in the case of an overdose, can lead to performance-limiting side effects. The International Society of Sports Nutrition (ISSN) published a review in August 2018 that summarizes and rates many of the common DS. The aim of the present work is the preparation of two articles for two specialized articles with different emphases (Ernährungs Umschau: recreational sport; Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin: competitive sport). The effects, benefits, dosage and side effects of selected NEM are evaluated based on the ISSN guidelines, added by additional research and evaluated specifically for use in recreational and competitive sports. The result showed that protein supplementation directly after exercise can promote regeneration. To increase performance during short-term intense or intermittent exercise, a chronic intake of β -alanine, creatine, or an acute intake of sodium bicarbonate may be helpful. Acute Nitrate Supplementation can increase performance under load up to about 40 minutes. Due to the diverse mechanisms of action of caffeine, it is versatile in both short-term intense and long-lasting stress as well as team sports. The intake of BCAA or arginine, however, is not recommended due to the low evidence of ergogenic effects. To improve performance, some DS may be helpful, but should be discussed with knowledgeable persons because DS are not a substitute for balanced nutrition and hard training.

1. Einleitung und Zielsetzung

Sind Nahrungsergänzungsmittel (NEM) im Freizeit- sowie im Leistungssportbereich notwendig bzw. sinnvoll? Oder beinhalten sie nur leere Versprechen? NEM sind in Deutschland ein großer und wachsender Markt, so zeigt eine aktuelle Metaanalyse der Insight Health, dass von April 2017 bis März 2018 ca. 13 Mio. NEM mehr gekauft wurden als im gleichen Zeitraum im Jahr davor. Im Jahr 2018 wurden 225 Mio. NEM mit einem Umsatzwert von ca. 1,44 Mrd. Euro verkauft [1], 3 Jahre zuvor waren es nur 153 Mio. NEM [2]. Vor allem im Freizeit- und Leistungssportbereich nimmt die Bedeutung von NEM stetig zu, insbesondere um die Leistung und Regeneration sowie allgemein die Gesundheit zu fördern und unterstützen. Zusätzlich zeigte sich, dass 25% der Frauen und 18% der Männer in Deutschland NEM verwenden ohne jegliche ärztliche Empfehlung [2]. Dabei hängt der NEM-Gebrauch von verschiedenen Faktoren wie dem Geschlecht, Alter, der Sportdisziplin und der aktuellen Sportsaison (Wettkampf/-vorbereitung, Regenerations-/Training) ab [3, 4].

Weiterhin werden im nahezu jedem Lebensmitteleinzelhandel oder Drogeriemarkt Supplemente angeboten, mit unterschiedlichsten Bezeichnungen wie „Functional Food“, „Nutraceutical“ oder „Sport-Booster“ uvm. eine gesundheitliche oder leistungsfördernde Wirkung suggerieren sollen [5]. Allerdings können Supplemente aufgrund von Überdosierungen oder Polypharmazie zu beträchtlichen Nebenwirkungen führen, zusätzlich besteht die Gefahr, der Kontamination. Durch Verunreinigungen oder beabsichtigter Zusatz können anabole Steroide oder Stimulantien enthalten sein, die bereits in sehr geringen Mengen zu Disqualifizierung im Leistungssport führen [5]. Vor allem ausländische Produkte aus dem Internet weisen ein erhöhtes Kontaminationsrisiko auf, auch mit chemisch toxischen Substanzen [6].

Trotz der negativen Aspekte werden NEM, wie oben erwähnt, regelmäßig konsumiert. Aufgrund des riesen Angebotes an Supplementen fällt eine Auswahl schwer, zumal den unterschiedlichen Ansprüchen im Freizeit- und Leistungssportes bestehen. Zudem sind einige Supplemente hinsichtlich ihrer Wirkung zur Leistungssteigerung schlechter und einige besser erforscht und auch in bestimmten Sportbereichen eher sinnvoll als andere. Daher veröffentlichte die International Society of Sports Nutrition (ISSN) einen Review im August 2018, der viele der gängigen Supplemente zusammenfasst und hinsichtlich ihrer Evidenzlage zur Wirkung, Regeneration und Sicherheit im Leistungs- und Freizeitsportbereich zuordnet (genauerer siehe Tabelle 2 im Anhang Seite 49). Weiterhin beinhaltet das Review Definitionen von NEM und ergogenen Hilfsmitteln und deren Gesetzgebung. Zum anderen gibt es generelle Empfehlungen zu Ernährungsstrategien für die Makro- und Mikronährstoffzufuhr, um so die Regeneration und Leistung zu steigern [7].

Anhand dieser Grundlage ist das Ziel der vorliegenden Arbeit zu überprüfen, ob die Einnahme von ausgewählten NEM in gewissen Situationen, bspw. zur Steigerung der Regeneration oder der sportlichen Leistungsfähigkeit, sinnvoll ist unter kritischer Betrachtung und Hinzunahme aktueller Literatur. Dafür werden zwei Fachartikel für Fachzeitschriften mit unterschiedlichen Kollektiven verfasst. Zum einen für die Ernährungs Umschau, mit dem Schwerpunkt im Bereich des Freizeit- und Hobbysports und zum anderen die Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, mit dem Schwerpunkt im Leistungssport.

Der Artikel für die Ernährungs Umschau, eine Fachzeitschrift für Fachkräfte aus dem Bereich der Ernährung und Diätetik, soll auf eine richtige Anwendung und Dosierung der angesprochenen NEM hinweisen, um die Ziele engagierte Freizeitsportler zu unterstützen. Zudem soll auf eventuelle Nebenwirkungen und Produkte mit geringer Evidenz hingewiesen und allgemein die Notwendigkeit diskutiert werden, um unnötige Kosten zu vermeiden. Für die Sportmedizin soll eine Auswahl ausgewählter NEM dargelegt werden, welche eine legale Leistungssteigerung ermöglicht. Um den Konsum verbotener Substanzen und eine Disqualifikation vorzubeugen.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1. Definition Nahrungsergänzungsmittel

Auch wenn NEM zu den Lebensmitteln gehören, werden sie in Deutschland nach der Nahrungsergänzungsmittel-Verordnung (NemV) gehandhabt, welche die Vorgaben der europäischen Richtlinie 2002/46/EG (Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Nahrungsergänzungsmittel) umsetzt [8]. Sie gehören nicht zu den Arzneimitteln, obwohl die Darreichungsform und Dosierung vergleichbar sind. Sie sind nicht verschreibungspflichtig und außerhalb von Apotheken käuflich wie Drogerie- oder Supermärkte [9].

Definiert werden NEM unter drei Gesichtspunkte [8]:

1. Zur Ergänzung der allgemeinen Ernährung.
2. Es enthält Nährstoffe oder sonstige Stoffe in konzentrierter Form mit physiologischer oder ernährungsspezifischer Wirkung, entweder allein oder als eine Zusammensetzung.
3. Sie werden in dosierten Formen, wie Pillen, Kapseln, Tabletten, Pulver oder Flüssigampullen zur Aufnahme in abgemessenen kleinen Mengen in den Verkehr gebracht

Die Inhaltsstoffe, die NEM zur Ergänzung der Ernährung liefern sind Vitamine, Mineralstoffe, einschließlich der Spurenelemente können aber zur Ergänzung auch weitere Stoffe enthalten wie sekundäre Pflanzenstoffe (SPS), Ballaststoffe, Aminosäuren, essentielle Fettsäuren, oder verschiedene Kräuterextrakte [8].

Allerdings gibt es beim Einsatz von NEM zwei Auslegungen und es ist zu differenzieren zwischen Substitution und Supplementation. Beide Wörter stammen aus dem lateinischen, wobei Substitution mit „Ersatz“ und Supplementation mit „Ergänzung“ übersetzt werden können [10]. Bei der Substitution wird bei nachgewiesener Mangelerkrankung oder Unterversorgung laut Labordaten gezielt Fehlendes (bspw. notwendige Makro- oder Mikronährstoffen) ersetzt [9]. So ist beispielsweise eine Vitamin D-Substitution bei älteren Personen aufgrund geringerer Synthesefähigkeit oder Sonnenlichtexposition empfehlenswert [11]. Im Unterschied dazu besteht in der Regel bei einer Supplementation, worauf sich die Arbeit konzentriert, keine nachweisbare Mangelerkrankung oder Unterversorgung. Supplemente werden häufig wegen der individuellen Vermutung eines erhöhten Bedarfs oder einer erhofften ergogenen Wirkung eingenommen [9].

2.2. Allgemeiner NEM Konsums

Auf nationaler Ebene nehmen etwa 28% der Gesamtbevölkerung freiverkäufliche Nahrungsergänzungsmittel wie Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente oder auch Proteinpräparate ein. Aufgeteilt nach dem Geschlecht, nehmen mehr Frauen als Männer NEM für die allgemeine Gesundheit ein (28% vs. 22%). Etwa 0,6% der teilgenommenen Personen an der Nationalen Verzehrs Studie II gaben an Protein- und Formulaprodukte zur Gewichtsabnahme zu verwenden [12]. Im Jahr 2012 stieg der allgemeine Supplementgebrauch auf etwa 32%, höher war er in den USA und Serbien mit je 56% und Dänemark mit 72% [5]. Primärer Grund für den generellen Konsum ist der gesundheitliche Nutzen, wie die Vermeidung von Krankheiten bzw. Aufrechterhaltung der Gesundheit, verbesserte Immunabwehr oder zum Ausgleich einer unausgewogenen Ernährung [13, 14]. Somit stehen Multivitamin-/ Multimineralstoff-Präparate oder einzelne Spurenelemente, Omega 3 Fettsäuren oder auch Kräuterextrakte wie beispielsweise aus Ginseng oder Knoblauch im Vordergrund [14-16]. Die häufigsten Bezugsquellen sind Drogerie- oder Supermärkte. Etwa 41% wurden in Drogeriemärkten und 33% im Lebensmitteleinzelhandel verkauft. Der online Einkauf über Versandapotheken beträgt zwar nur 7%, jedoch haben im Vergleich zum Vorjahr diesen Bezugsweg mehrere Personen genutzt, so dass hier der größte Zuwachs zu verzeichnen war von 23%. Der direkte Einkauf in Apotheken vor Ort betrug etwa 19% [1].

Da für die Artikel zwei unterschiedliche Schwerpunkte gelegt wurden, werden diese und die Zielgruppen ab 2.5 separat erläutert.

2.3. Gründe für die NEM-Einnahme beim Sport

Ziel der Einnahme von Supplementen im Sportbereich ist es eine ergogene Wirkung (förderlichen Effekt) zu erzielen. Das heißt beispielsweise eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit-Kapazität, Trainingsadaption bzw. Trainingseffizienz, eine schnellere Regeneration nach dem Training oder die Verletzungsprävention. Bei der Vielzahl an erhältlichen Produkten bringen jedoch nur wenige einen förderlichen Effekt, der wissenschaftlich belegt ist [7]. Viele Produkte suggerieren durch ihre Aufmachung oder Namensgebung einen ergogenen Effekt und verleiten einen zum Konsum ohne jegliche Wirkung und schlimmstenfalls mit gesundheitsschädlichen Folgen [5].

Nicht nur bestimmte Supplemente wirken ergogen, sondern auch jegliche Trainingstechniken, Ernährungsbestandteile oder Ernährungspraktiken, pharmalogische oder auch psychologische Methoden, die die zuvor genannten Aspekte verbessern können. Dabei kann eine Supplementierung entweder chronisch über Wochen bis Monate erfolgen, wodurch beispielsweise die Maximalkraft, Laufgeschwindigkeit oder die Arbeitsleistung während der

Übungen erhöht wird. Andererseits können auch akute Supplementation einen Nutzen bringen, um die Leistung bei der folgenden Belastung oder die Regeneration danach zu verbessern [7].

Neben den Supplementen für die allgemeine Gesundheit, wie Vitamin- und Mineralstoffpräparate, Sekundäre Pflanzenstoffpräparate, Probiotika oder für die Immunfunktion (Beispiele: Vitamin C und E, Echinacea, Quercetin, Zink, Selen oder Omega-3-Fettsäuren) spielen vor allem die Supplemente eine große Rolle, welche eine ergogene Wirkung aufzeigen. Zu den bekannteren gehören beispielsweise Kreatin-Monohydrat, Koffein und Beta-Alanin. Auch Mittelkettige Fettsäuren, Verzweigt-kettige Aminosäuren oder Nitrate sind geläufig. Allerdings bewirkt eine Vitamin- oder Mineralstoffsupplementation keinen ergogenen Effekt, solange kein Defizit besteht [7]. Eine genauere Übersicht von relevanten Supplementen im Sportbereich mit den dazugehörigen erhofften Wirkungen und eventuellen Nebenwirkungen kann der Tabelle 3 im Anhang Seite 50 entnommen werden.

2.4. Nebenwirkungen von NEM

Bei der Einnahme von NEM können Nebenwirkungen auftreten. Primäre Ursache ist eine zu hohe Dosierung aufgrund von Unwissen, beispielsweise können fettlösliche Vitamine (A, D, E, K) zu toxischen Konzentrationen und Nebenwirkungen führen [5]. Somit spielt der unangemessene Gebrauch von NEM eine große Rolle bei Nebenwirkungen, wenn sich nicht an die Vorgaben gehalten wird. Gewöhnliche NEM wie beispielsweise Eisen können so bei gut gefüllten Eisenspeichern zu Erbrechen und Bauchschmerzen führen, auf lange Sicht sogar bis hin zur Hämochromatose und Leberversagen [5]. Allerdings sind auch geringere Nebenwirkungen wie Übelkeit, Bauchschmerzen oder Schwindel ausreichend, um das Training zu stören oder auch die Teilnahme beispielsweise an Turnieren/Wettkämpfen zu verhindern [17].

Der Effekt bei dem chronischen Konsum von mehreren verschiedenen Produkten ist noch wenig untersucht, allerdings wird häufiger von Nebenwirkungen berichtet wie Akne, Herzrasen, Stimmungsschwankungen und gastrointestinale Beschwerden [18]. Wobei mehr Männer als Frauen Nebenwirkungen aufweisen. Grund dafür kann der höhere Konsum bei Männern sein [3, 18]. Zwar gelten die meisten Supplemente als sicher, wenn sie in den empfohlenen Mengen eingenommen werden, aber es besteht zusätzlich ein gewisses Risiko bei eventuellen Wechselwirkungen mit anderen Präparaten sowie einer versehentlichen Verunreinigungen (Blei, Glas, Metall) oder kontaminiert mit Stimulantien, Östrogen-Verbindungen, Diuretika oder Anabolika sind [17, 19]. Da NEM dem Lebensmittel- und nicht der Arzneimittelverordnung unterliegen, sind bspw. Hersteller auf Internetseiten nicht dazu

verpflichtet die Wirksamkeit bzw. Unbedenklichkeit von den NEM nachzuweisen oder müssen nicht auf Wechselwirkungen mit anderen Präparaten geprüft werden [20].

Eine genauere Übersicht von relevanten Supplementen im Sportbereich mit den dazugehörigen erhofften Wirkungen und auch eventuellen Nebenwirkungen kann der Tabelle 3 im Anhang Seite 50 entnommen werden.

Eine retrospektive Datenerhebung von 63 Notfalldiensten von 2004 bis 2013 aus den USA zeigt das Ausmaß beim unangemessenen Gebrauch von NEM [21]. Pro Jahr werden etwa 23.000 Notfallaufnahmen (davon ca. 2.150 stationäre Aufnahmen) aufgrund von NEM Nebenwirkungen registriert, nicht nur aufgrund von Überdosierungen. Die häufigsten Betroffenen waren junge Erwachsene im Alter von 20 bis 34 Jahren (28%), welche hauptsächlich wegen pflanzlichen oder ergänzenden Produkten (65,9%) eine Notfallstation besuchten. Am häufigsten traten relevante Nebenwirkungen bei Gewichtsreduzierungsprodukten (25,5%) und Produkte zur Energiebereitstellung (10%) auf. Den geringsten Anteil für die Aufnahme bei einem Notdienst mit etwa 2,3% machte der Gebrauch von mehr als einem NEM aus. Neben gewöhnlichen allergischen Reaktionen traten Symptome wie Herzrhythmusstörungen, Tachykardie oder Brustschmerz vor allem bei Produkten zur Gewichtsreduzierung zu 42,9% und bei Energie-Produkten zu 46% auf. Jede Dritte Person berichtete von Kopfschmerzen, Schwindel oder akuten sensorischen oder motorischen Beeinträchtigungen und etwa jeder Fünfte von abdominellen Beschwerden wie Schmerzen, Übelkeit oder Erbrechen. Beim Betrachten der Fallzahlen pro Jahr stellte sich heraus, dass es von 2004 bis 2005 etwa 20.520 Notfälle gab. Im Zeitraum von 2012 bis 2013 stieg die Anzahl der Notfälle auf etwa 26.780. Diese Erhöhung war zwar nicht signifikant ($p=0,09$), allerdings lässt sich ein Trend erkennen [21].

2.5. NEM im Freizeitsport

2.5.1. Definition Freizeitsport

Freizeitsport wird in der Freizeit von den jeweiligen Individuen ausgeübt, wobei auch Schulsport und Betriebssport dazuzählt. Vergnügen, Ausgleich zum Alltag (Bewegungsmangel) oder der körperlichen Fitness stehen dabei im Vordergrund. Die Ausübungen können dabei vielfältige Formen annehmen und werden gelegentlich oder wenige Male pro Woche getätigt. Eine allgemeine Betreuung kann durch Institutionen oder Vereine gewährleistet werden. Insgesamt ist der Freizeitsport mit geringen Kosten verbunden und kann nicht nur die Lebensqualität verbessern, sondern auch die Individualisierung fördern und neue soziale Kontakte bilden [22].

2.5.2. Prävalenz von NEM im Freizeitsport

Beim NEM-Konsum im Freizeitsport, bei sportlich aktiven Personen bzw. Besuchern der Fitnessstudien, nimmt nicht nur der relative Anteil, sondern auch die Vielfalt zu. Beispielsweise nehmen bei einer Erhebung der Prävalenz des NEM-Gebrauches rund 57% der Fitnessstudiobesucher NEM. Das häufigste und geläufigste dabei waren Proteinpräparate wie Shakes oder Riegel mit 48%, genauere Verteilungen können aus der Abbildung 1 entnommen werden [3].

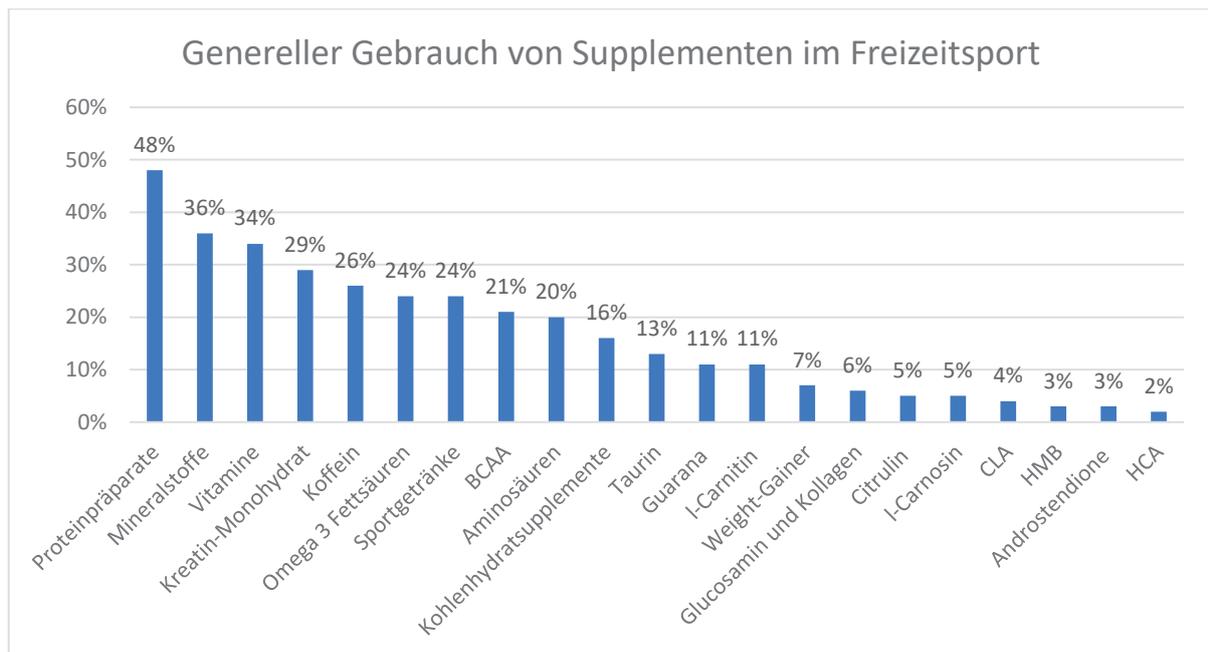


Abbildung 1: Eingenommene Supplementen im Freizeitsport, Mehrfachnennung möglich, BCAA=verzweigt-kettige Aminosäuren, CLA=Konjugierte Linolsäure, HMB=Beta-hydroxy-beta-methylbutyrat, HCA=Hydroxyzitronensäure mit Garcinia Cambogia, Quelle: [3]

Bei Personen die gezielt ins Fitnessstudio gehen bezüglich des Muskelaufbaus ist die Prävalenz der NEM etwas höher. So ergab bei einer Umfrage in NRW mit 145 Teilnehmern, dass etwa 76,6% NEM konsumierten, jedoch waren hier Vitamin- und Mineralstoffpräparate ausgeschlossen. Auch hier waren Proteinpräparate am häufigsten mit 69,7% gefolgt von Kreatin-Monohydrat, speziellen Aminosäurenpräparate und L-Carnitin von 37,2 – 39,3% [23]. Der Gebrauch von Taurin, Glutamin, Guarana, BCAAs und Tribulus Terrestris lag zwischen 17,2 – 24,8%. Dabei wurden die Produkte überwiegend von etwa 34,8% der Teilnehmer in den jeweiligen Fitnessstudios gekauft, welche auch gleichzeitig als Informationsquelle diente, da etwa 22% angaben, dass sie Produktinformationen von Trainern erhielten [23]. Im Bereich des leistungsorientierten Freizeitsportes, wo nahezu täglich mehr als eine Stunde trainiert wird, um beispielsweise an öffentlichen Wettkämpfen teilzunehmen, lag die Prävalenz der NEM-Einnahme bei 2500 Befragten in der Schweiz etwa bei 81,5%. Wobei hier vorwiegend

Sportgetränke, Riegel, Magnesium und Sportgels verwendet wurden mit 59,3 – 74%, vor allem zu Wettkämpfen. Ein mittelmäßiger Konsum mit 19,6 – 49,3% war zu verzeichnen von Multivitaminen, Calcium, Eiweißpräparaten, Eisen, Zink und L-Carnitin. Geringfügig wurden auch Koffein, Kalium, Vitalstoffe, Kreatin, Cholin und spezielle Fettmischung genutzt. Auch der Gebrauch von verbotenen Substanzen war bei fast jedem Zehnten präsent, die Motive können der Abbildung 2 entnommen werden. Am häufigsten genutzt wurden Glukokortikoide, β^2 -Antagonisten und Anabole Steroide. Zusätzlich gaben bei der Befragung 35,7% an, dass sie nicht wussten, ob einzelne Inhaltsstoffe eines Präparates illegal sind. Somit ist ein naiver und sorgloser Umgang mit NEM aufgrund Informationslücken zu verzeichnen [24]. Während laut NVS II in der Bevölkerung ca. 62% ein Supplement und rund 26% zwei NEM einnehmen [12], werden im Fitnesssportbereich häufig mehrere NEM parallel konsumiert, von Protein, Mineralstoffe und Vitaminen bis hin zu ergogenen Substanzen [3].

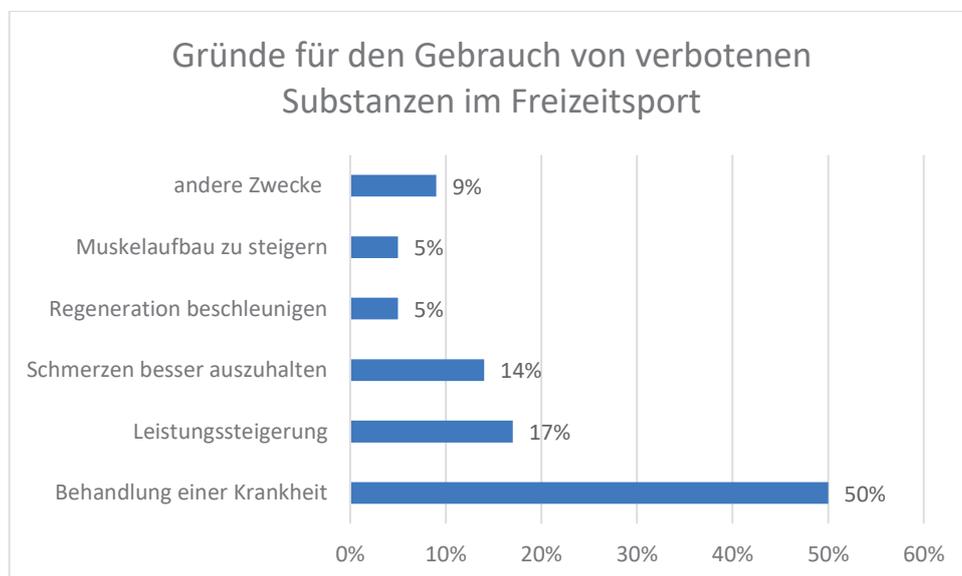


Abbildung 2: Gründe für den Gebrauch von verbotenen Substanzen im Freizeitsport, Quelle: [24]

2.5.3. Gründe für den NEM-Konsum

Grundsätzlich unterscheidet sich der NEM-Konsum bei aktiven Freizeitsportlern bezüglich Anzahl und Vielfalt von der generellen Nutzung in der allgemeinen Bevölkerung. Im Fitnessbereich spielen die gleichen Motive, wie in der allgemeinen Bevölkerung, auch eine Rolle zur Einnahme von NEM. Allerdings werden NEM im Freizeitsport primär konsumiert, um die Leistungsfähigkeit, Muskelkraft, des äußeren Erscheinungsbildes oder die allgemeine sportliche Leistung zu verbessern [3, 13]. Motive wie ein gesundheitlicher Nutzen, Ausgleich einer unausgewogenen Ernährung, oder Steigerung der Lebensqualität bzw. mentalen Leistung spielen eine mindere Rolle. NEM werden auch aus geringeren Motiven konsumiert, um entweder das Gewissen zu beruhigen oder weil sie gerade modern und im Trend sind [3].

Eine Erhebung zu den Gründen des NEM-Konsums im Fitnessbereich mit 377 Probanden zeigte, dass das Erreichen des Fitnessziels bzw. der Leistung mit 41% das häufigste Motiv war, 26% strebten eine Gewichtreduzierung an. Dabei spielte bei 33,7% das Internet eine wesentliche Rolle, sowohl als Informations- als auch Beschaffungsquelle. Auch in dieser Erhebung wurden illegale Substanzen, wie anabole Steroide und Amphetamine eingenommen [18]. In Dänemark, wo der Gebrauch von NEM am höchsten ist in Europa, nehmen sogar bis zu 100% der Fitnessstudiobesucher NEM unter anderem auch Doping relevante Substanzen [4].

Aufgrund des äußeren Erscheinungsbildes werden vor allem jüngere im Alter von 12 – 18 Jahren von Medien wie beispielsweise Mode-/Fitnesszeitschriften zur Einnahme von NEM beeinflusst. Der Wunsch einer Traumfigur mit mehr definierten Muskeln ist bei beiden Geschlechtern gleich. Primäres Ziel ist bei den Jungs der Muskelzuwachs und bei Mädchen die Gewichtsreduktion, um dem Frauenbild in den Medien zu entsprechen [25]. Somit werden schon früh Protein-/Aminosäuren Präparate, Kreatin, Kräuterextrakte/Diuretika und sogar Wachstumshormone/ Steroide eingenommen, wobei Protein und Kreatin zum Muskelaufbau vermehrt von Männern und Kräuterextrakte zur Gewichtskontrolle häufiger von Frauen verwendet werden [25, 26].

2.5.4. Problematik von NEM im Freizeitsport

Neben den allgemeinen Nebenwirkungen (siehe 2.4.), entstehen beispielsweise durch Mineralstoff-/Vitaminpräparate unnötige Kosten, wenn im Körper kein Defizit vorliegt. Zumal eine normal ausgewogene und energiebedarfsdeckende Ernährung den Körper mit allen notwendigen Nährstoffen versorgt, mit Ausnahme Vitamin D [27]. In Teil 2 der Nationalen Verzehrs Studie II (NVS II) wird deutlich, dass die Gesamtbevölkerung insgesamt ganz gut versorgt ist. Ein Großteil der Bevölkerung erreicht beispielsweise die empfohlene Proteinzufuhr nach den D-A-CH-Referenzwerten (0,8g/kgKG/d), dabei liegt der Median bei Männern bei 85g/Tag und bei den Frauen bei 64g/Tag. Bei der Vitaminversorgung erreichen bspw. ca. 50% nicht die empfohlene Zufuhr an Vitamin E, auch bei der Mineralstoffversorgung treten einige Unterversorgungen auf, detaillierte Zahlen können aus der Tabelle 1 auf der folgenden Seite entnommen werden [28]. Zählt man die Ernährung und die Supplementeinnahme zusammen, werden teilweise Referenzmengen überschritten [28] und erhöhen somit das Risiko für Überdosierungen und deren Folgen [13].

Tabelle 1: Versorgung der Gesamtbevölkerung

Ausgewählte Nährstoffe	Anteil der Männer, die nicht die empfohlene Tageszufuhr erreicht nach D-A-CH-Referenzwerte (in %)	Anteil der Frauen, die nicht die empfohlene Tageszufuhr erreicht nach D-A-CH-Referenzwerte (in %)
Kohlenhydrate	73	56
Ballaststoffe	68	75
Proteine	11	15
Vitamin A	15	10
Vitamin D	82	91
Vitamin E	48	49
Vitamin B1	21	32
Vitamin B2	20	26
Niacin	1	2
Vitamin B6	12	13
Folsäure	79	86
Vitamin B12	8	26
Vitamin C	32	29
Natrium	-	-
Kalium	4	8
Calcium	46	55
Magnesium	26	29
Eisen	14	58
Jod	28*	53*
Zink	32	21

*D-A-CH-Referenzwerte für mittlere körperliche Aktivität, *inklusive der Verwendung von jodiertem Speisesalz Quelle: [28]*

Andere unnötige Kosten entstehen beispielsweise auch durch den Konsum von Sportlersupplementen deren Wirkung nicht hinreichend bewiesen ist und dennoch konsumiert werden wie BCAAs oder L-Carnitin [3, 7]. Eine genauere Auflistung der Supplemente und deren Evidenzgrad kann der Tabelle 2 im Anhang Seite 49 entnommen werden.

2.6. Theoretischer Hintergrund im Leistungssport

2.6.1. Definition Leistungssport

Im Gegensatz zum Freizeitsport ist der Trainingsaufwand im Leistungssport intensiver und umfasst täglich mehrere Stunden. Die Fokussierung liegt auf den sportlichen Erfolg, um bei Wettkämpfen eine hohe Leistung zu erreichen. Sportartspezifische differenziert wird in den verschiedenen Wettkampfdisziplinen nach Geschlecht, Alter und Leistungsniveau. im Leistungssport kann es häufig zu Vereinzelung, Konkurrenz und Rivalitäten kommen [22].

Somit ist der Bereich des Leistungssportes hinsichtlich der Nahrungsergänzungsmittel differenziert zu betrachten, da das Leistungsniveau, das Leistungsvolumen sowie die Beanspruchung unterschiedlich ist und häufig mehrmals am Tag trainiert wird [29]. Die entscheidenden Zeiten, die schlussendlich den Unterschied ausmachen und über eine Medaille entscheiden, betragen häufig nur Zehntel- oder sogar Hundertstelsekunden [30]. NEM ersetzen kein Training, können aber bei bestimmten Sportdisziplinen zu einer

Leistungssteigerung führen und den entscheidenden Unterschied bei einem Wettkampfausmachen.

2.6.2. Prävalenz von NEM im Leistungssport

Eine Meta-Analyse von 2016 mit 159 inkludierten Studien zum NEM-Konsum bei Leistungssportlern zeigt eine Prävalenz von mehr als 60% auf, teilweise bis 91%. Die genaue Verteilung der NEM können in der Abbildung 3 entnommen werden. Für die meisten NEM war die Verteilung gleich bei Männern und Frauen, bis auf einige Ausnahmen wie bei Protein, Eisen, Vitamin E und Kreatin [31]. Bei einzelnen Studien geht die Prävalenz bei Spitzensportlern auch höher. So verwenden 92,6% der Frauen und 85% der Männer im dänischen Spitzensport NEM [4]. Auch bei jüngeren Nachwuchssportlern ist die Verwendung von NEM bei etwa 55 – 91% üblich [32-34], wobei der Konsum mit höherem Alter und dem Wunsch nach einem Olympia- oder Weltmeistersieg zunimmt [32], aber auch mit der Sportart, der Dauer der wöchentlichen Sportaktivitäten und dem Leistungsniveau zusammen hängt [17, 34], sodass aktuell die Prävalenz im Leistungssportbereich zwischen 40 und 100% liegt [35]. Allerdings ist die Frequenz der Einnahme von NEM sehr unterschiedlich und reicht von einmal pro Woche oder täglich [31] bis hin zu mehrmals am Tag, sodass etwa jeder Fünfte Elitesportler mehr als 6 verschiedene Produkte pro Tag einnimmt, im Einzelfall sogar 17 Supplemente [36].

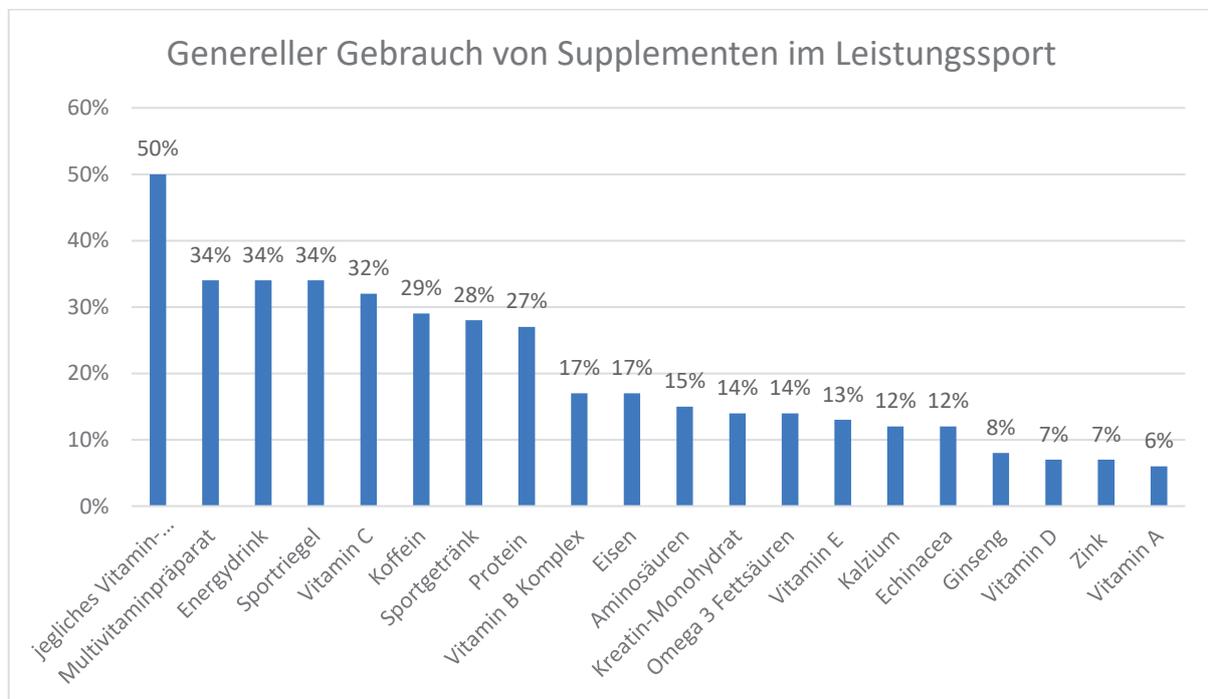


Abbildung 3: Eingenommene Supplemente im Leistungssport, Quelle: [31]

2.6.3. Gründe für den NEM-Konsum

Nahrungsergänzungsmittel werden von Leistungssportlern mit intensiven und langandauernden Trainingsbelastungen hauptsächlich genutzt, um die maximalste Gesamtleistung zu erzielen. Da die sportlichen Ziele der Spitzensportler hoch angelegt sind, um beispielsweise Deutscher-/Europameister oder Olympiasieger zu werden, sind die Anforderungen und der Druck im nationalen bzw. internationalen Bereich und der damit verbundene Druck sehr hoch [37]. Der externe Einfluss des hohen Leistungs- und Erfolgsdrucks wie die Aufrechterhaltung der Karrieredauer oder der Sponsorenverträge, gegebenenfalls auch mediale Präsenz und die Sicherstellung des Einkommens, beeinflussen die Einnahme von NEM stark [9, 37]. Zudem werden Supplemente im Leistungssport häufiger als im Freizeitsport verwendet, um die Erschöpfungserscheinung zu reduzieren beziehungsweise um während der Belastung mehr Energie zur Verfügung zu stellen [38]. Dadurch kann insgesamt länger und intensiver trainiert, die Kraft besser aufrecht erhalten und die Ausdauer gesteigert werden [39]. Die Beratung bzw. Empfehlung zu den jeweiligen NEM kommen dabei häufig von Ärzten oder den Trainern selbst [38, 39].

Zum anderen kann auch das Konsumverhalten von anderen wie eigene Mannschaftskameraden oder der Konkurrenz das eigene Konsumverhalten beeinflussen [9, 40]. Allerdings werden NEM auch bei einer nicht leistungsgerechten Ernährung genutzt, damit es nicht zu einem Verlust der Leistungsfähigkeit kommt aufgrund einer Unterversorgung von Makro- oder Mikronährstoffen. Dazu gehören nicht nur Personengruppen, die sich hypokalorisch ernähren, um ihre Gewichtsklasse zu halten (z.B. Kampfsport) oder eine Unverträglichkeit gegenüber gewissen Lebensmitteln haben, sondern auch Personen, die aus Zeitgründen sich nicht normkalorisch und leistungsgerecht ernähren können. Da ihr hohes Trainingsvolumen, vor allem vor Wettkämpfen zur Vorbereitung, viel Zeit beanspruchen oder Situationen hinsichtlich Reisetätigkeiten oder Auslandsaufenthalte zu den jeweiligen Wettkämpfen oder Trainingscamps ungünstig sind [9].

Dass Leistungssportler ein gutes Zeitmanagement benötigen und weniger Zeit haben für allgegenwärtige Tätigkeiten zeigt eine empirische Studie zur Sportökonomischen Analyse von deutschen Leistungssportlern. Neben dem Beruf, Studium oder Schule, mit einem Zeitaufwand von etwa 27 Stunden pro Woche, werden zusätzlich etwa 32 Stunden für den Spitzensport aufgewendet [37]. Eine weitere empirische Studie zum Zeitaufwand bei Leistungssportlern differenziert noch einige Untergruppen. So beträgt bei Berufssportlern, die sich vorwiegend ihrer sportlichen Karriere widmen, der wöchentliche Zeitaufwand ebenfalls etwa 33 Stunden [41].

2.6.4. Problematik von NEM im Leistungssport

Ein Problem beim Konsum vieler verschiedener NEM, oder einzelner NEM, die eventuell unerwünschte Substanzen beinhalten können, ist ein Gesundheitsrisiko, die ernsthafte negative Auswirkungen haben können [35, 36]. Zumal ein Großteil der Athleten weder die Inhaltsstoffe der Supplemente, eventuelle Nebenwirkungen, den Wirkmechanismus noch die empfohlene Dosierung selbst kennen [42], unter anderem weil die primäre Informationsquelle die Trainer/Coaches oder die jeweilige Sportorganisationen selbst sind [34]. Andererseits halten einige NEM für „natürlich“ und somit für sicher, zum anderen liest ein Teil der Athleten selbst die Etiketten nicht durch, um eventuell verbotene Substanzen wahrzunehmen oder sind von der Anzahl von chemischen Namen verwirrt, sodass verbotene Substanzen erst gar nicht erkannt werden [17]. So sind sich etwa 2/3 der jüngeren Nachwuchsleistungssportlern auch nicht der Gefahr bewusst, dass Supplemente konterminiert sein können [33]. Vor allem Produkte, welche international importiert werden und nicht auf der Kölner-Liste stehen (ein Nachschlagewerk für getestete NEM mit einem minimiertem Dopingrisiko), bergen das Risiko Gesundheitsschädlich zu sein. Neben den allgemeinen Nebenwirkungen, die unter Umständen das Training oder die Teilnahme an Wettkämpfen verhindern können (siehe 2.4.), besteht daher zusätzlich die Gefahr der unbewussten Zufuhr an verbotenen Substanzen in den NEM. Dadurch kann es beim Dopingtest zu einem Antidoping-Verstoß kommen, welches im Leistungssport verheerenden Folgen hat. Unter anderem können Medaillen aberkannt oder Geldstrafen verhängt werden. Auch ein Ausschluss von Wettkämpfen oder der Verlust an Sponsoren ist möglich [17]. Neben der Disqualifizierung beim Nachweis des Dopingmissbrauches weisen verbotene Substanzen auch erhebliche Gesundheitsrisiken auf, die sich nicht nur auf Diabetes, psychische Gesundheit, Krebs, Kardiovaskuläre-Erkrankungen oder die Vermännlichung bei Frauen beschränken [43]. Eine genauere Auflistung der verbotenen Substanzen und ihre Wirkung, welche in NEM enthalten sein können, kann der Tabelle 4 im Anhang Seite 53 entnommen werden.

3. Methodik

Hauptaufgabe war die Erstellung der zwei Artikel für zwei Fachzeitschriften: die Ernährungs Umschau und die Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin.

Bei dem Artikel für die Ernährungs Umschau lag der Fokus auf dem Freizeitsport, da einige Fachkräfte im Bereich der Beratung häufiger mit NEM der Freizeitsportler konfrontiert werden zum Muskelaufbau, zur Gewichtsabnahme oder für die allgemeine Gesundheit. Die Zielgruppen in der Beratung sind dabei überwiegend berufstätige Hobbysportler/ Freizeitsportler oder auch gesundheitsbewusste Personen. Unter Umständen auch aus dem Bereich des Mannschaftssportes wie Fußball oder Handball in regionalen Vereinen. Deren Ziel es zwar ist ihre Leistungen zu steigern bzw. Gewicht zu verlieren, jedoch nicht auf einem Leistungssportler Niveau.

Der Fokus bei der Deutschen Zeitschrift für Sportmedizin lag im Bereich des Leistungssportes, wie es innerhalb der Legalität möglich ist, die Leistung durch Supplemente zu steigern und den Konsum von Dopingmitteln und die daraus folgende Disqualifikation zu umgehen. Zur Erstellung der Artikel wurden zunächst die Vorgaben für Autoren der jeweiligen Verlage ausgearbeitet und berücksichtigt und anschließend einige Beispielartikel der jeweiligen Zeitschrift gelesen. Nach der Recherche für die Einleitung und Relevanz der Artikel wurden die Aussagen des ISSN Reviews kurz zusammengefasst.

Als Grundlage und initialer Reiz zum Verfassen der Artikel dient der aktuelle und Überarbeitete Review des International Society of Sport Nutrition (ISSN) vom August 2018. Das Review fasst viele der gängigen NEM zusammen und ordnet sie hinsichtlich ihrer Evidenzlage, basierend auf verfügbarer wissenschaftlicher Literatur, auf die Wirkung zur Leistungssteigerung, Regeneration und Sicherheit zu. Dabei wird in drei Kategorien unterschieden (genaueres siehe Tabelle 2 im Anhang Seite 49). Zusätzlich beinhaltet das Review Empfehlungen zu Ernährungsstrategien für die Makro- und Mikronährstoffzufuhr, um die Regeneration und Leistung zu steigern. Zudem werden Definitionen von NEM und ergogenen Hilfsmitteln und deren Gesetzgebung aufgeführt [7]. Die ISSN selbst ist eine gemeinnützige akademische Gesellschaft, welche sich der Förderung der Wissenschaft und Anwendung von evidenzbasierte Sporternährung und Nahrungsergänzungsmittel widmet. Deren Peer-Review-Journal (JISSN), Konferenzen und Teilnehmer sind wichtige Einflussfaktoren im Bereich der Sporternährung und Nahrungsergänzungsmittel [44].

Neben dem ISSN Review wurde noch zusätzliche aktuelle Literatur hinzugezogen, um deren Aussagen kritisch zu reflektieren, um deren Ergebnisse zu unterstützen bzw. kritisch zu hinterfragen und eine Schlussfolgerung daraus zu ziehen. Die dabei verwendeten

Datenbanken und Plattformen waren „PubMed“, „Medline“ und „Google Scholar“ auf denen folgende Suchbegriffe eingegeben wurden: „protein“ / „protein supplementation“ oder „protein in“ mit einem der folgenden Zusätze „leisure sport“ / „fitness customers“ / „athletes“ / „sport“ / „exercise“ / „ergogenic effect“ / „value“ / „performance“ / „effect“; die gleiche Vorgehensweise wurde auch bei der Suche mit „creatin“, „BCAA“, „l-arginine“ und „l-carnitine“ angewendet. Bei den Supplementen für die Zeitschrift Sportmedizin wie „β/beta-alanine“ / „sodium bicarbonate“ / „caffeine“ / „nitrate“ und „vitamins/minerals“ bzw. „micronutrients“ wurde der Zusatz „sport“ mit dem Begriff „competitive“ erweitert.

Im Diskussionsteil der Bachelorarbeit werden die Aussagen einiger ausgewählter NEM des ISSN Reviews von 2018 unter Hinzunahme weiterer Literatur genauer kritisch reflektiert, da in den Artikeln Vorgaben zur maximalen Länge gelten und demnach keine ausführliche Gegenüberstellung möglich ist.

3.1. Zielgruppenanalyse

Zur Erstellung der zwei Artikel wurde zunächst eine Zielgruppenanalyse vollzogen bezüglich der Zielgruppen, welche Zeitschriften in Frage kämen und eventuelle NEM, die sinnvoll sein können und häufig von Freizeitsportler und Spitzensportler genutzt werden.

Tabelle 5: Gedankengänge vor der Erstellung der Artikel

Schwerpunkte	Ernährungs Umschau	Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin
Thema:	Freizeitsport, Fitness/-studio, allgemeine Gesundheit	Leistungssport, Steigerung der Leistungsfähigkeit, dopingfrei
Zeitschriften:	Ernährungs Umschau, Diät & Information, Verband für Ernährung und Diätetik, Ernährung im Fokus	Sportärztezeitung, deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, Ernährungsmedizin
Fokus auf 3 – 5 zielgruppen-spezifische ausgewählte Supplemente	Protein (ob eine Supplementierung in bestimmten Situationen des Freizeitsportes sinnvoll ist) Kreatin – Monohydrat Branched-Chain Amino Acids (BCAA) Arginin Carnitin Zur allgemeinen Gesundheitsförderung (Omega 3 Fettsäuren, Probiotika, Sekundäre Pflanzenstoffe) Q10 Nitrate	β-Alanin Koffein Vitamine/Mineralstoffe Natrium-Bikarbonat Essential Amino Acids (EAA) Nitrat (Rote Bete Saft) Kreatin
Zielgruppe und geplante Inhalte des Artikels:	Für allgemeine Diätassistenten bzw. Ökotrophologen für die Berufspraxis in der Ernährungsberatung	-Vor allem Sportmediziner/-ärzte mit eindeutigen Vorgaben für Dosierungen mit ergogener Wirkung

	<p>Eine Übersicht praxisorientierter Empfehlungen für Nahrungsergänzungsmittel (NEM), die bestimmten Situationen sinnvoll sind bzw. nicht zu empfehlende NEM, die häufig genutzt werden, aber nach der derzeitigen Evidenz Stand keinen Nutzen bringen</p> <p>Zu beratene Personen: Freizeitsportler, gesundheitsbewusste Personen, evtl. Mannschaftssportler (Fußball, Handball) im regionalen Vereinen</p> <p>NEM sind in der allgemeinen Bevölkerung geläufig, da im Einzelhandel schon eine große Auswahl angeboten wird</p> <p>Diätassistenten/Ökotrophologen werden häufig mit Fragen zu NEM konfrontiert</p> <p>Differenzierung zwischen Supplementierung und Substituierung</p>	<p>-Evtl. Diätassistenten bzw. Ökotrophologen mit Spezialisierung auf Sporternährung</p> <p>-DZSM widmet sich der Wissenschaft und der Praxis der Sportmedizin</p> <p>-Explizite Empfehlungen im Leistungssportbereich zur Leistungssteigerung ohne Doping für Kaderathleten und Leistungssportler</p>
--	---	--

3.2. Flowchart zur Herangehensweise der Artikelerstellung



4. Ergebnis/Artikel

Im folgendem sind die Artikel aufgeführt mit jeweils eigenen Referenzen, da sich die Literaturverzeichnisvorgaben unterscheiden.

4.1 Artikel Ernährungs Umschau

Supplementierung von Protein und Aminosäuren(derivaten) im Freizeitsport: Ergogenes Wirkpotential und Sicherheit

Supplementation of protein and amino acids (derivatives) in leisure sport: Ergogenic effect and safety

Autoren: Heitland S¹., Schröder U²., Ramminger S¹., Valentini L¹.

1. Hochschule Neubrandenburg, Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmitteltechnologie, Sektion Diätetik, Mecklenburg-Vorpommern
Sven Heitland, Cand. for B. Sc. Diätetik
Piniestraße 17c, 33699 Bielefeld
Tel: 05202 9569550, Email: sven@heitland-net.de
2. Deutsches Institut für Sporternährung e.V. (DISE), Hessen – Bad Nauheim

Schlüsselwörter: Leistungssteigerung, Regeneration, Nebenwirkungen, Präparate

Keywords: performance improvement, regeneration, side effects, compounds

Zusammenfassung:

Der Markt der Nahrungsergänzungsmittel (NEM) wächst. Besonders Freizeitsportler konsumieren aus leistungsfördernden oder gesundheitlichen Gründen NEM. Die International Society of Sports Nutrition (ISSN) veröffentlichte im August 2018 einen Review, der viele der gängigen NEM zusammenfasst und bewertet. Ziele des Artikels sind die Wirkung, Nutzen, Dosierung und Nebenwirkungen der von Protein, verzweigtkettigen Aminosäuren, Arginin und Kreatin-Monohydrat anhand der Vorgaben der ISSN für den Freizeitsport zu evaluieren und durch zusätzliche Recherchen zu ergänzen. Im Ergebnis kann bei leistungsorientierten Freizeitsportlern eine Proteinsupplementation direkt nach dem Sport die Regeneration fördern und Kreatin die Leistung bei intensiven und intermittierenden Belastungen steigern. Die Einnahme von BCAA oder Arginin ist jedoch aufgrund der geringen Evidenz zur ergogenen Wirkung nicht empfehlenswert. Grundsätzlich besteht kein Mangel an Makro- und Mikronährstoffen bei Freizeitsportlern.

Einleitung:

Nahrungsergänzungsmittel (NEM) liegen im Trend [1], vor allem im Freizeitsportbereich steigt deren Nachfrage, um die Leistung und Regeneration sowie die Gesundheit zu fördern und zu unterstützen [2]. Freizeitsport wird in der Freizeit, zum Vergnügen, als Ausgleich zum Alltag oder zur körperlichen Fitness ausgeübt. In Deutschland konsumieren rund 28% der Bevölkerung NEM, wobei der Anteil der Frauen mit knapp 31% höher liegt als der der Männern mit ca. 24% [3]. Bei Freizeitsportlern verdoppelt sich der NEM-Konsum auf nahezu 57%, wobei hier ca. 68% der Männer und nur ca. 18% der Frauen NEM konsumieren [2].

Ein Grund für den höheren Gebrauch von NEM im Freizeitsport können deren unterschiedlichsten und kreativen Bezeichnungen sein. In vielen Geschäften werden NEM als „Functional Food“ oder „Sport-Booster“ etc. angeboten, wodurch eine leistungsfördernde oder gesundheitliche Wirkung suggeriert wird und deren Verkauf bzw. Konsum gesteigert wird [4]. Ein Großteil der Freizeitsportler beziehen ihre NEM-Informationen aus dem Internet, von Mittrainerenden oder Trainern. Als Bezugsquelle dienen häufig die Studios selbst, spezielle Supplemente-Läden oder das Internet. Eine fachgerechte Beratung findet meist nicht statt [5]. Die NEM-Dosierungsempfehlungen werden von den Konsumenten häufig überschritten unter der Annahme einer weiteren Leistungssteigerung, wodurch unerwünschte Nebenwirkungen auftreten können [6].

Zudem ist die Auswahl an NEM immens und die Evidenz zur Wirkung sehr unterschiedlich. Das aktuelle und überarbeitete Review der International Society of Sports Nutrition (ISSN) vom August 2018 [7] fasst gängige Supplemente zusammen und bewertet deren Evidenzlage hinsichtlich Wirkung und Sicherheit. Die ISSN Organisation evaluiert kontinuierlich den aktuellen Stand der Forschung verschiedener Trainingsmethoden und Ernährungsprodukten, um Sporternährungsfachkräfte auf dem neuesten Stand zu halten. Im vorliegenden Artikel wird anhand dieses Reviews und Hinzunahme weiterer Literatur ein Überblick gegeben, ob die Supplementierung ausgewählter stickstoffhaltiger NEM (Überblick siehe Tabelle 2) für leistungsorientierte Freizeitsportler (>4x/Woche, ca. 1 stündiges Training) zur Leistungsoptimierung dienen kann und welche Dosierungen zu empfehlen sind, um unnötige Kosten und Nebenwirkungen zu vermeiden.

Proteinsupplementation:

Proteinpräparate, ob Shakes oder Riegel sind mit rund 50% die meist konsumierten NEM im Freizeitsportsektor [2]. Proteine, vor allem unentbehrliche Aminosäuren müssen über die Nahrung aufgenommen werden, u.a. um die Muskulatur zu erhalten und aufzubauen [8]. Eine tägliche ausgeglichene Verteilung der Proteinzufuhr über ausgewogene und

abwechslungsreiche Lebensmittel ist somit empfehlenswert, um den Muskelprotein-Anabolismus zu maximieren und den oxidativen Verlust an Aminosäuren zu minimieren [4]. Gegenwärtig wird laut der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) [9] bei erwachsenen Freizeitsportlern eine Proteinzufuhr von 0,8g/kg Körpergewicht (KG) pro Tag (d) empfohlen und es besteht kein Mehrbedarf gegenüber der erwachsenen Normalbevölkerung.

Im Gegensatz dazu geht aus dem ISSN Review [7] hervor, dass sportlich aktive Personen im Freizeitbereich mit intensivem Training einen erhöhten Proteinbedarf aufweisen, vor allem wenn das Ziel des Muskelaufbaus verfolgt wird. Zum Muskelaufbau und -erhalt wird eine tägliche Proteinzufuhr von 1,4–2,0g/kgKG empfohlen [7]. Allerdings empfiehlt ein Großteil der zitierten Literatur eine Proteinzufuhr von bis ca.1,6g/kgKG/d, da eine höhere Zufuhr keinen zusätzlichen Nutzen (bspw. Muskelzuwachs) aufweist.

Empfehlungen zum Proteinbedarf von anderen größeren Institutionen können der Tabelle 1 entnommen werden. Bei sportlich Aktiven mit intensivem Training ist eine Proteinzufuhr bis zu 2,0g/kgKG/d empfehlenswert [10], um eine Stoffwechselanpassung und Regenerationsvorgänge zu unterstützen sowie eine ausgeglichene Stickstoffbilanz zu erhalten [4, 10]. Eine Zufuhr bis 2,0g/kgKG/d wird im Fall einer Energierestriktion oder Verletzung/Erkrankung empfohlen [10]. Raschka und Ruf [11] empfehlen für Breitensportler eine höhere tägliche Proteinzufuhr als die DGE. Allerdings steigt der Bedarf bei intensiverem Training vor allem beim Kraftsport.

Zusätzliches Protein über die Empfehlung von etwa 1,6g/kgKG/d hinaus wird nicht zum Aufbau von Muskulatur verwendet, sondern als additive Energiequelle zur Umwandlung in Kohlenhydrate und Fett [11]. Somit hat eine Mehrsupplementation keinen zusätzlichen positiven Effekt. Ein weiterer Grund für eine Obergrenze ist ein Risiko für mögliche Nebenwirkungen (Nierenbelastung) [11].

Beispielsweise beobachteten Packer et al. [12] einen erhöhten Proteinbedarf (1,2–1,4g/kgKG/d) bei 7 moderat trainierenden Personen, die etwa 5-mal pro Woche trainieren. Die Erhöhung ist auf den Trainingsreiz und den induzierten Muskelschaden zurückzuführen.

In einer Meta-Analyse mit 17 randomisierten, kontrollierten Studien (RCT) bewirkte eine Proteinsupplementation zum Widerstandstraining bei älteren Personen positive Effekte auf die Körperzusammensetzung [13]. Die Proteinsupplementation (10–35g/d) zusätzlich zur „normalen“ Ernährung und das Widerstandstraining zeigten signifikante Erhöhungen des Muskelvolumens, der Oberkörpermuskel- und Beinmuskelstärke, sowie eine Verminderung des Körperfettanteils.

Ein akuter Trainingsreiz, vor allem Widerstandstraining (Bänder-, Krafttraining) und eine Proteinzufuhr wirken synergistisch zur Stimulierung der Muskelproteinsynthese (MPS), wenn die Proteinsupplementation (20–40g) mit hohem Anteil an unentbehrlichen Aminosäuren (essential amino acid = EAA) direkt nach dem Training oder bis zu 2 Stunden später erfolgt [7, 10, 14]. Auch wenn der anabole Effekt nach dem Training etwa 24 Stunden anhält, nimmt der Effekt in dieser Zeit kontinuierlich ab [4, 7]. Vor allem milchbasiertes Protein nach dem Training bewirkt eine Steigerung der Muskelkraft und Änderungen in der Körperzusammensetzung. Proteinportionen über 40g zeigen keinen Mehrwert [10].

Zur Deckung des Mehrbedarfes an Protein, auch nach dem Training, sind natürliche, proteinreiche Lebensmittel vorzuziehen. Falls natürliche Lebensmittel aus verschiedenen Gründen nicht umsetzbar sind, bspw. wegen ungeeigneter hygienischer Handhabung (Quark-Milchshake, Joghurt mit Haferflocken), kann auf Proteinpräparate zurückgegriffen werden [10]. Die Gesamtproteinzufuhr sollte über den Tag gleichmäßig (alle 3–4 Stunden) verteilt werden und eine hohe Biologische Wertigkeit aufweisen [7, 10]. Dazu können verschiedene pflanzliche und tierische Proteinquellen kombiniert werden [11].

Zusammenfassend haben leistungsorientierte Freizeitsportler vor allem mit dem Ziel des Muskelaufbaus und mit intensiveren Belastungen einen erhöhten Proteinbedarf bis zu 1,6g/kgKG/d. Bei Verletzungen oder Energierestriktion sind bis zu 2,0g/kgKG/d möglich. Eine Proteinportion sollte vorzugsweise direkt nach dem Training zugeführt werden. Natürliche Nahrungsmittel liefern ausreichend Protein, wie ein selbstgemachter Quark-Milch-Shake (100g Magerquark, 200ml Milch, Frucht nach Belieben = 20g Protein). Proteinpräparate sind nicht notwendig, können aber aufgrund ihrer Praktikabilität und bequemerer Handhabung eingesetzt werden. Das darin enthaltene Protein sollte immer zu der Gesamteiweißbilanz des Tages dazugerechnet werden.

Tabelle 1: Vergleich der Proteinempfehlungen für Freizeitsportler aus unterschiedlichen Quellen

Literatur	Proteinempfehlung im Freizeitsport in g/kgKG/d
Deutsche Gesellschaft für Ernährung [9]	0,8
Raschka und Ruf [11]	Breitensportler (ca. 30min/d bei 4x/Woche bei 55% VO ₂ max) 0,8–1,0
	Ausdauersportler (mittleres bis hartes Training) 1,2–1,4
	Kraftsportler (mittleres bis hartes Training oder Anfänger) 1,2 – 1,7
International Society of Sports Nutrition Review [7]	1,4–2,0
Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada und das American College of Sports Medicine [10]	1,2–2,0

g=Gramm, kg=Kilogramm, KG=Körpergewicht, d=Tag VO₂max = gibt an, wie viel Milliliter Sauerstoff der Körper im Zustand der Belastung pro Minute/kgKG verwerten kann

Branched chain amino acids – BCAA:

Rund 21% der Freizeitsportler in Deutschland verwenden BCAA [2], eine spezielle Aminosäuren-Mischung bestehend aus den verzweigtkettigen Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin im Verhältnis 2:1:1. Sie gehören zu den unentbehrlichen Aminosäuren, werden aber weniger in der Leber sondern vermehrt in der Muskulatur verstoffwechselt [15]. Eine Supplementation zum Training soll aufgrund einer MPS-Förderung den Muskelkater und den Proteinabbau nach dem Training mildern [16, 17].

Nach dem ISSN Review [7] liegt die Dosierung zwischen 6–14g/d vor und/oder nach der Belastung. Allerdings zeigt sich eine gemischte Evidenz. Einige Studien kamen zum Ergebnis, dass eine BCAA-Zufuhr die fettfreie Masse erhöhte, bzw. der Muskelmasseverlust beim Training minimiert wurde [18]. Bei einer 8-wöchigen Supplementation mit 9g/d und schwerem Widerstandstraining gab es jedoch weder einen Effekt auf die Körperzusammensetzung noch auf die Muskelleistung [19]. Die Ergebnisse zur erhöhten fettfreien Masse wurden durch Höhentraining bei etwa 4000m beeinflusst. In höheren Lagen liegt ein geringerer Sauerstoffanteil in der Atemluft und eine verringerte Luftdichte vor, was eine bessere Trainingsadaption begünstigt. Eine akute Zufuhr von BCAA nach dem Training zeigte eine um 22% erhöhte MPS im Vergleich zu einem Placebo, allerdings war der Effekt doppelt so hoch, wenn eine Portion Molkenprotein mit gleichem BCAA Gehalt zugeführt wurde [7].

Das Review von Valenzuela et al. [20] kam zur gleichen Schlussfolgerung und wies BCAA ebenfalls wie im ISSN Review der Kategorie der gemischten Evidenz zu. Vor allem unentbehrliche Aminosäuren, aber nicht ausschließlich BCAA spielen eine Schlüsselrolle bei der MPS [20]. Allerdings ist die alleinige Gabe von BCAA effektiver als eine passive

Regeneration hinsichtlich der Milderung des Muskelschadens bzw. des wahrgenommenen Muskelkaters nach einem intensiven Training und führt zu keinerlei bekannten Nebenwirkungen [20].

In einem Review mit 11 inkludierten Studien zur Wirkung von BCAA auf die Muskelschädigung zeigten 6 Studien einen positiven Effekt (Milderung des Muskelschadens) [21]. Vorteile einer BCAA-Supplementation (0,2g/kgKG/d über mind. 10 Tage) konnten vor allem beim geringen bis moderaten Muskelschaden festgestellt werden. Bei intensiveren Belastungen mit höherem Muskelschaden blieben positive Effekte aus [21].

Beispielsweise konnte eine aktuelle RCT von August 2018 mit 20 im Widerstandstraining erfahrenen Probanden, die zusätzlich ein Ernährungsprotokoll führten, keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich BCAA und der Leistung bei Kniebeugen-Übungen feststellen [22]. Die Proteinzufuhr lag bei 1,2-1,3g/kgKG/d, über 8 Tage wurde 0,22g/kgKG BCAA supplementiert. Ein signifikanter Unterschied zur Placebogruppe war nur der subjektiv wahrgenommene Muskelkater, welcher nach der anstrengenden Belastung als milder empfunden wurde [22].

Zusammenfassend hat die Einnahme von BCAA keinen überzeugenden Mehrwert beim leistungsorientierten, intensiveren Sport. Sie haben keine direkte Wirkung auf eine Leistungssteigerung, können aber die Muskelregeneration begünstigen und sind effektiver als eine passive Regeneration. Bei einer proteinreichen Ernährung ab etwa 1,2g/kgKG/d sind die Effekte von BCAA auf die Muskelregeneration marginal, da der Körper mit allem nötigen Aminosäuren versorgt ist. BCAA sind beim gleichzeitigen Verzehr von Proteinpräparaten oder unentbehrliche Aminosäuren mit hoher biologischer Wertigkeit dementsprechend ebenso hinfällig.

Arginin:

Eine weitere Aminosäure, welche isoliert häufig von Sportlern eingenommen wird, ist Arginin. Sie ist eine natürlich vorkommende, bedingt unentbehrliche, proteinogene Aminosäure, die ca. 3–18% des Proteinanteils in natürlichen Lebensmitteln ausmacht. Mit einer Dosierung von etwa 5g/d soll Arginin zum einen im Zusammenhang mit der Stickstoffmonoxid (NO) Produktion stehen und somit die Durchblutung erhöhen, wodurch der Nährstoff- und Hormontransport zu den Muskeln verbessert werden soll [23]. Zum anderen soll Arginin die Wachstumshormonproduktion, Immunfunktion und den fettfreien Massezuwachs fördern [7].

Das ISSN Review [7] zeigt, dass die Mehrheit der Literatur die vermuteten Effekte widerlegt. Mit einer akuten oralen Dosis von 10g Arginin kam es beim Widerstandstraining weder zu einer erhöhten MPS noch zum erhöhten Blutfluss. Ebenso sind Effekte auf Wachstumshormone und

Förderung eines Zuwachses der fettfreien Masse größtenteils nicht belegt, weder mit einer 7-tägigen Supplementation von 12g/d noch bei einer 8-wöchigen Supplementation von 2g/d [7]. Auch im Ausdauersportbereich zeigten sich überwiegend keine ergogenen Effekte. Eine 28-tägige Supplementation bei Radsportlern mit 12g/d Arginin beeinflusste weder die maximale Sauerstoffaufnahme noch die ventilatorische Schwelle. Somit wird der Gebrauch von Arginin im ISSN Review nicht empfohlen [7].

Zwei Reviews von Valenzuela et al. [20] und Brooks et al. [24] weisen ebenfalls darauf hin, dass der Großteil der Studien keine angestrebten Wirkungen erzielt. Nebenwirkungen sind bei gesunden Personen nicht zu erwarten [23].

Zusammenfassend hat eine alleinige Supplementation mit Arginin im Freizeitsport keinen Mehrwert, da die aktuelle Datenlage größtenteils keine ergogene Wirkung nachweist. Wie bereits erwähnt, ist der Körper bei einer normalen (proteinreichen) Ernährung mit ausreichend Arginin versorgt.

Kreatin-Monohydrat:

Ein weiteres häufig genutztes Supplement ist Kreatin-Monohydrat. Es wird in Deutschland von rund 30% der Freizeitsportler konsumiert [2], um eine Leistungssteigerung zu erzielen [4]. Kreatin wird in der Leber aus den Aminosäuren Glycin und Arginin hergestellt oder über Fleisch und Fisch zugeführt. Kreatin fungiert als Energiespeicher, der die Rückwandlung des energiearmen ADP zum energiereichen ATP fördert [25]. Dadurch soll die Leistung bei wiederholten hoch-intensiven Belastungen und die Muskelkraft erhöht sowie die Erschöpfung beim Widerstandstraining hinausgezögert werden [4].

Im ISSN Review [7] wird Kreatin als eines der effektivsten NEM für Sportler beschrieben zur Erhöhung körperlicher Belastbarkeit und Muskelmasse während des Trainings. Der Muskelzuwachs resultiert aus der verbesserten Fähigkeit intensivere Übungen auszuführen und ermöglicht die Trainingsintensivierung und Optimierung der Trainingsadaption [7]. Auch im Ausdauersport wird die Trainingsadaption gefördert vor allem bei hoch intensiven intermittierenden Belastungen wie Rudern, Sprinten oder auch Teamsportarten (Fußball, Tennis, Basketball etc.) [7].

In dem Review von Peeling et al. [26] wird die Wirkung von Kreatin ebenfalls der starken Evidenz zugewiesen. Die Erhöhung der Leistungsfähigkeit zeigte sich bei einzelnen (+1–5%) und wiederholten Runden (+5–15%) hoch intensiver Belastungen mit einer Dauer bis ca. 150 Sekunden. Die deutlichsten Effekte wurden bei Belastungen unter 30 Sekunden festgestellt [26]. Aufgrund besserer chronischer Trainingsadaptionen zeigte sich ebenfalls eine höhere

Zunahme der fettfreien Masse und der Muskelkraft bei Sportarten mit wiederholten hoch intensiven Belastungen (Widerstandstraining, Teamsportarten) [26].

In einer RCT im matched-pair Design bekamen 30 Probanden für 6 Tage entweder 20g Kreatin oder ein Placebo, gefolgt von täglichen 2g Dosen über 4 Wochen. Nach den 4 Wochen, inklusive eines Trainingsprogramms, zeigte sich in der Verumgruppe eine signifikante Erhöhung der maximalen Muskelkraft (178.33 ± 16.86 vs. 165.66 ± 14.62 kg $p < 0,05$) und eine Verringerung des Muskelschadens 24 Stunden nach dem Training (Kreatin-Kinase: 262.40 ± 68.55 vs. 329.80 ± 76.13 U/L $p < 0,05$) [27].

Ein bedeutsamer Nebeneffekt des Kreatins ist die Gewichtszunahme durch Wassereinlagerungen (1–2kg) [7, 28]. Sonstige Nebenwirkungen oder Einflüsse auf klinische Marker bei gesunden Personen sind nicht zu verzeichnen [7, 29]. Kürzlich erschienene Übersichtsarbeiten zeigen, dass Kreatin bei gesunden Personen keine Nierenschäden induziert [20, 30], weder bei kurz- noch langzeitiger Kreatinzufuhr von 5 Tagen bis 5 Jahren mit verschiedenen Dosen von 5–30g/d [30]. Eine Kontraindikation besteht bei Personen mit einer Nierenerkrankung (oder nur einer Niere) sowie mit einem potentiellen Risiko für eine Nierendysfunktion (Diabetes mellitus, Hypertonie, Proteinurie) [30].

Die Einnahme erfolgt temporär über eine Kur in zwei Phasen (Fastload) [7]:

Ladephase: täglich 20g Kreatin oder 0,3g/kgKG/d bei sehr hohem oder niedrigem Körpergewicht über 5–7 Tage, je aufgeteilt auf 4 Portionen.

Erhaltungsphase: ca. 3–5g Kreatin pro Tag nach dem Training über 4–5 Wochen.

Durch den schnellen Kraftanstieg der Fastloadmethode kann die Präzision bei einigen Sportarten (z.B. Tennis, Badminton) leiden. Eine langsamere Variante der Aufladung wäre der Slowload. Zu Beginn wird 3–5g Kreatin pro Tag zugeführt. Dadurch erhöhen sich die Muskelkreatinspeicher langsamer, wodurch die anfängliche Kraftsteigerung geringer ausfällt [7]. Der zeitgleiche, direkte Verzehr von Kohlenhydraten erhöht die Kreatinaufnahme im Muskel. Nach einer ca. 6-wöchigen Kur sollte mindestens 4 Wochen pausiert werden. Sonst ist eine gedrosselte Eigenproduktion des Körpers die Folge, was die Effekte der Kreatinsupplementation deutlich vermindert [7].

Zusammenfassend ist Kreatin-Monohydrat eine effektive Methode bezüglich des Muskelmassezuwachses und der Kraftsteigerung. Jedoch sollte auf die richtige Handhabung hingewiesen werden. Die Fastloadmethode eignet sich eher für Sportler, bei denen Präzision eine untergeordnete Rolle spielt, wie beim Krafttraining oder Sprinten. Bei bekannter Kontraindikation sollte gänzlich auf Kreatin verzichtet werden.

Tabelle 2: Übersicht der ausgewählten Nahrungsergänzungsmittel (NEM)

NEM	Angestrebte Wirkungen im Freizeitsport	Dosierempfehlung	Evidenz
Protein	Minimierung des Muskelschadens nach dem Training (Regeneration), Steigerung des Muskelzuwachses und Erhalt der fettfreien Masse bei einer Gewichtsreduktion [28]	1,2–1,6g/kgKG/d	Gute Evidenz
BCAA	Reduzierung des Muskelschadens und schnellere Regeneration [7]	Evtl. beim Training mit geringer Intensität: 0,2g/kgKG/d	Gemischte Evidenz
Arginin	Erhöhte Stickstoffproduktion und Durchblutung→Verbesserter Nährstoff- und Hormontransport→ vor allem vorteilhaft bei Widerstandstraining-Anpassungen [7]	Keine Empfehlung	Geringe Evidenz
Kreatin-Monohydrat	Akutes Kreatin-Loading: Steigerung der Leistungsfähigkeit bei wiederholten hoch intensiven Belastungen (bspw. Teamsportarten) Chronische Einnahme: größerer Zuwachs an Muskelmasse und -kraft (bspw. Widerstands- oder Intervalltraining) [28]	Fastload: 5-7 Tage: 4x5g/d 4-5 Wochen: 3-5g/d Slowload: Ca. 6 Wochen: 3–5g/d	Gute Evidenz

BCAA=verzweigtkettige Aminosäuren, kg=Kilogramm, KG=Körpergewicht, g=Gramm, d=Tag

Schlussfolgerung:

Prinzipiell besteht im Freizeitsport kein Mangel an Makro- oder Mikronährstoffen. Bei leistungsorientierten Personen können die Erhöhung der Proteinaufnahme und ausgewählte NEM in speziellen sportlichen Situationen helfen, die Leistung zu optimieren. Der Gebrauch sollte mit einer Ernährungsfachkraft auf die persönliche Situation und die individuellen Ziele abgestimmt und an das jeweilige Training adaptiert werden. Dazu sollte auch abgefragt werden, welches Training in welchem Ausmaß absolviert wird. Auf der anderen Seite sollten Personen, die „unnötige“ NEM zu sich nehmen darauf aufmerksam gemacht werden, um überflüssige Ausgaben oder eventuelle Nebenwirkungen zu vermeiden.

Literatur:

1. Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde des Arbeitskreises Nahrungsergänzungsmittel (BLL AK NEM). Markt für Nahrungsergänzungsmittel in Deutschland 2018. URL: <https://www.bll.de/de/lebensmittel/nahrungsergaenzungsmittel/20181029-zahlen-nahrungsergaenzungsmittel-markt-2018> Zugriff 26.11.2018
2. Dreher M, Ehlert T, Simon P et al. Boost Me: Prevalence and Reasons for the Use of Stimulant Containing Pre Workout Supplements Among Fitness Studio Visitors in Mainz (Germany). *Frontiers in psychology*. 2018;9:1134.
3. Max-Rubner Institut (Hrsg). Nationale Verzehrs Studie II. Ergebnisbericht Teil 1. Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen. Karlsruhe: Max-Rubner Institut; 2008.
4. Castell LM, Stear SJ, Burke LM. *Nutritional Supplements in Sport, Exercise and Health an A - Z Guide*. 1. Auflage. London: Routledge; 2015.
5. Parr MK, Schmidtsdorff S, Kollmeier AS. Nutritional supplements in sports - sense, nonsense or hazard?. *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz*. 2017;60(3):314-22.
6. Brause P. Gesundheitliche Risiken und Dopingverstöße durch Nahrungsergänzungsmittel und soziale Drogen. *Dtsch Z Sportmed*. 2002;53:230
7. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15(1):38.
8. Heinrich K, Burghardt W. *Ernährungsmedizin und Diätetik*. München: URBAN&FISCHER; 2014.
9. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE) (Hrsg.). Sporternährung praxisnah – top trainiert und ernährt. Presseinformation: Presse, DGE aktuell. 2017;7.
10. Thomas DT, Erdman KA, Burke LM. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2016;116(3):501-28.
11. Raschka C, Ruf S. *Sport und Ernährung. Wissenschaftlich basierte Empfehlungen, Tipps und Ernährungspläne für die Praxis*. 4. unveränderte Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2018.
12. Packer JE, Wooding DJ, Kato et al. Variable-Intensity Simulated Team-Sport Exercise Increases Daily Protein Requirements in Active Males. *Frontiers in nutrition*. 2017;4:64.
13. Liao CD, Tsauo JY, Wu YT et al. Effects of protein supplementation combined with resistance exercise on body composition and physical function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*. 2017;106(4):1078-91.
14. Phillips SM, Chevalier S, Leidy HJ. Protein "requirements" beyond the RDA: implications for optimizing health. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*. 2016;41(5):565-72.
15. Dam G, Ott P, Aagaard NK et al. Branched-chain amino acids and muscle ammonia detoxification in cirrhosis. *Metabolic brain disease*. 2013;28(2):217-20.
16. Coombes JS, McNaughton LR. Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2000;40(3):240-6.
17. Howatson G, Hoad M, Goodall S et al. Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2012;9:20.
18. Schena F, Guerrini F, Tregnaghi P et al. Branched-chain amino acid supplementation during trekking at high altitude. The effects on loss of body mass, body composition, and muscle power. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1992;65(5):394-8.

19. Spillane M, Emerson C, Willoughby DS. The effects of 8 weeks of heavy resistance training and branched-chain amino acid supplementation on body composition and muscle performance. *Nutrition and health*. 2012;21(4):263-73.
20. Valenzuela PL, Morales JS, Emanuele E et al. Supplements with purported effects on muscle mass and strength. *European journal of nutrition*. 2019.
21. Foure A, Bendahan D. Is Branched-Chain Amino Acids Supplementation an Efficient Nutritional Strategy to Alleviate Skeletal Muscle Damage? A Systematic Review. *Nutrients*. 2017;9(10).
22. VanDusseldorp TA, Escobar KA, Johnson KE et al. Effect of Branched-Chain Amino Acid Supplementation on Recovery Following Acute Eccentric Exercise. *Nutrients*. 2018;10(10).
23. Alvares TS, Meirelles CM, Bhambhani YN et al. L-Arginine as a potential ergogenic aid in healthy subjects. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2011;41(3):233-48.
24. Brooks JR, Oketch-Rabah H, Low Dog T et al. Safety and performance benefits of arginine supplements for military personnel: a systematic review. *Nutrition reviews*. 2016;74(11):708-21.
25. Wallimann T, Wyss M, Brdiczka D et al. Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: the 'phosphocreatine circuit' for cellular energy homeostasis. *The Biochemical journal*. 1992;281 (Pt 1):21-40.
26. Peeling P, Binnie MJ, Goods PSR et al. Evidence-Based Supplements for the Enhancement of Athletic Performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2018;28(2):178-87.
27. Wang CC, Fang CC, Lee YH et al. Effects of 4-Week Creatine Supplementation Combined with Complex Training on Muscle Damage and Sport Performance. *Nutrients*. 2018;10(11).
28. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British journal of sports medicine*. 2018;52(7):439-55.
29. Kreider RB, Melton C, Rasmussen CJ et al. Long-term creatine supplementation does not significantly affect clinical markers of health in athletes. *Molecular and cellular biochemistry*. 2003;244(1-2):95-104.
30. Davani-Davari D, Karimzadeh I, Ezzatzadegan-Jahromi S et al. Potential Adverse Effects of Creatine Supplement on the Kidney in Athletes and Bodybuilders. *Iranian journal of kidney diseases*. 2018;12(5):253-60.

4.2 Artikel Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin

Dopingfreie Leistungssteigerung durch ausgewählte Nahrungsergänzungsmittel

Non-doping dietary supplements to improve performance in athletes

Autoren: Heitland S^{1.}, Schröder U^{2.}, Ramminger S^{1.}, Valentini L^{1.}

1. Hochschule Neubrandenburg, Fachbereich Agrarwirtschaft und Lebensmitteltechnologie, Sektion Diätetik, Mecklenburg-Vorpommern
Sven Heitland, Cand. for B. Sc. Diätetik
Piniestraße 17c, 33699 Bielefeld
Tel: 05202 9569550, Email: sven@heitland-net.de
2. Deutsches Institut für Sporternährung e.V. (DISE), Hessen – Bad Nauheim

Schlüsselwörter: Leistungssport, Überdosierung, Nebenwirkungen, Erschöpfung

Keywords: high-performance athletics, overdosage, side effects, fatigue

Zusammenfassung:

Viele Spitzensportler greifen auf Nahrungsergänzungsmittel (NEM) zurück, um die Leistung zu steigern, die Regeneration zu beschleunigen oder aus gesundheitlichen Gründen. Neben Vitaminen oder Mineralstoffen kommen auch andere Wirkstoffe wie Kreatin und Koffein zum Einsatz, mit der Hoffnung eines ergogenen Effekts. Allerdings existieren etliche Präparate, die erfolgsversprechende Effekte suggerieren und/oder „verbotene“ Substanzen enthalten oder bei einer Überdosierung zu leistungseinschränkenden Nebenwirkungen führen können. Die International Society of Sports Nutrition (ISSN) veröffentlichte im August 2018 einen Review, der viele der gängigen NEM zusammenfasst und bewertet. Ziele des vorliegenden Artikels sind die Wirkung, Nutzen, Dosierung und Nebenwirkungen der Supplementation von β -Alanin, Natrium-Bicarbonat, Koffein und Nitrat anhand der Vorgaben der ISSN zu evaluieren, durch zusätzliche Recherchen zu ergänzen und speziell für den Einsatz im Leistungssport zu evaluieren. Im Ergebnis zeigte sich, dass zur Leistungssteigerung bei kurzzeitigen intensiven oder intermittierenden Belastungen eine chronische Zufuhr von β -Alanin oder eine akute Zufuhr von Natrium-Bicarbonat unterstützend wirken können. Eine akute Nitrat-Supplementation kann die Leistung bei Belastung bis etwa 40 Minuten steigern, wobei Personen mit einem geringeren Trainingsstatus (bspw. nach einer Verletzung) einen größeren Wirkeffekt aufweisen. Für guttrainierte Personen eignet sich eine chronische Supplementation über 2 – 3 Wochen. Aufgrund der vielfältigen Wirkmechanismen des Koffeins ist es vielseitig einsetzbar sowohl bei kurzzeitig intensiven als auch langandauernden Belastungen sowie

Teamsportarten. Die Dosierung und der Zeitpunkt der NEM-Einnahme sollten mit einer Ernährungs- oder ärztlichen Fachkraft abgesprochen werden.

Wörter: 224

Summary:

Many top athletes rely on dietary supplements (DS) to increase performance, accelerate recovery or for health reasons. In addition to vitamins or minerals, other active ingredients such as creatine and caffeine are used with the hope of an ergogenic effect. However, there are several preparations that suggest promising effects and/or contain "forbidden" substances or, in the case of an overdose, can lead to performance-limiting side effects. The International Society of Sports Nutrition (ISSN) published a review in August 2018 that summarizes and rates many of the common DS. The aim of this article is to evaluate the effects, benefits, doses and side effects of the supplementation of β -alanine, sodium bicarbonate, caffeine and nitrate according to the ISSN guidelines, added by additional research and evaluated specifically for use in competitive sports. As a result, a chronic intake of β -alanine or an acute intake of sodium bicarbonate may be beneficial in increasing performance during short periods of intense or intermittent stress. Acute Nitrate Supplementation can increase exercise performance to about 40 minutes, people with a lower exercise status (eg. after injury) having a greater impact effect. For well-trained persons, a chronic supplementation over 2–3 weeks is suitable. Due to the diverse mechanisms of action of caffeine, it is versatile in both short-term intense and long-lasting stress as well as team sports. The dosage and time of taking DS should be discussed with a nutritionist or a health professional.

Words: 237

Wörter Gesamtbeitrag: 2990

Einleitung:

Der Umsatz von Nahrungsergänzungsmittel (NEM) steigt (1), im Leistungssport haben vor allem NEM mit ergogenen Wirkungen eine hohe Bedeutung. Viele Sportler konsumieren NEM, um die Leistung gezielt zu steigern oder aufgrund des umfangreichen und belastenden Trainings die Regeneration zu beschleunigen. Nahrungsergänzungsmittel in den Medien, welche leistungsfördernde Wirkungen suggerieren, können das Konsumverhalten von Sportlern oder Trainern zusätzlich beeinflussen (5, 7). Ein weiterer Grund ist die Unsicherheit,

ob die normale Ernährung den Bedarf an Makro- und Mikronährstoffen deckt (5). Besonders bei einem hohen Trainingspensum verbleibt wenig Zeit für eine bedarfsangepasste Ernährung, Speisenzubereitung oder einer regelmäßigen Mahlzeitenfrequenz. Zumal ein zu großes Volumen den Magendarmtrakt belastet und die Trainingsadaption minimieren kann (7).

In einer Metaanalyse reicht die Prävalenz der NEM-Einnahme unter Leistungssportlern von 20–100%, gleich verteilt auf Männer und Frauen mit wenigen Ausnahmen (18). Beispielsweise wird von Männern mehr Protein und von den Frauen vermehrt Eisen konsumiert (18). Insgesamt nutzt jeder zweite Leistungssportler Vitamin- und Mineralstoffpräparate, Koffein werden von etwa 29%, Proteinpräparate von 27% und Kreatin von 14% eingenommen (18). Unterscheidet man nach verschiedenen Sportarten, liegt beim Bodybuilding die höchste NEM-Prävalenz vor (genauere Informationen siehe Tabelle 1) (18).

Tabelle 1: Nahrungsergänzungsmittel-Prävalenz in verschiedenen Sportarten

Sportart	Nahrungs- ergänzungsmittel (NEM)	Durchschnittliche Prävalenz in % (18)
Fußball	NEM gesamt	76
	Vitaminpräparate	39
	Aminosäuren	14
Bodybuilding	NEM gesamt	82
	Vitaminpräparate	61
	Protein	58
	Aminosäuren	62
Triathlon	NEM gesamt	54
Ballett	NEM gesamt	59

Auch wenn Supplemente kein Training und keine ausgewogene Ernährung ersetzen, könnten sie bei Wettbewerben den entscheidenden Vorteil ausmachen. Schließlich entscheiden oft nur hundertstel Sekunden über Sieg und Niederlage. Jedoch ist das Angebot von NEM kaum zu überblicken. Die Studienlage zu den spezifischen Wirkungen ist sehr unübersichtlich und von geringer oder unzureichender Evidenz geprägt. Das aktuelle und überarbeitete Review der International Society of Sports Nutrition (ISSN) vom August 2018 (15) fasst viele gängige Supplemente zusammen und bewertet deren Evidenzlage hinsichtlich Wirkung und Sicherheit. Die ISSN ist eine gemeinnützige akademische Gesellschaft, welche sich der Förderung der Wissenschaft und Anwendung von evidenzbasierte Sporternährung und Nahrungsergänzungsmittel widmet. Deren Peer-Review-Journal (JISSN), Konferenzen und Teilnehmer sind wichtige Einflussfaktoren im Bereich der Sporternährung und Nahrungsergänzungsmittel (2).

Der vorliegende Artikel stellt ausgewählte NEM (Überblick siehe Tabelle 2) des ISSN Review (15) vor, die die Leistungsfähigkeit unterstützen können und beschreibt, worauf bei der

Einnahme zu achten ist, besonders im Hinblick auf geltende Anti-Doping-Regeln. Dabei werden die ISSN Empfehlungen unter Hinzunahme eigener Literaturrecherchen kritisch reflektiert.

Tabelle 2: Übersicht der ausgewählten Nahrungsergänzungsmittel (NEM)

NEM	Angestrebte Wirkungen im Leistungssport (23)
β-Alanin	Vergrößerung der intrazellulären Pufferkapazität aufgrund einer erhöhten Carnosin-Synthese mit potenziellem Vorteil bei anhaltenden hochintensiven Belastungen im Minutenbereich
Natrium-Bikarbonat	Vergrößerung der extrazellulären Pufferkapazität mit potenziellem Vorteil bei anhaltenden hochintensiven Belastungen im Minutenbereich mit abnehmender Effektivität bei einer Dauer über 10 Minuten
Koffein	Reduzierung der Erschöpfungswahrnehmung und Steigerung der Aufmerksamkeit im Ausdauer- und Teamsport sowie bei kurzzeitigen, supramaximalen und /oder wiederholten Belastungen
Nitrate	Unterstützung der Leistung bei anhaltenden submaximalen Belastungen und hoch intensiven, intermittierenden, kurzanhaltenden Anstrengungen

β-Alanin:

Als biogenes Amin der proteinogenen Aminosäure Asparaginsäure liegt das ergogene Potential von β-Alanin (BA) hauptsächlich in der Carnosin-Synthese. Carnosin ist ein Dipeptid aus β-Alanin und L-Histidin und wird hauptsächlich in der Skelettmuskulatur synthetisiert, vor allem in den Typ II Muskelfasern (15, 33). Während einer Belastung dient es intrazellulär zur Abpufferung akkumulierender Protonen in den kontrahierenden Muskeln (27). Die im ISSN Review (15) zusammengefassten Erkenntnisse zeigen, dass eine BA-Supplementation die körperliche Leistung bei Aktivitäten mit einer Dauer von 1 bis 4 Minuten verbessern und die neuromuskuläre Erschöpfung reduzieren kann (33). Beim Krafttraining kann die Wiederholungsanzahl bzw. das gesamte Trainingsvolumen erhöht werden (15). Eine Supplementation kann in Form von Pulver oder Kapseln erfolgen. Zur Erhöhung der Carnosinkonzentration ist eine β-Alanin-Dosierung zwischen 3,2–6,4g/d, aufgeteilt in mehreren Dosen (etwa alle 3–4 Stunden), über einen Zeitraum von mindestens 4 Wochen obligat (15) und wird von zwei zusätzlich hinzugezogenen Reviews ebenfalls empfohlen (23, 27).

Ergänzend berichten zwei neue Reviews aus dem Jahr 2018 von Peeling et al. (27) und Maughan et al. (23), dass eine BA-Supplementation vorteilhafte Effekte bei hoch intensiven Belastungen aufweist, welche 30 Sekunden bis 10 Minuten andauern. Je nach Trainingsstatus sind die Effekte unterschiedlich ausgeprägt. Bei sehr gut Trainierten besteht bereits eine erhöhte adaptierte Pufferkapazität, so dass zusätzliche Leistungssteigerungen geringer ausfallen (27). Zudem spielen interindividuelle Variationen hinsichtlich der Carnosin-Synthese

eine Rolle, bspw. der Anteil an Fast-Twitch (Typ II) Muskelfasern, da sie die höchste Syntheseleistung haben (23, 27). Je höher der Anteil der Typ II Muskelfasern, desto höher der Carnosin Gehalt und Wirkpotential von β -Alanin.

Eine aktuelle Studie mit BA-Supplementation zeigte bei 25 Fußballspielerinnen mit plyometrischem Training eine erhöhte Trainingsadaptation bezüglich wiederholten Sprints und Sprungfähigkeit (29). Die Dosierung der Supplementation lag bei 4,8g/d aufgeteilt auf 6 Dosen für 6 Wochen. Signifikante Verbesserungen im Vergleich zur Placebogruppe waren beim 60-sekündigen countermovement Jump (Veränderung in %: Placebo +1,7 (1,0; 2,4); BA +3,6 (2,3; 4,9); $p < 0,05$) und dem anaeroben Sprinttest festzustellen (Veränderung in %: Placebo -4 (-6,8; -1,2); BA -6,6 (-9,9; -3,3); $p < 0,05$). Die Verbesserungen durch BA im Vergleich zur Placebogruppe bei der Geschwindigkeit des Richtungswechsels, Spitzensprungkraft und Sprunghöhe ($p > 0,05$) war in absoluten Zahlen sichtbar, jedoch nicht signifikant (29). Bei 19 Boxern steigerte eine 4,9–5,4g (je nach Körpergewicht: 49 kg bis 69kg = 4,9g/d; 75 kg bis 91 kg = 5,4g) BA Supplementation pro Tag über 10 Wochen die körperliche Leistungsfähigkeit beim Training. Signifikante Verbesserungen waren nach dem anaeroben Wingate-Test (Arm- und Fahrradergometer) bei der Spitzenleistung des Unterkörpers (in w/kgKG, Placebo: pre $8,4 \pm 0,5$; post $8,2 \pm 0,3$; BA: pre $8,2 \pm 1,2$; post $8,7 \pm 0,9$, $p = 0,049$) und dem Oberkörper Power drop¹ (in % Placebo: pre $80,2 \pm 6,8$; post $83,8 \pm 5,7$; BA: pre $82,2 \pm 6,3$; post $79,6 \pm 6,1$, $p = 0,042$) zu vermerken. Andere Veränderungen im Vergleich zu Placebo wie die Steigerung der Maximalkraft bei Benchpress ($p = 0,19$) und Squats ($p = 0,85$) sowie die Sprunghöhe der wiederholten Sprünge pro Minute ($p = 0,48$) waren nicht signifikant (17).

Bei brasilianischen Basketballspielern wurden bei einer 6-wöchigen BA Supplementation mit 6,4g/d keine Verbesserungen im pre-post-Vergleich zum Placebo der wiederholten Sprints ($p = 0,3$) oder Technikfähigkeiten ($p = 0,6$) festgestellt (24). Grund dafür kann die zu kurze Belastungsdauer der Sprints sein (2x30m).

Zudem berichteten Probanden sehr regelmäßig von Nebenwirkungen wie Juckreiz, Hautausschlägen bis hin zu Parästhesien (27, 29), welche bei höheren Dosen zunahm (9). Um mögliche unangenehme Nebenwirkungen zu reduzieren, sollte die tägliche Dosis, wie bereits erwähnt, auf mehrere gleichgroße Portionen aufgeteilt werden (27).

Zusammenfassend kann eine β -Alanin Supplementation mit 3,2–6,4g/d über mindestens 4 Wochen, bei kurzzeitigen intensiven Belastungen (Rudern, Sprinten, Schwimmen) eingesetzt werden, um die Leistung zu steigern. Da Nebenwirkungen auftreten können, die die Leistungsfähigkeit einschränken, sollte die optimale Dosierung in der Trainingsphase erprobt

¹ Power drop = (peak power - minimum power) / peak power $\times 100$

werden. Personen, die auf β -Alanin wiederholt mit Nebenwirkungen reagieren, sollten insgesamt auf eine Supplementation verzichten.

Natrium-Bikarbonat:

Ein weiteres Puffersupplement in Kapselform ist Natrium-Bikarbonat zur Unterstützung des Bicarbonatpuffers. Bei sehr intensiven Belastungen sammeln sich H^+ Ionen und CO_2 im Muskel und Blut an und führen zu Erschöpfungssymptomen. Der Körper besitzt eigene Puffersysteme, um den pH-Wert des Blutes konstant zu halten. Primär steht dabei der Bikarbonatpuffer zur Verfügung.

Das ISSN Review (15) zeigt, dass eine Bikarbonat-Aufladephase eine wirksame Methode ist, die akkumulierenden Substanzen bei hoch intensiven Belastungen mit einer Dauer von einer bis zu drei Minuten effektiver abzapfend. Die Einnahme mit 0,3g/kgKG Natrium-Bikarbonat sollte 60–90min vor der Belastung stattfinden. Verbesserungen der körperlichen Leistungsfähigkeit zeigten sich bei kurzfristigen Belastungen, wie 400–800m Sprints (22), 200m Schwimmen (19), intermittierenden Belastungen (21) und einem 3km Radzeitfahren (16). Zusätzlich weist eine Metaanalyse daraufhin, dass durch die Leistungssteigerung einer Natrium-Bikarbonat Supplementation der Trainingsstatus gesteigert werden konnte (26).

Aus der zusätzlichen Recherche geht hervor, dass sich die Ergebnisse vom aktuellen Review von Peeling et al. (27) mit dem ISSN Review gleichen und eine durchschnittliche Leistungssteigerung bei kurzzeitigen, intensiven Sprints um ca. 2% festzustellen ist. Bei längerer Belastungsdauer >10min nehmen die Vorteile ab (27). Die generelle Dosierempfehlung gleicht dem ISSN Review. Eine akute Natrium-Bikarbonat-Gabe mit 0,2–0,4g/kg sollte 60–150min vor der Belastung eingenommen werden (23, 27).

Bei einer niedrigeren Dosierung von 0,1g/kgKG Natrium-Bikarbonat über 10 Tage nimmt der Effekt ab, so dass es keine signifikanten Verbesserungen in der Leistung beim Wingate-Test oder dem Dummy-Wurf-Test bei 58 Wrestlern gab (11). Nur die Zeit, bis die Höchstleistung beim Wingate-Test eintritt, verringerte sich signifikant von $3,44 \pm 1,98$ auf $2,35 \pm 1,17$ Sekunden ($p=0,0018$) (11). In einer weiteren Studie (12) mit einem 4km Radzeitrennen mit unterschiedlichen Dosierungen von 0,2 oder 0,3g/kgKG konnte bei beiden Dosierungen eine signifikante Verbesserung der Streckenzeit um ca. 8 Sekunden ($p<0,005$) beobachtet werden im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dabei war die Verbesserung bei beiden Dosierungen etwa gleich, so dass eine geringere Dosis in Betracht gezogen werden kann

Macutkiewicz et al. (20) zeigten mit einer Supplementation von 0,3g/kgKG bei Feldhockey-Spielern keine signifikante Steigerung der sportsspezifischen Leistungsfähigkeit bei einem Testspiel wie Dribbeln, Passen oder Entscheidungszeit. Signifikant verbessert hat sich die

Erschöpfungswahrnehmung und die durchschnittliche Sprintzeit beim 3. und 4. Satz des Loughborough intermittent shuttle test (Lauffest inklusive Joggen und Sprinten), wodurch ein entscheidender Vorteil im Wettkampf erzielt werden kann (20). Allerdings war die Fallzahl mit 8 Probanden sehr gering.

Die individuelle Verträglichkeit von Natrium-Bikarbonat ist sehr unterschiedlich und kann zu Nebenwirkungen führen. Regelmäßig treten gastrointestinale Beschwerden (abdominelle Schmerzen, Übelkeit, Erbrechen) auf, die die körperliche Leistungsfähigkeit einschränken (15, 27). Alternativ können andere Natrium-Bikarbonat-Zufuhrstrategien genutzt werden. Entweder wird die akute Dosis auf mehrere kleinere Portionen (3–4) über 30–180min aufgeteilt oder es erfolgt eine chronische Zufuhr mit 3–4 kleineren Dosen pro Tag für 2–4 aufeinanderfolgende Tage (8, 23, 27).

Zusammenfassend kann eine akute NB-Supplementation mit 0,2g/kgKG die körperliche Leistungsfähigkeit bei kurzfristigen, intensiven oder intermittierenden Aktivitäten (Kampfsport, Sprinten) steigern. Zuvor sollte allerdings die Verträglichkeit der üblichen und alternativen Dosierung geprüft werden. Beim Eintreten von Nebenwirkungen sollte auf NB gänzlich verzichtet werden.

Koffein:

Koffein ist nicht nur bei den meisten Erwachsenen als Wachmacher bspw. in Form von Kaffee oder Cola vertreten, sondern zeigt auch als Supplement in Kapsel-, Pulver- oder Flüssigform leistungsfördernde Effekte bei aeroben und anaeroben Belastungen (15). Die Wirkmechanismen sind vielfältig. Es ist strukturell ähnlich aufgebaut wie Adenosin und besetzt die gleichen Rezeptoren, ohne sie zu aktivieren, so dass die Erschöpfungswahrnehmung reduziert wird. Zum anderen erhöht es die Endorphin-Freisetzung zur Reduzierung des Schmerzempfindens, verbessert die neuromuskuläre Funktion sowie die Wachsamkeit und Aufmerksamkeit (6, 27).

Aus dem ISSN Review (15) geht hervor, dass eine einmalige Koffeinnahme mit einer Dosierung von 3–6mg/kgKG vor der Belastung die Leistung hinsichtlich der Geschwindigkeit, Spitzen- und Durchschnittsleistung im langandauernden aeroben Leistungsbereich verbessern kann, wie beim Marathon oder bei intermittierender intensiver Belastung im Mannschaftssport. Eine Leistungssteigerung ist ebenfalls im intensiven anaeroben Bereich, die bis zu 8 Minuten andauern können, wie Sprints oder Rudern möglich (15).

Die Ergebnisse gleichen den Empfehlungen der zusätzlich hinzugezogenen Literatur. Peeling et al. (27) und Maughan et al. (23) empfehlen ebenfalls die Einnahme von 3–6mg Koffein/kg etwa 60 Minuten vor einer Belastung. Bei länger andauernder Aktivität (>60min) kann eine

geringere Dosis von 100–200mg während der Belastung, etwa 15–80min nach Beginn, förderlich sein (27).

In einer aktuellen Metaanalyse von Southward et al. (32) mit 44 inkludierten Studien zeigten die akuten Koffeingaben beim Ausdauersport positive Effekte. Im Vergleich zu Placebo verringerte die Koffeingabe von 3–6mg/kgKG die durchschnittliche Zeit zum Abschluss eines Zeitrennens um etwa 2% und verbesserte die durchschnittliche Leistung um etwa 3%. Dabei spielte die individuelle Resonanz auf Koffein eine große Rolle für die unterschiedlich starken Wirkeffekte, bspw. Gewohnheit, Sensibilität oder Faktoren zur Verstoffwechslung (Alter, Geschlecht, Rauchen) (32).

Nach dem ISSN Review (15) ist die Datenlage der Koffeinwirkung auf die Muskelleistung beim Kraft- und Widerstandstraining nicht eindeutig. Die Erschöpfungswahrnehmung und Muskelschmerzen können verringert werden. Beim direkten Vergleich der Ober- und Unterkörpermuskulatur sind die Outcomes unterschiedlich (15). Beispielsweise zeigte eine im Review aufgeführte Studie (4), dass eine 3mg/kgKG Koffeingabe nur die maximale Oberkörpermuskulaturstärke steigerte ($p < 0,05$). Verbesserungen bei der Unterkörpermuskulaturstärke und -ausdauer wurden nicht festgestellt.

Zwei Reviews von Grgic et al. (13, 14) zeigten signifikante ergogene Effekte beim Widerstandstraining hinsichtlich Muskelkraft und -ausdauer. Beim Vergleich der standardisierten Mittelwertsunterschiede (standardized mean differences=SMD) zeigte sich, dass der Effekt beim Oberkörper (SMD=0,21 [95% CI: 0,02 – 0,39] $p=0,026$) ausgeprägter ist als beim Unterkörper (SMD=0,15 [95% CI: -0,05 – 0,34] $p=0,147$) (14).

Zusätzlich ist anzumerken, dass geringere Effekte zu erwarten sind, wenn der Körper an Koffein gewöhnt ist. In dem Fall sind höhere Dosen notwendig. Dosen von über 9mg/kgKG können allerdings den Dopingschwellenwert der Koffeinkonzentration im Urin überschreiten und zur Disqualifizierung führen (15). Zudem bewirken Dosen >9 mg/kgKG keine größere leistungssteigernde Wirkung (27). Ein zu hoher Koffeinkonsum kann zu Nebenwirkungen wie Tremor, Insomnia, erhöhte Herzfrequenz, Kopfschmerzen, abdominales Unwohlsein und Unkonzentriertheit führen, welche die Leistung beeinträchtigen (14).

Zusammengefasst kann Koffein aufgrund seiner vielfältigen Wirkmechanismen sowohl bei kurzzeitig intensiven als auch langandauernden Belastungen sowie Teamsportarten hilfreich sein. Dabei ist zu beachten, dass die individuelle Gewöhnung eine große Rolle spielt und eine Supplementierung nur kurzzeitig eingesetzt werden sollte. Für optimale Effekte und zur Vermeidung von Nebenwirkungen sollte ein Zufuhrprotokoll geführt werden, um die individuelle Dosis zu ermitteln, beginnend mit 3mg/kgKG. Neben Kapseln oder Tabletten in

konzentrierter Form können alternativ, je nach Verträglichkeit, koffeinhaltige Getränke mit entsprechendem Koffeingehalt verwendet werden.

Nitrate (Rote Bete-Saft):

Nitrat spielt eine wichtige Rolle bei der Modulation der Skelettmuskulatur-Funktion und kann zu einer Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit im Sport verhelfen (27). Zu den Funktionen zählen unter anderem die Verringerung des ATP-Verbrauchs beim Kraftumsatz des Muskels, Erhöhung der Effektivität der mitochondrialen Atmung und der Durchblutung zum Muskel sowie Verringerung des Sauerstoffverbrauchs bei submaximaler Belastung (8, 27, 31).

Nach Kerksick et al. (15) sollte die Einnahme von Natriumnitrat oder konzentriertem Rote Bete-Saft mit einem Anteil von 300–600mg Nitrat 2–3 Stunden vor der Belastung erfolgen, (15). Die Dosierempfehlung gleicht den Empfehlungen der Reviews von Peeling et al. (27) und Maughan et al. (23), die 310–560mg Nitrat 2–3 Stunden vor der Belastung empfehlen. Auch eine Ladephase von 3–5 Tage vor einem Wettkampf ist möglich (6). Aus dem ISSN Review geht hervor, dass eine akute oder eine Supplementation über 5 Tage bei Sportlern mit einem sehr guten Trainingsstatus oder lang andauernden Belastungen nur geringe bis keine Effekte zeigen. Es gab nur minimale, nicht signifikante Veränderungen bei der maximalen Leistungsfähigkeit wie Zeit bis zur Ermüdung oder Gesamtzeit zum Abschluss eines Rennens (15).

Peeling et al. (27) weisen in ihrem Review darauf hin, dass die Aussagefähigkeit der in der Literatur beschriebenen Studien zur Wirkung von Nitrat bei länger andauernden Belastungen (>40min) begrenzt ist. Grund dafür ist die geringere relative Belastungsintensität sowie die schwindende Rolle des Nitrit-geleiteten Weges zur Stickoxidproduktion bei langandauernden Belastungen (27). Eine Nitrat Supplementation scheint vor allem die Typ II Muskelfaserfunktion zu steigern, wodurch sich eine verbesserte Leistungsfähigkeit bei hoch intensiven, intermittierenden Belastungen im Teamsport mit einer Dauer von 12–40min um ca. 3–5% zeigte (23, 27). Die Evidenz hinsichtlich kürzerer Belastungen <12min ist dahingegen nicht eindeutig. Einige Studien zeigen Effekte, andere keine (23, 27).

Bei einer zweigeteilten Studie zeigte eine 300mg Nitratsupplementation bei männlichen Elite-Kajakathleten unter einer 4-minütigen Kajakausbübung keine Unterschiede in der zurückgelegten Strecke (28). Im zweiten Teil konnte eine 600mg Nitrateinnahme bei weiblichen Elite-Kajakathletinnen in einem 500m Kanurennen die Streckenzeit um 1,7% signifikant ($p=0,01$) verbessert werden (28). Eine 310mg Nitrat Gabe konnte bei Amateur-Radfahrern die Zeit zum Abschluss eines 16km Zeitrennens im Mittel um 40 Sekunden verbessern (Nitrat: 1664 ± 14 s; Placebo: 1702 ± 15 s, $p=0,021$) und den durchschnittlichen

Sauerstoffverbrauch um etwa 180ml/min verringern (Nitrat: 2542 ± 114 ml/min; Placebo: 2727 ± 85 p=0,049) (25). Cuenca et al. (10) zeigen bei einem 30 Sekunden all-out Sprint mit 15 trainierten Personen im randomisierten doppelblinden Crossover Design und einer Nitrat Supplementation von 400mg 3 Stunden vor dem Test eine Verbesserung der Gesamtleistung. Verbessert wurden Spitzenleistung (W_{peak}) (Placebo: 848 ± 134 W vs. Nitrat: 881 ± 135 W p=0,049), Zeit bis zur W_{peak} (Placebo: 8.9 ± 1.4 s vs. Nitrat: 7.3 ± 0.9 s p=0,003) sowie W_{mean} (Placebo: 641 ± 91 W vs. Nitrat: 666 ± 100 W p=0,023).

Eine Steigerung der ergogenen Wirkung bei einem guten Trainingsstatus zeigt sich bei einer längeren Supplementation über ca. 3 Wochen, wenn die gleiche Menge von etwa 500mg täglich immer zur gleichen Zeit, 2,5 Stunden vor dem Training eingenommen wird (8, 27). Eine aktuelle randomisierte, doppelblinde Studie mit 12 Mittel- und Langstrecken-Eliteläufern mit einer 15-tägigen Supplementation von 400mg Nitrat zeigte bei einem inkrementellen Laufstest im Vergleich zum Placebo verbesserte Zeiten bis zur Erschöpfung, Muskel-O₂-Sättigungen sowie subjektive Erschöpfungswahrnehmungen (3).

Aus gesundheitlichen Gründen ist von einer langanhaltenden erhöhten Nitratzufuhr abzuraten. Zum einen hemmt sie die Jodresorption und dessen Transport zur Schilddrüse. Zum anderen wird Nitrat im Körper zu Nitrit reduziert, welches mit anderen Aminen zu Nitrosaminen reagiert und cancerogen wirken kann. Der ADI-Wert (Acceptable Daily Intake) liegt bei 3,7mg/kg (60kg=222mg) (30). Die verabreichten Dosen in den Studien überschritten diesen Wert deutlich. Allerdings bezieht sich der ADI-Wert auf den lebenslangen Konsum. Im Gegensatz dazu dauert eine chronische Nitratsupplementation maximal 3 Wochen vor einem Wettkampf an. Eine zu hohe akute Nitratdosis kann zu Magenverstimmungen führen und die Leistungsfähigkeit einschränken. Dies ist vor allem für Athleten/Athletinnen mit einem guten Trainingsstatus relevant, da sie eine größere Menge an Nitrat benötigen, um einen leistungssteigernden Effekt zu erzielen (23, 27).

Zusammenfassend kann eine Nitratsupplementation beginnend mit 300mg 2–3 Stunden vor einer hochintensiven intermittierenden Belastung (wiederholte Sprints oder Teamsportarten) unterstützend wirken. Der Effekt schwindet jedoch bei langanhaltenden Ausdauerbelastungen (>40min) sowie bei einem guten Trainingsstatus des/der Athleten/Athletin. Zeigen sich nur geringe bis keine Effekte bei Guttrainierten mit einer akuten Nitrat-Supplementation, wäre eine chronische Supplementation über 2–3 Wochen sinnvoll. Eine kurzzeitige Supplementation kann bei Athleten/innen mit geringem Trainingsstatus nach längerer Trainingspause, bspw. durch eine Verletzung, eingesetzt werden, um schneller das ursprüngliche Leistungsniveau zu erreichen.

Fazit:

Zur weiteren Steigerung und Optimierung der sportlichen Leistung können β -Alanin, Natrium-Bikarbonat, Koffein oder Nitrate hilfreich sein, um bspw. bei Wettkämpfen den entscheidenden Vorteil zu erzielen. Allerdings sollten die Dosierung und der Zeitpunkt der NEM-Einnahme beachtet und nicht willkürlich eingenommen werden. Der Gebrauch sollte mit einer Ernährungs- oder ärztlichen Fachkraft auf die persönliche Situation, die Sportart und das Training abgestimmt werden. Bei kurzzeitigen intensiven oder intermittierenden Belastungen können β -Alanin und Natrium-Bicarbonat unterstützend wirken. Nitrat kann die Leistung bei längerer Belastung bis etwa 40 Minuten steigern. Eine Sonderstellung nimmt Koffein ein. Aufgrund seiner vielfältigen Wirkmechanismen kann Koffein sowohl bei kurzzeitig intensiven als auch bei langandauernden Belastungen sowie Teamsportarten hilfreich sein.

Literatur:

1. Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde des Arbeitskreises Nahrungsergänzungsmittel (BLL AK NEM) (Hrsg.). Markt für Nahrungsergänzungsmittel in Deutschland 2018 URL: <https://www.bll.de/de/lebensmittel/nahrungsergaenzungsmittel/20181029-zahlen-nahrungsergaenzungsmittel-markt-2018> [26.11.2018]
2. International Society of Sports Nutrition (ISSN) (Hrsg.). About Us At The International Society of Sports Nutrition URL: <https://www.sportsnutritionssociety.org/about-us.html> [08.06.2019]
3. Balsalobre-Fernandez C, Romero-Moraleda B, Cupeiro R, Peinado AB, Butragueno J, Benito PJ. The effects of beetroot juice supplementation on exercise economy, rating of perceived exertion and running mechanics in elite distance runners: A double-blinded, randomized study. *PloS one*. 2018;13(7):e0200517. doi: 10.1371/journal.pone.0200517
4. Beck TW, Housh TJ, Schmidt RJ, Johnson GO, Housh DJ, Coburn JW, Malek MH. The acute effects of a caffeine-containing supplement on strength, muscular endurance, and anaerobic capabilities. *Journal of strength and conditioning research*. 2006;20(3):506-10. doi: 10.1519/18285.1
5. Brause P. Gesundheitliche Risiken und Dopingverstöße durch Nahrungsergänzungsmittel und soziale Drogen. *Dtsch Z Sportmed*. 2002;53:230
6. Burke LM. Practical Issues in Evidence-Based Use of Performance Supplements: Supplement Interactions, Repeated Use and Individual Responses. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2017;47(Suppl 1):79-100. doi: 10.1007/s40279-017-0687-1
7. Breuer C. Nahrungsergänzungsmittel. 1. Auflage. Frankfurt am Main: Deutscher Olympischer Sportbund; 2014: 18-35.
8. Castell LM, Stear SJ, Burke LM. Nutritional Supplements in Sport, Exercise and Health an A - Z Guide. 1. Auflage. London: Routledge; 2015.
9. Church DD, Hoffman JR, Varanoske AN, Wang R, Baker KM, La Monica MB, Beyer KS, Dodd SJ, Oliveira LP, Harris RC, Fukuda DH, Stout JR. Comparison of Two beta-Alanine Dosing Protocols on Muscle Carnosine Elevations. *Journal of the American College of Nutrition*. 2017;36(8):608-16. doi: 10.1080/07315724.2017.1335250
10. Cuenca E, Jodra P, Perez-Lopez A, Gonzalez-Rodriguez LG, Fernandes da Silva S, Veiga-Herreros P, Dominguez R. Effects of Beetroot Juice Supplementation on Performance and Fatigue in a 30-s All-Out Sprint Exercise: A Randomized, Double-Blind Cross-Over Study. *Nutrients*. 2018;10(9). doi: 10.3390/nu10091222
11. Durkalec-Michalski K, Zawieja EE, Podgorski T, Zawieja BE, Michalowska P, Loniewski I, Jeszka J. The Effect of a New Sodium Bicarbonate Loading Regimen on Anaerobic Capacity and Wrestling Performance. *Nutrients*. 2018;10(6). doi: 10.3390/nu10060697
12. Gough LA, Deb SK, Sparks A, McNaughton LR. The Reproducibility of 4-km Time Trial (TT) Performance Following Individualised Sodium Bicarbonate Supplementation: a Randomised Controlled Trial in Trained Cyclists. *Sports medicine - open*. 2017;3(1):34. doi: 10.1186/s40798-017-0101-4
13. Grgic J, Mikulic P, Schoenfeld BJ, Bishop DJ, Pedisic Z. The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2019;49(1):17-30. doi: 10.1007/s40279-018-0997-y
14. Grgic J, Trexler ET, Lazinica B, Pedisic Z. Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15:11. doi: 10.1186/s12970-018-0216-0
15. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jager R, Collins R, Cooke M, Davis JN, Galvan E, Greenwood M, Lowery LM, Wildman R, Antonio J, Kreider RB. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15(1):38. doi: 10.1186/s12970-018-0242-y

16. Kilding AE, Overton C, Gleave J. Effects of caffeine, sodium bicarbonate, and their combined ingestion on high-intensity cycling performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2012;22(3):175-83.
17. Kim KJ, Song HS, Yoon DH, Fukuda DH, Kim SH, Park DH. The effects of 10 weeks of beta-alanine supplementation on peak power, power drop, and lactate response in Korean national team boxers. *Journal of exercise rehabilitation*. 2018;14(6):985-92. doi: 10.12965/jer.1836462.231
18. Knapik JJ, Steelman RA, Hoedebecke SS, Austin KG, Farina EK, Lieberman HR. Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2016;46(1):103-23. doi: 10.1007/s40279-015-0387-7
19. Lindh AM, Peyrebrune MC, Ingham SA, Bailey DM, Folland JP. Sodium bicarbonate improves swimming performance. *International journal of sports medicine*. 2008;29(6):519-23. doi: 10.1055/s-2007-989228
20. Macutkiewicz D, Sunderland C. Sodium bicarbonate supplementation does not improve elite women's team sport running or field hockey skill performance. *Physiological reports*. 2018;6(19):e13818. doi: 10.14814/phy2.13818
21. Marriott M, Krstrup P, Mohr M. Ergogenic effects of caffeine and sodium bicarbonate supplementation on intermittent exercise performance preceded by intense arm cranking exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2015;12:13. doi: 10.1186/s12970-015-0075-x
22. Matson LG, Tran ZV. Effects of sodium bicarbonate ingestion on anaerobic performance: a meta-analytic review. *International journal of sport nutrition*. 1993;3(1):2-28.
23. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, Rawson ES, Walsh NP, Garthe I, Geyer H, Meeusen R, van Loon LJC, Shirreffs SM, Spriet LL, Stuart M, Vernec A, Currell K, Ali VM, Budgett RG, Ljungqvist A, Mountjoy M, Pitsiladis YP, Soligard T, Erdener U, Engebretsen L. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British journal of sports medicine*. 2018;52(7):439-55. doi: 10.1136/bjsports-2018-099027
24. Milioni F, Redkva PE, Barbieri FA, Zagatto AM. Six weeks of beta-alanine supplementation did not enhance repeated-sprint ability or technical performances in young elite basketball players. *Nutrition and health*. 2017;23(2):111-8. doi: 10.1177/0260106017700436
25. Muggeridge DJ, Howe CC, Spendiff O, Pedlar C, James PE, Easton C. A single dose of beetroot juice enhances cycling performance in simulated altitude. *Medicine and science in sports and exercise*. 2014;46(1):143-50. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182a1dc51
26. Peart DJ, Siegler JC, Vince RV. Practical recommendations for coaches and athletes: a meta-analysis of sodium bicarbonate use for athletic performance. *Journal of strength and conditioning research*. 2012;26(7):1975-83. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182576f3d
27. Peeling P, Binnie MJ, Goods PSR, Sim M, Burke LM. Evidence-Based Supplements for the Enhancement of Athletic Performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2018;28(2):178-87. doi: 10.1123/ijsnem.2017-0343
28. Peeling P, Cox GR, Bullock N, Burke LM. Beetroot Juice Improves On-Water 500 M Time-Trial Performance, and Laboratory-Based Paddling Economy in National and International-Level Kayak Athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2015;25(3):278-84. doi: 10.1123/ijsnem.2014-0110
29. Rosas F, Ramirez-Campillo R, Martinez C, Caniuqueo A, Canas-Jamet R, McCrudden E, Meylan C, Moran J, Nakamura FY, Pereira LA, Loturco I, Diaz D, Izquierdo M. Effects of Plyometric Training and Beta-Alanine Supplementation on Maximal-Intensity Exercise and Endurance in Female Soccer Players. *Journal of human kinetics*. 2017;58:99-109. doi: 10.1515/hukin-2017-0072
30. Schek A. Nahrungsergänzungsmittel im Sport - Bedeutung und praktische Hinweise. *Ernährung im Fokus*. 2015;15:194-201.
31. Shiva S. Nitrite: A Physiological Store of Nitric Oxide and Modulator of Mitochondrial Function. *Redox biology*. 2013;1(1):40-4. doi: 10.1016/j.redox.2012.11.005

32. Southward K, Rutherford-Markwick KJ, Ali A. Correction to: The Effect of Acute Caffeine Ingestion on Endurance Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2018;48(10):2425-41. doi: 10.1007/s40279-018-0967-4
33. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR, Hoffman JR, Wilborn CD, Sale C, Kreider RB, Jager R, Earnest CP, Bannock L, Campbell B, Kalman D, Ziegenfuss TN, Antonio J. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2015;12:30. doi: 10.1186/s12970-015-0090-y

5. Konklusion

Ein Problem bei Studien zu NEM-Wirkungen ist, dass sie in verschiedenen Hinsichten nicht immer vergleichbar sind und es daher schwer möglich ist eine Gesamtaussage zum jeweiligen NEM zu treffen. Teilweise weisen Probanden unterschiedliche Trainingszustände auf oder die Wirkungen der NEM unterscheiden sich bei verschiedenen Sportdisziplinen. Es sollte daher bspw. nach Trainingszustand oder Sportarten differenziert werden. Häufig konnten die Probanden in den Studien eine selbst ausgewählte Aufwärmintensität wählen. Zwar war beispielsweise ein Bereich für die Umdrehungen pro Minute oder Herzfrequenz vorgegeben, aber da jeder für sich selbst entscheiden konnte wo er sich im Bereich für 5 – 15 Minuten aufwärmt, können kleine Unterschiede in der Vorermüdung das Outcome verfälschen. Bei einer längeren chronischen Supplementation eines NEM können zudem andere Faktoren wie eine adäquate Ernährung, Regeneration oder unterschiedliche tägliche Trainingseinheiten/-intensität das Outcome beeinflussen, sofern diese nicht genauestens vorgegeben oder protokolliert werden. Leider konnte bei der Recherche teilweise nicht auf den Volltext einiger aktueller Literatur zugegriffen werden, ohne dafür zu bezahlen trotz virtuellen privaten Netzwerks (VPN) der Hochschule Neubrandenburg. Die ISSN selbst kommt aus den USA, in der mehr NEM zugelassen sind, und somit einen anderen Bezug zu NEM haben.

Eine Stärke dieser Arbeit ist, dass weitreichender in der internationalen wissenschaftlichen Literatur recherchiert und nicht nur der aktuelle ISSN Review als Grundlage für die Artikel genutzt wurde. Dadurch konnten objektive und evidenzbasierte Aussagen getroffen werden.

Schlussendlich liegt bei einer ausgewogenen und abwechslungsreichen Ernährung mit Deckung des Energiebedarfes nur selten ein Nährstoffmangel vor, auch für sportlich aktive Personen gibt es keine physiologische Notwendigkeit für den Konsum von bestimmten NEM (Makro- oder Mikronährstoffe), obwohl ein erhöhter Bedarf besteht. Ausnahmen sind bspw. Leistungssportler, die hohen Zeitdruck haben, sich hypokalorisch ernähren bezüglich des Gewichtsmanagement, spezielle Ernährungsweisen (Veganer) oder Lebensmittelunverträglichkeiten haben. Neben einer angepassten Ernährung und sorgfältigem Training spielt auch eine adäquate Erholung eine wichtige Rolle für die Trainingsadaptation. Zur weiteren Steigerung der Leistungsfähigkeit können einige NEM hilfreich sein, um beispielsweise bei Wettkämpfen einen entscheidenden Vorteil herauszuholen. Gute Wirkungen zeigen Kreatin, Koffein, β -Alanin, Natriumbicarbonat oder Nitrate, zur Förderung der Regeneration sind beispielsweise Protein oder EAA geeignet, vor allem direkt nach dem Sport, wenn aus zeitlichen oder praktischen Gründen (einfachere Handhabung, hygienischer Aspekt) keine vollwertige Mahlzeit/Snack verzehrt werden kann.

Bei dem großen Angebot an NEM gibt es auch eine Vielzahl deren versprochenen Wirkungen nicht eindeutig bewiesen ist. So können bspw. keine eindeutigen Empfehlungen für BCAA, L-Carnitin oder Arginin gegeben werden.

Aufgrund des höheren NEM-Konsums (mit ergogener Wirkung) bei aktiven Freizeitsportlern, im Vergleich zur allgemeinen Bevölkerung wäre nicht nur im Fitnessstudiobereich eine Risikoauflklärung, sondern auch bei leistungsorientierten Freizeitsportlern eine Aufklärung und Sensibilisierung hinsichtlich fehlenden Informationen der verschiedenen Inhaltsstoffe, deren Legalität und Dopingproblematiken sinnvoll. Konsumenten sollten auf eventuelle Risiken bei Überdosierungen und Kontaminationen beim Gebrauch von verschiedenen NEM, aber auch auf deren richtigen Handhabung hingewiesen werden. Beim Leistungssport ist ebenfalls eine professionelle Schulung hinsichtlich NEM notwendig, da sie eine höhere Relevanz haben und fast unabdingbar sind im Gegensatz zum Freizeitsport. Die Aufklärung sollte nicht nur die Inhaltsstoffe und Dosierungen betreffen, sondern auch deren Evidenz, um mit klaren Vorgaben eine Leistungssteigerung zu erzielen, ohne in die Gefahr des Dopingmissbrauches, ob bewusst oder unbewusst, zu laufen.

6. Literaturverzeichnis

1. Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde des Arbeitskreises Nahrungsergänzungsmittel (BLL AK NEM) (Hrsg.). Markt für Nahrungsergänzungsmittel in Deutschland 2018 [Internet]. 29.10.2018 [zitiert am 26.11.2018]. URL: <https://www.bll.de/de/lebensmittel/nahrungsergaenzungsmittel/20181029-zahlen-nahrungsergaenzungsmittel-markt-2018> [
2. Pharmazeutische Zeitung (Hrsg.). Nahrungsergänzungsmittel: Absatz steigt [Internet]. 01.11.2016 [zitiert am 25.11.2018] URL: <https://www.pharmazeutische-zeitung.de/2016-11/nahrungsergaenzungsmittel-absatz-steigt/> [
3. Dreher M, Ehler T, Simon P, Neuberger EWI. Boost Me: Prevalence and Reasons for the Use of Stimulant Containing Pre Workout Supplements Among Fitness Studio Visitors in Mainz (Germany). *Frontiers in psychology*. 2018;9:1134.
4. Solheim SA, Nordsborg NB, Ritz C, Berget J, Kristensen AH, Morkeberg J. Use of nutritional supplements by Danish elite athletes and fitness customers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2017;27(8):801-8.
5. Castell LM, Stear SJ, Burke LM. *Nutritional Supplements in Sport, Exercise and Health an A - Z Guide*. 1. Auflage. London: Routledge; 2015.
6. Toda M, Uneyama C. [Current Problems Associated with Overseas Health Products]. *Yakugaku zasshi : Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*. 2018;138(12):1531-6.
7. Kerksick CM, Wilborn CD, Roberts MD, Smith-Ryan A, Kleiner SM, Jager R, et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2018;15(1):38.
8. Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde e.V. (BLL) (Hrsg.). Gesetzliche Regelungen für Nahrungsergänzungsmittel [Internet]. [zitiert am 16.11.2018]. URL: <https://www.bll.de/de/lebensmittel/nahrungsergaenzungsmittel/nem-gesetzliche-regelungen> [
9. Breuer C. *Nahrungsergänzungsmittel*. 1. Auflage. Frankfurt am Main: Deutscher Olympischer Sportbund; 2014: 18-35.
10. Bibliographisches Institut (Hrsg.). *Duden - Die deutsche Rechtschreibung: Das umfassende Standardwerk auf der Grundlage der aktuellen amtlichen Regeln*. 26. Auflage. Berlin: Bibliographisches Institut; 2014.
11. Volkert D, Bauer JM, Frühwald T, Gehrke I, Lechleitner M, Lenzen-Großimlinghaus R, et al. Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM) in Zusammenarbeit mit der GESKES, der AKE und der DGG Klinische Ernährung in der Geriatrie –Teil des laufenden S3-Leitlinienprojekts Klinische Ernährung. *Aktuelle Ernährungsmedizin* 2013;38(03):1-48.
12. Max-Rubner Institut (Hrsg.). *Nationale Verzehrs Studie II. Ergebnisbericht Teil 1. Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen*. Karlsruhe: Max-Rubner Institut; 2008.
13. Carlsohn A. Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln bei Kindern und Jugendlichen mit und ohne sportliche Aktivität-Eine Übersichtsarbeit. *Sportunterricht-Monatsschrift zur Wissenschaft und Praxis des Sports mit Lehrhilfen*. 2015;6(6):168-72.
14. Alfawaz H, Khan N, Alfaifi A, Shahrani FM, Al Tameem HM, Al Otaibi SF, et al. Prevalence of dietary supplement use and associated factors among female college students in Saudi Arabia. *BMC women's health*. 2017;17(1):116.
15. Song S, Youn J, Lee YJ, Kang M, Hyun T, Song Y, et al. Dietary supplement use among cancer survivors and the general population: a nation-wide cross-sectional study. *BMC cancer*. 2017;17(1):891.
16. Kantor ED, Rehm CD, Du M, White E, Giovannucci EL. Trends in Dietary Supplement Use Among US Adults From 1999-2012. *Jama*. 2016;316(14):1464-74.
17. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *British journal of sports medicine*. 2018;52(7):439-55.
18. Mooney R, Simonato P, Ruparella R, Roman-Urrestarazu A, Martinotti G, Corazza O. The use of supplements and performance and image enhancing drugs in fitness settings: A

exploratory cross-sectional investigation in the United Kingdom. *Human psychopharmacology*. 2017;32(3).

19. Deldicque L, Francaux M. Potential harmful effects of dietary supplements in sports medicine. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*. 2016;19(6):439-45.
20. Mosler S. Mehr Kraft mit Eiweißshakes und Co? Nahrungsergänzungsmittel und ihr Einsatz im Sport. *Aktuel Ernährungsmed*. 2016;41(1):15-8.
21. Geller AI, Shehab N, Weidle NJ, Lovegrove MC, Wolpert BJ, Timbo BB, et al. Emergency Department Visits for Adverse Events Related to Dietary Supplements. *The New England journal of medicine*. 2015;373(16):1531-40.
22. Dieckert Jürgen, Christian W. *Handbuch Freizeitsport (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport)*. Schorndorf: Hofmann-Verlag GmbH & Co. KG; 2002.
23. Winters J, Nettekoven S, Ritter G, Hahn A. „Muskelaufbaupräparate“ aus Konsumentensicht - Ergebnisse einer Verbraucherbefragung in Nordrhein-Westfalen, *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 2008; 3:380-384.
24. Stamm H, Stahlberger M, Gebert A, Lamprecht M, Kamber M. Supplemente, Medikamente und Doping im Freizeitsport. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie* 2011;59(3):122–126.
25. Field AE, Austin SB, Camargo CA, Jr., Taylor CB, Striegel-Moore RH, Loud KJ, et al. Exposure to the mass media, body shape concerns, and use of supplements to improve weight and shape among male and female adolescents. *Pediatrics*. 2005;116(2):e214-20.
26. Bell A, Dorsch KD, McCreary DR, Hovey R. A look at nutritional supplement use in adolescents. *The Journal of adolescent health : official publication of the Society for Adolescent Medicine*. 2004;34(6):508-16.
27. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (DGE) (Hrsg.). *Sporternährung praxisnah – top trainiert und ernährt*. Presseinformation: Presse, DGE aktuell. 2017;7.
28. Max-Rubner Institut (Hrsg.). *Nationale Verzehrs Studie II. Ergebnisbericht Teil 2. Die bundesweite Befragung zur Ernährung von Jugendlichen und Erwachsenen*. Karlsruhe: Max-Rubner Institut; 2008.
29. Burke LM. Practical Issues in Evidence-Based Use of Performance Supplements: Supplement Interactions, Repeated Use and Individual Responses. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2017;47(Suppl 1):79-100.
30. Christensen PM, Shirai Y, Ritz C, Nordsborg NB. Caffeine and Bicarbonate for Speed. A Meta-Analysis of Legal Supplements Potential for Improving Intense Endurance Exercise Performance. *Frontiers in physiology*. 2017;8:240.
31. Knapik JJ, Steelman RA, Hoedebecke SS, Austin KG, Farina EK, Lieberman HR. Prevalence of Dietary Supplement Use by Athletes: Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine (Auckland, NZ)*. 2016;46(1):103-23.
32. Dietz P, Ulrich R, Niess A, Best R, Simon P, Striegel H. Prediction profiles for nutritional supplement use among young German elite athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2014;24(6):623-31.
33. Braun H, Koehler K, Geyer H, Kleiner J, Mester J, Schanzer W. Dietary supplement use among elite young German athletes. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2009;19(1):97-109.
34. Diehl K, Thiel A, Zipfel S, Mayer J, Schnell A, Schneider S. Elite adolescent athletes' use of dietary supplements: characteristics, opinions, and sources of supply and information. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2012;22(3):165-74.
35. Garthe I, Maughan RJ. Athletes and Supplements: Prevalence and Perspectives. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2018;28(2):126-38.
36. Suzic Lazic J, Dikic N, Radivojevic N, Mazic S, Radovanovic D, Mitrovic N, et al. Dietary supplements and medications in elite sport--polypharmacy or real need? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2011;21(2):260-7.
37. Breuer C, Wicker P. *Sportökonomische Analyse der Lebenssituation von Spitzensportlern in Deutschland*. 1. Auflage. Bonn: Sportverlag Strauß; 2010.
38. Sousa M, Fernandes MJ, Moreira P, Teixeira VH. Nutritional supplements usage by Portuguese athletes. *International journal for vitamin and nutrition research Internationale*

Zeitschrift für Vitamin- und Ernährungsforschung Journal international de vitaminologie et de nutrition. 2013;83(1):48-58.

39. Petroczi A, Naughton DP, Mazanov J, Holloway A, Bingham J. Performance enhancement with supplements: incongruence between rationale and practice. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2007;4:19.

40. Brause P. Gesundheitliche Risiken und Dopingverstöße durch Nahrungsergänzungsmittel und soziale Drogen. Dtsch Z Sportmed. 2002;53:230

41. Hoffmann K., Sallen J., Albert K., Richarts A. Zeitaufwendungen von Spitzensportlern in Leistungssport- und Bildungs-/Berufskarriere: Eine Empirische Studie zum Zusammenhang mit chronischem Belastungserleben. Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge. 2010;2:76-94.

42. Dascombe BJ, Karunaratna M, Cartoon J, Fergie B, Goodman C. Nutritional supplementation habits and perceptions of elite athletes within a state-based sporting institute. Journal of science and medicine in sport. 2010;13(2):274-80.

43. Bird SR, Goebel C, Burke LM, Greaves RF. Doping in sport and exercise: anabolic, ergogenic, health and clinical issues. Annals of clinical biochemistry. 2016;53(Pt 2):196-221.

44. International Society of Sports Nutrition (ISSN) (Hrsg.). About Us At The International Society of Sports Nutrition [Internet]. 2019 [zitiert am 08.06.2019]. URL:

<https://www.sportsnutritionociety.org/about-us.html> [

45. Kamper AL, Strandgaard S. Long-Term Effects of High-Protein Diets on Renal Function. Annual review of nutrition. 2017;37:347-69.

46. Legault Z, Bagnall N, Kimmerly DS. The Influence of Oral L-Glutamine Supplementation on Muscle Strength Recovery and Soreness Following Unilateral Knee Extension Eccentric Exercise. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2015;25(5):417-26.

47. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Stout JR, Hoffman JR, Wilborn CD, Sale C, et al. International society of sports nutrition position stand: Beta-Alanine. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2015;12:30.

48. Peeling P, Binnie MJ, Goods PSR, Sim M, Burke LM. Evidence-Based Supplements for the Enhancement of Athletic Performance. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2018;28(2):178-87.

49. Rosas F, Ramirez-Campillo R, Martinez C, Caniuqueo A, Canas-Jamet R, McCrudden E, et al. Effects of Plyometric Training and Beta-Alanine Supplementation on Maximal-Intensity Exercise and Endurance in Female Soccer Players. Journal of human kinetics. 2017;58:99-109.

50. Church DD, Hoffman JR, Varanoske AN, Wang R, Baker KM, La Monica MB, et al. Comparison of Two beta-Alanine Dosing Protocols on Muscle Carnosine Elevations. Journal of the American College of Nutrition. 2017;36(8):608-16.

51. Rawson ES, Miles MP, Larson-Meyer DE. Dietary Supplements for Health, Adaptation, and Recovery in Athletes. International journal of sport nutrition and exercise metabolism. 2018;28(2):188-99.

52. Institute of Medicine Committee on Nutrition T, the B. In: Erdman J, Oria M, Pillsbury L, editors. Nutrition and Traumatic Brain Injury: Improving Acute and Subacute Health Outcomes in Military Personnel. Washington (DC): National Academies Press (US)

Copyright 2011 by the National Academy of Sciences. All rights reserved.; 2011.

53. Wallimann T, Wyss M, Brdiczka D, Nicolay K, Eppenberger HM. Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: the 'phosphocreatine circuit' for cellular energy homeostasis. The Biochemical journal. 1992;281 (Pt 1):21-40.

54. Kreider RB, Melton C, Rasmussen CJ, Greenwood M, Lancaster S, Cantler EC, et al. Long-term creatine supplementation does not significantly affect clinical markers of health in athletes. Molecular and cellular biochemistry. 2003;244(1-2):95-104.

55. Sellami M, Slimeni O, Pokrywka A, Kuvacic G, L DH, Milic M, et al. Herbal medicine for sports: a review. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2018;15:14.

56. Durkalec-Michalski K, Zawieja EE, Podgorski T, Loniewski I, Zawieja BE, Warzybok M, et al. The effect of chronic progressive-dose sodium bicarbonate ingestion on CrossFit-like performance: A double-blind, randomized cross-over trial. *PLoS one*. 2018;13(5):e0197480.
57. Freis T, Hecksteden A, Such U, Meyer T. Effect of sodium bicarbonate on prolonged running performance: A randomized, double-blind, cross-over study. *PLoS one*. 2017;12(8):e0182158.
58. Riva A, Vitale JA, Belcaro G, Hu S, Feragalli B, Vinciguerra G, et al. Quercetin phytosome(R) in triathlon athletes: a pilot registry study. *Minerva medica*. 2018;109(4):285-9.
59. Kim J, Park J, Lim K. Nutrition Supplements to Stimulate Lipolysis: A Review in Relation to Endurance Exercise Capacity. *Journal of nutritional science and vitaminology*. 2016;62(3):141-61.
60. Adeva-Andany MM, Calvo-Castro I, Fernandez-Fernandez C, Donapetry-Garcia C, Pedre-Pineiro AM. Significance of L-carnitine for human health. *IUBMB life*. 2017;69(8):578-94.
61. Catanzaro M, Corsini E, Rosini M, Racchi M, Lanni C. Immunomodulators Inspired by Nature: A Review on Curcumin and Echinacea. *Molecules (Basel, Switzerland)*. 2018;23(11).
62. Mathews NM. Prohibited Contaminants in Dietary Supplements. *Sports health*. 2018;10(1):19-30.
63. Martinez-Sanz JM, Sospedra I, Ortiz CM, Baladia E, Gil-Izquierdo A, Ortiz-Moncada R. Intended or Unintended Doping? A Review of the Presence of Doping Substances in Dietary Supplements Used in Sports. *Nutrients*. 2017;9(10).
64. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit (Hrsg). Verbotene Substanzklassen und deren Wirkung [Internet]. 02.05.2017 [zitiert am 08.01.2019]. URL: https://www.lgl.bayern.de/gesundheit/arzneimittel/fachthemen/doping/doping_verbotene_substanzklassen.htm [
65. Raber W. Doping und medikamentöse Leistungssteigerung: Nicht nur Anabolika und nicht nur im Sport. *Austrian Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2013;6(1):34-40.

7. Anhänge

Tabelle 2: Zusammenfassung der kategorisierten Nahrungsergänzungsmittel basierend auf der zur Verfügung stehenden Literatur. Quelle ISSN Review 2018

Kategorie	Muskelaufbau Supplemente	Leistungssteigerung Supplemente
starke Evidenz, welche die Wirksamkeit und Sicherheit unterstützten	<ul style="list-style-type: none"> - HMB - Kreatin-Monohydrat - Essenzielle Aminosäuren (EAA) - Protein 	<ul style="list-style-type: none"> - B-Alanin - Koffein - Kohlenhydrate - Kreatin-monohydrat - Natriumbikarbonat - Natriumphosphat - Wasser und Sportgetränke
limitierte oder gemischte Evidenz, welche die Wirksamkeit unterstützt	<ul style="list-style-type: none"> - Adenosine-5'-Triphosphate (ATP) - Verzweigt-kettige Aminosäuren (BCAA) - Phosphatidsäure 	<ul style="list-style-type: none"> - L-Alanyl-L-Glutamat - Arachidonsäure - Verzweigt-kettige Aminosäuren (BCAA) - Citrullin - Essentielle Aminosäuren (EAA) - Glycerin - HMB - Nitrate - Kohlenhydrate und Protein nach der Belastung - Quercetin - Taurin
geringe bis keine Evidenz, welche die Wirksamkeit und/oder Sicherheit unterstützen	<ul style="list-style-type: none"> - Agmatine Sulfat - Alpha-ketoglutarat - Arginin - Bor - Chrom - Konjugierte Linolsäure (CLA) - D-Asparaginsäure - Ecdysteron - Bockshornklee-Extrakt - Ferulasäure - Glutamin - Isoflavone - Ornithin-Alpha-Ketoglutarat - Prohormone - Sulfo-Polysaccharide - Tribulus Terrestris - Vanadylsulfat - Zink-Magnesiumaspartat 	<ul style="list-style-type: none"> - Arginin - Carnitin - Glutamin - Inosin - Mittelkettige Triglyzeride (MCT) - Ribose

Tabelle 3: Relevante Nahrungsergänzungsmittel (NEM) im Sportbereich: erwünschte Wirkungen und unerwünschten Nebenwirkungen, Grün=wissenschaftlich erwiesen/wirkungsvoll, Gelb=nicht eindeutig erwiesen/geringe bis gar keine Wirkung

Nahrungs- ergänzungsmittel	Erwünschte Wirkung im Sportsektor	Häufigste Nebenwirkungen
Vitamin- und Mineralstoffpräparate	Antioxidantien (bspw. Vitamin C, E, Selen) können das Immunsystem unterstützen, welches bei Athleten mehr belastet wird [7]	Überdosierungen von fettlöslichen Vitaminen oder auch Eisen wirken toxisch [5, 17] Überdosierungen beeinträchtigen Trainingsadaption [7]
Proteinpräparate	Zum Erhalt und Aufbau von Muskelmasse und Muskelkraft bei, Beschleunigung der Regeneration [7, 17] Verbessert nachweislich bei einer Gewichtsreduzierung die Fettabnahme und den Erhalt der Muskelmasse [17]	Evtl. Nierenschäden bei chronisch hohem Konsum [45]
Glutamin (bedingt essenzielle Aminosäure)	Nach schweren Belastungen → zirkulierende Glutaminkonzentration ↓ Wichtig für Immunzellen (Lymphozyten) zur Unterstützung des Immunsystems [17] Regenerationsrate ↑ bei Widerstandstraining, Muskelkater ↓ [46]	Keine Nebenwirkungen bekannt
Arginin	Wachstumshormonproduktion ↑ Trainingstoleranz ↑ Immunsystem ↑ Fettfreie Masse ↑ [7]	Keine Nebenwirkungen bekannt
Beta-Alanin	wichtige Rolle in der Carnosin-Synthese Intrazellulärer Protonenpuffer ↑ in der Skelettmuskulatur (Typ II Muskelfasern) → zögert Erschöpfungserscheinungen und die Azidose hinaus [47] Leistungssteigerung vor allem bei hochintensiver Leistung [17, 48]	Hautausschläge, vorübergehenden Parästhesien, Juckreiz [17, 48, 49] Stärke der Symptomatik nimmt bei höheren Dosierungen zu [50]
Omega 3 Fettsäuren (essenzielle Fettsäuren insbesondere Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure)	Förderung der Genesung von Verletzungen und der kardiovaskulären Gesundheit [51] Immunfunktion ↑ und anti-inflammatorischen Effekt nach Belastung [17] inflammatorische Zytokinen-Synthese ↓ (Interleukin-1, Tumor Nekrose Faktor) und Produktion ↓ reaktiver Sauerstoffradikalen (ROS) [52]	Langfristig hohe Dosierungen → Risiko ↑ für gastrointestinale Beschwerden [52]
Mittelkettige Fettsäuren (MCT)	Schneller Energielieferant während (extremen) Ausdauerbelastungen [5, 7]	Je nach Verträglichkeit/

		Gewöhnung: gastrointestinale Beschwerden → Leistungsfähigkeit↓ [5, 7]
Kreatin-Monohydrat	<p>Fungiert als Energiespeicher, stellt Phosphorylgruppe zur Verfügung für Rückwandlung des ADPs zu ATP [53]</p> <p>Bei Beginn einer Belastung steht mehr ATP zu Verfügung → härteres und intensiveres Training → Trainingsadaption↑ und Muskelhypertrophy↑ [7]</p> <p>Steigerung der kurzzeitigen und intensiven Leistungsfähigkeit↑, Muskelmasse ↑ und Kraft↑ [17, 48, 51]</p>	Körpergewicht ↑ (1 – 2kg Wassereinlagerungen) [17, 54]
Koffein (Stimulans)	Hemmt Adenosinrezeptor → Erschöpfungswahrnehmung↓, Endorphin-Freisetzung↑ → Schmerzempfindens↓, Neuromuskuläre Funktion↑ sowie Wachsamkeit↑ und Aufmerksamkeit↑ [29, 48]	Risiko↑ für Übelkeit, Unruhe und Schlafstörungen [17], Blutdruck↑, Diarrhoe [55]
Taurin (freie Aminosäure, vor allem im Herzen, Gehirn, Leukozyten und der Skelettmuskulatur präsent)	<p>An zellulären Prozessen beteiligt: Zellvolumenregulation, Muskelkontraktion und antioxidativem Schutz [5]</p> <p>Kraftumsatz↑ des Muskels, Regeneration↑ nach dem Training, Tolerierung↑ des belastungsbedingten Stresses [5, 7]</p>	Keine Nebenwirkungen bekannt
Glucosamine und Kollagene	Bildung↑ von Bindegewebe, Gelenkflüssigkeit und Knorpel, welche durch den Sport stark belastet werden [51]	Keine Nebenwirkungen bekannt
Nitrate/Rote Beetesaft	<p>Produktion↑ von Stickoxid (NO) → Vasodilatation → Durchblutung↑ des Muskels → Leistungsfähigkeit↑</p> <p>Effektivität↑ der mitochondrialen Atmung sowie O₂ Kosten↓ bei intermittierenden, intensiven und kurzzeitigen Belastungen [17, 48]</p>	gastrointestinale Verstimmungen [17]
Natrium-Bikarbonat (extrazellulärer Blutpuffer)	<p>Leistungsfähigkeit↑ bei hoch intensiven Belastungen</p> <p>Durch Erhöhung des extrazellulären pH-Wertes und der Konzentration an Bikarbonat (HCO₃⁻) im Blut → Abfluss von H⁺ Ionen aus dem beanspruchten Muskel [17, 48]</p>	gastrointestinale Beschwerden wie Übelkeit, Erbrechen, Blähbauch, Bauchkrämpfen [56], Schwindel [57]
Natrium-Phosphat	Phosphokreatin-Resynthese↑, Pufferkapazität↑ bei intensiven kurzzeitigen Belastungen (Anaerobe Glykolyse) und Sauerstofftransport↑ zum peripheren Gewebe (erhöhte Erythrozyten 2,3-Diphosphoglycerat-Konzentrationen) [7, 48]	Keine Nebenwirkungen bekannt

	Verbesserung der aeroben Kapazität, anaerobe Reizschwelle, Durchschnittsleistung und intermittierende Leistungen [7]	
Beta-hydroxy-beta-methylbutyrat (HMB)	Antikatabole Wirkung → Muskelschäden↓ → Muskelmasse↑ und Kraft↑ [51]	Keine Nebenwirkungen bekannt
Tribulus terrestris (Pflanzenextrakt - steroidalen Saponin-Verbindungen)	Testosteronproduktion ↑, Muskelmasse↑ und Muskelkraft↑ [5, 7]	Müdigkeit, Burnout, Schlafstörungen, Bluthochdruck, Herzrasen [55]
Zink-Magnesium-Aspartat (ZMA) (Kombination aus Zink, Magnesium und Vitamin B6)	Produktion↑ von Testosteron und insulin like growth factor (IGF-1) → Regeneration↑ Anabolismus↑ und Muskelkraft↑ [5, 7] Schlafqualität↑ bei älteren Personen mit Schlafstörungen [5]	Keine Nebenwirkungen bekannt
Quercetin (pflanzliches Flavonoid, Sekundärer Pflanzenstoff)	Wirkt antiinflammatorisch, antioxidant und antipathogen [17] Ausdauerleistung↑ bei untrainierten Personen [7, 58]	Übelkeit und Diarrhoen [55]
L-Carnitin (primäre Rolle bei dem Fettstoffwechsel in der Skelettmuskulatur)	Unterstützt die Translokation langkettiger Fettsäuren vom Zytosol in die mitochondriale Matrix für anschließende β-Oxidation [59] Fettstoffwechsel↑ → Fettreserven↓ [5, 7] und langandauernde Ausdauerleistung↑ [59] D.h. bei langanhaltenden Belastungen (mit 35-65 % VO ₂ max) wird der Glykogenspeicher geschont → Fettoxidation↑ → Energie↑ [60]	Keine Nebenwirkungen bekannt
L-Citrullin (wird effektiv in Arginin umgewandelt für Stickoxid-Produktion, allerdings ist der Citrullinabbau begrenzt)	Argininkonzentration↑ und Stickoxid-Synthase↑ → körperliche Leistungsfähigkeit↑ [5, 7] Ammoniak-Entgiftung↑ [5]	Keine Nebenwirkungen bekannt
Echinacea (Kräuterextrakt)	Immunfunktion↑ [7, 17] Makrophagenproduktion↑, Leukozytenmobilität↑, natürlichen Killerzellenaktivierung↑ und Phagozytose↑ [61]	Keine Nebenwirkungen bekannt
Ginseng (pflanzliches Präparat)	kardiorespiratorische Funktion↑, Scharfsinnigkeit↑, Aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit↑ [5] antiinflammatorische, antioxidative, immununterstützende und blutdruckstabilisierende Effekte [55]	Diarrhoen, Verdauungsproblemen, Schlaflosigkeit, Herzrasen, Kopfschmerzen [55]

Guarana (pflanzliche Präparat mit hohem Gehalt an Alkaloiden, vor allem Koffein)	Stimulierung des zentralen Nervensystems → Aufmerksamkeit↑, Erschöpfungserscheinung↓, Körpergewicht↓ [5, 55]	Nebenwirkungen hängen mit dem Koffeingehalt zusammen: Herzrasen, Magenverstimmungen, Schlaflosigkeit, Hemmung des Appetits [55]
---	--	--

Tabelle 4: Auswahl verbotener Substanzen in NEM und ihre potenziellen Nebenwirkungen

Eventuelles Vorkommen verbotener Substanzen in NEM [62, 63]	Nachgewiesene Wirkung [64]	Nebenwirkungen [64]
anabole-androgene Steroide (AAS wie 19-Norandrostenediol, Nandrolone, Boldenone)	- Wachstumsprozesse ↑ - Muskelwachstum ↑ - Blutbildung ↑	- Virilisierung und Zyklusstörungen bei Frauen - Gynäkomastie bei Männern - Gesamtcholesterin ↑ - Triglyceride ↑ - LDL- und VLDL- Cholesterin - HDL-Cholesterins ↓ - Atherosklerose Risiko ↑ - Wachstum von anderen Organen - Irreversible Leberschäden bei längerer Einnahme - neuropsychiatrische Veränderungen wie aggressives und gewalttätiges Verhalten [65] - Veränderungen der Mikroarchitektur im muskuloskelettalen Bereich, Bändern und Sehnen → Verletzungsrisiko ↑ [65]
Hormone und Stoffwechselmodulatoren (Aromatase Inhibitor)	- Östrogenproduktion ↓ - Einfluss auf Energie- und Sauerstoffstoffwechsel der Zellen/Muskeln	- Eingriff ins endokrine System des Körpers → vielfältig Nebenwirkungen bis hin zu schweren Krankheiten
Diuretika (vor allem in Supplementen zur Gewichtsreduktion) und Maskierungsmittel	- Wasserausscheidung ↑ - Gewicht ↓ (Kampfsport Wettkämpfe) - definierte Muskeln ↑ (Bodybuilding) - Urinverdünnung → Nachweis verbotener Stoffe soll unter Nachweisgrenze bleiben - Maskierungsmittel verändern Urin (durch Eingriff ins Ausscheidungsverhalten der Niere) → Wasserausscheidung ↓ → verändern/verbergen Konzentration oder Vorhandensein gewisser Metabolite/Arzneistoffe im Urin/Blut	- Diuretika: Wasserverlust ↑ → Elektrolyte ↓, Blutdruck ↓. Thromboserisiko ↑ - Maskierungsmittel: Urinretention → Kopfschmerzen, Übelkeit/ Erbrechen, einem relativen Elektrolytmangel, verschiedene Hautreaktionen und Haarausfall

<p>Aufputschmittel (Ephedrine, nor-pseudoephedrine, Sibutramine)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Freisetzung↑ verschiedene Neurotransmitter im Zentralnervensystem (Noradrenalin und Dopamin) - Erschöpfungsgrenze↑ - Euphorie↑ - Risikobereitschaft↑ 	<ul style="list-style-type: none"> - Übelkeit, Schweißausbrüche, Hypertonie, Tachykardie, Herzrhythmusstörungen bis hin zum Kollaps - Psychisch können Selbstüberschätzung, Aggressivität und Schlaflosigkeit auftreten - Zudem ist die Gefahr der Abhängigkeit von Stimulantien sehr hoch
--	---	---

8. Eidesstattliche Versicherung

Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Sven Heitland versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Bachelorarbeit mit dem Thema: Q. selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum Unterschrift