

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

„Vegetarismus im Leistungssport“

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin:

Tina Rauter

Matrikelnummer:

0307853

Studienrichtung /Studienzweig

(lt. Studienblatt):

Ernährungswissenschaften

Betreuer:

Univ.-Prof. Dr. Paul Haber

Wien, im Oktober 2010

meinem Opa gewidmet...

In erster Linie möchte ich mich bei Univ.-Prof. Dr. Paul Haber für die Unterstützung meines Diplomarbeitsthemas und die hervorragende Betreuung während der Verfassung meiner Diplomarbeit danken....

... dem Institut für Ernährungswissenschaften und der Universität Wien danke ich für die Möglichkeit eines tollen Studienprogramms und für die Betreuung während meiner Studienzeit....

... ein besonders großes Dankeschön richte ich an meine Großeltern, Helene und Josef Fücsök, für die lebenswerte Unterstützung während meines ganzen Lebens. Meinem Opa danke ich dafür, dass er mir die Möglichkeit zu einer guten Ausbildung gegeben hat, mich immer tatkräftig unterstützt hat und besonders danke ich ihm für seinen ganzen Stolz und seine Anerkennung die er mir und meiner Ausbildung entgegen bringt....

... meinen Eltern, Brigitte und Josef Rauter, sind mir nicht nur in Studienzeiten eine große Hilfe gewesen. Dafür danke und liebe ich sie!

... meinen lieben Studienkolleginnen und Freundinnen Sonja Spiegel und Tamara Bubla spreche ich hier ein liebes Dankeschön für die tolle gemeinsame Studienzeit aus und für die Unterstützung während der gesamten Zeit...

... ein Dankeschön auch an meine ArbeitskollegInnen und Vorgesetzten der Firma G.L. Pharma und SAM – Sports and Medical Center, die mir während meiner Studien- und Diplomarbeitszeit immer sehr viel Verständnis entgegen gebracht haben und mich in dieser Zeit gefördert haben....

... danke an alle meine Freunde und dass sie immer für mich da waren, wenn ich sie gebraucht habe!

Einleitung und Fragestellung:

Ernährung und Bewegung als Krankheitsprävention befinden sich derzeit in aller Munde und haben noch nie so viel Anklang bei der Bevölkerung gefunden wie bisher. Die Lebensmitteltechnologie bleibt nie stehen, Nahrungssupplemente und convenience food erlangen immer mehr an Aufmerksamkeit. Doch auch die vegetarische Ernährung hat an Anerkennung dazu gewonnen und tritt immer häufiger als Ernährungsform auf.

Fleisch und Fisch sind wichtige Bestandteile der menschlichen Ernährung, doch immer mehr Personen orientieren sich an pflanzlicher Kost. Nun stellt sich die Frage wie gut ist die rein pflanzliche Ernährung tatsächlich für den Menschen und wird eine ausreichende Deckung des Ernährungsstatus erreicht?

Es steht außer Frage, dass eine richtige Ernährung und ausreichend Bewegung zu einem guten Gesundheitszustand beitragen, aber welche Veränderungen ergeben sich unter körperlichen Belastungen außerhalb des Breitengrades?

In dieser Arbeit liegt der Hauptfokus auf vegetarischer Ernährung und Leistungssport, wobei erörtert wird, ob eine fleischlose Ernährungsform bei Leistungssportlern fördernd oder kontraproduktiv ist. Weiteres werden Vor- und Nachteile vegetarischer Kost aufgezeigt und ob diese im Leistungssport sinnvoll ist oder nicht.

Dabei sollen unter Beachtung von Studienergebnissen vor allem Vor- und Nachteile der vegetarischen Kostform bezogen auf die unterschiedliche körperliche Beanspruchung aufgezeigt werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Definition von Vegetarismus	8
1.1 Was ist „Vegetarismus“?	8
1.2 Formen des Vegetarismus	9
1.3 Motive für Vegetarische Lebensform:	10
2. Historische Entwicklung des Vegetarismus.....	12
3.1 Makronährstoffe	16
3.1.1 Kohlenhydrate	16
3.1.2 Eiweiß.....	17
3.1.3 Fett	19
3.2. Mikronährstoffe.....	20
3.2.1 Vitamine	20
3.2.1.4 Vitamin K	23
3.2.1.5 Vitamin C.....	23
3.2.1.7 Vitamin B ₂ - Riboflavin.....	24
3.2.1.9 Vitamin B ₁₂ - Cobalamin	25
3.2.1.10 Folsäure	26
3.2.1.11 Niacin	27
3.2.2 Mineralstoffe.....	27
4.1 Aufbau einer Muskelzelle	31
4.2 Aufbau des kontraktile Apparats der quergestreiften Muskelfaser ..	32
4.3 Muskelformen und –funktionen	33
4.4 Energiebereitstellung in der Muskelzelle	35
4.4.1 Zitratzyklus	36
4.5.1 Elektromechanische Kopplung	37
4.5.2 Muskelkontraktion	38
4.5.3 Lösung der Muskelkontraktion.....	39
4.6 Muskelhypertrophie	39
5.1 Grundumsatz (basal metabolic rate)	41
5.2 Ruheumsatz (resting metabolic rate).....	42
5.3.1 MET – metabolische Einheiten.....	42

5.3.2 PAL – physical activity level	44
5.4 Trainingsumsatz	45
5.5 Arbeitsumsatz	46
5.6 Tagesenergieumsatz und Energiebilanzen	46
6. Sport und Ernährung	47
6.1 Makronährstoffe in der Ernährung	47
6.1.1.2 Definition und Aufgaben	48
6.1.1.3 Stoffwechsel	49
6.1.1.4 Empfehlungen	52
6.1.1.5 Stellenwert im Sport	52
6.1.2 Eiweiß	54
6.1.2.1 Definition und Aufgaben	54
6.1.2.2 Stoffwechsel	54
6.1.2.3 Empfehlungen	56
6.1.2.4 Stellenwert im Sport	58
6.1.3 Fett	59
6.1.3.1 Definition und Aufgaben	59
6.1.3.3 Stoffwechsel	60
6.1.3.3.3 Bedeutung von Insulin, Glukagon und Laktat auf den Stoffwechsel während Belastung	61
6.1.3.4 Stellenwert	62
7.1 Breitensport	63
7.3 Hochleistungssport	64
8. Bedeutung der Ernährung im Leistungstraining	65
8.2 Kohlenhydrate	65
8.2.3 Kohlenhydratzufuhr nach der Belastung	67
8.2.4 Ausdauerleistungsfähigkeit und Kohlenhydratzufuhr	67
8.3 Eiweiß	70
8.3.1 Aminosäuren und verzweigtkettige Aminosäuren	70
8.3.2 Einfluss auf Proteinbedarf und Zufuhr	71
8.3.3 Bedarf bei unterschiedlicher Belastung	72
8.3.5 Proteinzufuhr im Kraftsport	73

8.4 Fett.....	73
8.4.1 Fettaufnahme vor der Belastung	73
8.4.2 Fettsäureaufnahme während der Belastung.....	74
8.4.3 Fettsäureaufnahme nach der Belastung.....	74
8.4.5 Einfluss von Ausdauersport auf die Fettsäureoxidation.....	74
8.5 Gesamtenergie und Energieanteile	76
8.5.1 Bedarf bei unterschiedlicher Belastung	76
8.5.1.1 Energieanteile im Kraftsport	77
9. Risikogruppen für Energieaufnahme im Leistungssport.....	78
10.1 Funktion und Übersicht.....	80
10.3 Vitamine und ihre Bedeutung im Leistungssport	84
11. Vegetarismus im Leistungssport.....	90
11.1 Kritische Nährstoffe	92
11.2 Möglicher Speiseplan eines vegetarisch lebenden Kraftsportlers	94
11.2.1 Tagesspeiseplan eines vegetarischen Kraftsportlers	96
11.2.2 Zum Vergleich dazu ein möglicher Tagesplan eines Kraftsportlers mit Normalkost	98
11.3 Möglicher Speiseplan eines vegetarisch lebenden.....	99
11.3.1 Tagesspeiseplan eines vegetarischen Ausdauersportlers.....	101
11.3.2 Zum Vergleich dazu ein möglicher Tagesplan eines Ausdauersportler mit Normalkost	103
12. Schlussbetrachtung	105
13. Zusammenfassung/Abstract	107
14. Literaturliste	109
Lebenslauf	120

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Formen vegetarischer Ernährung	9
Tabelle 2: Mögliche Motive für vegetarische Lebensweise	11
Tabelle 3: Vegetarieranteil in Europa und USA	15
Tabelle 4: durchschnittlicher EW Gehalt	19
Tabelle 5: Energieumsätze bei verschiedenen Tätigkeiten	43
Tabelle 6: Einstufung des Arbeits- und Freizeitverhalten mittels PAL-Werten ..	44
Tabelle 7: empfohlene KH Zufuhr in En% am täglichen Gesamtenergiebedarf ..	52
Tabelle 8: empfohlene Eiweiß Zufuhr in En% pro 1.000 kcal.....	56
Tabelle 9: Empfehlungen des täglichen Fett-Bedarfs in En% bei unterschiedlicher Betätigung	59
Tabelle 10: Prozentanteil ausgewählter AS am Gesamtproteingehalt im Nahrungsprotein	70
Tabelle 11: Energieverbrauch in verschiedenen Leistungssportdisziplinen bezogen auf 70 kg KG	77
Tabelle 12: Täglicher Bedarf an Mineralien und Spurenelementen von Sportlern und Untrainierten	84
Tabelle 13: Vitaminbedarf von Untrainierten und Leistungssportlern	85
Tabelle 14: Blutwerte und Abweichungen durch Ausdauertraining	93
Tabelle 15: Tagesernährungsplan Kraftsportler mit und ohne Sportnahrungsergänzung - vegetarisch *	96
Tabelle 16: Tagesernährungsplan Kraftsportler mit und ohne Sportnahrungsergänzung – Normalkost *	98
Tabelle 17: Tagesernährungsplan Ausdauersportler mit und ohne Sportnahrungsergänzung - vegetarisch *	101
Tabelle 18: Tagesernährungsplan Ausdauersportler mit und ohne Sportnahrungsergänzung – Normalkost *	103

1. Definition von Vegetarismus

1.1 Was ist „Vegetarismus“?

Der Begriff Vegetarismus lässt sich für Nicht-Vegetarier oft nicht konkret erfassen, aber auch Anhänger des Vegetarismus haben unterschiedliche Ansichten bezüglich der genauen Definition ihrer Ernährungs- und Lebensweise. [LEITZMANN 2001]

Der Vegetarismus fasst verschiedene Ernährungsformen zusammen, welche sich in der Lebensmittelauswahl, ihren Zielen und vor allem Beweggründen unterscheiden.

Die Begriffe „Vegetarier“, „vegetarisch“ und „Vegetarismus“ leiten sich vom lateinischen *vegetare* (= beleben) bzw. (*vegetus* = frisch, lebendig, belebt) ab. Schlussfolgernd demonstriert „Vegetarismus“ im ursprünglichen Sinne eine lebende Form des Seins und der Ernährung, bei der die Grundlage Lebensmittel pflanzlicher Herkunft darstellt. Produkte tierischen Ursprungs werden nur dann verzehrt, wenn diese aus lebenden Tieren stammen (z.B.: Eier, Milch, Honig). [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Verglichen mit vegetarischen Gemeinschaften, die schon in der Antike bestanden, tauchte der Terminus Vegetarismus erst relativ spät (1850) im Sprachgebrauch auf. Einer der ersten Begründer des klassischen Vegetarismus war *Pythagoras*, ein griechischer Philosoph (570-500 v. Chr.), auf Grund dessen man die fleischlose Kostform und vegetarische Lebensweise eine Zeit als *Pythagoräismus* bezeichnete. [LEITZMANN 2001]

Auch im englischen Sprachgebrauch findet man Parallelen wie *vegetable* (= pflanzlich, Gemüse), was zugleich auf den lateinischen Ausdruck *vegetare* zurückgeführt werden kann. [LEITZMANN 2001]

1880 setzte sich der Begriff Vegetarismus auch im deutschen Sprachraum als Bezeichnung für die fleischlose Ernährung durch. Beginn des 20. Jahrhunderts bürgerte sich dann die heute übliche, verkürzte Benennung *Vegetarier* ein. [LEITZMANN 2001]

1.2 Formen des Vegetarismus

Aufgrund der mannigfachen Entwicklungen, Motive und Ziele besteht keine homogene Form des Vegetarismus, sondern mehr eine Vielzahl von Lebens- und Ernährungsweisen, mit dem Ziel vegetarisch ausgerichtet zu sein. Hauptklassifikation der verschiedenen Formen des Vegetarismus bildet neben der allgemeinen Lebensführung besonders der ernährungsphysiologische Aspekt. [LEITZMANN und HAHN 1996]

Bezeichnung Gemiedene Lebensmittel

Lacto-ovo-Vegetarier	Fleisch und Fisch
-----------------------------	-------------------

Lacto-Vegetarier	Fleisch, Fisch und Eier
-------------------------	-------------------------

Ovo-Vegetarier	Fleisch, Fisch und Milch
-----------------------	--------------------------

Veganer

a. Vegans (strikte Vegetarier)	Alle vom Tier stammenden Nahrungsmittel (Fleisch, Fisch, Milch, Eier, Honig)
---------------------------------------	--

b. New vegans (Rohköstler)	Alle vom Tier stammenden Nahrungsmittel sowie erhitzte Nahrung
-----------------------------------	--

Tabelle 1: Formen vegetarischer Ernährung [ELMADFA und LEITZMANN 2004, LEITZMANN und HAHN 1996]

Unter den genannten Lebensmitteln werden auch deren Produkte gemieden. Ovo-Vegetarier kommen eher selten vor, konsumieren aber zum Beispiel Eier im Vergleich zu Lacto-Vegetariern.

Veganer sind hingegen strikte Vegetarier, sie meiden alle Produkte, die in irgendeiner Form vom Tier kommen, z.B.: Lederbekleidung. Rohköstler bilden eine Sonderform der Veganer (New vegans). Sie verzichten nicht nur auf tierische Nahrungsmittel und deren Produkte sondern auch auf gekochte Nahrung. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Eine vegetarische Ernährung geht meist mit einem hohen Bewusstsein für die Umwelt und die eigene Gesundheit einher, so verzichten Vegetarier oft auf Genussmittel wie Alkohol oder Kaffee und rauchen seltener Tabak als Gemischtköstler. [FARKAS 1998]

Vollköstler sind Menschen, die sich überwiegend pflanzlich ernähren und den Verzehr von Nahrungsmitteln tierischen Ursprungs aber stark einschränken. Aus ernährungsphysiologischer Sicht handelt es sich bei dieser Personengruppe nicht um Vegetarier, da sie aber nur sehr selten Fleisch oder Fleischprodukte zu sich nehmen, schätzen sie sich selbst aber als Vegetarier ein. Dieser Aspekt stellt insbesondere bei wissenschaftlichen Untersuchungen ein Problem dar, da es zu einer ungenauen Datenerfassung kommen kann bezüglich vegetarisch lebender Menschen. [LEITZMANN und HAHN 1996]

Ein Grund für den früher negativen Ruf des Vegetarismus waren die sogenannten „Pudding-Vegetarier“, welche zwar auf Fleisch, Fisch und deren Produkte verzichten, aber hauptsächlich Nahrungsmitteln mit geringer Nährstoffdichte verzehren. [LEITZMANN und HAHN 1996]

1.3 Motive für Vegetarische Lebensform:

Die verschiedenen Beweggründe Vegetarier zu werden sind sehr vielschichtig und durch eigene Erfahrungen, Überlegungen und Erwartungen bestimmt, was es zugleich schwierig macht den Entschluss nur einem einzigen Motiv zuzuordnen. Grundsätzlich stehen aber ethisch-religiöse und gesundheitliche Motive im Vordergrund. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Mögliche Motive für vegetarische Lebensweise:

Ethisch/religiös	Lebensrecht für Tiere, Töten als Sünde, Fleischverzehr als religiöses Tabu, Ablehnung von Massentierhaltung
Ästhetisch	Abneigung gegen Anblick toter Tiere, Ekel vor Fleisch
Ovo-Vegetarier	Fleisch, Fisch und Milch
Spirituell	Freisetzung geistiger Kräfte, Unterstützung meditativen Übungen
Sozial	Erziehung, Gewohnheit, Gruppeneinflüsse
Gesundheitlich	Körpergewichtsabnahme, allgemeine Gesunderhaltung, Prophylaxe bestimmter Erkrankungen, Steigerung der körperlichen Leistung
kosmetisch	Beseitigung von Hautunreinheiten, Körpergewichtsabnahme
Toxikologisch	Verminderung der Schadstoffaufnahme
Ökonomisch	Begrenzte finanzielle Möglichkeiten
Ökologisch	Verminderung der durch Massentierhaltung bedingten Umweltbelastungen

Tabelle 2: Mögliche Motive für vegetarische Lebensweise

[LEITZMANN 2001]

Dem *ethischen* Beweggrund liegen vor allem die *religiös* geprägte Ablehnung des Tiertötens und die Beschäftigung mit dem Verhältnis von Mensch und Tier zugrunde. Ausschlaggebend für dessen Dominanz war die seit Mitte der 1970er Jahre erstmals rational geführte Diskussion über den Status von Tieren, durch welche die Abwendung eines Fleischverzehrs unterstützt wurde. [LEITZMANN und HAHN 1996]

Eine Ablehnung gegen Massentierhaltung, Tiertransporte und die nicht artgerechte Tierhaltung von Nutztieren geht oft auch mit der Ablehnung des Anblicks von toten Tieren einher, welches man zu *ästhetischen* Motiven zählt. Die *Sozialpsychologischen* Ansätze sprechen dafür, dass die Hinwendung zum Vegetarismus grundsätzlich nicht spontan, sondern schrittweise verläuft, wobei meistens Wissen über zeitgemäße Ernährung, Tierhaltung und u.a. auch Schlüsselerlebnisse der ausschlaggebende Grund für die Änderung der Ernährungsform ist. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Ergebnisse der neusten Verzehrsstudie aus Deutschland besagen, dass nach wie vor die ethisch-moralischen Motive ausschlaggebend dafür sind, sich vegetarisch zu ernähren. [PRESSEPORTAL 2009]

2. Historische Entwicklung des Vegetarismus

Der Grundstein für eine vegetarische Ernährung aus ethisch-philosophischen Überlegungen und religiösen Aspekten wurde in der *Antike* gelegt. Entscheidende Entwicklungsträger waren dabei die *Orphiker*, welche der Ansicht waren alles Beseelte müsse sich von seiner früheren Schuld lösen können und verzichteten daher auf den Genuss von Fleisch und Eiern. Die Orphiker lieferten durch ihre komplette Enthaltensamkeit dem griechischen Religionsverständnis völlig neue Antriebe, da das Meiden der Aufnahme bestimmter Lebensmittel im Vergleich zu den damals geläufigen Speiseverboten etwas vollkommen Neues darstellte. [LEITZMANN 2001]

Pythagoras und die *Pythagoreer* führten diesen Glaubenssatz unter Buddha-, Konfuzius- und Lao- Tse- Einflüssen weiter und bildeten die Grundlage für den modernen Vegetarismus (freiwillige gewählte vegetarische Kost) im 19. Jahrhundert. Bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde der Vegetarismus als *Pythagoräismus* bezeichnet, welcher den Glauben an Seelenwanderung und Wiedergeburt (Reinkarnation) als essentiellen Bestandteil für das Meiden des Fleischverzehr hatte.

Auch der griechische Mediziner *Hippokrates* (460 – 370 v.Chr.) publizierte bereits die negativen Auswirkungen von zu hohem Fleischgenuss und förderte somit die vegetarische Ernährungsweise.

Damals schon verordnete er Fasten, Vollkornbrot, Obst und rohes Gemüse. Trotz allem war auch bei den Menschen der Antike die freiwillig gewählte fleischlose Kostform eher eine Rarität und der Verzehr von Fleisch als Kraftspender vor einem Kampf die Norm. [LEITZMANN 2001]

Mit der „Industriellen Revolution“ in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts in Großbritannien erreichte der Vegetarismus gegen Ende des 19. Jahrhunderts in Europa und den USA erstmals eine breitere Öffentlichkeit und bewirkte einen bedeutenden Veränderungsprozess. Dabei standen die Devise „Zurück zur Natur“ und der *Naturalismus* im Mittelpunkt und eine so genannte Lebensreform-Bewegung entstand, welche alle Lebensbereiche umfasste und insbesondere durch Anhänger der Naturheilkunde vertreten wurde. So verstärkte sich die Verbindung zwischen Naturheilkunde und fleischloser Ernährung und fand immer mehr Anhänger, speziell gefördert durch den deutschen Apotheker *Theodor Hahn* (1824 – 1883), welcher oft als der erste Vegetarier in der Naturheilkunde bezeichnet wird. Wie heute noch ersichtlich ist, besteht diese Verbindung zwischen Naturheilkunde und pflanzlicher Ernährung nach wie vor, da besonders Vegetarier natürliche Heilmethoden bevorzugen. [LEITZMANN 2001]

Der ständig steigende Fleischkonsum und die parallel dazu sich vermehrende Anzahl an Erkrankungen führte nach 1850 zu einer Ernährungsreform, die stark vegetarisch mit gesundheitlichen Aspekt geprägt war. Der moderne Vegetarismus entstand und wurde durch Flugblätter, Zeitschriften, und Bücher an die breite Öffentlichkeit gebracht. [LEITZMANN 2001]

Im Jahre 1847 bildete sich in Großbritannien die *english vegetarian society* und 1867 wurde der *erste vegetarische Verein in Deutschland – Verein für natürliche Lebensweise* - ins Leben gerufen. 1908 entstand die *internationale Vegetarier Union* in Dresden, welche heute nach wie vor regelmäßig internationale Kongresse veranstaltet. [LEITZMANN 2001]

Erste Zentren des organisierten *Vegetarismus* bildeten sich in Österreich während den sechziger Jahren des 19. Jahrhunderts in Wien und Graz. Immer wieder versuchten die Vereine, ihre Ideen über den journalistischen Bereich zu verbreiten, doch ohne Erfolg. 1870 kam es zur Entfaltung einer liberalen Gaststättenkultur, welche auch vegetarische Speisen und alkoholfreie Getränke anboten, sodass sich um 1900 die vegetarische Speisekultur in den österreichischen Städten mit *Schwerpunkten in Graz und Wien* etabliert hatte. Anfang des 20. Jahrhunderts versuchte man immer wieder Vegetarier Vereinigungen zu gründen, welche aber meistens mangels Interesse nicht lange bestehen blieben bzw. wurden sie durch das NS-Regime aufgelöst (1940 „Verein zum Vegetarierverein“ in Wien). [FARKAS 1998]

1947 wurde durch Victor Neugebauer der reorganisierte *Österreichische Vegetarier-Bund "Gesundes Leben"* wieder neu gegründet. Schlussendlich entstand 1970 in Graz - als Mitglied der Internationalen Vegetarier Union - die *Österreichische Vegetarier-Union* welche auch heute noch Informationen Rund um den Tierschutz und Vegetarismus verbreitet. [FARKAS 1998]

Da man den Bevölkerungsanteil an Vegetariern stets mit Befragungsmethoden erhebt, ist eine genaue Aussage über die Anzahl an vegetarisch lebenden Menschen nicht möglich. Jedoch werden von Vegetarierverbänden, Gesundheitsinstitutionen, Wissenschaft und Meinungsforschungsinstituten immer wieder Befragungen durchgeführt, die ungefähre Schätzungen erlauben. [LEITZMANN 2001]

Die europäische Vegetarier Union (EVU) bietet Informationen über den Vegetarierstand in Europa und in den USA, wobei die Zahlen aus Umfragen und Erhebungen aus verschiedenen Quellen stammen. [EUROPÄISCHE VEGETARIER UNION 2009]

Land	Einwohner in Mio	Vegetarieranteil in % *
Belgien	10,2	2 %
Dänemark	5,4	1,5 %
Deutschland	82	9 %
Frankreich	60	< 2 %
Großbritannien	61	6 %
Irland	4,1	6 %
Italien	57	10 %
Kroatien	4,5	3,7 %
Niederlande	16,3	4,3 %
Norwegen	4,6	2 %
Österreich	8,1	3 %
Polen	38,6	< 1 %
Portugal	10	0,3 %
Schweden	9	3 %
Schweiz	7,3	9 %
Slowakei	5,4	1 %
Spanien	45	4 %
Tschechien	10,2	1,5 %
USA	303,9	3,2 %

Tabelle 3: Vegetarieranteil in Europa und USA [EUROPÄISCHE VEGETARIER UNION, 2009] *
Stand 2007

Den höchsten Vegetarieranteil findet man in Italien, Deutschland und in der Schweiz. Österreich befindet sich mit 3 % eher im unteren Drittel.

3. Energie- und Nährstoffversorgung bei vegetarischer Kostform

Da Vegetarier auf einige Lebensmittel verzichten, besteht für sie ein höheres Risiko einer Unterversorgung mit gewissen Nährstoffen, was es für sie also unentbehrlich macht, sich mit ihrer Ernährung genauer auseinanderzusetzen. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

3.1 Makronährstoffe

Ausgewogene und vollwertige Ernährung steht im Vordergrund, also auch ein gutes Verhältnis zwischen Kohlenhydraten (55 - 60 %) , Eiweiß (15 %) und Fett (25 – 30 %). [DACH 2008]

3.1.1 Kohlenhydrate

Kohlenhydrate stellen zusammen mit den Fetten den Hauptenergieträger dar und sollte in erster Linie aus komplexen Kohlenhydraten wie Polysacchariden aus Getreide, Gemüse Kartoffeln und Hülsenfrüchten gedeckt werden, da diese den Vorteil der Aufnahme an Vitaminen, Mineralstoffen, Spurenelementen und Ballaststoffen aufweisen und nebenbei auch noch zu einem höheren Sättigungsgrad beitragen. [BIESALSKI et al 2004]

Untersuchungen mit Vegetariern zeigten, dass der Kohlenhydratanteil meist günstiger ist als bei Mischköstlern, aber trotzdem nicht die empfohlenen Mengen erreicht, was sich bei lakto-(ovo)-Vegetariern auf einen erhöhten Verzehr von fettreichen Käse und Milchkonsum zurückführen lässt. [LEITZMANN 2001]

Die Stärkeaufnahme (stammt meistens aus Getreide und Kartoffeln) sowie die Aufnahme von Monosacchariden (Hauptvertreter Fructose aufgrund des erhöhten Obstverzehrs) ist Verglichen zu Mischköstlern erfahrungsgemäß höher.

Bei vegetarischer Ernährung ist die Zufuhr von Mono- und Disacchariden zugunsten der Polysaccharide und Ballaststoffe verschoben. Damit wird eine erhöhte Phytinsäurezufuhr verbunden, was wiederum eine herabgesetzte Absorption verschiedener Mineralstoffe bewirken kann, praktisch aber keine Bedeutung hat aufgrund der geringen Gehalte. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Bei vegetarischer Ernährung besteht somit keine Gefahr der Unterversorgung mit Kohlenhydraten, da diese als Hauptquelle pflanzliche Lebensmittel haben. [ADA 2003]

3.1.2 Eiweiß

Verglichen mit der Höhe der Proteinzufuhr und Zusammensetzung des Proteins zur „Normalkost“, weist die vegetarische Ernährung eine geringere Proteinzufuhr auf. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Forschungsarbeiten weisen darauf hin, dass durch eine variantenreiche tägliche Aufnahme pflanzlicher Nahrungsmittel, alle essenziellen Aminosäuren geliefert werden und es somit nicht erforderlich ist, sich gegenseitig ergänzende Proteine mit ein und derselben Mahlzeit zu sich zu nehmen. [ADA 2003; YOUNG und PELLETT 1994]

Somit kann mit einer abwechslungsreichen vegetarischen Ernährung eine ausreichende Deckung des Proteinbedarfs (0,8g/kg KG) gewährleistet werden. [ELMADFA und LEITZMANN 2004; D-A-C-H 2008]

Im tierischen Protein ist die biologische Wertigkeit generell höher als im pflanzlichen, deshalb sollten Vegetarier gesondert auf die Eiweiß Zusammensetzung der von ihnen aufgenommenen Lebensmittel achten, um keinen Mangel an bestimmten Aminosäuren hervorzurufen. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Fleisch liefert eine sehr gute Aminosäurezusammensetzung (vor allem essentielle Aminosäuren) und somit Eiweiß in hochwertiger Form. Im Gegensatz dazu ist pflanzliches Eiweiß nicht so hochwertig, aber durch ausgewählte Lebensmittelkombinationen eine höhere biologische Wertigkeit erlangen kann. Das Bindegewebsprotein des Fleisches (Kollagen und Elastin) zeigt eine geringere Quelle für essentielle Aminosäuren als das Muskelprotein (myofibrilläre und sarkoplasmatische Proteine) [MACH 2007]

Die dominanten Aminosäuren im Fleisch sind die essentiellen Aminosäuren Isoleucin, Leucin, Lysin, Phenylalanin und Valin sowie die nicht essentiellen Aminosäuren Arginin und Threonin. Der Gehalt der Aminosäuren variiert je nach Fleischart. Dementsprechend müssen diese Aminosäuren über pflanzliche Produkte gedeckt werden. [SOUCI et al 2004]

Es ist zu berücksichtigen, dass der Proteinbedarf bei Vegetariern höher sein kann als die empfohlene Verzehrsmenge, da deren Nahrungsproteinquellen aus solchen bestehen, die weniger gut verdaulich sind, wie zum Beispiel Zerealien und Leguminosen. [ADA 2003]

Zerealien haben gewöhnlich einen geringen Gehalt an Lysin, was relevant sein kann bei der Beurteilung von Ernährungsformen einzelner Personen, die keine tierischen Eiweißquellen konsumieren und einen relativ geringen Proteinwert aufweisen. Durch verstärkten Verzehr von Bohnen und Sojaprodukten anstelle anderer Eiweißquellen mit geringerem Lysingehalt oder durch eine Steigerung des Nahrungsproteins aus allen Quellen kann eine adäquate Lysinaufnahme sichergestellt werden. [ADA 2003]

Eine gute Eiweiß Alternative bietet die *Sojabohne* und die daraus gebildeten Produkte. Mit einer Zusammensetzung von ca. 40 % Eiweiß, 25 % Kohlenhydrate, 20 % Fett und 5 % Mineralstoffe bildet sie eine sehr gute Proteinquelle.

Die bekanntesten Vertreter in der menschlichen Ernährung stellen die frischen grünen Hülsen (Schoten) und deren Verarbeitungsprodukte Tofu und Sojasauce dar, sowie Sojamilch, -joghurt, -teigwaren. Da die Aminosäure Zusammensetzung der Sojabohne der des tierischen Eiweißes sehr ähnelt, ist es für Vegetarier sehr geeignet. Allerdings enthält sie nicht alle essentiellen Aminosäuren und so sollten Sojaprodukte aufgrund der limitierenden Aminosäure Methionin zur optimalen Ergänzung in Kombination mit Getreideprodukten, Eiern, Käse, Milch oder anderen Eiweißprodukten verzehrt werden. [RUST 2005]

Durchschnittlicher Eiweißgehalt

verschiedener Lebensmittel

(%):

Sojabohne	38
Fleisch und Fisch	16 - 22
Milchprodukte	3 - 26
Weizen	14
Eier	12

Tabelle 4: durchschnittlicher EW Gehalt
Verschiedener Lebensmittel [Ernährung aktuell 2005]

3.1.3 Fett

Durch pflanzliche Ernährung werden weniger gesättigte und mehr ungesättigte sowie mehrfach ungesättigte Fettsäuren zugeführt. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Da die pflanzlichen Ernährungsformen generell reicher an n-6-Fettsäuren sind, dominierende Fettsäure bildet die Linolsäure, kann es durch einen geringeren Gehalt an n-3-Fettsäuren zu einem Ungleichgewicht des erwünschten 5:1 Verhältnisses kommen. In weiterer Folge kann eine Inhibierung des Aufbaus von Eicosapentaen- (EPA) und Docosahexaen-säure (DHA) entstehen. [ADA 2003]

Bei Ernährungsformen, die weder Fisch, Eier oder Meerespflanzen beinhalten, werden Mikroalgen als Nahrungsergänzung in gelatinefreien Kapseln empfohlen. Sie sollen vor allem bei veganer Ernährung das Defizit an EPA und DHA ausgleichen. [ADA 2003]

DACH Referenzwerte empfehlen 2,5 % der Gesamtenergie sollten n-6 Fettsäuren und 0,5 % n-3 Fettsäuren ausmachen. Das entspricht 2 g/d n-3 Fettsäuren und 10 g/d n-6 Fettsäuren. [BIELSALSKI et al 2004; ÖGE 2007]

Um die fehlenden DHA und EPA Quellen auszugleichen, empfiehlt es sich für Vegetarier vor allem α -Linolensäure haltige Nahrungsmittel wie Leinsaat und Leinsamenöl zu verzehren. Bei erhöhtem Bedarf wie z.B. bei einer Schwangerschaft und in der Stillzeit sollten direkte Gaben von langkettigen n-3-Fettsäuren durch DHA- reiche Mikroalgen erfolgen. [ADA 2003]

Cholesterin findet man ausschließlich im tierischen Fett, sie nehmen also über Pflanzen nur Phytosterinen auf, das pflanzliche Sterin. Aus diesem Grund bildet die vegetarische Ernährung den Vorteil eines geringeren Serumcholesterinspiegels und da der Körper Cholesterin selbst synthetisieren kann, besteht auch keine Gefahr der zu geringen Versorgung. [ADA 2003; BIELSALSKI et al 2004]

3.2. Mikronährstoffe

3.2.1 Vitamine

Untersuchungen lieferten die Erkenntnis, dass die Vitaminversorgung von Vegetariern sogar günstiger ist als die von Gemischtköstlern. Durch ihre stark pflanzlich orientierte Ernährung weisen sie bessere Werte an Vitamin C, E, β -Carotin, Folsäure und Thiamin auf. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

3.2.1.1 Vitamin A

Die Retinol und β -Carotin Versorgung stellt bei vegetarisch lebenden Menschen kein Problem dar, sogar Veganer zeigen durch eine hohe Aufnahme carotinhaltiger pflanzlicher Produkte eine gute Versorgung. [LEITZMANN 2001]

Retinol ist nur in tierischen Lebensmitteln auffindbar, deswegen beziehen Vegetarier und Veganer ihre Vitamin A Quellen aus β -Carotin, welches im Körper dann zu Retinol umgewandelt werden kann. [ADA 2003]

β -Carotin kommt besonders in Chlorophyll haltigen Pflanzen vor, die unter dem Einfluss von UV-Licht wachsen. Man findet es in Früchten (2 – 10 mg/kg) und Gemüse (20-60 mg/kg). Geeignete Quellen stellen gelbe, orangene und grüne Gemüse- und Fruchtsorten wie zum Beispiel Marillen, Melonen, Karotten, Spinat, rote Beete, Grünkohl und Broccoli dar. [BIESALSKI et al 2004]

Durch Forschungsarbeiten hat man herausgefunden, dass die Resorption von β -Carotin aus pflanzlicher Nahrung nicht so effizient ist, wie früher angenommen wurde, aber trotz diesen Aspekts zeigten sich bei vegetarisch lebenden Personen höhere Serumcarotinoidspiegel. Durch Kochen und Zugabe von Fett wird die Resorption von β -Carotin erhöht und durch Verarbeitungsprozesse wie Zerkleinern oder Pürieren verbessert sich die Bioverfügbarkeit. [ADA 2003]

Eine aktuelle taiwanische Studie aus dem Jahr 2008 unterstützt diese Erkenntnis mit dem Ergebnis dass auch hier bei Normalköstlern ein geringerer Serumcarotinoidspiegel vorliegt. [YEN et al 2008]

3.2.1.2 Vitamin D

Cholecalciferol (Vit D₃) ist tierischen Ursprungs, was somit der Grund für eine niedrigere Zufuhr bei Vegetariern ist. Ergocalciferol (Vit D₂) stellt daher die pflanzliche Alternative für Cholecalciferol dar. Mangelerscheinungen treten allerdings auch bei Veganern sehr selten auf, wenn sie sich ausreichend im Freien aufhalten, da der Vitamin D Status von der Lichtexposition und Nahrungsaufnahme abhängig ist. [ELMADFA und LEITZMANN 2004, HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Bei einigen vegan lebenden Personengruppen (v.a. Kinder mit makrobiotischer Ernährung und erwachsene Vegetarier asiatischer Herkunft) der nördlichen Breitengrade, welche keine Nahrungsergänzungsmittel oder angereicherte Nahrungsmittel zu sich nahmen, wurden niedrigere Vitamin D Spiegel und eine reduzierte Knochenmasse festgestellt. [ADA 2003]

Grundsätzlich ist Vitamin D nur in wenigen Nahrungsmitteln enthalten, wie zum Beispiel in Fischölen, fettreichen Fischen und im Eigelb. Hohe Mengen an Vitamin D₃ findet man speziell in tierischen Produkten wie Butter, Käse, Leber, aber besonders in Seefischen und Fischleber (Lebertran). In Pflanzen kommen nur Spuren von Vitamin D₂ bzw. seiner Vorstufe, das Ergosterol, vor. Manche Länder (z.B.: USA) versetzen Milch, Butter, Margarine, Getreide und Brot mit Vitamin D. [ELMADFA und LEITZMANN 2004; BIESALSKI 2004, HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Eine amerikanische Studie von Mai 2009 bestätigte, dass die Art des Vegetarismus oder Veganismus keinen Einfluss auf die Serumkonzentration an Vitamin D₃ hat sondern andere Faktoren wie Sonnenlichtexposition, Vitamin D Supplementierung und Hautpigmentierung eine größere Rolle spielen. [CHAN et al 2009]

3.2.1.3 Vitamin E

Da Tocopherole in tierischen als auch pflanzlichen Lebensmitteln vorkommen, ergibt sich durch rein pflanzliche Ernährung keine Unterversorgung mit Vitamin E. Hauptlieferanten bilden Getreide und Getreideprodukte sowie speziell pflanzliche Öle wie Raps-, Sonnenblumen- und Weizenkeimöl sowie Nüsse und Samen. Weitere Quellen sind Fisch, Fleisch und Milchprodukte. [ELMADFA und LEITZMANN 2004; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Das bei der deutschen Veganer Studie ermittelte hohe Verhältnis von Tocopherol zu Cholesterin lässt auf einen besseren Schutz vor Lipidperoxidation schließen. [WALDMANN et al 2005]

3.2.1.4 Vitamin K

Geeignete Vitamin K Quellen für Vegetarier stellen grünes Blattgemüse, Milch und Milchprodukte, Raps-, Oliven- und Sojaöl dar. Größere Mengen finden sich auch noch im Muskelfleisch. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Da die Vitamin K Versorgung der Bevölkerung im Allgemeinen als überreichlich ermittelt wurde, empfand man die genauere Untersuchung des Phyllochinon Status in Vegetariern nicht von Bedeutung. Weiter geht man davon aus, dass durch den hohen Verzehr von grünem Gemüse die enterale Eigensynthese gewährleistet ist. [LEITZMANN 2001]

3.2.1.5 Vitamin C

Durch den erhöhten Konsum pflanzlicher Produkte ergibt sich bei Vegetariern gleichzeitig eine höhere Aufnahme von Vitamin C. Dementsprechend erhöht sich durch ein vermehrtes Vorhandensein von Ascorbinsäure auch der antioxidative Schutz. Ascorbinsäure reiche Quellen stellen einige Obst- und Gemüsesorten wie zum Beispiel Sanddornbeeren, Johannisbeere, Kiwi, Broccoli, Grünkohl und Paprika dar. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Bei der deutschen Vegan Studie wurden 104 Veganer untersucht und man stellte bei ihnen einen erhöhten Wert an Vitaminen mit antioxidativer Kapazität im Blutspiegel fest. Dazu zählen zum Beispiel Beta-Carotin, Vitamin E und C. Nahezu bei allen Teilnehmern bestand eine Vitamin C Konzentration von 117 µmol/l, was die präventiven Empfehlungen zur Krankheitsvorbeugung sogar übersteigt. Aufgrund der hohen Zufuhr von Antioxidantien bei vegetarischer Kost erklärt man unter anderem das geringe Auftreten von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. [WALDMANN et al 2005]

3.2.1.6 Vitamin B₁ – Thiamin

Thiamin findet man in Getreide, Haferflocken, Fleisch sowie in beträchtlicher Menge in Sojabohnen. Durch den höheren Verzehr an Getreideprodukten haben Vegetarier meist einen besseren Thiamin Status als Normalköstler. [LEITZMANN 2001]

Bei einer Wiener Studie wurden Vegetarier, Veganer und Normalköstler auf ihre B-Vitamin Versorgung und Homocysteinspiegel untersucht. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Thiaminversorgung bei veganer oder vegetarischer Kostform keine Probleme darstellt. [MAJCHRZAK et al 2006]

3.2.1.7 Vitamin B₂ - Riboflavin

Das wasserlösliche Vitamin fungiert als Coenzym bei Oxidations- und Reduktionsreaktionen des menschlichen Energiestoffwechsels und wird hauptsächlich über tierische Produkte zugeführt wie Milch, Käse, Fleisch (v.a. Leber, Niere), Eier, Vollkorn- und Getreideerzeugnisse sowie viele Fische. [BIESALSKI et al 2004; ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Als Alternative empfiehlt die ADA Spargel, Bananen, Bohnen, Brokkoli, Feigen, Kohl, Linsen, Erbsen, Samen, Tahini (Sesammus), Süßkartoffeln, Tofu, Tempeh, Weizenkeime sowie angereichertes Brot, welche ca. 1mg Riboflavin pro Portion liefern. [ADA 2003]

Einige Studien sowie eine Wiener Studie aus dem Jahre 2006 ergaben, dass Vegetarier meist einen geringeren Riboflavinstatus als Gemischtköstler aufweisen – allerdings keinen Mangelzustand. Insbesondere bei strikter veganer Diät, speziell bei erhöhtem Homocysteinspiegel im Plasma, gilt der Vitamin B₁₂ und B₂ Zufuhr erhöhte Aufmerksamkeit. Der Grund dafür ist, dass bei Mangel an Vitamin B₁₂, B₆ und Folsäure eine Erhöhung des Homocysteinspiegels zu erwarten ist und in weiterer Folge ein größeres Risiko an Herz-Kreislauf Erkrankungen zu erleiden. [ADA 2003; ELMADFA und LEITZMANN 2004; MAJCHRZAK et al 2006]

3.2.1.8 Vitamin B₆ – Pyridoxin

Die Untersuchung von 93 deutschen Vegetariern ergab, dass die Mehrheit der Teilnehmer, trotz ausreichender Vitamin B₆ Zufuhr, keine adäquaten Vitamin B₆ Plasmakonzentration aufwiesen. Aufgrund der grenzwertigen Plasmakonzentrationen von Pyridoxin wird insbesondere Veganern der Verzehr von Nahrungsmittel empfohlen, welche Vitamin B₆ mit hoher Bioverfügbarkeit enthalten (z.B.: Bohnen, Bananen und Linsen). [WALDMANN et al 2006]

3.2.1.9 Vitamin B₁₂ - Cobalamin

Cobalamin findet man in nennenswerten Mengen in Lebensmitteln tierischen Ursprungs wie Fleisch, Leber, Niere, Gehirn sowie Eier und Milch. Da pflanzliche Nahrungsmittel nur sehr geringe Mengen an Vitamin B₁₂ beinhalten, müssen Vegetarier ihren Bedarf mit B₁₂ angereicherten Produkten (z.B.: einige Marken Sojamilch, Frühstücksflocken und Nährhefe) oder Nahrungsergänzungsmitteln decken. Lakto-Ovo-Vegetariern wird empfohlen, ihren Vitamin B₁₂ Bedarf über regelmäßigen Verzehr von Milch und Milchprodukten sowie Eier zu decken. [ADA 2003]

Da vegetarische Ernährungsweisen reich an Folsäure sind, kann ein Vitamin B₁₂ Mangel meist nicht aufgrund seiner hämatologischen Symptome sondern erst bei neurologischen Symptomen erkannt werden.

Um Unsicherheiten bezüglich des Cobalamin Status auszuschließen, sollten Serumhomocystein, Methylmalonylsäure und Holotranscobalamin 2 bestimmt werden. [ADA 2003]

Ergänzend dazu verlieren 10 bis 30 % der über 50 jährigen, unabhängig von der gewählten Ernährungsform, die Fähigkeit, die proteingebundene Form des Vitamins zu verdauen, was somit auch die Quelle aus Milch und Milchprodukten sowie Käse und Eier eliminiert. Deshalb werden ab diesem Alter Nahrungsergänzungsmittel oder Vitamin B₁₂ angereicherte Lebensmittel empfohlen. [ADA 2003]

Eine aktuelle Studie des Departements für Ernährungswissenschaften ergab, dass vegetarische Lebensformen in jedem Alter möglich als auch gesundheitsfördernd sind, allerdings stellt die Unterversorgung mit Vitamin B₁₂ das Problem einer Erhöhung des Homocysteinstatus dar und somit als Folge neurologische Störungen und das erhöhte Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Daher bestätigt sich auch durch diese Studie die unbedingte Aufnahme von B₁₂ angereicherten Lebensmitteln oder Nahrungsergänzungsmitteln. [ELMADFA und SINGER 2009]

Aufgrund der fehlenden Vitamin B₁₂ Quellen für Vegetarier, speziell Veganer, wird bezüglich des Ergebnisses einer japanischen Studie Purpurtang als geeignete Quelle empfohlen. [MIYAMOTO et al 2009]

3.2.1.10 Folsäure

Bei einer polnischen Studie wurden 32 vegetarisch lebende Kinder (Alter 2 – 10 Jahre), darunter 2 Veganer, auf ihre Plasmakonzentrationen an Homocystein, Vitamin B₁₂, Antioxidantien und Folat untersucht. Die Studie ergab, dass alle Kinder (auch die zwei Veganer) ausreichend mit Folsäure versorgt wurden und auch dementsprechende Plasmakonzentrationen aufwiesen. [AMBROSZKIEWICZ et al 2006]

Aufgrund der ausreichenden pflanzlichen Quellen von Folsäure ergeben sich bei Vegetariern keine Mangelzustände, sondern im Gegenteil eine bessere Versorgung als bei Mischköstlern. [LEITZMANN 2005]

3.2.1.11 Niacin

Der Niacinstatus von Vegetariern ist generell niedriger als jener von Gemischtköstlern, da Niacin aus Fleischprodukten zur Gänze resorbiert wird, allerdings aus Pflanzen nur zu 30 %. Jedoch konnten keine Mangelzustände entdeckt werden wie zum Beispiel in einer britischen Studie, bei der 90 Frauen zwischen 15 und 30 untersucht wurden, festgestellt werden konnte. [BARR und BROUGHTON 2000; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

3.2.2 Mineralstoffe

Die Aufnahme von Mengen- und Spurenelementen ist bei vegetarischer Ernährungsweise oftmals vorteilhafter als bei Gemischtkost. Kritische Elemente bilden dabei **Eisen, Kalzium, Jod und Zink**, speziell bei Veganern. [LEITZMANN 2001]

Bei pflanzlicher Ernährung werden die Mineralstoffe **Kalium und Magnesium** in größeren Mengen aufgenommen, da speziell Kalium in Gemüse, Obst, Getreide und Hülsenfrüchten in hohen Konzentrationen vorhanden ist. [ADA 2009]

Der Gemischtköstler nimmt durchschnittlich zu geringe Mengen an **Magnesium** zu sich, wodurch der Vegetarier durch die pflanzliche Kost, speziell mit Vollkornprodukten, Nüssen, Samen und grünem Gemüse den Magnesiumbedarf bestens deckt und sogar oft über den Empfehlungen liegt. [LEITZMANN 2001]

Die Untersuchung der Mineralstoffversorgung von 158 Vegetariern bei der deutschen Veganer Studie ergab, dass eine gute Versorgung mit Mineralstoffen besteht, mit Ausnahme von **Kalzium und Jod**.

Bei beiden Nährstoffen werden Supplemente empfohlen, da der Kalzium Bedarf im Schnitt zu 81,1 % und Jod zu 10,6 % gedeckt wird. [WALDMANN et al 2003]

Die **Kalzium** Aufnahme von Vegetariern ist jedoch gleich hoch wie die der Gemischköstler, Lacto-ovo-Vegetarier nehmen sogar oft höhere Mengen auf. Veganer zeigen in diesem Fall eine geringere Aufnahme als beide Gruppen auf. [MESSINA et al 2004]

Die EPIC-Oxford Studie kam zu dem Ergebnis, dass Vegetarier und Gemischtköstler demselben Risiko einen Knochenbruch zu erleiden ausgesetzt sind, allerdings stellte man bei Veganern ein um 30 % erhöhtes Risiko aufgrund ihrer verminderten Kalzium Zufuhr fest. [APPLEBY P et al 2007]

Die vermehrte Aufnahme von Nahrungsmitteln, die reich an schwefelhaltigen Aminosäuren sind, können den Verlust von Kalzium aus den Knochen erhöhen. Dazu zählen Eier, Fleisch, Fisch, Geflügel, Milchprodukte, Nüsse und viele Getreidesorten. Untersuchungen ergaben aber, dass der Einfluss schwefelhaltiger Aminosäuren auf das Knochenkalzium aber nur bei verminderter Kalzium Aufnahme von Bedeutung ist. [WEAVER et al 1999]

In einigen Studien fand man heraus, dass eine exzessive Natriumaufnahme ebenfalls Kalziumverluste fördert und dass das Verhältnis von Nahrungskalzium zu Protein einen besseren Parameter für die Vorhersage der Knochengesundheit darstellt als die Kalziumaufnahme alleine. Ein hohes und somit positiv wirkendes Verhältnis auf die Knochengesundheit findet man vor allem bei Lakto-ovo-Vegetariern. [ADA 2009]

In der Nahrung enthaltene **Oxalate** und **Phytate** wirken vermindernd auf die Kalziumresorption, was somit die Kalziumverfügbarkeit aus Gemüsesorten mit hohem Kalziumgehalt wie Spinat und Mangold erheblich blockiert.

Eine Ausnahme stellen Sojaprodukte dar, welche beachtliche Mengen an Oxalaten und Phytaten beinhalten, trotzdem aber eine gute Kalziumquelle darstellen. [WEAVER et al 1999]

Grüne Gemüsesorten mit geringem Oxalgehalt wie Bok choy (eine Art Chinakohl), Brokkoli, Chinakohl, Collards (amerikanische Gemüsesorte), Kohl, Okra und Kohlrabi stellen gute Quellen dar, welche Kalzium mit hoher Bioverfügbarkeit liefern (49 % - 61 %). Alternativen sind Kalzium angereicherte Produkte wie Tofu, Fruchtsäfte, Frühstücksflocken und Kuhmilch, welche allerdings Kalzium nur mit einer Bioverfügbarkeit von bis zu 32 % beinhalten, sowie angereicherte Sojamilch, Sesamsaat, Mandeln, rote und weiße Bohnen mit einer Bioverfügbarkeit bis zu 24 %. [ADA 2009]

Um eine verbesserte Kalziumresorption zu gewährleisten sollte auf eine ausreichende Versorgung mit Vitamin D und Protein geachtet werden. [ADA 2009]

Im Zuge der deutschen Veganer Studie wurde der Eisenstatus bei 75 Frauen untersucht. Unter den Teilnehmerinnen konnte bei 40 % ein Eisenmangel festgestellt werden, obwohl die Eisenaufnahme über den Empfehlungen lag. Deshalb werden Supplemente und die Überwachung des Eisenstatus empfohlen. [WALDMANN et al 2004]

Pflanzliche Lebensmittel enthalten Nicht-Häm-Eisen (Fe^{3+}), welches im Gegensatz zu Häm-Eisen (Fe^{2+}), das in tierischen Lebensmitteln enthalten ist, schlechter absorbiert wird. Die Hauptinhibitoren von Eisen sind Phytate, Kalzium, Polyphenole im Tee, Kaffee, Schwarztee und Kakao, Ballaststoffe beeinflussen die Absorption nur geringfügig. [COUDRAY et al 1997]

Die Wirkung von Phytaten kann durch Verarbeitungsprozesse bestimmter Produkte, wie zum Beispiel das Einweichen und Keimen von Bohnen, Senf- und Tomatenkörnern, oder durch Fermentationsprozesse bei Miso- und Tempeh Herstellung, geschwächt werden und somit die Bioverfügbarkeit von Eisen verbessern. [ADA 2009]

Vitamin C fördert die Eisenabsorption, deshalb wird empfohlen Obst und Gemüse täglich und reichlich zu verzehren. Da Vegetarier nach wie vor einen geringeren Eisenstatus als Gemischtköstler aufweisen, sollten sie ihre Eisenzufuhr um 80 % erhöhen. [FELMING et al 1998; HALLBER und HULTEN 2000; ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Vegetarier haben zwar einen geringeren Eisenspeicher als Gemischtköstler, weisen aber verglichen zum Serum Ferritin keine Unterschiede auf. [ALEXANDER et al 1994; BALL und BARTLETT 1997]

Durch den hohen Gehalt an Phytinsäure bei pflanzlicher Kost wird auch die Bioverfügbarkeit von Zink herab gesetzt. Einige Untersuchungen ergaben, dass Vegetarier oft zu geringe Plasma Konzentrationen an Zink aufweisen, was vor allem darauf zurückzuführen ist, dass Leguminosen, Vollkornprodukte und Nüsse reichlich Phytinsäure beinhalten und somit die Verfügbarkeit des darin enthalten Zinks herabsetzen. [JANELLE und BARR 1995; BALL und BARTLETT 1997; DAVEY et al 2006]

Wie auch bei Eisen kann die Zink Verfügbarkeit durch gewisse Verarbeitungsprozesse wie Fermentation bei Sojaprodukten, Gärung und Einweichen die Wirkung der Phytinsäure herabsetzen und somit die Bioverfügbarkeit von Zink erhöhen. Die Aufnahme bestimmter organischer Säuren wie zum Beispiel die Zitronensäure, können die Zink Absorption in gewissem Maße fördern. [LONNERDAL 2000]

Da Jod in pflanzlichen Lebensmitteln in geringerer Menge vorkommt, besteht bei Vegetariern ein größeres Risiko des Jodmangels als bei Gemischtköstlern, falls diese zusätzlich auch noch auf jodiertes Salz und Meeresprodukte verzichten, welche die größten Jodgehalte beinhalten. [BUCKOVA et al 2003]

Meeres- und Koshersalz sowie Sojasaucen wie Tamari sind generell nicht mit Jod angereichert. Sojabohnen, Kreuzblütler, Nüsse und Süßkartoffeln enthalten vor allem Goitrogene z.B. Glucosinolate, welche die Verfügbarkeit von Jod herabsetzen. Trotzdem gibt es aber bisher keine Hinweise darauf, dass für Vegetarier ein höheres Risiko für einen Jodmangel besteht als für Gemischtköstler. [TEAS et al 2004; MESSINA und REDMOND 2006]

4. Muskeltätigkeit und Bewegungsapparat

Der Mensch besitzt drei Formen der Muskulatur: den Skelettmuskel (Lokomotion, Konvektion der Atemgase), die glatte Muskulatur (Motor innerer Organe und Blutgefäße) und den Herzmuskel (Blutzirkulation). Jeder Muskel setzt sich aber aus Zellen zusammen, welche aufgrund der Einwirkung eines Reizes die Kontraktion bewirken können. [SILBERNAGL et al 2003]

4.1 Aufbau einer Muskelzelle

Ein Muskel lässt sich in einen Mittelteil aus kontraktile Fasern, den Bauch (Venter) und Sehnen, welche die Übertragung der Kontraktionskraft auf die Knochen gewährleisten, einteilen. Die beiden Befestigungsstellen des Muskels werden Ansatz und Ursprung genannt, wobei der Ansatz am beweglicheren Skelett-Teil anhaftet und der Ursprung am weniger beweglichen Teil. [MUTSCHLER et al 2007]

Jede Muskelzelle beinhaltet für die jeweilige Funktion spezifische Komponenten. Zum einen die benötigten Enzyme für den aeroben Energiestoffwechsel in den Mitochondrien und für den laktaziden und alaktazid anaeroben Energiestoffwechsel im Sarkoplasma und zum anderen die Myofibrillen, welche die kontraktile Elemente der Muskelzelle darstellen. [HABER 2004]

4.2 Aufbau des kontraktilen Apparats der quergestreiften Muskelfaser

Die Muskelzelle selbst besteht aus einer Faser von rund 10-100 µm Durchmesser, welche im Skelettmuskel bis zu 15 cm Länge betragen kann. Diese wiederum sind zu einem Faserbündel zusammengefasst, welches schon mit bloßem Auge erkennbar ist. Das Sarkolemm stellt die Zellmembran der Muskelfaser dar und umschließt das Sarkoplasma, mehrere Zellkerne, Mitochondrien, Stoffe zur O₂- und Energieversorgung sowie einige hundert Myofibrillen, welche für die Kontraktion verantwortlich sind. [SILBERNAGL 2003; MUTSCHLER et al 2007]

Der Name quergestreifte Muskulatur ergibt sich aus den durch die Anordnung der Myofibrillen entstandenen hellen und dunklen Zonen. Diese mikroskopisch kleine Struktur ist typisch für die Skelettmuskulatur. [HABER 2004]

Die dabei angeordneten Filamente sind die dicken Myosin-2- und dünnen Aktinfilamente, welche somit eine hell-dunkel Querstreifung verursachen. Eine Myofibrille lässt sich in mehrere Kompartimente einteilen. Sogenannte Z-Scheiben, plattenartige Proteine, unterteilen die Myofibrille in mehrere Sarkomere. Aktinfilamente des Sarkomers sind in der Mitte an der Z-Scheibe fixiert, wobei sich immer eine Kettenhälfte über zwei benachbarte Sarkomere erstreckt. [HABER 2004]

Die helle I-Bande stellt jene Region rund um die Z-Scheibe dar, in der sich nur Aktinfilamente befinden, dort wo Aktin- und Myosinfilamente überlappen, befindet sich die dunkle A-Bande. Verglichen dazu enthält die H-Zone nur Myosinfilamente, die wiederum an der etwas kleineren M-Scheibe im Sarkomer fixiert sind. [SILBERNAGL 2003]

Ein Myosinfilament besteht aus zwei Kopfabschnitten, die über ihre Halsstücke mit dem fadenförmigen Schwanz des Moleküls verbunden sind.

Die beiden Köpfe fungieren als Aktin- und ATP-bindungsstellen und bilden das schwere Molekül des Myosins. Die Halsstücke bilden die Bindungsstelle für die zwei leichten Proteinketten. [MUTSCHLER et al 2007]

Das Aktinfilament besteht aus einem kugelförmigen Proteinmolekül (G-Aktin) und einem perlschnurartigem Polymer (F-Aktin), welche durch hydrophobe Wechselwirkungen verbunden sind. [MUTSCHLER et al 2007]

Im Sarkomer findet man auch die Titinfilamente, welche sich zwischen den Z-Scheiben und den Enden der Myosinfilamente befinden und davon jeweils 6 Titinfilamente mit einem Myosinfilament als Titin-Myosin-Komplexfilament eine funktionelle Einheit bilden. [EHLENZ 2003]

Titinfilamente sind durch ihre hochelastische molekulare Struktur für die Ruhespannung verantwortlich, was bedeutet, dass sie nach einer Dehnung des Sarkomers die Ruhelage wiederherstellen, indem sie die Myosin-Filamente wieder in Richtung Z-Scheibe in die Ausgangsposition zurück ziehen. [WIEMANN et al. 1998]

4.3 Muskelformen und –funktionen

Die Anordnung der Fasern ist entscheidend für den Aufbau des Gesamtmuskels und somit für den Funktionsbereich des Muskels. Dabei lassen sich mehrere Muskelformen unterscheiden:

Einköpfiger Muskel, zweiköpfiger Muskel, dreiköpfiger Muskel, zweibäuchiger Muskel, Muskeln mit Zwischensehnen, Muskel mit Einzelsehnen, Sägemuskel, doppelt gefiederter und einfach gefiederter Muskel. [EHLENZ et al 2003, MUTSCHLER et al 2007]

Ein gefiederter Muskel hat enormes Kraftentwicklungspotential, welches auf der Anordnung der Fasern beruht, denn umso mehr parallele Fasern der Muskel aufweist, desto größer ist seine verfügbare Kraft. Aus diesem Grund findet man den gefiederten Muskel besonders in Bereichen wo starke Kraft- und Haltearbeit gefordert wird. [EHLENZ et al 2003]

Spindelförmige Muskeln sind durch ihre Fähigkeit sich stark zu verkürzen, für die Gelenkbewegung entscheidend. Muskeln dienen besonders im Gelenkbereich als Sicherung und Stabilisation von Knochen und Gelenken, zum Beispiel im Bereich des Schultergelenks oder Hüftgelenk und Wirbelsäule, wo Muskeln hauptsächlich eine Haltefunktion ausüben. [EHLENZ et al 2003]

Die Hauptfunktionen der Skelettmuskulatur bestehen aus der Fixierung und Stabilisierung der Körperhaltung und Gelenkstellung sowie der Bewegung des gesamten Organismus. Dabei dient die Muskelverkürzung der Bewegung und die Spannungsentwicklung den statischen Funktionen. [MUTSCHLER et al 2007]

Je nach Art und Häufigkeit der vorkommenden Muskelfasern unterscheidet man auch die Funktionen des Muskels. Rote Muskelfasern sind durch einen hohen Gehalt an Mitochondrien gekennzeichnet, was diese sehr effizient für den aeroben Energiestoffwechsel macht. Durch das Vorkommen von Myoglobin, dem roten Farbstoff im Muskel, ist der Muskel befähigt, schnell verfügbare O₂-Reserven dem Muskel zur Verfügung zu stellen. Da in den roten Muskelfasern ein geringeres Vorkommen an Myofibrillen herrscht, ist ihre Kontraktionsgeschwindigkeit erniedrigt, weshalb man sie auch langsam zuckende, Typ 1 - oder Typ S - Fasern nennt. [HABER 2004]

Typ S – Fasern sind kaum ermüdbar und somit auf Dauerleistungen ausgerichtet. [SILBERNAGL 2003]

Weißer Muskelfasern, die sogenannten schnell zuckenden, Typ 2 – oder Typ F – Fasern, sind gekennzeichnet durch ihre bessere Versorgung mit Myofibrillen und den Enzymen für den anaeroben Stoffwechsel, was diese zu kräftigen und schnellen Kontraktionen befähigt. Durch das Ausbleiben von Myoglobin ist die Färbung der Muskelfaser heller. Dieser Fasertyp wird nur durch höhere nervale Reizintensitäten aktiviert und kommt somit erst bei stärkeren Belastungsanforderungen zum Einsatz. [HABER 2004]

Aufgrund ihrer anatomischen Eigenschaften haben Typ S – Fasern eine Haltefunktion und Typ F – Fasern eignen sich für schnelle Bewegungen wie rasches Laufen. Die Fasertypen sind auch ineinander umwandelbar, wenn es zum Beispiel in Typ F Fasern aufgrund lang andauernder Aktivierung zu einem chronischen Anstieg der zytosolischen Ca^{2+} Konzentration kommt, werden diese in Typ S – Fasern umdisponiert. [SILBERNAGL 2003]

4.4 Energiebereitstellung in der Muskelzelle

Das Sarkoplasma bildet den Intrazellularraum der Muskelfaser und ist reich an Glykogen, Enzymen der Glykolyse, ATP (5-6 $\mu\text{mol/g}$), Kreatinphosphat (12-25 $\mu\text{mol/g}$) und Elektrolyten, wobei besonders in aktiven Muskeln ein großer Anteil an Mitochondrien vorhanden ist. [MUTSCHLER et al 2007]

Die Energieversorgung des Muskels erfolgt primär über das dort vorhandene ATP, welches aber nur in geringen Mengen vorhanden ist. Deshalb muss im Muskel eine laufende ATP Regeneration stattfinden, um den Bestand auch bei höheren Leistungsanforderungen konstant halten zu können. [SILBERNAGL 2003]

ATP- Regenerierung erfolgt durch die Spaltung von Kreatinphosphat, anaerobe Glykolyse und die aerobe Oxidation von Glucose und Fettsäuren. Durch die Kreatinphosphatspaltung mit ADP entstehen Kreatin und wiederum ATP, welches dem Körper zu kurzzeitigen Höchstleistungen, wie zum Beispiel 100 m Lauf, verhilft. [SILBERNAGL 2003]

Die anaerobe Glykolyse setzt etwas später ein und wird bei leichter Arbeit ca. nach einer Minute auf den aeroben Glucose- und Fettabbau umgestellt. Im ersten Fall wird das Muskelglykogen zu Glucose-6-Phosphat und weiter zu Lactat in Leber und Herz abgebaut. Bei höheren Belastungen läuft die anaerobe Glykolyse parallel zur aeroben Glykolyse und Lipolyse. [SILBERNAGL 2003]

Bei der anaeroben Glykolyse werden 2 ATP pro abgebautem Glucosemolekül zur Energiegewinnung zur Verfügung gestellt, was den Körper zu längeren Höchstleistungen von ca. 20 bis 40 Minuten befähigt. Am effektivsten ist aber der aerobe Glucoseabbau (Endprodukt Pyruvat) über den Citratzyklus, welcher pro abgebauter Glucoseeinheit maximal 36-38 ATP liefert (praktische Maximalausbeute 33 ATP). Durch aerobe ATP-Regenerierung aus Glucose und Fetten ist der Körper im Stande, Dauerleistungen bis zu Stunden zu erbringen. [EHLLENZ et al 2003; HABER 2004; LÖFFLER et al 2007]

4.4.1 Zitratzyklus

Primär dient der Zitratzyklus dem vollkommenen Abbau der Metaboliten zur Energiegewinnung in Verbindung mit der Atmungskette. Das im Kohlenhydrat-, Protein- und Lipidstoffwechsel entstehende Acetyl-Co-A (aktivierte Essigsäure) wird oxidiert und decarboxyliert und es entstehen dabei 2 Moleküle CO_2 und 8 H^+ Atome die für die Redoxreaktionen der Atmungskette zur Verfügung gestellt werden. Dabei entsteht im Zitratzyklus eine Energieausbeute von maximal 12 ATP pro Molekül Acetyl-Co-A. [LÖFFLER et al 2007]

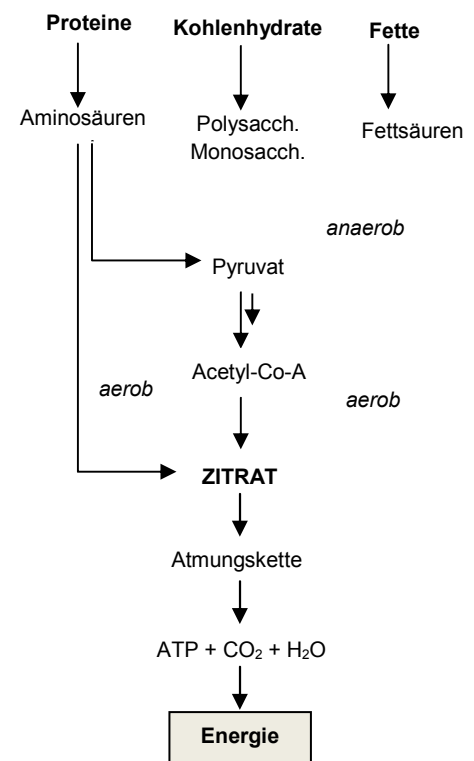


Abb1.: Schema der Energiegewinnung
[NEUMANN et al 2005]

Außerdem bildet der Zitratzyklus eine Schnittstelle des Stoffwechsels und führt neben den katabolen Vorgängen auch anabole Stoffwechselreaktionen durch. So kann aus dem Zwischenprodukt Oxalacetat Glucose neu aufgebaut werden, durch Transaminierung von Oxalacetat und 2-Oxoglutarat entstehen die Aminosäuren Aspartat und Glutamat und aus Citrat können Fettsäuren aufgebaut werden. [KARLSON et al 1994]

Reguliert wird der Zitratzyklus durch NADH und ATP, welche die Ausführung hemmen, und ADP und Kalzium, welche als Aktivatoren des Zitratzyklus gelten. [LÖFFLER et al 2007]

4.5 Muskularbeit

Damit der Skelettmuskel seine Kontraktionskraft auf das Knochengerüst übertragen kann, hat der Muskel zu zwei oder mehreren Knochenelementen direkten Kontakt. Dabei können Muskeln als Synergisten (Muskeln die übereinstimmend wirken) oder Antagonisten (Muskeln die konträr wirken) fungieren. [MUTSCHLER et al 2007]

4.5.1 Elektromechanische Kopplung

Die elektromechanische Kopplung umfasst alle Vorgänge von Erregung bis zur Kontraktionsauslösung. [MUTSCHLER et al 2007]

Jede Muskelkontraktion hat ihren Ursprung durch einen Impuls in den Nervenzellen der motorischen Großhirnrinden von wo aus er als elektrischer Impuls über Nervenfasern an das Rückenmark, weiteres auf die motorische Nervenzelle und schlussendlich zur motorischen Endplatte übertragen wird. An der motorischen Endplatte wird Acetylcholin ausgeschüttet und an die anliegende Muskelzelle übertragen, es kommt zur Depolarisation. [HABER 2004]

Bei der Depolarisation wird durch Acetylcholinfreisetzung das Ruhemembranpotential verringert und die Permeabilität für Kalium- und Natriumionen in der Zelle wird erhöht (Endplattenpotential). Dadurch werden Kalziumionen aus dem sarkoplasmatischen Retikulum ins Sarkoplasma freigesetzt und eine Bindung zwischen Myosin- und Aktinfilament (Aktomyosinbindung) kommt zustande. Durch eine Azetylcholinesterase wird das Azetylcholin wieder abgebaut und es kommt zur Repolarisation. [HABER 2004; MUTSCHLER et al 2007]

Dabei werden Kalium- und Natriumionen durch ATP-abhängige Membranpumpen zurück transportiert und das Ruhemembranpotential wird wieder hergestellt. Die Freisetzung von Kalziumionen wird gestoppt und das freie Kalzium wird durch eine Ionenpumpe wieder ins sarkoplasmatische Retikulum zurück gepumpt und die Bindung zwischen Aktin und Myosin ist nicht mehr möglich. [HABER 2004]

4.5.2 Muskelkontraktion

Die Muskelkontraktion beruht auf einer Faserverkürzung, dem sogenannten Filament-Gleit-Mechanismus von Aktin- und Myosinfilamenten mit Hilfe von ATP. Bei Kontakt von Myosin- und Aktinfilamenten wird durch eine Konformationsänderung des Kopf-Hals-Stückes ein „Kippen“ des Kopfes ermöglicht. Eine zentrale Rolle spielt dabei der Troponinkomplex, welcher aus den Regulatorproteinen Troponin und Tropomyosin besteht und am Aktinfilament angelagert sind. [SILBERNAGL 2003; MUTSCHLER et al 2007]

Bindet Kalzium an das Troponin, wird das Tropomyosin dabei auf die Seite gezogen und die aktiven Seiten werden freigelegt. Dabei wird durch Aktin die ATPase des Myosins aktiviert, und das an Myosin gebundene ATP wird gespalten. Dadurch können die Myosinquerbrücken mit den dünnen Filamenten in Wechselwirkung treten und unter Abgabe von Phosphat und ADP kommt es zur Kontraktion und es entsteht ein stabiler Aktomyosin-Komplex.

Tropomyosin verhindert im erschlafften Zustand und ohne Anwesenheit von Kalzium eine Kontraktion. [HOLLMANN und HETTINGER 2000; SILBERNAGL und DESPOPOULOS 2003; MUTSCHLER et al 2007]

Das heißt also, solange freie Kalziumionen und ATP im Sarkoplasma vorhanden sind, bleibt die Muskelzelle im kontrahierten Zustand. [HABER 2004]

4.5.3 Lösung der Muskelkontraktion

Die Lösung einer Muskelkontraktion kann nur durch erneute Bindung von ATP am Myosinkopf erfolgen. Bei der Repolarisation beginnt die Kalziumpumpe die freien Kalziumionen aus dem Sarkoplasma ins sarkoplasmatische Retikulum zurück zu pumpen. Sobald das Sarkoplasma frei von Kalziumionen ist, tritt die sogenannte „Weichmacherwirkung“ von ATP ein. ATP wird mit Hilfe von Magnesiumionen, welche der ATPase am Myosinkopf als Coenzym dienen, gebunden und der Aktomyosin-Komplex wird gelöst. Dieser Vorgang wird durch das Vorhandensein von freien Magnesiumionen begrenzt und auch bei erneuter Depolarisation unterbrochen, wo eine neue Kontraktion ausgelöst wird. [HOLLMANN und HETTINGER 2000; SILBERNAGL und DESPOPOULOS 2003; HABER 2004]

4.6 Muskelhypertrophie

Der Kraftzuwachs beim Krafttraining beruht stets auf einer neurogenen und myogenen Komponente. Bei der myogenen Adaption kommt es zum vermehrten Einbau von kontraktilem Protein bzw. Myofibrillen, was somit eine Vermehrung der Muskelmasse bewirkt. Dadurch wird eine Steigerung der Enzymaktivität bei der anaeroben Glykolyse, Glykogenolyse, der Oxidation von Kohlenhydraten und bei der Spaltung energiereicher Phosphate erreicht. [KIESER 2006]

Gesichert ist, dass Krafttraining eine effektive Methode zur Anregung der Muskelproteinsynthese und den damit verbundenen Muskelzuwachs darstellt, wobei die optimale tägliche Protein- und Gesamtenergiezufuhr weiterhin unklar ist. [PETRELLA et al 2009]

Muskelhypertrophie stellt ein Dickenwachstum der einzelnen Muskelfasern dar und kann durch ein spezielles Krafttraining erreicht werden, bei dem kurzzeitige Maximalleistungen mit einem großen Anteil an Haltearbeit (isometrische Kontraktion) erforderlich sind. Bei Einhaltung des speziellen Trainings kann der Muskelquerschnitt und –kraft innerhalb von 20 Wochen um 100 % gesteigert werden. [MUTSCHLER et al 2007]

5. Energiebedarf und Energieumsätze

Der Energiebedarf ist eine Kombination aus mehreren Komponenten wie Grundumsatz, nahrungsinduzierte Thermogenese und dem Bedarf für körperliche Aktivität. [BIESALSKIE et al 2004]

Die Maßeinheit für die Energie wird in Kilokalorien (kcal) bzw. Kilojoule (kJ) angegeben. Dabei entspricht 1kcal = 4,184 kJ. [HABER 2004]

5.1 Grundumsatz (basal metabolic rate)

Der für die Aufrechterhaltung der basalen Lebensvorgänge erforderliche Energieumsatz. Gemessen wird dieser an einem entspannt liegenden Menschen, 12 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme bei einer Umgebungstemperatur von 20-28 °C. [ELMADFA und LEITZMANN 2004; HABER 2007]

Der Grundumsatz kann mit folgender Formel errechnet werden:

$$GU = 1 \text{ kcal / kg KG / Stunde}$$

Da Frauen mehr Fettgewebe und einen niedrigeren Stoffwechselumsatz besitzen als Männer, ist deren Grundumsatz um 10 % verringert und wird bei Frauen folglich mit 0,9 kcal anstatt 1 kcal berechnet:

Beispiel 65 kg Frau:	$0,9 \times 65 \times 24 = 1404 \text{ kcal}$
Beispiel 75 kg Mann:	$1 \times 75 \times 24 = 1800 \text{ kcal}$

[ELMADFA und LEITZMANN 2004; HABER 2007]

Der Grundumsatz eines Menschen ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Dazu zählen Körpergröße und –Gewicht, Lebensalter und Geschlecht. Geregelt wird der Grundumsatz durch die Schilddrüsenhormone Triiodthyronin (T₃) und Thyroxin (T₄). [MUTSCHLER et al 2007]

In einer Studie wurden 30 Männer über zehn Wochen beobachtet und man stellte fest, dass generell kombiniertes Ausdauer- und Krafttraining 3 Mal die Woche, den Grundumsatz erhöht. Probanden, welche nur Ausdauersport betrieben, wiesen einen geringeren Anstieg des Grundumsatzes auf als jene die nur Kraftsport betrieben. [DOLEZAL et al 1998]

5.2 Ruheumsatz (resting metabolic rate)

Jener Energieumsatz eines bequem sitzenden, leicht bekleideten Menschen, der bei einer konstanten Umgebungstemperatur von 20 – 24 °C, 12 h nach der letzten Nahrungsaufnahme gemessen wird. Der Ruheumsatz ist ungefähr 6 – 10 % höher als der Grundumsatz, und dient ebenfalls der Versorgung der Organe mit Energie, Aufrechterhaltung der Homöostase (Herzarbeit, Blutdruck, Atmung, Leistung der Drüsen und glatte Muskulatur) und der Aktivierung des sympathischen Nervensystems. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Einflussgrößen des Ruheumsatzes sind wie beim Grundumsatz Alter, Körpergröße, Geschlecht, fettfreie Masse, Hormonstatus, genetische Faktoren, PAL und die somit benötigte Gesamtenergiebilanz. [STIEGLER et al 2006; SJOEDIN et al 1996]

Weiteres konnte man in einer Studie feststellen, dass Bewohner wärmerer Klimazonen niedrigere Grund- und Ruheumsätze als jene in kühleren Regionen besitzen. [FROEHLE 2008]

5.3 Leistungsumsatz

Der Leistungsumsatz gibt die erforderliche Nettoenergiemenge an, welche für bestimmte messbare Größen wie Wachstum, Erhaltung der Körpermasse, körperliche Arbeit, Schwangerschaft und Laktation benötigt wird und zum Grundumsatz zu addieren ist. [ELMADFA und LEITZMANN 2004; HABER 2004]

5.3.1 MET – metabolische Einheiten

Die quantitative Beschreibung des Leistungsumsatzes resultiert in METs (metabolischen Einheiten).

$\text{MET} = \frac{\text{O}_2\text{-Aufnahme unter Belastung}}{\text{Grundumsatz}}$ $= \frac{(\dot{V}\text{O}_2\text{Leist})}{\text{Sauerstoffverbrauch während der Leistung/GU}}$

Es erfolgt die Messung der Leistung über den Sauerstoffverbrauch, wobei 1 MET einem Sauerstoffverbrauch von ca. 3,5 ml/kg/KG/min bei Männern und 3,1 ml/kg/KG/min bei Frauen entspricht.¹ [McARDLE et al 2007]

Wird der Energieumsatz während körperlicher Aktivität als ein Vielfaches des Grundumsatzes angegeben, spricht man von MET, was den Vorteil hat, dass Körpermaße, Alter und Geschlecht schon berücksichtigt sind und der Schweregrad bestimmter Aktivitäten auch individuell dargelegt werden kann. [HABER 2004; McARDLE et al 2007]

Tätigkeit	Energieumsatz	
Schlafen	1 MET	70 kcal/h
Sitzen	1,1 MET	77 kcal/h
Sitzen zappelnd	1,5 MET	105 kcal/h
Stehen	1,2 MET	84 kcal/h
Gehen 2 km/h	2,2 MET	154 kcal/h
Gehen 3 km/h	2,6 MET	182 kcal/h
Gehen 4 km/h	3,1 MET	217 kcal/h
Gehen 5 km/h	3,6 MET	252 kcal/h
Treppensteigen	3,2 MET	224 kcal/h

Tabelle 5: Energieumsätze bei verschiedenen Tätigkeiten [HABER 2006]

Da sich der Leistungsumsatz auf regelmäßige Tätigkeiten bezieht, ist dieser in der Regel auch als konstant anzunehmen und erst bei Änderung des Berufsfeldes oder alltäglichen Gewohnheiten einer Modifikation unterzogen. [HABER 2004]

¹ Angaben beziehen sich auf schlanke Menschen im Alter von 25 – 30 Jahren

5.3.2 PAL – physical activity level

Eine andere Methode zur Bestimmung des Mehrbedarfs wäre die Berechnung mittels PAL.

PAL steht für „physical activity level“ und dient der Einbeziehung des benötigten Energiebedarfs für körperliche Aktivität in den Tagesenergiebedarf. Der PAL stellt ein Mehrfaches des Grundumsatzes dar und ist eine Körpermaßen unabhängige Beschreibung des Tagesumsatzes. [ELMADFA und LEITZMANN 2004; HABER 2009]

$$\text{PAL} = \text{Tagesumsatz} / \text{Grundumsatz}$$

[HABER 2009]

Bei sportlicher Aktivität oder andere körperlich fordernden Freizeitaktivitäten zu je 30 – 60 Minuten in einem Ausmaß von mindestens 4 mal die Woche kann man zusätzlich einen täglichen PAL von 0,3 addieren. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Arbeitsschwere und Freizeitverhalten	PAL	Beispiele
Ausschließend sitzend, liegend	1,2	Alte, gebrechliche Menschen
Ausschließend sitzend, wenig od. keine Freizeitaktivität	1,4 – 1,5	Büroangestellte, Feinmechaniker
Sitzende Tätigkeit, zeitweilig auch zusätzlicher Energieaufwand für gehende und stehende Tätigkeiten	1,6 – 1,7	Laboranten, Kraftfahrer, Studierende, Fließbandarbeiter
Überwiegend gehende und stehende Arbeit	1,8 – 1,9	Hausfrauen, Verkäufer, Handwerker, Kellner, Mechaniker
Körperlich anstrengende berufliche Arbeit	2,0 – 2,4	Bauarbeiter, Landwirte, Waldarbeiter, Bergarbeiter, Leistungssportler

Tabelle 6: Einstufung des Arbeits- und Freizeitverhalten mittels PAL-Werten [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

5.4 Trainingsumsatz

Gibt jenen Energieaufwand an, welcher bei körperlicher Betätigung während des Trainings benötigt wird, wohingegen sich der Leistungsumsatz auf alltägliche Bewegungen bezieht. Der Trainingsumsatz ist sehr variabel, da er bei jedem Sportler, jeder Sportart aber auch bei Sportlern, die dieselbe Sportart betreiben unterschiedlich sein kann. Da er sich auf sportliche Leistungen bezieht, ist er im Gegensatz zum Leistungsumsatz nicht unbedingt konstant. [HABER 2004]

Aufgrund der erwähnten Einflussfaktoren kann der Trainingsumsatz wie folgt berechnet werden:

$$\text{TRU} = \text{VO}_2\text{max} \times I_m \times 5 \times 60 \times \text{WTZ}/7 \text{ kcal/Tag}$$

- **VO₂max:** maximale O₂-Aufnahmefähigkeit in Liter pro Minute (mittels Spiroergometrie oder Ergometrie gemessen bzw. geschätzt)
- **I_m:** mittlere Trainingsintensität – Angabe als Fraktion von 1 (z.B.: 0,6 bzw. 60 %)
- **5:** Umrechnungsfaktor von l O₂ in kcal
- **60:** Umrechnungsfaktor des Kalorienbedarfs pro Minute auf eine Stunde
- **WTZ:** die gesamte Trainingszeit pro Woche
- **7:** Tage der Woche – Berechnung des durchschnittlichen täglichen TRU

[HABER 2004]

5.5 Arbeitsumsatz

Der Arbeitsumsatz gibt den benötigten Energieumsatz an, welcher bei definierter körperlichen Leistung benötigt wird. [MUTSCHLER et al 2007]

5.6 Tagesenergieumsatz und Energiebilanzen

Der tägliche Gesamtenergiebedarf kann aufgrund der genannten Berechnungsformeln der betreffenden Umsätze und von tabellarischen Angaben zum Energieaufwand für definierte physische Leistungen geschätzt werden. Dabei wird das Ziel eines konstanten Körpergewichts und BMI über längere Zeit verfolgt. [BIESALSKI et al 2004]

Der Tagesenergieumsatz bezieht sich auf die benötigte Energie pro 24 h, welcher sich aus Grundumsatz, Leistungsumsatz sowie nahrungsinduzierter Thermogenese zusammensetzt und bei Trainierenden wird zusätzlich noch der Trainingsumsatz addiert. [ELMADFA und LEITZMANN 2004; HABER 2004]

Eine Energiebilanz ergibt sich durch Aufnahme/Zufuhr und anschließendem Umsatz/Ausscheidung. Das Ergebnis der Differenz zwischen Aufnahme und Verbrauch ergibt die Bilanz. Die positive Bilanz erhält man, wenn die Aufnahme größer ist als der Verbrauch, was in weiterer Folge zur Gewichtszunahme führt. Die negative Bilanz entsteht bei geringerer Aufnahme als Umsatz und ist prinzipiell mit einer Gewichtsabnahme gekoppelt. Eine ausgeglichene Bilanz erreicht man, wenn Zufuhr und Verbrauch ident sind und sich somit daraus eine Null-Bilanz ergibt. [HABER 2004]

6. Sport und Ernährung

Der Status einer ausgewogenen Ernährung ist von hoher Bedeutung für den Menschen. Durch optimale Ernährung werden die Versorgung von Geweben mit Nährstoffen und somit die Reparaturmechanismen und Wachstumsfaktoren garantiert. Eine vielfältige Ernährung bildet somit die Grundlage für die leistungsfähige Ausübung von Sport und gewährleistet die Temperaturregulationen, Bereitstellung der bestimmten Nährstoffsubstrate für bestimmte Tätigkeiten während des Trainings, sportliche Belastbarkeit und körperliche Regeneration. Speziell im Leistungssport hat eine ausreichende und adäquate Ernährung einen hohen Stellenwert, da es durch Fehlernährung, sogar trotz richtigem Training, zum Leistungsabfall und Verfehlung der Trainingsziele kommen kann. [McARDLE et al 2007]

Eine Untersuchung von 7000 Männern und 2500 Frauen, dessen sportlicher Aktivitätsgrad in „geringe Fitness“, „moderate Fitness“ und „hohe Fitness“ eingeteilt wurde, ergab folgende Erkenntnisse:

- Sinkender BMI und steigender Tendenz des Fitnessgrades
- Geringere Cholesterinaufnahme und höhere Ballaststoffzufuhr mit Steigerung des Fitnesslevels
- Die Ernährungsweise Sporttreibender mit hohem Fitnesslevel entsprach am meisten der empfohlenen Zufuhr an Nährstoffen

[McARDLE et al 2007]

6.1 Makronährstoffe in der Ernährung

Die benötigte Energiezufuhr eines Sportlers ist von mehreren Faktoren abhängig wie zum Beispiel von Art und Dauer der Belastung oder vom Muskelgewebe, was speziell bei Kraftsportlern mehr ausgeprägt ist und somit den Energiebedarf erhöht. Der Leistungsumsatz ist entscheidend für die erforderliche Energiemenge, allerdings eine schwer festzusetzende Größe und von Intensität, Dauer und Häufigkeit des Trainings abhängig. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Wettkampf- und Trainingsphasen bedürfen oft sehr hohen Energieumsätzen, allerdings sind diesen auch Grenzen gesetzt, da eine Energieaufnahme von 7.000 bis 8.000 kcal/Tag auf Dauer nicht möglich ist und es zu körperlichen Komplikationen wie der Erschöpfung der Aufnahmekapazität des Magen-Darm-Traktes und Enzymatischer Spaltung der Nahrung kommen kann. Durch zu hohe Nahrungsaufnahme besteht auch die Möglichkeit einer Blockade der Zwerchfellatmung, was die adäquate Sauerstoffversorgung zur Oxidation der Nährstoffe unterbindet. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Eine entsprechende Gesamtenergiezufuhr ist von bedeutender Wichtigkeit, da nur so 100 %ige Leistungsfähigkeit erbracht werden kann. Die körperlichen Energiereserven durch Nahrungszufuhr sind für metabolische Prozesse, die nach dem Training ablaufen von hoher Bedeutung. Zu geringe Energiezufuhr kann Störungen des Knochengerüsts, Fruchtbarkeitsschäden, hormonelle und metabolische Störungen sowie Dysfunktionen im Immunsystem zur Folge haben, obwohl sich der Körper an Veränderungen und geringe Energiezufuhr sehr gut anpassen kann. [BURKE et al 2006; LOUKS 2007]

6.1.1 Kohlenhydrate

6.1.1.2 Definition und Aufgaben

Kohlenhydrate können in Form von Mono-, Di-, Oligo- und Polysacchariden vorkommen und der Komplexität ihres Aufbaus entsprechend werden sie schneller oder langsamer absorbiert, was vor allem bei sportlicher Belastung eine Rolle spielt. Spricht man von „Zucker“ bezieht sich das meistens auf Mono- und Disaccharide, „komplexe Kohlenhydrate“ stellen Verbindungen mit anderen Substanzen dar (z.B. Aminosäuren) welche langsamer absorbiert werden. Polysaccharide lassen sich unterdessen in Stärke und unverdauliche Ballaststoffe einteilen. [SUTER 2008]

Kohlenhydrate sind die Hauptenergielieferanten des Körpers, was zu gleich ihre Hauptfunktion beschreibt. Außerdem haben sie eine proteinsparende und antiketogene Wirkung. [SUTER 2008]

Zur Erfüllung maximaler Glykogenspeicher eignen sich idealerweise Kohlenhydrate in Form von Stärke wie zum Beispiel Kartoffeln, Getreide und Reis sowie Ballaststoff reiche Kohlenhydrate wie Früchte und Gemüse. [BIESALSKI et al 2004; McARDLE et al 2007]

6.1.1.3 Stoffwechsel

Mit der Nahrung nehmen wir Glukose meistens als Bestandteil von Stärke, Glykogen, Saccharose und Laktose auf und weniger als Monosaccharid selbst, wobei bis auf Monosaccharide alle Kohlenhydratverbindungen vor Aufnahme ins Blut durch bestimmte Stoffwechselwege abgebaut werden müssen. Nach der Verdauung im Intestinaltrakt werden die Nahrungskohlenhydrate zu Glukose und in kleineren Mengen zu Galaktose und Fruktose abgebaut und absorbiert. [HORN et al 2005; LÖFFLER et al 2008]

Grundsätzlich laufen beim Kohlenhydratstoffwechsel folgende Vorgänge ab:

1. Glykolyse (Glukoseabbau)
2. Pentosephosphatweg (Glukoseabbau)
3. Glukoneogenese (Glukoseaufbau)
4. Glykogenaufbau (Glukose wird gespeichert)

Die **Glykolyse** kann unter aeroben oder anaeroben Bedingungen ablaufen. Unter aeroben Verhältnissen wird Glukose vollständig zu Pyruvat, und im Zitratzyklus weiter zu CO₂ und H₂O abgebaut. Bei anaeroben Verhältnissen wird Pyruvat noch weiter zu Laktat (Milchsäure) abgebaut. [LÖFFLER et al 2008]

Weitere Produkte des **Glukoseabbaus** sind ATP und NADH/H⁺. ATP liefert dem Stoffwechsel Energie und NADH/H⁺ dient als Reduktionsäquivalent und kann in der Atmungskette weiteres ATP liefern. Das aus Pyruvat entstandene Acetyl-CoA steht der Energieerzeugung zur Verfügung und wird im Zuge des Citratzyklus und der Atmungskette vollkommen abgebaut. [HORN et al 2005]

Die aerobe Verstoffwechselung von Glukose ist energetisch ergiebiger und kann in allen Geweben mit Ausnahme von Erythrozyten und Nierenmark ablaufen. Organe wie Muskulatur, Niere und Herz sind während Nahrungskarenzen befähigt ihre Energieversorgung durch Ketonkörper zu decken (Ketogenese), für Nierenmark, Erythrozyten und Zentralnervensystem ist Glukose allerdings unentbehrlich. Deshalb muss immer ein bestimmtes Glukosekontingent im Körper vorhanden sein. [BIESALSKI et al 2004; ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Im **Pentosephosphatweg** wird Glukose direkt zu CO₂ oxidiert und decarboxyliert und es entstehen wichtige Reduktionsäquivalente (NADPH/H⁺) und Ribosen für die Biosynthese von Nucleinsäuren. Der Pentosephosphatweg ist ein alternativer Stoffwechselweg der Glukose. [HORN et al 2005; LÖFFLER et al 2008]

Der Glukose-Aufbau wird als **Glukoneogenese** bezeichnet, läuft größtenteils in der Leber ab und dient dem Körper dazu, den Blutglukosespiegel aufrecht zu halten. Hierzu werden Substrate wie Laktat, Aminosäuren und Glycerin zum Glukosemolekül umgebaut. Viele Reaktionen der Glukoneogenese entsprechen Umkehrreaktionen der Glykolyse. Leberzellen geben immer nur so viel Glukose ans Blut ab, wie für eine konstante Blutglukosekonzentration notwendig ist. [KARLSON et al 1994; HORN et al 2005; LÖFFLER et al 2008]

Der **Glykogenstoffwechsel** stellt die Speicherung von überschüssiger Glukose dar. Dabei wird Glukose durch Phosphorylierung zu Glucose-6-Phosphat, Glucose-1-Phosphat und IDP-Glucose schlussendlich zu Glykogen aufgebaut. Glykogenspeicher befinden sich in Leber und Muskel, wobei das Muskelglykogen nur vom Muskel selbst verwertet wird, und nur dann zum Einsatz kommt, wenn dieser arbeiten muss. Aus dem Muskelglykogen kann auch unter anaeroben Bedingungen sehr schnell Energie gewonnen werden. [ELMADFA und LEITZMANN 2004; HORN et al 2005]

Der **maximale Kohlenhydratvorrat** einer Person beläuft sich auf **415 g**. Dabei machen Leber- und Muskelglykogen jeweils 150 g und 250 g aus und die restlichen 15 g liegen in Form von extrazellulärer Glukose vor. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Primär versorgt der Körper seinen Energiebedarf mit Kohlenhydraten und speichert das Nahrungsfett bei zu hoher Energieaufnahme in Form von Fettdepots. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

6.1.1.4 Empfehlungen

Bei der Verdauung von 1 g Kohlenhydrat werden 4 kcal an Energie gewonnen.
[SUTER 2008]

Zur Berechnung des täglichen Kohlenhydratbedarfs summiert man den täglichen Eiweiß- und Fettbedarf und subtrahiert ihn von 100 (%).

• Leichte bis mittelschwere körperliche Betätigung, Normalpersonen	55 - 58 En%
• Ausdauersportler	58 - 60 En%
• Sportarten mit Kraft und Ausdauer	55 En%
• Kraftsport	45 En%
• Kraftsport mit forciertem Muskelaufbau	35 En%

Tabelle 7: empfohlene KH Zufuhr in En% am täglichen Gesamtenergiebedarf
[HABER 2004]

6.1.1.5 Stellenwert im Sport

Eine kohlenhydratarme Ernährung beeinträchtigt vor allem die Leistungsfähigkeit eines Sportlers, da der Glykogenspeicher während des Trainings auch unter empfohlener Nahrungsaufnahme an Kohlenhydraten, teilweise oder Ganz abgebaut wird. Muskelglykogen stellt insbesondere im anaeroben Trainingsbereich den Energieversorger der Muskeln dar. Dabei ist immer die Regelmäßigkeit zu betrachten, da vor allem während des Trainings eine adäquate Kohlenhydratversorgung von Bedeutung ist, was nicht nur zur optimalen Leistungsfähigkeit sondern auch zu guter psychischer Verfassung beiträgt. [McARDLE et al 2007]

Ergebnisse mehrerer klinischer Studien ergaben, dass Ernährungsweisen mit geringem Kohlenhydrat- und hohem Fettanteil sich nachteilig auf die Leistungsfähigkeit auswirken, allerdings kurzfristig gesehen zu schnellerem Gewichtsverlust führen und somit zu rascher Leistungsfähigkeit führen. Durch die geringere Kohlenhydratzufuhr spart der Körper an Glykogenreserven und erhöht die Fettsäureoxidation. [COOK und HAUB 2007]

Die Glykogensynthese ist von der Aufnahme der täglichen Kohlenhydratmenge abhängig, so empfiehlt sich für Sportler mit intensiven Belastungen eine Kohlenhydrataufnahme von 10 g pro kg Körpergewicht um Proteinvorräte zu sparen und einen optimalen Aufbau des Muskelglykogens zu gewährleisten. Eine Auffüllung der Glykogenreserven erfolgt nicht sofort nach dem Training, speziell die Typ 1 (slow) Muskelfasern benötigen mehr Zeit. Die aufgenommene Energiemenge sollte stets durch aktive Betätigung verbraucht werden. [McARDLE et al 2007]

Bei einer weiteren Untersuchung stellte man fest, dass es nicht nur bei Ausdauer- sondern auch bei Krafttraining zu Veränderungen im Immunsystem kommt. Durch den Einsatz von Kohlenhydraten vor, während oder nach dem Krafttraining konnte eine Senkung der Lymphozytenzahl verzeichnet werden. [CARLSON et al 2008]

6.1.2 Eiweiß

6.1.2.1 Definition und Aufgaben

Durch die Zufuhr von Nahrungseiweiß wird die Aufnahme von Aminosäuren gewährleistet, welche somit die Biosynthese von körpereigenem Protein ermöglichen. Die Aufgaben des Proteins liegen in der Synthese von Struktur- und Funktionsproteinen sowie dem Zell- und Gewebeaufbau. Dadurch nehmen sie im Immunsystem, im Muskelapparat, dem Hormonsystem und in diversen Transportsystemen eine entscheidende Position ein.

Weiteres werden dem Körper durch die Aufnahme von Eiweiß essentielle Mikronährstoffe wie Stickstoff und Schwefel zugeführt. [BIESALSKI et al 2004; MUTSCHLER et al 2007; HABER und KIEFER 2009]

6.1.2.2 Stoffwechsel

Proteine sind hochmolekulare Strukturen aus Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, welche nach saurer bzw. enzymatischer Hydrolyse zuerst in Polypeptide, und später in ihre Bausteine zerfallen, den Aminosäuren. Das ganze erfolgt mittels speziellen Enzymsystemen (proteolytische Enzyme). Aus der Aminogruppe wird dann der Harnstoff synthetisiert, welcher das Hauptabbauprodukt vom Protein darstellt. [KARLSON et al 1994; BIESALSKI et al 2004; HABER 2004]

Der Protein- und Aminosäurestoffwechsel läuft hauptsächlich in Leber und Niere ab, wobei die absorbierten Aminosäuren folgenden metabolischen Vorgängen unterliegen:

1. Bildung von Gewebeprotein
2. Katabole Reaktionen – Desaminierung und Oxidation zu CO_2 und H_2O unter Freisetzung von ATP oder nach dementsprechender Umwandlung Speicherung als Glykogen oder Fett. Das dabei entstandene NH_2 wird für die Harnstoffsynthese verwertet.
3. Synthese von stickstoffhaltigen Verbindungen wie Purinbasen, Kreatin, Adrenalin

Der Abbau von Aminosäuren ist sehr komplex, aber allgemein durchläuft jede Aminosäure im Intermediärstoffwechsel Reaktionen wie Desaminierungen, Transaminierungen, Decarboxylierungen und Harnstoffsynthese. [WESTPHAL et al 2003; ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Es gibt sogenannte glukogene Aminosäuren, aus welchen Glukosemoleküle aufgebaut werden können. Das sind jene Aminosäuren die zu einer C_4 -Dicarbonsäure des Citratzyklus oder zu Pyruvat abgebaut werden können. Dazu zählen alle Aminosäuren außer Leucin, Lysin und Teile des Kohlenstoffskeletts von Isoleucin, Phenylalanin, Tryptophan und Tyrosin. Dieser Vorgang ist besonders bei Nahrungskarenz und bei geringer Aufnahme von Kohlenhydraten von großer Bedeutung. Verglichen dazu entsteht beim Abbau von ketogenen Aminosäuren freies Acetat. [KARLSON et al 1994; LÖFFLER 2005]

Die aus Pflanzen stammenden Aminosäuren Cystein und Methionin sind von großer Bedeutung, da sie den Körper mit Schwefel versorgen. [KARLSON et al 1994]

Ist überschüssiges Protein vorhanden, wird dieses in Form von Energie verwertet und es kann durch die unzureichende Verdauung zu Fäulnisprozessen im Darm kommen. Darüber hinaus steigt Harnstoffausscheidung bei unverändertem Urinvolumen an, was bei längerfristiger Belastung der Nieren zu Schäden führen kann. [MUTSCHLER et al 2007]

6.1.2.3 Empfehlungen

Der Proteinbedarf wird durch die muskuläre Beanspruchung und deren Intensität (bezogen auf Tätigkeiten im Beruf und in der Freizeit) sowie vom Gesamtenergieumsatz beeinflusst. Aufgrund dessen werden dann die täglichen Energieprozent von Eiweiß am Tagesenergieumsatz bestimmt. Zu beachten ist, dass die Regelmäßigkeit einer bestimmten Tätigkeit von Bedeutung ist. [HABER und KIEFER 2009]

Tätigkeit	En% Eiweiß
• Geringe körperliche Beanspruchung	10 En%
• Ausdauersportler	12 En%
• höhere Beanspruchung (Fitnessstudio, Kampfsport)	15 En%
• mittlere muskuläre Beanspruchung (joggen, radfahren)	> 15 En%
• <i>Kraftsport</i>	20 %
• <i>Kraftsport mit forciertem Muskelaufbau</i>	25 %

Tabelle 8: empfohlene Eiweiß Zufuhr in En% [HABER 2004; HABER und KIEFER 2009]

Die tägliche Menge an Eiweiß in Gramm lässt sich mit folgender Rechnung bestimmen:

EW g/d =	$\frac{\text{TU (kcal)} \times \text{En \% EW}}{4,3}$
----------	---

4,3Kcal pro Gramm Protein

En % EWEnergieanteil Eiweiß am Tagesenergieumsatz

TUTagesenergieumsatz

[HABER 2004; HABER und KIEFER 2009]

Bei der Verbrennung von 1 g Eiweiß werden 4,3 kcal freigesetzt, wobei zu beachten ist, dass Verluste bei der Verdauung entstehen und tierisches und erhitztes Protein vom Körper besser verwertet werden können als pflanzliches und rohes Protein. Somit bleibt ein tatsächlicher Nettoenergiegewinn von 3 kcal/g Eiweiß, welcher sich vor allem aus der Berücksichtigung der nahrungsmittelinduzierten Thermogenese von ca. 25% ergibt. [HABER 2007]

Die Harnstoffsynthese ist energieabhängig, was wiederum die Möglichkeit der Rückrechnung auf die abgebaute Eiweißmenge bietet und somit für die benötigte Proteinaufnahme von Nutzen ist. Dabei entspricht 1 g Harnstoffstickstoff 7 g abgebautem Eiweiß und dies schlussendlich ca. 25 g Muskelsubstanz. [HABER 2004]

Mehrere Untersuchungen ergaben, dass bei einer maximalen Proteinsyntheserate nicht mehr als 0,2 bis 0,3 g Eiweiß pro kg/KG täglicher Eiweißzusatz zum optimalen Muskelaufbau nötig sind. Da bei einem Energieumsatz von 20 MJ (4762 kcal), einem Körpergewicht von 90 kg und einem Proteinanteil von 15 % bereits 2 g/kg KG aufgenommen werden, ist eine Supplementierung mit Eiweißkonzentraten nicht erforderlich. [BIESALKSKI et al 2004]

6.1.2.4 Stellenwert im Sport

Proteine sind essentiell für das Muskelgewebe, für die Aktin- und Myosinfilamente, und somit für den Muskelkontraktion und –aufbau. [SCHEK 2005]

Durch sportliche Belastung wird vermehrt das körperliche Protein belastet und durch die individuelle Bedarfsdeckung wird somit eine Verminderung des Proteinabbaus nach Langzeitbelastungen und eine beschleunigte Regeneration bewirkt. Außerdem wird dadurch die Muskulatur vor Überbelastung geschützt und der Glykogenaufbau beschleunigt, was wiederum eine bessere Leistungsfähigkeit beinhaltet. [BERNHARD 2006]

Eine wichtige Bedeutung von Proteinen im Sport nimmt die Energiebereitstellung bei aufgebrauchtem Glykogenvorrat ein. Das bezieht sich vor allem auf längere Ausdauerbelastungen und hochintensives Training. [McARDLE et al 2007]

Die Synthese von Struktur- und Funktionsproteinen aus Aminosäuren spielt speziell nach sportlicher Betätigung bei anaeroben Stoffwechselprozessen eine Rolle. Allerdings findet eine oxidative Proteinverwertung zur Deckung des Energiebedarfs erst statt, wenn nicht genügend Energie in Form von Fett und Kohlenhydraten vorhanden ist bzw. unter intensiven und langanhaltenden Belastungen sowie unter pathologischen Bedingungen, wie zum Beispiel der Erkrankung mit Diabetes Mellitus. [BIESALKSKI et al 2004; MUTSCHLER et al 2007]

6.1.3 Fett

6.1.3.1 Definition und Aufgaben

Fette oder auch Lipide sind heterogene Substanzen welche nur in organischen Lösungsmitteln löslich sind. Die wichtigsten Nahrungsfette stellen Triglyzeride, gesättigte und ungesättigte Fettsäuren, Sterole und Cholesterin dar. Ungesättigte Fettsäuren sind für den menschlichen Organismus essentiell, da aus ihnen die sogenannten Eicosanoide synthetisiert werden. [KARLSON et al 1994; SUTER 2008]

Die Funktion der Lipide betrifft die Bereitstellung und Speicherung von Energie, Aufbau von Zellmembranen, Träger fettlöslicher Vitamine, Geschmacksträger und sie dienen der Synthese von Signalmolekülen im Hormon- und Immunsystem. Die Hauptaufgabe von Fett ist hauptsächlich die Energiebedarfsdeckung in Notzeiten, bis auf Nervenzellen setzen alle Körperzellen Fett zur Energiebedarfsdeckung ein. [HORN et al 2005; LÖFFLER et al 2007; SUTER 2008]

6.1.3.2 Empfehlungen

Fett hat die höchste **Energiedichte** mit **9,5 kcal** pro Gramm und ist aus diesem Grund in Maßen zu verzehren. [HABER und KIEFER 2009]

- | | |
|--|-----------------|
| • Leichte bis mittelschwere körperliche Betätigung und alle Nichttrainierenden | ≤ 30 En% |
| • Kraftsport | 35 En% |
| • Kraftsport mit sehr hohem TU | 40 En% |

Tabelle 9: Empfehlungen des täglichen Fett-Bedarfs in En% bei unterschiedlicher Betätigung [HABER 2004]

$$\text{Fett g/d} = \frac{\text{TU (kcal)} \times \text{En\%}}{9,5 \text{ kcal}}$$

[HABER 2004]

Durch die Blutgerinnungshemmende und immunmodulierende Wirkung der n-3 Fettsäuren sollte auf die Anteile von gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren in der Nahrung geachtet werden und das n-3:n-6 Verhältnis 5:1 betragen. [ELMADFA und LEITZMANN 2004; DACH 2008]

6.1.3.3 Stoffwechsel

Die Hauptorgane des Fettmetabolismus bilden Leber, Duodenum und Jejunum, wobei die Emulgierung der Fette durch Gallensalze im Duodenum stattfindet. Dies ist notwendig, da die Lipasen nicht in lipophiler Umgebung arbeiten können. Durch die Zerlegung des Fettes entstehen Mizellen, welche eine gute Angriffsfläche für die Enzymatische Spaltung durch Lipasen bilden. Langkettigen Fettsäuren, Monoglyceride und Gallensalze werden zur Absorption in Mizellen gepackt, kurzkettige Fettsäuren, Phosphat und Cholin können durch die Wasserschicht der Mukosa durchdiffundieren. [BIESALSKI et al 2004; HORN et al 2005]

Da der Organismus nach der Nahrungsaufnahme ausreichend mit Nährstoffen wie Glukose und Proteinen versorgt ist, kann das Fett somit nach Aufnahme in die Darmzellen über das Lymphsystem direkt ins Fettgewebe zur Speicherung transportiert werden. [HORN et al 2005]

Dabei erfolgt der Transport von langkettigen Fettsäuren, Triacylglyceriden, Cholesterinestern und Phospholipiden mit Hilfe von Lipoproteinen und kurzkettige Fettsäuren können gebunden an Albumin im Pfortadersystem transportiert werden und gelangen entweder in die Leber, wo sie zu Triacylglyceriden verstoffwechselt werden oder stehen verschiedenen Geweben als Energiequelle zur Verfügung. [BIESALSKI et al 2004]

6.1.3.3.1 Lipolyse und Lipogenese

Die Lipolyse (Fettsäure-Abbau) kann nur unter aeroben Bedingungen stattfinden. Nach der Aktivierung durch das Coenzym A im Zytosol werden die Fettsäuren in den Mitochondrien mit Hilfe der β -Oxidation abgebaut. So decken zum Beispiel Herz, Leber und die Skelettmuskulatur 50 % ihres Energiebedarfs durch die Oxidation von Fettsäuren. [HORN et al 2005]

Die Lipogenese (Fettsäure-Biosynthese) findet im Zytoplasma der meisten Zellen statt. Hierbei wird überschüssiges Acetyl-CoA, welches hauptsächlich über die Glykolyse und in geringen Mengen über die Oxidation von Aminosäuren entsteht, zur Cholesterin- und Fettsäuresynthese genutzt. [HORN et al 2005]

6.1.3.3.2 Korrelation von Glucose- und Fettstoffwechsel

Werden dem Körper zu wenig Kohlenhydrate zugeführt, wird die Energiebedarfsdeckung von Kohlenhydraten auf Fett umgestellt. Besonders bei Nahrungskarenz ist dieser Prozess von Bedeutung, um für Zentralnervensystem, Nierenmark und Erythrozyten eine bestimmte Menge an Kohlenhydraten zu sparen. [BIESALSKI et al 2004; ELMADFA und LEITZMANN 2004]

In diesem Fall ist der Glykogenvorrat aufgebraucht und Fettsäuren werden in der Leber nicht mehr vollständig abgebaut und aus den C_2 -Körpern werden Ketonkörper zur Versorgung der Organe gebildet. [BIESALSKI et al 2004]

6.1.3.3.3 Bedeutung von Insulin, Glukagon und Laktat auf den Stoffwechsel während Belastung

Das Pankreaszellhormon Insulin und das Abbauprodukt Laktat behindern den Fettsäureumsatz. Dabei bewirkt Insulin eine vermehrte Glukoseaufnahme in die Muskelzellen wo es zum Glykogenaufbau kommt, was vor allem bei intensiven Kurzzeitbelastungen unter 30 Minuten der Fall ist, da der Insulinspiegel besonders hoch ist. [NEUMANN et al 2005]

Bei Belastungen ab 30 Minuten wird Insulin gesenkt und es kommt zur vermehrten Ausschüttung von Glukagon, welches den Fettsäureumsatz fördert. Ist im Blut eine hohe Laktatkonzentration vorhanden, wird die Freisetzung freier Fettsäuren aus den Zellen gehemmt. Bei Konzentrationen von > 7 mmol/l ist die Lipolyse stark eingeschränkt und es wird vorrangig Glykogen abgebaut (Betrifft speziell sehr intensives Training). [NEUMANN et al 2005]

6.1.3.4 Stellenwert

Da Nahrungsfette einen ungünstigeren Respiratorischen Quotienten haben als Kohlenhydrate sind sie nicht optimal zur Energiebedarfsdeckung geeignet, sondern eher als Energiereserve. Fette sind Träger essentieller Fettsäuren und fettlöslicher Vitamine, wodurch ihre Wichtigkeit im Sport dadurch nicht zu verkennen ist. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Das intra- und extrazelluläre Körperfett trägt zwischen 30 % und 80 % zur Energiebereitstellung bei körperlicher Belastung bei, abhängig vom körperlichen Ernährungs- und Fitnesszustand. In Ruhephasen deckt der Muskel seinen Energiebedarf zu 20 % durch die Oxidation freier Fettsäuren und bei sportlicher Betätigung erhöht sich diese auf 35 %. Nach Aufbrauchen des Glykogenvorrates trägt die Fettsäureoxidation 80 % zur Energiebedarfsdeckung bei. [ELMADFA und LEITZMANN; McARDLE et al 2007]

Besonders bei lang andauernden Belastungen von einer Stunde oder länger wechselt der Körper vermehrt auf die Energiegewinnung aus freien Fettsäuren, um so die Glykogenvorräte zu sparen. [McARDLE et al 2007]

7. Quantitative Aspekte der Nahrungsaufnahme – Soll u. Ist Vergleiche

7.1 Breitensport

Generell kann man über Breitensportler (3 – 4 Stunden Sport in der Woche) sagen, dass sie sich ähnlich ernähren wie der Durchschnitt der Bevölkerung. Durch ihr Bewusstsein für Sport haben sie meistens ein höheres Gesundheitsbewusstsein für die Ernährung. Dementsprechend werden die Nährstoffempfehlungen größtenteils erreicht, wobei man die Fettzufuhr zugunsten der Kohlenhydratzufuhr erniedrigen könnte. Durch die sportliche Betätigung schneiden Breitensportler bezüglich der täglichen Gesamtenergiezufuhr allerdings besser ab als ein Durchschnitts-Bürger mit vorwiegend sitzender Tätigkeit. Allerdings ist dazu anzumerken dass die Erhebung der Energiezufuhr mittels Fragebogen und Ernährungsprotokollen meist mit einem Underreporting einhergeht. [SCHEK 2005]

7.2 Leistungssport

In zwei Studien (1989, 2002) untersuchte man Sportler mit täglich intensivem Training von mehr als einer Stunde und stellte dabei fest, dass mit Ausnahme der Ausdauersportler meistens eine zu geringe Kohlenhydrat- und Gesamtenergieaufnahme herrschte. Bei Kraftsportlern war eine deutlich geringere Zufuhr an Kohlenhydraten und dafür eine erhöhte Zufuhr an Proteinen verzeichnet worden. Durch die meist zu geringe Gesamtenergiezufuhr waren auch teilweise Mikronährstoffe in zu geringem Verhältnis aufgenommen worden. Bei Ausdauersportlern stellte man eine Unterversorgung an Vitamin E, Calcium, Magnesium, Zink und Eisen (v.a. bei Frauen) fest. [VAN ERPBAART et al 1989; SUNDGOT-BORGEN und LARSEN 1993; MANZ 2000; OSTERKAMP-BAERENS und POGAN 2002; OSTERKAMP-BAERENS und SCHREY 2003]

Die am häufigsten entstehenden Probleme bei Triathleten sind Dehydratation, Entleerung der Glykogenvorräte, Hyperthermie und Hyponatriämie. Um dies zu vermeiden, sollte die Radstrecke dazu genutzt werden Kohlenhydratlösungen (5-8% ca. 60-70 g/h) und viel Flüssigkeit (30-50 mmol Natrium/L) aufzunehmen.

Der Verlust von mehr als 1 % Körpergewicht sollte vermieden werden und Probleme im Gastrointestinal Trakt können auftreten, was auf die lange Distanz und die hohe Zufuhr an KH, Ballaststoffen, Fett, Protein und hyperosmotische Getränke zurückzuführen ist. [JEUKENDRUP et al 2005; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

7.3 Hochleistungssport

Hochleistungsportler (z.B.: Ultra-Triathlon-Meisterschaften, Race Across America) weisen extreme Ausnahmen im Verhältnis der energieliefernden Nährstoffe auf. Die Fettaufnahme liegt oft nur bei 10 %, obwohl durch die lang andauernde Belastung die Energieversorgung hauptsächlich durch Fettsäureoxidation gedeckt wird.

Kohlenhydrat- und Proteinzufuhr liegen meist über 100 % der Empfehlungen (tägliche Aufnahme von 8.000 kcal) und werden vorwiegend durch Flüssignahrung zugeführt (bis zu 15 Liter täglich). [SCHEK 2005]

Bei einer kanadischen Studie wurden ca. 300 Hochleistungssportler (davon 2/3 Frauen) auf ihre Ernährungsgewohnheiten mittels dreitägigen Ernährungsprotokolls untersucht. Dabei ergab sich eine durchschnittliche Energieaufnahme von 2533 kcal/d +/- 843 kcal pro Tag, wobei Männer einen höheren Energieumsatz aufwiesen als Frauen. Beide Geschlechter zeigten eine zu geringe Kohlenhydrataufnahme auf, Fett und Eiweißzufuhr entsprach den Empfehlungen. [LUN et al 2009]

Eine Untersuchung von Extrem-Ausdauersportlern (Marathonläufern) ergab, dass diese generell eine zu geringe Energiezufuhr hatten, und mit diesem Aspekt auch eine zu geringe Versorgung mit pflanzlichen Ölen und antioxidativ wirkenden Vitaminen C, E und β -Carotin. [MACHEFER et al 2007]

8. Bedeutung der Ernährung im Leistungstraining

8.2 Kohlenhydrate

Die beste Kohlenhydratquelle für Sportler stellen Polysaccharide dar, weil sie eine geringere Osmolarität aufweisen, die Insulinausschüttung nicht so stark fördern und durch ihre langsamere Spaltung im Dünndarm regelmäßig Monosaccharide freigesetzt werden. Durch die kontinuierliche Abgabe von Monosacchariden wird außerdem ein optimaler Glykogenaufbau unterstützt und weniger Kohlenhydratanteil in Fett umgewandelt. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

8.2.1 Kohlenhydrataufnahme vor der Belastung

Die Nahrungsaufnahme vor einem Wettkampf oder einer Belastung ist immer von der Art und der Intensität der Belastung abhängig. 2 Stunden vor einer Ausdauerbelastung können aber leicht verdauliche Kohlenhydrate zur Sicherung aufgefüllter Glykogenspeicher aufgenommen werden. [NEUMANN et al 2005]

Schnellabsorbierbare Kohlenhydrate wie Traubenzucker, Saccharose oder Maltodextrine sollten nur unmittelbar vor einem Wettkampf aufgenommen werden (ca. 5 Minuten), da sie bei einer früheren Konsumation (ca. eine Stunde davor) eine Hypoglykämie bewirken können. Kurz vor der physischen Belastung stellt dies kein Problem dar, da es durch die Belastung zu einer vermehrten Catecholaminproduktion kommt und somit die Insulinausschüttung unterdrückt wird. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Im Wettkampf wird die Methode des „carbohydrate loading“ verwendet, bei der 7 Tage vor einem Wettkampf das Training täglich reduziert wird und gleichzeitig eine kohlenhydratreiche Kost zu verzehren ist, um eine optimale Füllung der Glykogenspeicher zu erreichen. [ELMADFA und LEITZMANN 2004, WIGAND und JUNG 2007]

Um dieses Ziel zu erreichen, sollten entweder isotone Getränke oder Speisen mit hohem glykämischen Index innerhalb von 5-6 Stunden nach der Belastung verzehrt werden, da in diesem Zeitraum die Glykogensynthese am höchsten ist. [ELMADFA und LEITZMANN 2004, WIGAND und JUNG 2007]

Dabei sollte die Kohlenhydrataufnahme von 6 g/kg Körpergewicht auf maximal 10g/kg KG pro Tag erhöht werden, da größere Mengen unnötig wären aufgrund der begrenzten Speicherkapazität. Direkt vor dem Wettkampf (2 - 3 Stunden) kann man dem Körper nochmal Kohlenhydrate in flüssiger Form zur Gewährleistung aufgefüllter Leberglykogenspeicher zuführen. [NEUMANN et al 2005]

8.2.2 Kohlenhydrataufnahme während der Belastung

Es sollte darauf geachtet werden, dass während der sportlichen Belastung keine Getränke mit mehr als 10 % Glucose oder Saccharosegehalt (passieren innerhalb von 5-7 Minuten das Blut) zugeführt werden, da diese eine hohe Osmolarität haben, und ein zu hoher Gehalt an Glucose den Geweben Wasser entziehen kann. Fruktose, Galaktose und unlösliche Stärke sind eher nicht zu empfehlen, da sie langsamer resorbiert werden. [ELMADFA und LEITZMANN 2004; NEUMANN et al 2005]

Nimmt man während der Ausdauerbelastung nur Wasser ohne Kohlenhydratzusatz auf, fördert das den Fettstoffwechsel, allerdings hat das den Nachteil dass es zum verfrühten Abbruch der Betätigung durch Glukosemangel kommen kann. Um die Leistungsfähigkeit während des Trainings optimal zu gestalten, und vor allem Glykogenreserven zu sparen, sollten statt Wasser isotone Getränke verwendet werden. [NEUMANN et al 2005; CAMPBELL et al 2008; HULSTON und JEUKENDRUP 2009]

Werden nach einer Belastung von 70 Minuten (vorzeitige Einnahmen vermindern den Fettstoffwechselanteil) 30 – 60 g Kohlenhydrate (max. Aufnahme pro Stunde) zugeführt, kann die Ausdauerleistungsfähigkeit deutlich erhöht werden. Die Leistungsfähigkeit kann aufrechterhalten werden und durchschnittlich erreicht man 20 % längere Ausdaueranhaltung. [NEUMANN et al 2005]

8.2.3 Kohlenhydratzufuhr nach der Belastung

Direkt nach einer Belastung ist die Aktivität der Glykogensynthetase am höchsten, weshalb man kurz nach dem Training schon wieder Kohlenhydrate zu sich nehmen sollte um so eine optimale Auffüllung der Glykogenspeicher zu gewährleisten und den Muskelabbau zu verhindern.

Einflussfaktoren sind dabei Menge, Art und Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme. Das verbrauchte Glykogen kann durchschnittlich 5 % pro Stunde bei einer KH-Zufuhr von 8-10 g pro kg KG wieder herstellen. [NEUMANN et al 2005]

Dazu eignet sich besonders gut die Kombination von Eiweiß und Kohlenhydraten, wodurch eine um 40 % effizientere Kohlenhydratspeicherung erfolgen kann als bei alleiniger Aufnahme Kohlenhydrathaltiger Kost. Der Grund dafür ist, dass durch die Kombination von Aminosäuren und Kohlenhydraten eine höhere Insulinproduktion bewirkt wird und somit einer vermehrte Aufnahme von Glucose in die Zellen. [VON LOEFFELHOLZ 2007]

8.2.4 Ausdauerleistungsfähigkeit und Kohlenhydratzufuhr

Ausdauersportarten wie Langstreckenlauf, Marathonradrennläufer, Skilanglauf, Freiwasser- oder Langstreckenschwimmer benötigen sehr stark ihre Glykogenreserven zur muskulären Energieversorgung. Durch die kontinuierliche Entleerung des Muskelglykogens wird die Belastung von Tag zu Tag anstrengender. [FRANCESCATO und PUNTEL 2006; McARDLE et al 2007]

Der Glykogenvorrat des Oberschenkels eines Langstreckenläufers ist nach einer täglichen Strecke von ca. 16 km am dritten Tag zur Gänze erschöpft, wobei die verwendete Energiemenge aus dem Muskelglykogen täglich abnimmt und mehr auf Fettoxidation umgestellt wird. Deshalb ist es bei so extremen körperlichen Belastungen von hoher Bedeutung, die Bereitstellung gefüllter Glykogenspeicher vor und die adäquate Energiezufuhr in Form von Kohlenhydraten (z.B. Maltodextrin) während der Belastung zu gewährleisten. [FRANCESCATO und PUNTEL 2006; McARDLE et al 2007]

Vor allem beim Ausdauersport hängt die Leistungsfähigkeit sehr stark von den Kohlenhydratreserven ab, was wiederum die erhöhten Kohlenhydratempfehlungen erklärt. Um Höchstleistungen erreichen zu können, muss das Muskelglykogen vor einer Belastung vollständig gefüllt sein.

Durch höhere Kohlenhydrataufnahme mit der Nahrung können die Glykogenspeicher im Muskel vergrößert werden, wobei maximal gefüllte Glykogenspeicher erst bei höheren und länger andauernden Belastungsintensitäten (80 Minuten) von Bedeutung sind. [ELMADFA und LEITZMANN 2004]

Bei einer 6 tägigen Studie, mussten die Probanden täglich 45 minütiges Radfahren absolvieren, wobei ab Tag 4 eine Gruppe kohlenhydrathaltig und die andere kohlenhydratarm ernährt wurde. Glykogengehalt vor dem Training, Blutglucose während dem Training und Blutglucose nach dem Training waren bei den Probanden mit kohlenhydratreicher Kost höher als bei der anderen Gruppe, was wieder verdeutlicht, wie wichtig Kohlenhydrate für die Leistungsfähigkeit sind. Wurde aber ausreichend Gesamtenergie zugeführt, konnten generell keine signifikanten Unterschiede bemerkt werden, auch nicht bezüglich Fettsäure-, Triglycerid- und Insulinkonzentration. [KAVOURAS et al 2004]

Es wird immer nur das Muskelglykogen der gerade beanspruchten Muskelpartie verwertet, jenes der nichtbelasteten Muskelgruppen bleibt unversehrt. Diese Begebenheit wird vor allem im Triathlon ausgenutzt, da es hier zu einer Beanspruchung dreierlei Muskelprogramme kommt. [NEUMANN et al 2005]

8.2.5 Kohlenhydrate im Kraftsport

Hartes und intensives Training bedeutet eine hohe Beanspruchung von Leber- und Muskelglykogen (z.B.: Bodybuilding, starkes Hypertrophietraining). Da diese Belastungen anaerob ablaufen kann deshalb als Energiequelle kein Fett herangezogen werden, da es zur Verbrennung sehr viel Sauerstoff braucht. Aus diesem Grund greift der Körper auf die Kohlenhydratreserven zurück, da diese kurze Zeit auch ohne Sauerstoff umsetzbar sind. Somit sind die Glykogenspeicher nach Intervallartigem Training (betrifft z.B.: auch Kraftsatztraining) nach kurzer Dauer geleert, und stellen dadurch die wichtigste Energieform für den Erholungsprozess nach dem Training dar. [VON LOEFFELHOLZ 2007]

Da für einen Kraftsportler der Muskelaufbau sehr wichtig ist, sollte er innerhalb von 60 – 90 Minuten nach dem Training ausreichend Kohlenhydrate zu sich nehmen, da sich zu diesem Zeitpunkt der katabole Stoffwechsel in den anabolen Stoffwechsel ändert und es zu einem Abbau des Muskeleiweiß kommt, wenn nicht ausreichend Energie in Form von Kohlenhydraten zugeführt wurden. Dazu empfiehlt sich vor allem die Aufnahme schnell resorbierbarer Kohlenhydrate wie zum Beispiel Weißbrot, Fruchtsäfte und Malzbier, um die schnelle Auffüllung der Speicher zu gewährleisten und eine anhaltende Leistungsfähigkeit aufrechtzuerhalten. [VON LOEFELHOLZ 2007; NEUMANN 2009]

8.3 Eiweiß

8.3.1 Aminosäuren und verzweigtkettige Aminosäuren

Leucin, **Valin** und **Isoleucin** zählen zu den verzweigtkettigen Aminosäuren und werden bei länger andauernder intensiver Belastung vermehrt durch oxidative Vorgänge im Muskel abgebaut, was somit ihre Plasmakonzentrationen während der Aktivität sinken lässt. Durch Zufuhr der Aminosäuren während oder nach einer Belastung kann die Muskelproteinsynthese gefördert, Muskelabbau verringert und Ermüdung verzögert werden. [BIESALSKI et al 2004]

Da sie von der Leber nicht abgebaut werden können, haben diese den Vorteil, direkt zum Muskel zu gelangen und somit rasch zum Muskelaufbau zur Verfügung zu stehen. [VON LOEFFELHOLZ 2007]

Durch oxidative Verarbeitung von Aminosäuren während lang andauernder Belastung werden bis zu 10 % des Energiebedarfs gedeckt, wobei die Menge immer von der Dauer der Belastung abhängig ist. Somit werden bei einem Marathonlauf „nur“ 30 g und bei einem 100 km-Lauf 90 g Aminosäuren zersetzt. Desto mehr vom Aminosäurepool abgebaut wurde, umso länger dauert die Regeneration bis zur vollständigen Herstellung der Leistungsfähigkeit. [NEUMANN 1998]

Aminosäuren	Fleisch	Kuhmilch	Getreide
Verzweigte AS			
Valin	5-6	6-7	5-7
Leucin	7-9	10-11	7-10
Isoleucin	4-5	6-7	6-7
Andere AS			
Arginin	5-6	3-4	3-6
Tryptophan	< 2	1-2	< 1
Glutamin	3-4	6-8	30-35

Tabelle 10: Prozentanteil ausgewählter AS am Gesamtproteingehalt im Nahrungsprotein
[BIESALSKI et al 2004]

Sinkt die Konzentration an verzweigtkettigen Aminosäuren, begünstigt das den Transport von **Tryptophan** über die Blut-Hirn-Schranke und es wird mehr Serotonin freigesetzt, was der Grund für vermehrte Ermüdung bei Ausdauerbelastungen ist. [BIESALSKI et al 2004]

Außer den verzweigtkettigen Aminosäuren zählen auch die Aminosäuren Alanin, Glutamin, sowie Ornithin und Arginin als Präkursoren für die Glukoneogenese. **Arginin**, **Alanin** und **Ornithin** stimulieren Wachstumshormone, was somit eine Supplementierung im Kraftsport erklären würde, allerdings ist die Deckung des Bedarfs durch eine ausgewogen Ernährung gegeben und eine Supplementierung hinfällig. Arginin und Ornithin fördern außerdem die Zufuhr freier Fettsäuren in die Muskulatur, die Wiederherstellung zerstörter Muskelzellen und unterstützen das Immunsystem. [NEUMANN 1998; HABER 2004; BIESALSKI et al 2004; NEUMANN et al 2005]

Glutamin nimmt eine Regulatorfunktion in der Muskelproteinbilanz ein. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass bei Untersuchungen ein Zusammenhang zwischen Glutamingehalt des Muskels und der Proteinsyntheserate festgestellt wurde.

Auch die Plasmakonzentration an Glutamin sinkt bei längeren Belastungen und geht mit einem Leistungsabfall und erhöhter Infektanfälligkeit einher. [BIESALSKI et al 2004]

8.3.2 Einfluss auf Proteinbedarf und Zufuhr

Die Proteinaufnahme steigt mit dem Energiebedarf und somit mit einer Erhöhung der Belastung. Leistungssportler haben meist einen doppelt so hohen Proteinbedarf wie Untrainierte. Bei einem wöchentlichen Training von > 20 h pro Woche ist der Zusatz von Proteinhydrolysaten, Aminosäuren und zusätzlichem Protein quasi unumgänglich. [NEUMANN et al 2005]

Gründe dafür sind die Schonung des Proteinkatabolismus, raschere muskuläre Regeneration nach der Belastung, Förderung des Muskelaufbaus und Erhalt von Kraft- und Ausdauerfähigkeit sowie Schutz vor Energiemangel und Steigerung der Belastbarkeit. [NEUMANN et al 2005]

8.3.3 Bedarf bei unterschiedlicher Belastung

Bei Sportarten, die Einsatz von Kraft und/oder Schnelligkeit fordern sowie regelmäßiges Krafttraining, werden die Myofibrillen der Muskulatur verstärkt beansprucht und abgebaut. Deshalb ist unter solchen Belastungen eine positive Eiweißbilanz notwendig, um zum Beispiel eine Muskelhypertrophie zu erreichen. [HABER 2004]

Absolviert ein Sportler ein tägliches Training von 4 bis 9 Stunden, wird er meist ohne Eiweißhydrolysate nicht auskommen, da zum Beispiel Fleisch für die Protein- und Fettaufnahme zu schwer verdaulich wäre. Der Verzehr von Fleisch wäre dann nur an Nicht-Trainingstagen möglich. [NEUMANN et al 2005]

8.3.4 Proteinzufuhr im Ausdauersport

Die Proteinaufnahme sollte während Ausdauerbelastungen generell gemieden werden, um den Glykogenspeicher allerdings zu schonen, wird die Aufnahme von verzweigkettigen Aminosäuren empfohlen. [NEUMANN et al 2005]

Da aber während Nahrungskarenzen die Aminosäure Aufnahme im Darm erhöht ist und Proteine ähnlich leicht verdaubar sind wie Kohlenhydrate, können diese speziell bei Langzeitausdauerbelastungen einem Proteinkatabolismus entgegenwirken. [NEUMANN et al 2005]

Im Ausdauersport dient die Proteinaufnahme nach der Belastung vor allem der Regeneration der beanspruchten Muskelzellen. Deshalb ist die Eiweißzufuhr im Leistungssport so essenziell, um katabolen Vorgängen entgegenzuwirken. [NEUMANN et al 2005]

8.3.5 Proteinzufuhr im Kraftsport

Um einen Muskelaufbau zu erzielen, sind drei Faktoren entscheidend: Eiweiß, Muskeltraining und die Energiezufuhr. Das heißt, dass der Muskel unter Krafttraining mehr Stickstoff speichert (positive Stickstoffbilanz) und somit eine vermehrte Eiweißzufuhr benötigt wird. Auf eine ausreichende Energiezufuhr ist zu achten, da sonst zu wenig Energie für den Proteinmetabolismus vorhanden sein könnte. [VON LOEFFELHOLZ 2007]

Nach dem Training wird eine kombinierte Ernährung von Eiweiß und Kohlenhydraten empfohlen, wobei die Fettaufnahme gering sein sollte, um so die Magenentleerung und Nährstoffaufnahme nicht zu verzögern. [VON LOEFFELHOLZ 2007]

Die Qualität und Menge der Eiweißzufuhr spielen eine wichtige Rolle, da die Leber quasi als Filter fungiert und somit ein Übermaß an Aminosäuren abfängt. Deshalb ist Molkenprotein für Kraftsportler eine gute Eiweißquelle, da es hochwertig und reich an den verzweigtkettigen Aminosäuren ist und den Muskelaufbau fördert. Besonders gut eignen sich auch (*fettarme*) tierische Eiweißquellen (Fleisch, Fisch, Eier) oder Kombinationen ausgewählter pflanzlicher und tierischer Proteine. [VON LOEFFELHOLZ 2007]

Auch im Kraftsport dient die Eiweißzufuhr nach der Belastung der Regeneration der Muskelzellen sowie deren Aufbau. [NEUMANN et al 2005]

8.4 Fett

8.4.1 Fettaufnahme vor der Belastung

Die Fettsäureaufnahme vor einer Belastung ist nicht nötig, da diese nur den Magen belasten würde und der Körper außerdem über ausreichende Reserven verfügt. [NEUMANN et al 2005]

8.4.2 Fettsäureaufnahme während der Belastung

Bei einer Belastung unter 3 Stunden ist die Aufnahme von Fettsäuren nicht nötig. Allerdings werden zum Beispiel bei Extrembelastungen wie Mehrfachlangtriathlon und tägliche Etappenläufe von 50 bis 100 km oftmals Fettsäuren zugeführt aufgrund ihres hohen Kaloriengehalts und ihrem geschmacklichen Vorteil, da bei dieser Art von Belastung die Bedarfsdeckung allein durch Kohlenhydrate zu wenig ist. [NEUMANN et al 2005]

8.4.3 Fettsäureaufnahme nach der Belastung

Die Fettaufnahme sollte erst 2 Stunden nach der Belastung erfolgen, davor werden Kohlenhydrate mit hohem glykämischen Index empfohlen, da diese die Regeneration der Glykogenspeicher garantieren. Deshalb befürwortet man die Aufnahme von Mischkost erst 2 h nach dem Training, da diese sehr Protein- und Fettreich ist. [NEUMANN et al 2005]

8.4.4 Bedeutung von Fett im Ausdauersport

Die Fettaufnahme sollte nicht über 30 % der Tagesenergie betragen, da eine zu hohe Fettzufuhr die Leistungsfähigkeit vor allem von Ausdauersportlern herabsetzen kann. Das lässt sich auf eine längere Verweilzeit des Fettes im Magen und eine negative Auswirkung auf den Kohlenhydratabbau zurückführen. [BIESALKSKI et al 2004]

8.4.5 Einfluss von Ausdauersport auf die Fettsäureoxidation

Durch regelmäßige moderate körperliche Bewegung wird die Fettsäure-Oxidation verbessert, speziell die der im aktiven Muskel befindenden Triacylglyceride. Vor allem bei Ausdauersport wird eine vermehrte Fettsäureoxidation stimuliert und der Gehalt an intramuskulärer Triacylglyceride ist nach einem 2 stündigem Ausdauertraining erhöht. Freie Fettsäuren stellen bei Langzeitbelastungen mit 70 % den Hauptenergielieferanten für die Energiegewinnung dar. [McARDLE et al 2007]

Dabei ist die Fettsäureoxidation von der Intensität und Dauer der Belastung, sowie der Art der ausgeübten Sportart abhängig (Läufer wiesen eine höhere Fettsäure Oxidation auf als Radfahrer). Die Fettsäureoxidation wird erhöht, wenn die Intensität von geringer zu moderater Bewegung erhöht wird und sinkt aber wieder bei sehr hoher Intensität, also im anaeroben Bereich. Bei trainierten Personen liegt die beste Fettsäureoxidation bei einer Intensität von 59 % – 64 % bei maximaler O₂ Aufnahme und bei Normalpersonen zwischen 47 % und 52 %. [ACHTEN und JEUKENDRUP 2004]

Die optimale Energiebedarfsdeckung durch die Oxidation freier Fettsäuren ist nur bei voll funktionsfähigem Kohlenhydratstoffwechsel gewährleistet. Ist der Kohlenhydratstoffwechsel behindert, findet auch eine unvollständige Fettsäureoxidation statt und es werden Ketonkörper gebildet. Grundvoraussetzung für einen optimalen Fett-Stoffwechsel sind langandauernde Belastungen (> 30 min) und eine Laktatbildung unter 2 mmol/l Blut. Ab einer Konzentration von 4 mmol/l Blut werden Kohlenhydrate und Fettsäuren nur mehr zur Hälfte abgebaut. [NEUMANN et al 2005]

Diese trainingsinduzierten Stoffwechselabläufe beruhen auf einer verbesserten Fettsäuremobilisation aus dem Fettgewebe durch erhöhte Lipolyse, Proliferation der Muskelkapillaren, verbesserter Transport freier Fettsäuren durch die Membran der Muskelfasern und in der Muskelzelle selbst, Erhöhung der Mitochondrienzahl und Anzahl der am Fettstoffwechsel beteiligten Enzyme. [McARDLE et al 2007]

Ausdauersportler haben den Vorteil, besser ihre submaximale Leistungsfähigkeit ausschöpfen zu können, bevor es zum Erschöpfungszustand durch den aufgebrauchten Muskelglykogenvorrat kommt. Der Grund dafür ist der verbesserte Fettsäureabbau, durch den nicht nur Glykogenspeicher sondern auch der Proteinabbau geschont wird. [NEUMANN et al 2005; McARDLE et al 2007]

8.4.6 Bedeutung von Fett im Kraftsport

Fett ist im Kraftsport zu reduzieren. Bodybuilder führen meistens eine getrennte Aufbau- und Diätphase durch, bei der vor allem drauf zu achten ist, dass die Gesamtenergiezufuhr negativ sein sollte bei gleichzeitiger Erhöhung der Proteinzufuhr, um so einen Fettabbau zu garantieren. [VON LOEFFELHOLZ 2007]

8.5 Gesamtenergie und Energieanteile

Der Energiebedarf ist abhängig von der ausgesetzten Belastungsintensität. Bei einem durchschnittlichen Wochentraining von 2 – 6 Stunden ist keine Ernährungsumstellung oder erhöhte Energiezufuhr notwendig. [NEUMANN et al 2005]

8.5.1 Bedarf bei unterschiedlicher Belastung

Der Energiebedarf des Sportlers wird über die benötigte Menge an Sauerstoff berechnet. Der höchste Energiebedarf wurde bei einem Hochleistungsradfahrer der Tour de France ermittelt, der durchschnittlich 6.500 kcal pro Tag zu sich nahm. Verglichen dazu verbraucht ein Marathonläufer in 130 Minuten ca. 3.000 kcal und ein Topläufer 1.300 kcal pro Stunde. Im Breiten- und Fitnesssport beträgt der durchschnittliche Energieverbrauch zw. 500 und 700 kcal/h und im Hochleistungssport ca. 700 – 1.000 kcal pro Stunde, je nach Sportart. [NEUMANN et al 2005]

Sportart bzw. Tätigkeit	Energieumsatz (MJ/d)	
	Minimum	Maximum
Körperliche Ruhe	7,1	9,2
Schnellkraftsport		
Kurzstreckenlauf	12,6	18,8
Gymnastik	14,6	18,8
Radsport (Bahnfahrer)	16,7	23,0
Skispringen	16,7	20,9
Kraftsport		
Gewichtheben*	12,6	25,1
Stoß und Wurf	18,8	25,1
Ausdauersport		
Langstreckenlauf	16,7	23,0
Radrennfahrer	16,7	33,5
6-Tage-Fahrt	20,9	37,7
Ballsportarten**	16,7	24,3
Kraftausdauersport		
Boxen	12,6	23,0
Rennrudern	18,8	29,3
Ski alpin	14,6	20,9
Judo	12,6	23,0

Tabelle 11: Energieverbrauch in verschiedenen Leistungssportdisziplinen bezogen auf 70 kg KG [NÖCKER 1987]

* abhängig von Gewichtsklasse

** Fußball, Volleyball, Basketball etc.

8.5.1.1 Energieanteile im Kraftsport

Kraftsportler haben eine etwas höhere tägliche Proteinzufuhr 25 % als Ausdauersportler, bei einer täglichen Kohlenhydrataufnahme von 50 % und Fett mit 25 %. [NEUMANN et al 2005]

8.5.1.2 Energieanteile im Ausdauersport

Die Energiezufuhr bei Ausdauersportlern besteht vor allem bis zu 60 % aus Kohlenhydraten, 25 % Fett und 15 % Protein. [NEUMANN et al 2005]

Eine Metaanalyse von Studien aus den Jahre 1989 – 2003 ergab, dass Ausdauersportler häufiger eine zu geringe Kohlenhydratzufuhr aufweisen, allerdings dafür mehr Fett und Proteine aufnehmen. Um die Leistungsfähigkeit nicht zu beeinträchtigen, sind negative Energiebilanzen zu vermeiden [NOGUAIRA und DA COSTA 2005]

Die häufigsten Gründe, warum Marathonläufer oder andere Ausdauersportler ihre Energiezufuhr reduzieren liegen entweder darin, dass sie einen gezielten Gewichtsverlust mit nachfolgender verbesserter Leistungsfähigkeit anstreben oder aber auch an krankheitsbedingten Essstörungen leiden bzw. ihr Körper ihnen zu geringes Hungergefühl bei entsprechender körperlicher Anstrengung vermittelt. [LOUKS 2007]

9. Risikogruppen für Energieaufnahme im Leistungssport

Im Leistungssport werden bei der Ausübung verschiedener Sportarten oft Ernährungsweisen verlangt, die von den Empfehlungen abweichen. Darüber hinaus wird durch die sportliche Betätigung ein Mehrbedarf an Energie verlangt, an dem man den Körper durch gezielte Ernährung anpassen muss. [NEUMANN et al 2005]

Beim Turnen, Ballett, Rhythmische Sportgymnastik und Eiskunstlauf sind die Ausübenden meist unterkalorisch ernährt und ergänzen ihre Ernährung durch Protein-, Mineralstoff- und Vitaminkonzentrate. Bodybuilder und Gewichtheber nehmen eine deutlich erhöhte Menge an Eiweiß (bis zu 3g/kg) zu sich, spezieller Fokus auf die Aminosäuren Arginin, Ornithin, Glutamin und Tryptophan zum Muskelaufbau. Darunter leidet vor allem die Kohlenhydrataufnahme.

Ausdauersportler (Radsport, Laufen, Schwimmen, Rudern, Kanu, Triathlon..) benötigen eine sehr hohe Energiezufuhr, da durch ihre vor allem aerobe Tätigkeit, vor allem die Glykogenspeicher gefordert werden. Sie haben neben einer verdoppelten Energiezufuhr auch eine erhöhte Proteinzufuhr und ergänzen diese Anforderungen meist durch zusätzliche Supplementation von Kohlenhydraten, Vitaminen und Mineralien.

Ringer, Judokämpfer und Boxer sind ständigem Wechsel von Energie- und Flüssigkeitszufuhr ausgesetzt. Innerhalb kurzer Zeit nehmen sie nach bestrittener Nahrungsrestriktion spezielle Mengen an Kohlenhydraten, Proteinen und Flüssigkeit zu sich. [LUKASKI 2004; NEUMANN et al 2005]

Bei Studien stellten Frauen unter den Sportlern meist jene Gruppe mit der geringeren Energieaufnahme dar und wiesen folglich Fruchtbarkeitsstörungen und zu geringen Gehalt an Knochenmineralien gefolgt von Stressfrakturen auf. [LOUCKS 2007]

10. Mikronährstoffe

10.1 Funktion und Übersicht

Die Mikronährstoffe dienen hauptsächlich als Regulatoren bei vielen Stoffwechselvorgängen im Körper. Dabei übernehmen die Mengenelemente größtenteils die Steuerung des Wasserhaushalts, der Reizübertragung und der Knochenmineralisierung. Spurenelemente hingegen fungieren meist als Cofaktoren von Enzymsystemen und spielen dadurch eine entscheidende Rolle beim Intermediärstoffwechsel der Hauptnährstoffe. [SPEICH et al 2001; SCHEK 2005]

10.2 Mineralstoffe und Spurenelemente im Leistungssport

Studienergebnisse belegen, dass der Verlust an Mikronährstoffen im Schweiß durch Sport bei Messung von 30 Minuten überbewertet wird, da die Verluste im Schweiß mit zunehmender Belastungsdauer nach ca. 60 Minuten einen konstanten Mindestwert erreichen. Ausnahmen bilden extrazelluläre Komponenten wie Natrium und Chlorid. [ECK 1993; SCHEK 2005]

Bei sportlicher Betätigung wird vermehrte Muskeltätigkeit gefordert, und dadurch auch mehr Elektrolyte verbraucht. Dazu zählen vor allem Kochsalz (NaCl), Kalium, Magnesium, Kalzium und das Spurenelement Eisen. Da **NaCl** generell in sehr hohen Mengen (15-30 g/d; norm: 5-7 g/d) aufgenommen wird, braucht dieses beim Sport nicht ersetzt werden. Bei Leistungssportlern die pro Tag allerdings mehrmals Trainieren (spezielle Ausdauersportler) und 3 oder mehr Liter Schweiß verlieren, wird eine Kochsalzaufnahme mittels Elektrolytgetränk, während und nach der Belastung empfohlen (isoton 0,6-1,2 g NaCl pro Liter H₂O). Der Bedarf von Leistungssportlern an NaCl steigt auf 8-12 g pro Tag an. [HABER 2004; SCHRAMM und PREDEL 2006; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Kalium ist für die Aufrechterhaltung der intrazellulären Osmolarität, des zellulären Wasserhaushaltes und für Erhaltung und Wiederherstellung von Membranpotenzialen verantwortlich. Weiteres ist es an der Blutdruckregulation, Nervenimpulsübertragung und Muskelkontraktion beteiligt und ein wichtiger Faktor im Kohlenhydrat-, Protein- und Fettstoffwechsel. Der Kaliumbedarf steigt mit der Kohlenhydrataufnahme und erhöht sich somit automatisch durch einen höheren Energieumsatz bei Trainierenden auf ca. 3-4 g pro Tag, da durch vermehrte Muskularbeit auch mehr Kalium ausgeschieden wird (vor allem nach Obstkonsum), wobei anzumerken ist, dass über den Schweiß lediglich 0,1-0,2 g/l ausgeschieden werden. [HABER 2004; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Magnesium ist ein entscheidender Faktor bei allen Enzymen die an Phosphatübertragungen beteiligt sind, also auch bei der Erstellung von ATP durch Phosphorylierung von ADP. Magnesium ist unentbehrlich für Energiebereitstellung und –Übertragung in der Muskelzelle sowie Muskelkontraktion und –Entspannung, Sauerstoffversorgung und Elektrolythaushalt. Durch stärkere Muskelbetätigung wird mehr ATP benötigt und somit steigt auch mit höherem Energieumsatz der Magnesiumbedarf an. Im Leistungssport ist ein Abfallen des Magnesiumspiegels im Blut unter 0,75 mmol/l zu vermeiden, da eine Unterversorgung sonst naheliegend ist, welche mit einer Störung der oxidativen Versorgung sowie einer Verringerung der submaximalen Kraft und Ausdauerfähigkeit einher gehen kann. Bei ausgewogener Ernährung sollte es zu keinem Magnesiummangel kommen, durch Ernährungsgewohnheiten von > 40 En% an Fett, zu stark ausgemahlenem Getreide und hoher Zuckerzufuhr kommt es aber auch vermehrt bei Sportlern zu Magnesiummangel. [LUKASKI 2004; HABER 2004; NIELSEN und LUKASKI 2006; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Auch mit dem Immunsystem (spezifische und unspezifische Abwehr) steht Magnesium in Verbindung. Bei Magnesium Mangel konnten Defizite in zellulärer und humoraler Abwehr festgestellt werden, was in weiterer Folge zu Entzündungen durch die verringerte Immunabwehr führen kann.

Weitere Untersuchungen speziell in Athleten werden benötigt, um die Auswirkungen von Training auf den Mg-Status zu konkretisieren. [LAIRES und MONTEIRO 2008]

Vor allem Athleten mit Sportarten die Gewichtskontrollen erfordern (Ringen, Gymnastik) sind offenbar besonders anfällig für unzureichende Magnesiumversorgung. Supplementation mit Magnesium bzw. erhöhte Zufuhr wirkt bei unterversorgten Personen leistungssteigernd, keine Anzeichen dafür gibt es allerdings bei Athleten mit ausreichendem Magnesiumstatus. [NIELSEN und LUKASKI 2006; BIELINSKI 2006]

Die wichtigsten Spurenelemente im Bezug auf körperliche Belastung stellen **Eisen, Kupfer, Zink, Selen, Chrom und Vanadium** dar.

Zink findet sich zu 90 % in Erythrozyten um somit zahlreichen Stoffwechselvorgängen zur Verfügung zu stehen. Durch seine Wirkung als Co-Enzym in Form von Cu-Zn Superoxide dismutase und Mn Superoxide-dismutase ist es bei der Abwehr von oxidativem Stress und freien Radikalen hilfreich und auch an Protein-, Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel beteiligt. Im Sport ist eine ausreichende Zinkaufnahme, welche problemlos bei ausgewogener Ernährung gewährleistet wird, von großer Bedeutung, da es durch seine antioxidative Wirkung das Immunsystem schützt und weiteres für die Proteinsynthese benötigt wird. [SPEICH et al 2001; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Eine Untersuchung von 30 Athleten im Alter von 16 – 22 Jahren ergab bei einer Zink Supplementation von 3 mg/kg/KG/d über vier Wochen eine Verbesserung der hämatologischen Parameter (Erythrozyten-, Leukozyten-, Thrombozytenzahl und Hämoglobinwert). [KILIC et al 2004]

Eine andere Studie, bei der 13 jährige Fußballspieler über 12 Wochen mit 22 mg Zink/Tag supplementiert wurden, bestätigte den antioxidativen Schutz von Zink, zeigte allerdings auch eine Beeinträchtigung des Kupfer und Eisen Status. [DE OLIVEIRA et al 2009]

Selen stellt ein essentielles Spurenelement mit antioxidativer Wirkung dar. Es ist Bestandteil von vier Glutathionperoxidasen und Vitamin E Synergist. Selen ist in Selenocystein (21. Aminosäure) enthalten, welches für die Reparatur von Protein- und Lipidperoxydationsprodukten notwendig ist und schützt das cardiovasculäre System und die Muskeln sowie den Organismus vor Allergien und inflammatorischen Erkrankungen. Leistungssportler haben einen erhöhten Bedarf von bis zu 30 % gegenüber Untrainierten (70-100 µg/d). [SPEICH et al 2001; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Chrom potenziert die Wirkung von Insulin und hat somit auch Einwirkung auf den Kohlenhydrat-, Protein- und Fettstoffwechsel. Durch Chrom wird die Glykogenspeicherung gefördert, was einen wichtigen Aspekt für den Leistungssport darstellt. Bei einer Unterversorgung kommt es zum Insulinanstieg und hypoglykämische Zustände und Glukosetoleranzstörungen können vorkommen. [ANDING et al 1997; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Kupfer hat auch eine antioxidative Wirkung und ist im Sport von Bedeutung, da es stark im Energiestoffwechsel involviert ist. Außerdem ist es für den Gewebeaufbau (speziell Bindegewebe und Sehnen), Blutbildung und das ZNS unentbehrlich. [SPEICH et al 2001; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Ergebnis einer Studie von Zink und Kupfersupplementation war, dass sich diese positiv auf die Abwehr von oxidativem Stress auswirkte. Umso länger die Belastungen anhielten, desto höher war zum Beispiel die Aktivität der Erythrozytenzink-Superoxiddismutase oder Metallothionein. Untersucht wurden 10 Triathleten, 12 Langstreckenläufer, 9 Kurzstreckenläufer, 13 Kurzstreckenschwimmer. [KOURY et al 2004]

Fluor ist bedeutend für die Beschaffenheit von Bindegewebe und Sehnen.
[SPEICH et al 2001]

Mineral	Tagesbedarf	
	<i>Untrainierte</i>	<i>Leistungssportler</i>
NaCl	8 g	15 g
Kalium	2,5 g	5 g
Kalzium	1 g	2 g
Phosphor	1,2 g	2,5 g
Magnesium	400 mg	600 mg
Eisen	18 mg	40 mg
Zink	15 mg	25 mg
Kupfer	2 mg	4 mg
Jod	0,15 mg	0,25 mg
Selen	70 µg	100 µg
Chrom	100 µg	200 µg

Tabelle 12: Täglicher Bedarf an Mineralien und Spurenelementen von Sportlern und Untrainierten [HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

10.3 Vitamine und ihre Bedeutung im Leistungssport

Generell wird der Mehrbedarf an Vitaminen im Sport durch die zunehmende Energie- und Nahrungsaufnahme bei ausgewogener Ernährung gedeckt. Leistungssportler, die eine Netto-Wochen-Trainingszeit von mehr als 10 Stunden absolvieren, wird aufgrund ihrer starken Beanspruchung die Einnahme von Vitaminpräparaten empfohlen, wobei die natürliche Aufnahme von Vitaminen über Nahrung den industriell produzierten vorzuziehen sind, da in der Nahrung auch zusätzlich sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe enthalten sind, welche eine positive antioxidative Wirkung haben. [HABER 2004; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Vitamine	Trainingszustand	
	<i>Untrainiert*</i>	<i>Leistungssportler**</i>
Vitamin A - Retinol	5.000 IE	13.000 IE
B-Carotin	3 mg	4,5 mg
Vitamin D (Calciferol)	10 µg	20 µg
Vitamin E (Tocopherol)	10 mg	50 mg
Vitamin K (Phyllochinon)	80 µg	150 µg
Vitamin B₁ (Thiamin)	1,5 mg	6-10 mg
Vitamin B₂ (Riboflavin)	1,8 mg	8 mg
Vitamin B₆ (Pyridoxin)	2,1 mg	6-10 mg
Niacin	20 mg	30-40 mg
Folsäure	300 µg	400 µg
Pantothensäure	ca.10 mg	20 mg
Vitamin B₁₂ (Cobalamin)	3 µg	6 µg
Vitamin C (Ascorbinsäure)	75 mg	300-500 mg
Biotin	0,1 mg	0,3 mg
Q10 (Ubichinon)	10 mg	30 mg

Tabelle 13: Vitaminbedarf von Untrainierten und Leistungssportlern [HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

* Empfehlungen der DGE im Jahr 2000

** höhere Vitaminaufnahmen sind bei Kraft- und Kraftausdauertraining sowie im Höhenttraining empfehlenswert.

Die Leistungsfähigkeit eines Sportlers ist nicht von hoch dosierten Vitaminaufnahmen abhängig oder steigerbar, sondern hängt mehr von „äußeren Faktoren“ wie dem oben erwähnten Trainingsumfang (Stunden/Woche), der derzeitigen Stresssituation, Magen-Darm-Aktivität und Erkrankungen und nachhaltigen Regenerationszustand sowie der Wachstumsphase ab. [HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Zu den kritischen Vitaminen im Leistungssport bezüglich ihrer Versorgung zählen die **Vitamine A, C, E** sowie **B₁, B₂ und B₆**. Vitamin A, C und E sind antioxidative Vitamine, welche bei vermehrter sportlicher Betätigung eine hohe Bedeutung haben, da speziell bei der Ausübung von Leistungssport der Körper sehr viel oxidativem Stress ausgesetzt ist. Effektive Energiegewinnung ist zum Beispiel besonders durch Vitamin E gegeben, Ausdauersportler haben unter anderem einen um den Faktor 10 erhöhten Vitamin E Bedarf. Retinol ist an der Wachstumsregulation beteiligt, also auch wichtig für die Proteinsynthese beim Muskelaufbau. Allerdings sollte die kontinuierliche Einnahme von zusätzlichem Vitamin A aufgrund seiner Toxizität nur auf maximal 4 Wochen beschränkt werden. [HABER 2004; SCHEK 2005; NEUBAUER et al 2008; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Eine Supplementation von **Vitamin C und E** ist bei Ausdauersportlern von Vorteil, wenn diese sehr langen und intensiven Belastungen (Extrembelastungen) ausgesetzt sind. Untersuchungen bei intensiven Belastungen mit zusätzlicher Supplementation an antioxidativen Vitaminen zeigten einige Vorteil wie z.B.: besserer Schutz vor oxidativem Stress und Schutz vor mitochondrialen Schäden der Myocyten im Darm durch Vitamin E und C. [MACHEFER et al 2007; ROSA EF et al 2009]

Bei der Untersuchung von 18 Athleten 3 Monate vor und nach der Supplementierung mit Vitamin C, E und β -Carotin, war bei der Placebogruppe erhöhter oxidativer Stress und schlussfolgernd eine Abnahme der antioxidativen Abwehrfunktionen verzeichnet worden (z.B.: GSH/GSSG ratio). In der Placebogruppe wurden außerdem geringere Eisen Plasmawerte als bei der Kontrollgruppe festgestellt. [AGUILO et al 2004]

Bei Sportlern, die keinen Mehrbedarf haben, bzw. keinen unterversorgten Status aufweisen, erwiesen sich zusätzliche Gaben weder als vorteilhaft noch als nachteilig. [YFANTI C. et al 2009]

Vitamin D (Calciferole) haben für den Sporttreibenden und besonders für den Leistungssportler eine wichtige Bedeutung da es für die Knochenmineralisierung und weiteres für die Kalziumregulation verantwortlich ist. Das betrifft speziell das wirksame Vitamin D₃, welches durch UV-Strahlen unter der Haut aus 7-Dihydrocholesterin gebildet wird. In der Niere wird dieses dann zu Calcitriol umgewandelt, welches den Kalziumbedarf reguliert. [HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Die Leistungsfähigkeit von Vitamin D unterversorgten Sportlern wird durch Gaben signifikant verbessert, allerdings kann dies auch durch ausgewogenen Ernährung und genügend Sonnenlicht erreicht werden. Durch die Entdeckung eines Vitamin D Rezeptors im Muskelgewebe bei verschiedenen Studien verstärkte sich die Annahme einer bedeutenden Funktion von Vitamin D im Skelettmuskel. Weiteres erhöht Vitamin D die Fast-switch, also die Typ 2 Muskelfasern (bedeutend für Schnellkraftsportarten) und beugt körperlichen Beschwerden vor. Viele Studien zeigten, dass eine gute Vitamin D Versorgung den Sportler vor akuten Entzündungen schützen kann, und speziell bei älteren Menschen mit einer guten Skelettmuskelmasse und guter körperlicher Kondition assoziiert wird. [CANNELL et al 2009; HAMILTON 2009]

Vitamin B₁ fungiert als Co-Enzym beim anaeroben und aeroben Kohlenhydratstoffwechsel und sein Bedarf steigt mit dem Energieumsatz (pro 1.000 kcal 0,5 mg Thiamin). Da Ausdauersportler einen hohen Energieumsatz haben empfiehlt sich in diesem Fall eine Supplementation. **Vitamin B₂** wird vor allem beim aeroben Energiestoffwechsel benötigt und auch hier wird der Bedarf mit dem Energieumsatz gesteigert. Eine unzureichende Deckung mit Riboflavin kann mit einem sekundären Mangel an Pantothensäure und Vitamin B₆ einhergehen. [BÄSSLER et al., 1992; HOTTENROTT und NEUMANN 2008; NEUMANN 2009]

Eine Studie, bei der Sportler vor der Anstrengung Thiaminpyrophosphat verabreicht wurde, hatten im Vergleich zu der Placebogruppe geringere Serumlaktatspiegel und eine höhere VO_2 max sowie eine niedrigere Herzfrequenz. [BAUTISTA-HERNANDEZ et al 2008]

Ein weiteres Augenmerk ist auf **Pyridoxin (Vitamin B₆)** zu werfen, da sein Bedarf vom Proteinumsatz abhängig ist. Dies trifft vor allem bei Bodybuilding oder starkem Gewichtheben zu, wo vermehrt proteinreiche Nahrung benötigt wird. Pyridoxin ist der so genannte Aminosäure-Transformator, ein wichtiges Co-Enzym beim Pyridoxalphosphat-Aminosäure-Stoffwechsel und für Organwachstum, Muskelaufbau und Muskelregeneration unentbehrlich. Ist es in unzureichender Menge bei Ausübung von Sport vorhanden, kann sich das in Form von Anämien und weiterer Folge beeinträchtigtem Sauerstofftransport äußern. Nicht selten sind auch neurologische Störungen und Immunschwächen. Bei Leistungssportlern mit hoher Belastung des Proteinstoffwechsels ist eine zusätzliche Aufnahme von Vitamin B₆ von Vorteil. Vitamin B₁₂ (Cobalamin) spielt im Sport speziell für Amino- und Fettsäureaufbau eine wichtige Rolle. [SCHEK 2005; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Für Zellaufbau und – Neubildung benötigt der Körper vor allem **Folsäure und Vitamin B₁₂ (Cobalamin)**. Folsäure ist unter anderem auch für Aminosäure- und Nucleinstoffwechsel verantwortlich. Bei Nahrungs-Folsäure besteht das Problem, dass diese nur zu 40% resorbiert wird und aufgrund des generellen Mehrbedarfs von Sportlern ist dieser der Gefahr einer Unterversorgung ausgesetzt. Bei einer Unterversorgung mit Folsäure, Cobalamin und Pyridoxin entsteht ein zu hoher Homocysteinspiegel, welcher einen Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen darstellt. [MANORE 2000; WOOLF und MANORE 2006; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Bei einem Mangel an B-Vitaminen ist der Körper nicht zu sportlichen Höchstleistungen fähig. [MANORE 2000; WOOLF und MANORE 2006]

Biotin fungiert als Coenzym bei Glukoneogenese und Fettsäuresynthese und kann bei Mangelzuständen zu Muskelschmerzen und Schläfrigkeit führen. [HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Niacin wird im Energiestoffwechsel in der Atmungskette zur Oxidation und Energiegewinnung sowie bei der Glykolyse und Synthese von Fettsäuren benötigt. Der Tagesbedarf wird bei ausgewogener Mischkost problemlos erreicht und im Sport sind keine Unterversorgungen bekannt. [HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Pantothensäure ist Bestandteil von Acetyl-Co-A (aktivierte Essigsäure) und Teil aller Aufbau- und Abbauvorgängen im Kohlenhydrat-, Fett- und Aminosäurestoffwechsel und die Bedarfsdeckung im Sport stellt bei ausgewogener Ernährung keine Probleme dar. [HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Coenzym Q₁₀ ist besonders wichtig für die Energiebildung bei der Muskelarbeit. In der Muskelzelle sind 95 % der Energiebereitstellung an Coenzym Q₁₀ gebunden. Neben der Unterstützung der Muskelleistungsfähigkeit hat es auch noch eine antioxidative Wirkung. Es ist speziell in Fisch, Eiern und Fleisch zu finden. [NEUMANN 2009]

Eine japanische Studie mit 18 männlichen Eliteathleten kam zu dem Ergebnis, dass seine Supplementation mit **Coenzym Q₁₀** während sportlicher Betätigung die Beschädigung von Muskelzellen reduziert und somit den Muskel vor Verletzung schützen kann. Dabei stellte man erhöhte Werte der Serum Kreatin Kinase Aktivität und Myoglobin sowie Lipidperoxid Konzentrationen fest, wobei diese Werte in der Q₁₀ supplementierten Gruppe niedriger waren. [KON et al 2008]

11. Vegetarismus im Leistungssport

Gut durchdachte vegetarische Ernährungspläne können durchaus einen positiven Effekt auf die Leistungsfähigkeit des Athleten ausüben. Wichtig ist eine ausreichende Gesamtproteinzufuhr, wobei es nicht relevant zu sein scheint, ob dieses aus tierischer oder pflanzlicher Quelle stammt. [BARR und RIDEOUT 2004]

Die vegetarisch lebenden Leistungssportler sind meist Ovolaktovegetarier und ergänzen ihre Defizite durch Supplementation der gewählten Nährstoffe. [NEUMANN 2009]

Vegetarische Kostformen sind durch ihre pflanzlichen Produkte und hohen Bestandteil an Hülsenfrüchten und Getreide reich an Kohlenhydraten, n-6-Fettsäuren, Ballaststoffen, Carotinoiden, Folsäure, Vitamin C, E und Magnesium was sich wiederum in einem guten Versorgungsstatus widerspiegelt. [KEY TJ et al 2006]

Durch die hohe Aufnahme an Obst und Gemüse haben sie einen besseren Versorgungsstatus mit den AO-wirkenden Vitaminen C, E, β -Carotin sowie mit sekundären Pflanzenstoffen, was sich gleichzeitig positiv auf den Abbau von oxidativen Stress, welcher bei vermehrter körperlicher Aktivität entsteht, auswirkt. Sportler, welche sich vegetarisch ernähren, speziell Ausdauersportler, haben dieselben Anforderungen an Kohlenhydraten (45-65%), Fett (20-35 %) und Protein (10-35 %). [ADA, DC 2003; VENDERLEY und CAMPBELL 2006]

Bei fleischloser Ernährung während sportlicher Betätigung zeigte sich keine Verschlechterung von Kurzzeitleistungen. Eine Proteinsenkung mit gleichzeitiger Kohlenhydraterhöhung konnte über 3-5 Tage im anaeroben Leistungsbereich (2-7 Min) sogar zu einer Leistungssteigerung führen. Die Proteinempfehlungen für Normalköstler und Vegetarier sind gleichwertig, es ergeben sich keine Unterschiede. [FOGELHOLM 2003]

Krafttraining scheint das Immunsystem mehr zu beeinflussen als Ausdauertraining, was somit die Infektanfälligkeit erhöhen kann, wobei eine fleischlose Ernährung keinen nachteiligen Effekt auf das Immunsystem haben dürfte. [FOGELHOLM 2003]

Eine geringere Aufnahme besteht bei Proteinen, gesättigten Fettsäuren, langkettigen n-3 Fettsäuren, Retinol, Vitamin B₁₂ und Zink. Besonders stark ist der Vitamin B₁₂- und Kalzium Status von Veganern gefährdet. [KEY TJ et al 2006]

Laut jüngster Stellungnahme der American Dietetic Association (ADA) besteht auch bei *kritischen* Nährstoffen wie Eiweiß, n-3 Fettsäuren, Eisen, Zink, Jod, Kalzium, Cholecalciferol und Vitamin B₁₂ kein Problem der Deckung der empfohlenen Tageszufuhr. Nahrungsergänzungsmittel und angereicherte Lebensmittel können aber zur sicheren Bereitstellung der Nährstoffversorgung von Vorteil sein. [CRAIG WJ et al 2009]

Vegetarier haben generell einen niedrigeren Muskel-Kreatin Bestandteil, was sich auf die Ausführung supramaximaler Kraftausübung auswirken kann. Da der Kreatin-Status erniedrigt ist, haben diese bei Supplementierung bzw. Zuführung einen anfänglich besseren, schnelleren Leistungsanstieg als Normalkostler. [BURKE et al 2003; BARR und RIDEOUT 2004; VENDERLEY und CAMPBELL 2006]

Einige Querschnittsstudien zeigten, dass Vegetarier generell durch einen niedrigeren BMI und geringes Plasmacholesterin gekennzeichnet sind und eher höhere Werte an Homocystein als Nicht Vegetarier aufweisen. Generell ist die vegetarische Ernährungsweise als positiv zu beurteilen, da durch sie ausreichende Nährstoffversorgung gegeben ist bei gezielter Speisenzusammenstellung. Der Versorgungsstatus und dessen gesundheitliche Auswirkungen der Veganer bedürfen allerdings noch mehrerer Untersuchungen. [KEY TJ et al 2006]

Positive Effekte zeigen sich auch bezüglich der Prävention von Krankheiten. Das Risiko einer Herz-Kreislauf-Erkrankung, Diabetes Mellitus, Bluthochdruck kann verringert und dem Auftreten von Osteoporose, Demenz, rheumatoider Arthritis und Krebs entgegengewirkt werden. [LEITZMANN 2005]

11.1 Kritische Nährstoffe

Kritische Nährstoffe für vegetarische Athleten stellen Zink, Vitamin B₁₂, Vitamin D und Calcium dar, da die Hauptquellen dieser Nährstoffe tierischer Herkunft sind. [VENDERLEY und CAMPBELL 2006]

Das im Fleisch enthaltene **Fe²⁺** bzw. tierische Eisen ist besser resorbierbar (bis zu 22 %) als das in pflanzlichen Produkten hauptsächlich enthaltene **Fe³⁺** mit einer Resorptionsrate von 3 – 8 %. 100 g Fleisch enthalten etwa 3 mg Eisen und 100 g Brot ca. 0,5 bis 2 mg Eisen. Leistungssportler haben einen trainingsbedingten Eisenverlust von ca. 2 mg pro Tag, welcher durch eine tägliche Eisenzufuhr von 20 mg kompensiert werden sollte. Speziell bei Ausdauersportarten wie Rudern, Radfahren oder Laufen wurden niedrigere Hämoglobinwerte gemessen, was wie schon erwähnt mit dem Zerplatzen der Erythrozyten an gewissen Druckstellen zusammenhängt. Das Plasmavolumen nimmt um 10-20 % ab bei gleichzeitiger Scheinabnahme des Hämoglobins um von 1-2 g/dl. Dadurch kommt es zu einer erhöhten Ausscheidung von Eisen und somit zu einem größeren Eisenumsatz. Das ist die sogenannte „Sportleranämie“. [KLEINMANN 1996; HABER 2004; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Vegetarische Sportler, speziell Frauen, sind der Gefahr von Anämien und Eiseninsuffizienz vermehrt ausgesetzt, was die Leistungsfähigkeit, speziell beim Ausdauertraining stark beeinträchtigen kann. [BARR und RIDEOUT 2004]

Eine Eisenunterversorgung geht mit einer Muskelschädigung einher und einem starken Leistungsabfall, unabhängig davon ob eine Anämie vorliegt oder nicht. [LUKASKI 2004]

Normalwerte im Leistungssport	Männer	Frauen
Hämatokrit (%)	46 (39-50)	41 (35-47)
Hämoglobin (g/dl)	15,5 (13,3-17)	13,7 (11,7-16)
Serumferritin (µg/l)	300-400	30-150

Sportleranämie

Hämatokrit (%)	< 40	< 35
Hämoglobin (g/dl)	< 13	< 12
Serumferritin (µg/l)	< 30	< 20

Tabelle 14: Blutwerte und Abweichungen durch Ausdauertraining [HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Weitere Gefahren stellen die Unterversorgung mit **Vitamin B₁₂ und Folsäure** dar, was besonders bei Ausdauersportlern (v.a. Langstreckenläufern) zu einem Leistungsabfall, perniziöser Anämie und Folsäuremangel führen kann. Cobalamin ist nur in tierischen Nahrungsmitteln vorhanden und muss deshalb bei vegetarischen Leistungssportlern unbedingt supplementiert werden. [KLEINMANN 1996; LUKASKI 2004; HOTTENROTT und NEUMANN 2008]

Kalzium findet man besonders in Milch und Milchprodukten, somit sind speziell Ovo-Vegetarier, die keine Milchprodukte zu sich nehmen, der Gefahr eines Kalziummangels ausgesetzt. Sie beziehen ihre Kalziumquelle rein aus dunkelgrünen Gemüsearten wie Broccoli und Spinat. [HABER 2004]

Vegetarier nehmen mehr Ballaststoffe auf, wodurch der Kalzium und Zinkbedarf erhöht wird, da durch eine vermehrte Ballaststoffaufnahme das Stuhlgewicht erhöht wird und somit auch die Kalzium und Zinkausscheidung. Zu beachten ist, dass die Kalziumabsorption im Darm (wie auch Eisen und Zink) durch Phytate, Oxalate, Fasern und Tannin behindert wird. [NEUMANN 2009]

Sehr intensives körperliches Training beeinflusst das Immunsystem. Verstärkt wird dieser Effekt durch inadäquate Zufuhr von Nährstoffen. Wichtig ist also eine ausreichende Aufnahme von Eisen, Zink, Vitamin A, E, B₆, B₁₂ für ein gut funktionierendes Immunsystem, obwohl hierbei auf eine Überdosierung zu achten ist, da diese wieder einen umgekehrten Effekt haben kann. Ein negativer Einfluss auf das Immunsystem wurde auch bei zu hoher Fettzufuhr verzeichnet, wobei sich eine Kohlenhydrataufnahme von 30-60 g/h bei Training als äußerst positiv erwies bezüglich der Senkung des Stresshormons Cortisol und bezüglich des Immunsystems. [GLEESON et al 2004]

Testosteron, Insulin und STH (Wachstumshormon) wirken anabol und im Gegenteil dazu wirken hohe Cortisolkonzentrationen katabol. [NEUMANN 2009]

11.2 Möglicher Speiseplan eines vegetarisch lebenden Kraftsportlers

Es werden tägliche Speisepläne eines vegetarisch lebenden und eines Fleisch- und Fischessenden Kraftsportlers verglichen, einmal mit und einmal ohne Nahrungsergänzungsmittel.

Speiseplanerstellung für einen Gewichtheber im Hochleistungssport mit 80 kg Körpergewicht. Die VO_{2max} beträgt 45 ml/kg/KG/min was umgerechnet 3,6 l/min ergibt. Der Sportler betreibt pro Woche ca. 1.000 min Krafttraining, was umgerechnet eine WNTZ von 17 Stunden ergibt. Das Training absolviert der Gewichtheber mit einer Intensität von 40 %.

Annahme für den Tagesumsatz (TU):

Schlafen	1 MET	80 kcal/h	8 h	640 kcal
Freizeit, andere Tätigkeiten	1,5 MET	120 kcal/h	16 h	1920 kcal
				<u>TU: 2560 kcal</u>

Berechnung Trainingsumsatz (TRU):

$$\text{TRU} = \text{VO}_{2\text{max}} \times I_m \times 5 \times 60 \times \text{WTZ}/7$$

$$\text{TRU: } 3,6 \text{ l} \times 0,4 \times 5 \times 60 \times 17/7 = \textbf{1049 kcal/d}$$

Korrektur für den Tagesumsatz (TU):

$$2560 \text{ kcal} \times 80/70 - 80 \times 17/7 + 1049 = \textbf{3780 kcal/d}$$

Der Gewichtheber hat also einen täglichen Energiebedarf von 3780 kcal. Die Zusammensetzung der täglichen Nahrung wird folglich angenommen: 25 % EW (945 kcal) , 40 % Fett (1512 kcal) , 35 % KH (1323 kcal).

[HABER und TOMASITS 2008]

11.2.1 Tagesspeiseplan eines vegetarischen Kraftsportlers

Ohne Supplementation	Mit Supplementation
<u>Frühstück</u> 200 ml Orangensaft + 200 ml Wasser 70 g Haferflocken 10 g Haselnüsse 300 ml Schafmilch 20 g getrocknete Aprikosen <u>Zwischenmahlzeit</u> 100 g Bananen 500 ml Buttermilch 50 g Sojaflocken 125 g Hühnereiweiß (ohne Dotter) <u>Mittag</u> 300 g Tofu 150 g Sojabohnen 5 g Knoblauch 1 g Olivenöl 100 g Reis 80 g Broccoli 400 ml Johannisbeersaft rot mit 400 ml Wasser <u>Zwischenmahlzeit</u> 114 g Snickers Schokoriegel (2 Stk) 50 g Studentenfutter <u>Abendessen</u> 150 g Nudeln (Ei), gekocht und abgetropft 150 ml Gemüsebrühe Knorr 20 g Zwiebel 5 g Knoblauch 1 g Olivenöl 30 g grüne Paprikaschoten 100 g reife Tomaten aus der Dose 150 g Feta (45 % F.i.T.) Kräuter, Gewürze 100 g Magertopfen 100 g Naturjoghurt (1%)	<u>Frühstück</u> 25 ml Supafit Muscle + X-Treme (inkospor Aminosäuren) 300 ml Orangensaft + 200 ml Wasser 70 g Haferflocken 20 g Cornflakes (Mais) 10 g Haselnüsse 250 ml Sahnejoghurt 20 g getrocknete Aprikosen <u>Zwischenmahlzeit</u> 100 g Bananen 50 g Erdbeeren 500 ml Vollmilch (Schärdinger) 3,5 % Fett 60 g Muscle Gainer X-Treme Schoko (inkospor) <u>Mittag</u> 200 g Hühnerei 200 g Tofu 150 g Sojabohnen 5 g Knoblauch 10 g Olivenöl 100 g Reis 80 g Broccoli 400 ml Johannisbeersaft rot mit 400 ml Wasser <u>Zwischenmahlzeit</u> 35 g X-Treme Protein Pack dunkle Schoko Riegel 30 g Studentenfutter 200 ml Marillensaft Pago mit 300 ml Wasser <u>Abendessen</u> 150 g Nudeln (Ei), gekocht, abgetropft 150 ml Gemüsebrühe Knorr 20 g Zwiebel, 5 g Knoblauch, 10 g Olivenöl 30 g grüne Paprikaschoten 100 g reife Tomaten aus der Dose 100 g Fetakäse (45 % F.i.T.) Kräuter, Gewürze

Tabelle 15: Tagesernährungsplan Kraftsportler mit und ohne Sportnahrungsergänzung - vegetarisch *

Die Tagesenergieaufnahme teilt sich bei dem Kraftsportler ohne Supplementation wie folgt auf: 1343 kcal an Kohlenhydraten, 1549 kcal an Fett und 918 kcal an Eiweiß. Für den vegetarischen Kraftsportler, der zusätzlich Sportnahrungsergänzung zu sich nahm errechnete sich folgendes: 1318 kcal Kohlenhydrate, 1551 kcal Fett und 964 kcal Eiweiß.

* Werte wurden aufgrund von Souci Fachmann und Kraut Lebensmitteltabelle berechnet

11.2.2 Zum Vergleich dazu ein möglicher Tagesplan eines Kraftsportlers mit Normalkost

Ohne Supplementation	Mit Supplementation
<u>Frühstück</u> 300 ml Orangensaft + 200 ml Wasser 200 g Weizenbrot Weißbrot 20 g Pflanzenmargarine 60 g Kochschinken (Schwein) 60 g Appenzeller Käse 20 % F.i.T. 70 g Avocado <u>Zwischenmahlzeit</u> 100 g Bananen 50 g Erdbeeren 500 ml Vollmilch (Schärdinger) 3,5 % Fett <u>Mittag</u> 200 g Truthahn 150 g Sojabohnen 5 g Knoblauch 10 g Olivenöl 100 g Reis 80 g Broccoli 400 ml Johannisbeersaft rot mit 400 ml Wasser <u>Zwischenmahlzeit</u> 100 g Hühneriweiß 200 ml Marillensaft Pago mit 300 ml Wasser 50 g Studentenfutter <u>Abendessen</u> 100 g Nudeln (Ei), gekocht, abgetropft 150 ml Gemüsebrühe 5 g Knoblauch 10 g Olivenöl 30 g grüne Paprikaschoten 50 g reife Tomaten aus der Dose 50 g grüne gekochte Erbsen 150 g Lachsfilet 50 ml Sahne mind 10 % Fett Kräuter, Gewürze Zitronensaft	<u>Frühstück</u> 25 ml Supafit Muscle + X-Treme (inkospor Aminosäuren) 300 ml Orangensaft + 200 ml Wasser 200 g Weizenbrot Weißbrot 20 g Pflanzenmargarine 40 g Kochschinken (Schwein) 40 g Edamer 40 % F.i.T. 70 g Avocado <u>Zwischenmahlzeit</u> 100 g Bananen 50 g Erdbeeren 500 ml Vollmilch (Schärdinger) 3,5 % Fett 60 g Muscle Gainer X-Treme Schoko (inkospor) <u>Mittag</u> 150 g Truthahn 150 g Sojabohnen 5 g Knoblauch 20 g Olivenöl 100 g Reis 80 g Broccoli 400 ml Johannisbeersaft rot mit 400 ml Wasser <u>Zwischenmahlzeit</u> 35 g X-Treme Protein Pack dunkle Schoko Riegel 200 ml Marillensaft Pago mit 300 ml Wasser <u>Abendessen</u> 100 g Nudeln (Ei), gekocht, abgetropft 150 ml Hühnerbrühe 20 g Zwiebel, 5 g Knoblauch 20 g Olivenöl 30 g grüne Paprikaschoten 100 g reife Tomaten aus der Dose 100 g Fetakäse (45 % F.i.T.) Kräuter, Gewürze

Tabelle 16: Tagesernährungsplan Kraftsportler mit und ohne Sportnahrungsergänzung – Normalkost *

Die Tagesenergieaufnahme teilt sich bei dem Kraftsportler ohne Supplementation wie folgt auf: 1318 kcal an Kohlenhydraten, 1537 kcal an Fett und 920 kcal an Eiweiß. Für den Kraftsportler, der zusätzlich Sportnahrungsergänzung zu sich nahm errechnete sich folgendes: 1315 kcal Kohlenhydrate, 1518 kcal Fett und 966 kcal Eiweiß.

* Werte wurden aufgrund von Souci Fachmann und Kraut Lebensmitteltabelle berechnet

11.3 Möglicher Speiseplan eines vegetarisch lebenden Ausdauersportlers

Es werden tägliche Speisepläne eines vegetarisch lebenden und eines Fleisch- und Fischessenden Ausdauersportlers verglichen, einmal mit und einmal ohne Nahrungsergänzungsmittel.

Speiseplanerstellung für einen Marathonläufer im Hochleistungssport mit 70 kg Körpergewicht. Die VO_{2max} beträgt 80 ml/kg/KG/min was umgerechnet 5,6 l/min ergibt. Der Sportler hat eine WNTZ von 15 Stunden Lauftraining, welches er in einer Intensität von 70 % absolviert.

Annahme für den Tagesumsatz (TU):

Schlafen	1 MET	70 kcal/h	8 h	560 kcal
Freizeit, andere	1,5 MET	105 kcal/h	16 h	1680 kcal
Tätigkeiten				

TU: **2240 kcal**

Berechnung Trainingsumsatz (TRU):

$$TRU = VO_{2max} \times I_m \times 5 \times 60 \times WTZ/7$$

$$TRU: 5,6 \text{ l} \times 0,7 \times 5 \times 60 \times 15/7 = \mathbf{2520 \text{ kcal/d}}$$

Korrektur für den Tagesumsatz (TU):

$$2240 \text{ kcal} \times 70/70 - 70 \times 15/7 + 2520 = \mathbf{4610 \text{ kcal/d}}$$

Der Marathonläufer hat also einen täglichen Energiebedarf von 4610 kcal. Die Zusammensetzung der täglichen Nahrung wird folglich angenommen: 12 % EW (553 kcal) , $\leq$ 30 % Fett (< 1383 kcal), 58 % KH (2674 kcal).

[HABER und TOMASITS 2008]

11.3.1 Tagesspeiseplan eines vegetarischen Ausdauersportlers

Ohne Supplementation	Mit Supplementation
<u>Frühstück</u> 150 g Weizenmischbrot (Roggen/Weizen) 20 g Pflanzenmargarine 40 g Edamer 40 % F.i.T. 70 g Avocado, 100 g Äpfel 100 g Birnen 500 ml Marillensaft + 300 ml Wasser <u>Zwischenmahlzeit</u> 200 g Bananen 100 g Erdbeeren 500 ml Vollmilch (Schärdinger) 3,5 % Fett <u>Mittag</u> 200 g Eier, 400 g Kartoffeln 100 g Zwiebel, 5 g Olivenöl (Tortilla) 50 g Limabohne 50 g Karotten 50 g Broccoli 300 ml Birnensaft + Wasser 2 Mars Riegel <u>Zwischenmahlzeit</u> 250 g Fruchtojoghurt vollfett 20 g getrocknete Aprikosen 20 g getrocknete Zwetschken 10 g Haselnüsse 10 g Macadamianuss 300 ml Honigmelonensaft + Wasser <u>Abendessen</u> 160 g Champignos 100 ml Gemüsebrühe Knorr 50 g Gewürzgurken/Essiggurken 50 g Kichererbsen 10 g Buchweizenvollkornmehl 8 g Sonnenblumenöl 100 g Tofu 200 g weißer Reis 300 ml Birnensaft + Wasser	<u>Frühstück</u> 100 g Weizenmischbrot (Roggen/Weizen) 20 g Pflanzenmargarine 50 g Nuss-Nougat-Creme 40 g Edamer 40 % F.i.T. 100 g Avocado, 80 g Äpfel 80 g Birnen 500 ml Marillensaft + 300 ml Wasser <u>Zwischenmahlzeit</u> 150 g Bananen 100 g Erdbeeren 250 ml Vollmilch (Schärdinger) 3,5 % Fett X-Treme Energy Bar Cocos Riegel <u>Mittag</u> 200 g Eier, 300 g Kartoffeln 100 g Zwiebel, 10 g Olivenöl (Tortilla) 50 g Limabohne 50 g Karotten, 50 g Broccoli 300 ml Birnensaft + Wasser 500 ml Carbo X-Treme <u>Zwischenmahlzeit</u> 150 g Fruchtojoghurt vollfett 10 g Haselnüsse 10 g Macadamianuss X-Treme Energy Gel 40 g Beutel mit 250 ml (icetea) X-Treme Power Flash 65 g Riegel - Schoko <u>Abendessen</u> 160 g Champignos 100 ml Gemüsebrühe Knorr 50 g Gewürzgurken/Essiggurken 50 g Kichererbsen 10 g Buchweizenvollkornmehl 10 g Sonnenblumenöl 100 g Tofu, 100 g weißer Reis X-treme Recovery 70 g in 500 ml Wasser

Tabelle 17: Tagesernährungsplan Ausdauersportler mit und ohne Sportnahrungsergänzung - vegetarisch *

Die Tagesenergieaufnahme teilt sich bei dem Ausdauersportler ohne Supplementation wie folgt auf: 2649 kcal an Kohlenhydraten, 1327 kcal an Fett und 542 kcal an Eiweiß. Für den vegetarischen Ausdauersportler, der zusätzlich Sportnahrungsergänzung zu sich nahm errechnete sich folgendes: 2698 kcal Kohlenhydrate, 1374 kcal Fett und 580 kcal Eiweiß.

* Werte wurden aufgrund von Souci Fachmann und Kraut Lebensmitteltabelle berechnet

11.3.2 Zum Vergleich dazu ein möglicher Tagesplan eines Ausdauersportler mit Normalkost

Ohne Supplementation	Mit Supplementation
<u>Frühstück</u> 100 g Weizenmischbrot (Roggen/Weizen) (Dattelaufstrich) 35 g getrocknete Datteln 50 g Zwiebel 50 g Schwarzwälder Schinken 50 g Creme Fraiche Dr. Oetker 5 g Olivenöl 200 g Bananen 50 g Erdbeeren 500 g Schokomilch Landleibe	<u>Frühstück</u> 100 g Weizenmischbrot (Roggen/Weizen) (Dattelaufstrich) 35 g getrocknete Datteln 50 g Zwiebel 50 g Schwarzwälder Schinken 50 g Creme Fraiche Dr. Oetker 5 g Olivenöl 100 g Bananen 50 g Erdbeeren 500 g Schokomilch Landleibe
<u>Zwischenmahlzeit</u> 500 ml Marillensaft + 300 ml Wasser 2 Mars Riegel	<u>Zwischenmahlzeit</u> X-Treme Energy Bar Cocos Riegel X-Treme Energy Gel 120 g Beutel mit 750 ml (icetea)
<u>Mittag</u> 5 g Rama 20 g Mehl Typ 405 250 ml Gemüsebrühe Knorr 100 ml Cremfine 100 g Lachsfilet 20 ml Zitronensaft, 5 g Olivenöl 15 g Senf 100 g Mais Bonduelle Dose 100 g grüne Erbsen 80 g Kartoffelkroketten 500 ml Marillensaft + 300 ml Wasser	<u>Mittag</u> 10 g Rama 20 g Mehl Typ 405 250 ml Gemüsebrühe Knorr 125 ml Cremfine 100 g Lachsfilet 20 ml Zitronensaft 5 g Olivenöl 15 g Senf 100 g Mais Bonduelle Dose 100 g grüne Erbsen 80 g Kartoffelkroketten 500 ml Marillensaft + 300 ml Wasser
<u>Zwischenmahlzeit</u> 300 ml Birnensaft + Wasser 30 g getrocknete Rosinen	<u>Zwischenmahlzeit</u> 500 ml Carbo X-Treme
<u>Abendessen</u> 50 g Sojasprossen Schuss Sojasauce 10 ml Cognac 5 g Knoblauch 60 g Avocado, <u>200 g weißer Reis</u> 100 g Hühnerbrust mit Haut 100 g Karotten 5 g Olivenöl, 10 g Essig 5 g Ahornsirup 150 g Landleibe Pudding Schoko 300 ml Honigmelone + 300 ml Wasser	<u>Abendessen</u> 50 g Sojasprossen Schuss Sojasauce 10 ml Cognac, 5 g Knoblauch 80 g Avocado 100 g Hühnerbrust mit Haut 100 g Karotten, 5 g Ahornsirup 10 g Olivenöl, 10 g Essig X-treme Recovery 70 g in 500 ml Wasser 150 g Landleibe Pudding Schoko <u>200 ml Honigmelone</u> + 300 ml Wasser

Tabelle 18: Tagesernährungsplan Ausdauersportler mit und ohne Sportnahrungsergänzung – Normalkost *

Die Tagesenergieaufnahme teilt sich bei dem Ausdauersportler ohne Supplementation wie folgt auf: 2674 kcal an Kohlenhydraten, 1370 kcal an Fett und 564 kcal an Eiweiß. Für den Kraftsportler, der zusätzlich Sportnahrungsergänzung zu sich nahm errechnete sich folgendes: 2670 kcal Kohlenhydrate, 1365 kcal Fett und 584 kcal Eiweiß.

* Werte wurden aufgrund von Souci Fachmann und Kraut Lebensmitteltabelle berechnet

12. Schlussbetrachtung

Durch viele Studien kommt zum Ausdruck, dass Vegetarier generell sehr gesundheitsbewusst leben, da sie sich intensiver mit ihrer Nahrung auseinandersetzen. Auch bezogen auf den Leistungssport liegen derzeit keine negativen Aspekte bezüglich fleischloser Ernährung vor, Ovolaktovegetarier sind ohne Probleme zu Höchstleistungen fähig, Veganer zeigen verglichen dazu speziell im Muskelkrafttraining enorme Defizite auf.

Vegetarier haben durch ihre pflanzlich orientierte Ernährung den Vorteil einer hohen Aufnahme von Antioxidantien, was somit dem erhöhten oxidativen Stress beim Sport entgegenwirkt. Gleichzeitig aber wird die ohnehin schon geringere Aufnahme an Zink und Calcium durch die hohe Ballaststoffaufnahme etwas gehemmt.

Das eigentliche Problem sehe ich eher bei der Speiseplanerstellung. Aufgrund meines erstellten fiktiven Tagesspeiseplans machte sich sehr schnell die Schwierigkeit der Deckung des Eiweißbedarfs vor allem bei Kraftsportlern ersichtlich, wobei dies ohne Zufuhr zusätzlichen Eiweißes in Form von Sportnahrungsergänzung fast unmöglich ist. Der Grund dafür sind die gewaltigen Verzehrsmengen die der Sportler leisten muss, obwohl es sich in meinem Fall sogar noch um eine niedrigere Gewichtsklasse handelt. Der nächste Diskussionspunkt ist gesunde Ernährung bei einem vegetarisch lebenden Leistungssportler. Es stellt einen enormen Aufwand dar, einen Leistungssportler, vor allem Ausdauersportler, der sehr viel Energie in Form von Fett und Kohlenhydraten zu sich nehmen muss, „nur“ gesund zu ernähren – das heißt der Verzicht auf Schokoriegel und ähnlichen Snacks – wobei hier die Kostform (vegetarisch oder Normalkost) eher keine Rolle spielt. Keine Probleme sehe bei der Ausübung von Ausdauerleistungssport mit gleichzeitiger vegetarischer Ernährung, da beim Ausdauersport ohnehin mehr auf Kohlenhydratreiche Kost geachtet wird. Der Eiweißbedarf eines Ausdauersportlers war für mich im Ernährungsplan ohne Probleme zu decken.

Das Hauptproblem sehe ich also nicht in der gewählten Kostform, da sich diese bei ausgewogener Ernährung und ausreichender Energiezufuhr nicht negativ auf die Leistungsfähigkeit auswirkt, sondern in der Unentbehrlichkeit von Nahrungsergänzungsmitteln und sehr stark energiereicher Kost im Leistungssport.

13. Zusammenfassung

In dieser Literaturarbeit wird die vegetarische Ernährung in Kombination mit dem Leistungssport untersucht. Verwendete Quellen stellen dabei Studienergebnisse, Journals, Internetpublikationen und literarische Werke dar. Primär geht es dabei um die Beurteilung der pflanzlichen Kost mittels aktuellen Studien- und Forschungsergebnissen, welche zeigen, dass die vegetarische Kostform eine gesunde Alternative zur normalen Mischkost darstellt. Bei ausgewogener Ernährung besteht keine Gefahr der Nährstoffunterversorgung mit Ausnahme von Veganern, welchen Nahrungsergänzungsmittel empfohlen werden.

Kraftsportler haben einen höheren Bedarf an Eiweiß dessen Deckung durch vegetarische Ernährung erschwert ist. Ausdauersportler hingegen benötigen vor allem sehr viel Energie in Form von Kohlenhydraten welche durch pflanzliche Ernährung in ausreichender Menge zugeführt werden kann.

Speziell Zink, Cobalamin, Vitamin D und Calcium stellen kritische Nährstoffe bei vegetarischen Athleten dar, weil diese hauptsächlich oder ausschließlich in tierischen Lebensmitteln vorhanden sind. Die Absorption pflanzlichen Eisens ist schlechter als jene des tierischen und speziell Ausdauersportler haben einen höheren Bedarf an Eisen. Deshalb sollte vermehrt auf die ausreichende Aufnahme dieser Nährstoffe geachtet werden. Trotz alldem sind laut neusten Studienergebnissen aber keine Mangelzustände bei vegetarisch lebenden Athleten bekannt.

Anhand von erstellten Tagesernährungsplänen ist ersichtlich, dass die genaue Berechnung der Makronährstoffe generell einen großen Aufwand darstellt und Leistungssportler extrem auf ihre Energiezufuhr und Ernährung achten müssen, unabhängig von der gewählten Kostform. Die Ergänzung durch Sportnahrung erleichtert die Energieaufnahme, speziell beim Kraftsport.

Derzeit sind keine kontraproduktiven Ergebnisse bekannt, die gegen eine pflanzliche Ernährung im Leistungssport sprechen. Allerdings wird diese im Kraftsport weniger Anklang finden als im Ausdauersport, da die Deckung des Eiweißbedarfs durch rein pflanzliche Nahrung erschwert ist.

Abstract:

In this diploma thesis vegetarian food is being examined in combination with competitive sport. Sources used were study results, journal, Internet publications and specialist literature. Primarily it is about the estimation of vegetarian food by means of recent studies and research results which show that vegetarian food is a healthy alternative to the normal diet. With well-balanced food there is no danger of nutrient undersupply with the exception of vegans, for vegans dietary supplements are recommended. Power (strength) training requires more intake of proteins and for vegetarian food to meet those needs is difficult. Endurance athletes need a lot of energy in the form of carbohydrates which can be supplied in sufficient amount by vegetarian food. Especially zinc, cobalamin, vitamin D and calcium are critical nutrients for vegetarian athletes because these exist mostly in animal food.

The absorption of iron from plants is more difficult than that of meat and especially endurance athletes have a higher need of iron. Therefore a higher intake of these nutrients should be observed. However, in spite of these circumstances, latest study results show no deficiency symptoms for vegetarian athletes.

On the basis of provided day food plans is evident that the precise calculation of the macronutrients shows in general a big effort. As a result competitive athlete must pay attention to their energy supply, regardless of the chosen food.

The supplement by sports nutrition helps with energy admission, especially with power (strength) sport. At this time no adverse results have been found to speak against the benefits of plant based nutrition for serious athletes. But in power (strength) sports it should be less popular due to the reduced protein intake by purely vegetarian nutrition.

14. Literaturliste

ACHTEN J.; JEUKENDRUP AE. (2004): Optimizing fat oxidation through exercise and diet. In: Nutrition. 2004 Jul-Aug; 20(7-8):716-27.

ALEXANDER D.; BALL MJ.; MANN J. (1994): Nutrient intake and haematological status of vegetarians and age-sex matched omnivores. In: Eur J Clin Nutr. 1994;48:538-546.

AMBROSZKIEWICZ J., KLEMARCYK W., CHELCHOWSKA M., GAJEWSKA J., LASKOWSKA-KLITA T. (2006): Serum Homocystein, folate, vitamin B12 and total antioxidant status of vegetarian children. In: Adv Med Sci. 2006;51:265-8.

AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION, DIETICIANS OF CANADA; (2003): position oft he American Dietetic Association and Dietitians of Canada: vegetarian diets. In: Can J Diet Pract Res. 2003 summer; 64(2):62-81

APPLEBY P.; RODDAM A., ALLEN N.; KEY T. (2007): comparative fracture in vegetarians and nonvegetarians in EPIC-Oxford. In: Eur J Clin Nutr. 2007;61:1400-1406.

BALL MJ.; BARTLETT MA. (1999): Dietary intake and iron status of Australian vegetarian women. In: Am J Clin Nutr. 1999;70:353-358.

BARR SI., BROUGHTON TM. (2000): Relative weight, weight loss efforts and nutrient intakes among health conscious vegetarian, past vegetarian and nonvegetarian women ages 18 to 50. In: J Am Coll Nutr. 2000 Nov-Dec;19(6):781-8.

BERNHARD M. (2006): Zur Ernährung von Leistungssportlern in Ausdauersportarten. Diplomarbeit an der Fakultät für Lebenswissenschaften der Universität Wien, Department für Ernährungswissenschaften. S. 46.

BIESALSKI H.K.; FÜRST P.; KASPER H.; KLUTHE R.; PÖLERT W.; PUCHSTEIN C.; STÄHELIN H.B. (2004): Ernährungsmedizin – 3.Auflage;

Georg Thieme Verlag, Stuttgart – New York; S. 77, S. 82, 84 – 86, S. 108 – 109, S. 136-139, 231 – 237, S. 696 – 697.

BURKE LM.; LOUCKS AB.; BROAD N. (2006): Energy and carbohydrate for training and recovery. In: J sports Sci. 2006 Jul; 24(7):675-85.

CAMPBELL C.; PRINCE D.; BRAUN M.; APPELEGATE E.; CASAZZA GA. (2008): Carbohydrate-supplement form and exercise performance. In: Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2008 Apr; 18(2):179-90.

CARLSON LA.; HEADLEY S.; DEBRUIN J.; TUCKOW AT.; KOCH AJ.; KENEFICK RW. (2008): Carbohydrate supplementation and immune responses after acute exhaustive resistance exercise. In: Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2008 Jun; 18(3):247-59.

CHAN J.; JACELDO SIEGL K.; FRASER Ge. (2009): Serum 25-Hydroxyvitamin D status of vegetarians, partial vegetarians and nonvegetarians. In: American Journal of Clinical Nutrition, 2009; 89: 1686S-1692S

COOK CM.; HAUB MD. (2007): low-carbohydrate diets and performance. In: Curr Sports Med Rep. 2007 Jul;6(4):225-9.

COUDRAY C.; BELLANGER J.; CASTIGLIA-DELAVALAUD C.; REMSEY C.; VERMOREL M.; RAYSSIGNUIER Y. (1997): Effect of soluble or partly soluble dietary fibres supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. In: Eur J Clin Nutr. 1997;51:375-380.

CRAIG WJ. (2009): Health effects of vegan diets. In: Am J Clin Nutr. 2009 May; 89(5):1627S-1633S.

CRAIG WJ., MANGELS AR., AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION (2009): Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. In: J Am Diet Assoc. 2009 Jul;109(7):1266-82.

DAVEY GK.; SPENCER EA.; APPLEBY PN.; ALLEN NE.; KNOX KH.; KEY TJ. (2006): EPIC – Oxford Lifestyle characteristics and nutrient intakes in a cohort of 33,883 meat-eaters and 31,546 non meat-eaters in the UK. In: Public Health Nutr. 2003;6:259-268.

DOLEZAL B.A., POTTEIGER J.A. (1998): Concurrent resistance and endurance training influence basal metabolic rate in nondieting individuals. In: Journal of applied physiology. 1998; 85 (2): 695-700.

EHLENZ H., GROSSER M., ZIMMERMANN E. (2003): Krafttraining – Grundlagen, Methoden, Übungen, Leistungssteuerung, Trainingsprogramme. 7. Auflage, BLV Verlagsgesellschaft mbH München, S. 8, 13, 16-18, 34-35, 48, 104.

ELMADFA I., SINGER I. (2009): Vitamin B-12 and homocysteine status among vegetarians: a global perspective. In: Am J Clin Nutr. 2009 May;89(5):1693S-1698S. Epub 2009 Apr 8.

ELMADFA I.; LEITZMANN C. (2004): Ernährung des Menschen – 4.Auflage, Ulmer, S. 112 – 113, 117, 177, 153 - 154, 317 – 321, S. 336-339, S.353, S.359-362, S. 366-367, S. 405 – 408, 500, 615-619.

FARKAS R.; (1998): 130 Jahre Vegetariervereine, anima – Zeitschrift für Tierrechte, Nr. 3/98.

FRANCESCATO MP.; PUNTEL I. (2006): Does a pre-exercise carbohydrate feeding improve a 20-km cross-country ski performance? In: J Sports Med Phys Fitness. 2006 Jun; 46(2):248-56.

HABER P. (2004): Leitfaden zur medizinischen Trainingsberatung – Rehabilitation bis Leistungssport, 2. Auflage, Springer, S.14, 60 – 65, 105 – 108, 139 – 153; 409 – 410, 414, 432 – 433, 438, 447 - 451.

HABER P. (2007): Ernährung und Bewegung für jung und alt – älter werden, gesund bleiben. Springer Verlag Wien, S. 27-29, 39, 85 - 86.

HABER P.; KIEFER I. (2009): Ernährung & Bewegung – Das optimale Fitness-Duo. Kneipp-Verlag GmbH und Co KG Wien. S. 49 – 51, 63 - 64.

HALLBER L.; HULTHEN L. (2000): Prediction of dietary iron absorption: an algorithm for calculating absorption and bioavailability of dietary iron. In: Am J Clin Nutr. 2000;71:1147-1160.

HOLLMANN W., HETTINGER Th. (2000): Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin, Schattauer, Stuttgart – New York, S.41, 44 – 45, 113 – 115, 158 – 163, 182 – 191, 263.

HORN F.; MOC I.; SCHNEIDER N.; GRILLHÖSL C.; BERGHOLD S.; LINDENMEIER G. (2005): Biochemie des Menschen – das Lehrbuch für das Medizinstudium. Georg Thieme Verlag – New York, Stuttgart. S. 70 – 71, 91, 118, 122 - 123.

HOTTENROTT K., NEUMANN G. (2008): Methodik des Ausdauertrainings. Hofmann-Verlag, Schorndorf, S.22-31, S.264-280, S.294-310.

HULSTON CJ.; JEUKENDRUP AE. (2009): no placebo effect from carbohydrate intake during prolonged exercise. In: Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2009 Jun;19(3):275-84.

JANELLE KC, BARR SI. (1995): Nutrient intakes and eating behavior scores of vegetarian and nonvegetarian women. In: J Am Diet Assoc. 1995;95:180-189.

JANELLE KC.; BARR SI. (1995): Nutrient intakes and eating behavior scores of vegetarian and nonvegetarian women. In: J Am Diet Assoc. 1995;95:180-189.

JEUKENDRUP AE.; JENTJENS RL.; MOSELEY L. (2005): Nutritional considerations in triathlon. In: Sports Med. 2005; 35 (2): 163-81.

KARLSON P.; DOENECKE D.; KOOLMAN J. (1994): kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und Naturwissenschaftler. Georg Thieme Verlag – New York, Stuttgart. S. 165, 202, 241.

KAVOURAS SA.; TROUP JP.; BERNING JR. (2004): The influence of low versus high carbohydrate diet on a 45-min strenuous cycling exercise. In: Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2004 Feb;14(1):62-72.

KEY TJ., APPLEBY PN, ROSELL MS. (2006): Health effects of vegetarian and vegan diets. In: Proc Nutr Soc. 2006 Feb;65(1):35-41.

KIESER W. (2006): Krafttraining in Prävention und Therapie – Grundlagen, Indikationen, Anwendungen. 1.Auflage, Verlag Hans Huber, S. 15 – 19, 145, 149, 152 - 154.

KLEINMANN D. (1996): Laufen – Sportmedizinische Grundlagen, Trainingslehre und Risikoprävention. Schattauer Stuttgart – New York. Seite 17, 227 – 228.

LEITZMANN C. (2005): Vegetarian diets: what are the advantages? In: Forum Nutr. 2005;(57):147-56.

LEITZMANN C.; (2001): Vegetarismus – Grundlage, Vorteile, Risiken; C.H.Beck oHG München; S. 10-38, S. 64-75.

LEITZMANN C.; HAHN A. (1996): Vegetarische Ernährung; Eugen Ulmer Stuttgart, S. 14 – 20.

LÖFFLER G. (2005): Basiswissen Biochemie mit Pathobiochemie – 6.Auflage; Springer Medizin Verlag Heidelberg, S.27.

LÖFFLER G.; PETRIDES P.E.; HEINRICH P.C. (2007): Biochemie & Pathobiochemie – 8.Auflage; Springer Medizin Verlag Heidelberg, S.44, 358, 364, 420 – 426, 478 - 485.

LONNERDAL B. (2000): Dietary factors influencing zinc absorption. In: J Nutr. 2000;130(suppl):1378S-1383S.

LOUCKS AB. (2007): low energy availability in the marathon and other endurance sports. In: Sports Med. 2007;37(4-5):348-52.

LUN V., ERDMAN KA; REIMER RA. (2009): Evaluation of nutritional intake in canadian high-performance athletes. In: Clin J Sport Med. 2009 Sep; 19(5):405-11.

MACH B. (2007): Fleischkonsum als Leistungsgarantie – Effekt des Konsums einer täglichen Fleischmahlzeit (Schneeberg-Beef) auf Körperparameter unter Anwendung des Hypertrophietrainings bei Schwerarbeitern. Trauner Verlag – Linz. S.48. ANDING J.D.; WOLINSKY I.; KLIMIS-TAVANTZIS D.J. (1997): Chromium. In: WOLINSKY I. & RISKELL J.A. (Eds.), Sports Nutrition: Vitamin and Trace Elements. Boca Ration: CRC Press.

MAJCHRZAK D.; SINGER I.; MÄNNER M.; RUST P.; GENSER D.; WAGNER KH.; ELMADFA I. (2006): B-Vitamin Status and concentrations of homocysteine in Austrian omnivores, vegetarians and vegans. In: Ann Nutr Metab. 2006; 50(6):485-91. Epub 2006 Sep 19.

McARDLE W.D.; KATCH F.I.; KATCH V.L. (2007): Exercise Physiology – Energy, Nutrition and Human Performance. Lippincott Williams & Wilkins, S. 28 – 30, 82 – 83, 86-88, 203 – 204.

McARDLE, W. D., KATCH, F. V. & KATCH, V. L. (2001). Exercise Physiology: energy, nutrition, and human performance. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

MESSINA M.; REDMOND G. (2006): Effects of soy protein and soybean isoflavones on thyroid function in healthy adults and hypothyroid patients: a review of the relevant literature. In: Thyroid. 2006;16:249-258.

MESSINA V., MANGELS R., MESSINA M. (2004): The Dietitian's Guide to Vegetarians Diets: Issues and Applications. 2nd ed. Sudbury. In: MA – Jones and Bartlett Publishers 2004.

MIYAMOTO E., YABUTA Y., KWAK CS., ENOMOTO T., WATANABE F. (2009): Characterization of vitamin B12 compounds from Korean purple laver (*Porphyra* sp.) products. In: J Agric Food Chem. 2009 apr 8;57(7):2793-6.

MUTSCHLER E.; SCHAIBLE H.G.; VAUPEL P. (2007): Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen, 6. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, S.50-52, 354 – 355, 518 – 520, 536, 580-584, 633 – 634, 644, 650.

NEUBAUER O.; REICHHOLD S.; WAGNER K.H. (2008): Biochemische, physiologische und molekularbiologische Stressreaktionen nach einem Ironman-Triathlon. In: Ernährung aktuell 2008/3; S.1–4.

NEUMANN G. (1998): Ernährung im Sport. 2. überarbeitete Neuauflage. – Aachen: Meyer und Meyer. S. 89.

NEUMANN G. (2009): Ernährung im Sport. Meyer & Meyer Verlag - Aachen. S. 151, 189 – 212.

NEUMANN G., PFÜTZNER, BERBALK (2005): optimiertes Ausdauertraining, Meyer & Meyer Verlag, Aachen, S.88, 122 – 123, 154 – 172, 258.

NEUMANN G., PFÜTZNER, HOTTENROTT (2004): Das große Buch vom Triathlon, Meyer und Meyer, Aachen.

NÖCKER J. (1987): Die Ernährung des Sportlers. 4.Auflage, Hofmann, Schondorf. In: ELMADFA I.; LEITZMANN C. (2004): Ernährung des Menschen. 4.Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. S. 503.

NOGUEIRA J.A.D., DA COSTA T.H.M. (2005): nutritional status of endurance athletes: what is the available information. In: Arch. Latinoam. Nutr. 2005, Mar;55 (1): 15-22.

RUST P. (2005): Nährwert und gesundheitsfördernde Bedeutung von Soja. In: Ernährung aktuell 2005/4; S.8-10.

SCHEK A. (2005): Top-Leistung im Sport durch bedürfnisgerechte Ernährung. Philippka-Sportverlag, Münster. S. 13 – 18, 64, 69.

SILBERNAGL S., DESPOPOULOS A. (2003): Taschenatlas der Physiologie. 6. Auflage, Thieme Stuttgart New York, S. 56 – 61.

SJOEDIN A. M., FORSLUND A. H., WESTERTERP K. R., ANDERSSON A. B., FORSLUND J. M., HAMBRAEUS L. M. (1996): the influence of physical activvity on Basal metabolic rate. In: Medicine and science in sports and exercise. 1996; 28 (1): 85-91.

SOUCI S. W.; FACHMANN W.; KRAUT H. (2004): Der kleine Souci-Fachmann-Kraut – Lebensmitteltabelle für die Praxis; Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, S. 2-3, 88, 101-171, 165, 205, 240, 245, 261, 266, 279, 302, 306, 312, 325, 337, 342, 344, 354, 370, 399, 401, 410, 460-462.

STIEGLER P., CUNLIFFE A. (2006): The role of diet and exercise fort he maintenance of fat-free mass and resting metabolic rate during weight loss. In: Sports Med. 2006;36(3):239-62.

SUTER P. M. (2008): Checkliste Ernährung. Georg Thieme Verlag Stuttgart – New York. S.51, 74 - 76, 82.

TEAS J.; PINO S.; CHRITCHLEY A.; BRAVERMAN LE. (2004): Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. In: Thyroid. 2004;14:836-841.

THALACKER-MERCER AE.; PETRELLA JK.; BAMMAN MM. (2009): Does habitual dietary intake influence myofiber hypertrophy in response to resistance training? A cluster analysis. In: Appl Physiol Nutr Metab. 2009 Aug; 34(4):632-9.

TOMASITS J.; HABER P. (2008): Leistungsphysiologie – Grundlagen für Trainer, Physiotherapeuten und Masseur. Springer Wien New York. S. 221 – 228.

VAN ERP-BAART AM; SARIS WM; BINKHORST RA.; VOS JA.; ELVERS JW. (1989): Nationwide survey on utritional habits in elite athletes. Part 2. Mineral and vitamin intake. In: Int J Sports Med. 1989 May; 10 Suppl 1:S11-6.

VON LOEFFELHOLZ C. (2007): Leistungsernährung für Kraftsportler – Strategien für Muskelaufbau, Fettabbau und optimale Regeneration. Novagenics Verlag. Seite 32 - 37, 47 - 55.

WALDMANN A., DÖRR B., KOSCHIZKE JW., LEITZMANN C., HAHN A. (2006): Dietary intake of vitamin B6 and concentration of vitamin B6 in blood samples of German vegans. In: Public health Nutr. 2006 Sep; 9(6):779-84.

WALDMANN A., KOSCHIZKE JW., LEITZMANN C., HAHN A. (2003): Dietary intakes and lifestyle factors of a vegan population in Germany: results from the German Vegan Study. In: Eur J Clin Nutr. 2003 Aug; 54(8):947-55.

WALDMANN A., KOSCHIZKE JW., LEITZMANN C., HAHN A. (2004): Dietary iron intake and iron status of German female vegans: results of the German vegan study. In: Ann Nutr Metab. 2004 48(2):103-8.

WALDMANN A.; KOSCHIZKE J.W.; LEITZMANN C.; HAHN A. (2005): Dietary intakes and blood concentrations of antioxidant vitamins in German vegans. In: Int J Vitam Nutr Res. 2005 Jan; 75(1):28-36.

WEAVER C.; PROULX W.; HEANEY R. (1999): Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. In: Am J Clin Nutr. 1999; 70(suppl):543S-548S.

WEBER J.; PLATEN P.; ZIMMERMANN Y.; CHARWAT G., SCHENKMANN A.; KEIZER H.A.; DUPERLY J. (1994): Einfluss von hypokalorischen Diäten mit unterschiedlichen Aminosäurezusammensetzungen in Kombination mit hohem Trainingsumfängen auf die Leistungsfähigkeit und den Grundumsatz bei Sportlerinnen. In: Regulations- und Repairmechanismen. 33. Deutscher Sportärztekongress Paderborn 1993. S.777 – 780.

WESTPHAL G.; GERBER G.; LIPKE B. (2003): Proteine – nutritive und funktionelle Eigenschaften. Springer Verlag Berlin Heidelberg. S. 263 – 264.

WIEMANN, K et al (1998): Filamentäre Quellen der Muskel-Ruhespannung und die Behandlung muskulärer Dysbalancen. In: Dt.Zs.f.Sportmed. 49 (1998), 4, 111-117.

WIGAND P., JUNG K. (2007): Glykogensynthese nach Belastung. In: condition. 2007; 38(5):27-29.

YEN C.; HUANG M.; CHENG C.;HUANG Y. (2008): Dietary intake and nutritional status of vegetarian and omnivorous preschool children and their parents in Taiwan. In: Nutrition Research, 2008 Jul;28(7):430-6.

YOUNG VR.; PELLETT PL. (1994): Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. In: Am J Clin Nutr, 1994; 59:1203S-1212S.

Internet:

<http://www.trainingstherapie.at/> (Stand 24.11.2009)

http://www.statistik.at/web_de/statistiken/gesundheit/gesundheitszustand/chronische_krankheiten/index.html (Stand 21.09.09)

<http://www.euroveg.eu/lang/de/home/home.php> (Stand 10.05.2009)

http://www.presseportal.de/pm/52678/1399888/wort_und_bild_apotheken_umsc_hau (Stand 11.05.2009)

<http://www.vegetarismus.ch/info/17.htm> (Stand 12.05.2009)

<http://www.vegetarismus.ch/heft/2001-4/eiweiss.htm> (Stand 25.05.2009)

http://vebu.de/alt/gesundheit/Die_Deutsche_Vegan_Studie.pdf (Stand 13.06.2009)

US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 2002. USDA Nutrient Database for Standard Reference, Release 15. Nutrient data laboratory home page. Available at: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp> Accessed February 10, 2003. (Stand 15.07.2009)

<http://www.oege.at/php/current/print.php?l=de&a=2338> (Stand 24.08.2009)

<http://www.bisp-datenbanken.de> (Stand 26.09.2009)

<http://www.snickers.de/#/sortiment/Riegel> (Stand 09.05.2010)

<http://www.maggi.de/Rezepte/unternehmen/Produkte/alleprodukte/default.htm?id=11801082&action=detail&sid=6db9fc52-40b7-4abc-a681-bcbc67b5ce6d>
(Stand 09.05.2010)

<http://www.pago.at/?q=fruit-juice/59> (Stand 09.05.2010)

<http://www.noem.at/index.php?id=11008920&txmn=11008920&txshowingr=1>
(Stand 09.05.2010)

http://www.inko.de/inko/s1_1_0.htm (Stand 09.05.2010)

<http://www.oetker.de/oetker/pdf/Naehrwerttabelle/admn-4h8l4y.de.pdf> (Stand 12.05.2010)

http://www.landliebe.de/produkte/milchgetraenke_178_181.html (Stand 25.05.2010)

Lebenslauf

NAME:	Tina Rauter	
GEBURTSDATUM:	07.09.1982	
STAATSBÜRGERSCHAFT:	Österreich	
SCHULBILDUNG:	1989 - 1993	<i>Volksschule, 1210 Wien, Anton Böck-Gasse</i>
	1993 - 1997	<i>Wirtschaftskundliches Realgymnasium, 1210 Wien, Franklinstraße 26</i>
	1997 -2002	<i>HTL Wien Donaustadt Abteilung: EDV und Organisation</i>
	Juni 2002	<i>Abschluss HTL Reifeprüfung</i>
	17.9.02 – 5.6.03	<i>EF International school in Barcelona</i>
	2003 - 2010	<i>Studium der Ernährungswissenschaften</i>
BERUFSPRAXIS:	1998 – 2001	<i>Footlocker</i>
	seit 2001	<i>selbständige Fitness- und Aerobictrainerin und Tänzerin</i>
	2006 – 2010	<i>Qualitätskontrolle bei G.L. Pharma</i>
	seit März 2010	<i>SAM – Sports and Medical Center</i>
PRAKTIKA:	2006	<i>Abteilung Pharmakokinetik G.L.Pharma</i>
	2007	<i>Ernährungsberatung Kuratorium für Wiener Pensionisten</i>
	2007	<i>Abteilung Qualitätskontrolle G.L.Pharma</i>