

**Nutzen von Protein – und Aminosäuresupplementen**  
**im Sport**

**- Diplomarbeit -**

Vorgelegt am : 12.01.2005

Von : Jan Eichelbaum

Jan Eichelbaum  
Harnackring 66b  
21031 Hamburg

Betreuung :  
Prof. Dr. Michael Hamm

Korreferat :  
Prof. Dr. Behr-Völtzer

## Vorwort

Diese Arbeit möchte ich Yvonne Pebler widmen , die mich durch die schwierigste Zeit meines Studiums begleitet hat . Für die technische Hilfsleistung möchte ich mich bei Ingo Engelmann und Martina bedanken . Außerdem bedanke ich mich bei Andreas Scholz , Haleko Gmbh & Co OHG und „ Body Fashion “- Bergedorf für die Bereitstellung von Material . Nicht zuletzt danke ich meinen Eltern für finanzielle Unterstützung und mir selbst .

# Inhalt

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	<u>Seite</u>
Vorwort	- 2
Inhalt	- 3
Abkürzungsverzeichnis	- 5
Tabellenverzeichnis	- 7
Abbildungsverzeichnis	- 8
1. Einleitung , Fragestellung	- 10
2. Begriff Protein	- 11
2.1. Vorkommen , chemischer Aufbau	- 11
2.2. Aminosäuren	- 11
2.3. Peptide	- 13
2.4. Essentielle und nichtessentielle Aminosäuren	- 13
2.5. Proteinverdauung	- 14
2.5.1. Aminosäurenstoffwechsel	- 14
2.5.2. Homöostase	- 15
2.5.3. Aminosäurenpool	- 17
2.5.4. Abbau / Neuaufbau	- 18
3. Proteinbedarf	- 19
3.1. Stickstoffbilanz	- 20
3.2. Proteingrundbedarf	- 20
3.3. Bedarf bei Sport	- 22
3.4. Bedarf bei Krankheit	- 22
4. Methoden zur Bestimmung der Proteinqualität	- 22
4.1. Chemical Score	- 23
4.2. Biologische Wertigkeit	- 23
4.3. Net Protein Utilisation	- 24
4.4. Protein Efficiency Ratio	- 24
4.5. Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score	- 25
4.6. Fazit	- 25
5. Proteinpräparate	- 25
5.1. Casein und Molkenprotein	- 25
5.1.1. Verschiedene Erscheinungsformen	- 27
5.1.2. Fazit	- 28
5.2. Sojaprotein	- 28
5.2.1. Fazit	- 29
5.3. Ei-Protein	- 29
6. Nährstoffgehalte von Eiweißpräparaten	- 30

6.1. Präparate und Proteinreiche Lebensmittel im Vergleich	- 35
6.1.1. Aktueller Vergleich	- 35
6.1.2. Fazit	- 37
7. Aminosäurenprodukte	- 37
7.1. Lebensmittelrecht	- 38
7.2. Verzweigt-kettige Aminosäuren ( BCAA )	- 38
7.2.1. Funktion der BCAA`s	- 39
7.2.1.1. Isoleuzin	- 39
7.2.1.2. Leuzin	- 39
7.2.1.3. Valin	- 40
7.2.2. Vorkommen in Lebensmitteln	- 40
7.2.3. Richtige Einnahme für Sportler	- 41
7.2.4. BCAA im Sport und bei Krankheit	- 41
7.2.5. Fazit	- 46
7.3. Arginin	- 47
7.4. Ornithin	- 49
7.4.1. Kombinationen von Arginin und Ornithin	- 50
7.4.2. Fazit	- 50
7.5. Glutamin	- 51
7.5.1. Glutamin bei metabolischem Stress	- 53
7.5.2. Dosierungen bei Sportlersupplementen	- 56
7.5.3. Glutamin in Lebensmitteln	- 56
7.5.4. Fazit	- 57
8. Artverwandte Produkte	- 57
8.1. L-Carnitin	- 57
8.2. Kreatin	- 59
9. Zusammenfassung	- 60
9.1. Vor – und Nachteile von Präparaten	- 60
10. Abstract	- 61
10.1. Advantages and Disadvantages of the products	- 61
Literaturverzeichnis	- 62
Eidesstattliche Erklärung	- 68

## Abkürzungsverzeichnis

ADP	Adenosindiphosphat
AMP	Adenosinmonophosphat
Arg	Arginin
Asn	Asparagin
ATP	Adenosintriphosphat
BCAA	Branch Chained Amino Acid
BW	Biologische Wertigkeit
CoA	Coenzym A
CK	Creatin Kinase
DNA	Desoxyribonukleinsäure
Gln	Glutamin
Glu	Glutamat
Gly	Glycin
GMP	Guanosinmonophosphat
His	Histidin
IgG	Immunglobulin G
Ile	Isoleuzin
La	Lactat
LDL	Low-density-Lipoprotein
LDH	Laktatdehydrogenase
Leu	Leuzin
Lys	Lysin
Met	Methionin
mRNA	messenger-RNA
NAD +	Nikotinamadenindinukleotid

NADH	Nikotinamidadenindinukleotid ( reduziert )
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NPU	Net Protein Utilization
PDCAAS	Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score
Phe	Phenylalanin
PER	Protein Efficiency Ratio
Pro	Prolin
Q	Ubichinon
RNA	Ribonukleinsäure
Rnase	Ribonuklease
Ser	Serin
SnRNA	kleine-Kern-RNA
STH	Somatotropes Hormon
T	Thymin
T <sub>4</sub>	Thyroxin
Thr	Threonin
tRNA	transfer-RNA
Trp	Tryptophan
Tyr	Tyrosin

## **Tabellenverzeichnis**

<b><u>Tabelle</u></b>	<b><u>Seite</u></b>
1 Vor – und Nachteile Sojaprotein	29
2 Aktueller Vergleich von Pulvern und Lebensmitteln	36
3 Arginin in Lebensmitteln	49
4 Vor – und Nachteile von Proteinpulvern und Riegeln	60
5 Vor – und Nachteile von BCAA	60
6 Vor – und Nachteile von Arginin / Ornithin	60
7 Vor – und Nachteile von Glutamin	60
8 Advantages and disadvantages of proteindrinks and snacks	61
9 Advantages and disadvantages of BCAA	61
10 Advantages and disadvantages of arginine / ornithine	61
11 Advantages and disadvantages of glutamine	61

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung</b>	<b>Seite</b>
1 : Aminosäure	- 11
2 : Funktion und Vorkommen von Proteinen	- 12
3 : Aminosäure , zwitterionische Form	- 12
4 : Peptid	- 13
5 : Essentielle und nichtessentielle Aminosäuren	- 13
6: Proteinbilanz	- 15
7 : Proteinstoffwechsel	- 16
8 : Glukogene und ketoplastische Aminosäuren	- 17
9 : Aminosäurenpool	- 18
10 : Proteinsynthese	- 19
11 : Bedarf essentieller Aminosäuren verschiedener Altersgruppen	- 21
12 : BW von kombinierten Lebensmitteln	- 24
13 : Casein und Molkenprotein	- 26
14 : Caseingehalt in Lebensmitteln	- 27
15 : Energie- und Nährstoffgehalte Proteinriegel	- 31
16 : Energie- und Nährstoffgehalte Proteinpulver	- 32
17 : Aminosäuregehalte von Präparaten	- 33
18 : Vergleich mit anderen Proteinen	- 34
19 : Vergleich Lebensmittel / Präparate	- 35
20 : Isoleuzin	- 39
21.: Leuzin	- 39
22 : Valin	- 40
23 : BCAA-Gehalt von Lebensmitteln	- 40
24 : Verhalten von BCAA	- 42

25 : Veränderungen bei Kreatinkinase	- 43
26 : Veränderungen bei Laktatdehydroginase	- 43
27 : Arginin	- 47
28 : Biosynthese des Harnstoffs	- 47
29 : Ornithin	- 49
30 : Glutamin	- 51
31 : Aminosäurenpool menschlicher Körper	- 51
32 : Ammoniakstoffwechsel	- 55
33 : Glutamingehalt ausgewählter Proteine	- 56
34 : L-Carnitin	- 57
35 : Carnitingehalt von Lebensmitteln	- 58
36 : Kreatin	- 59

## 1. Einleitung und Fragestellung

In Fitnessstudios und bei Sportlern allgemein wird Protein immer noch als ein Heiligtum unter den Grundnährstoffen gehandelt . Gegenüber Kohlenhydraten und Fett hat es generell ein positiveres Image , denn sie gelten als Dickmacher und werden mit Reizwörtern wie Cholesterin oder Insulin in Zusammenhang gebracht .

Hersteller von Nahrungsergänzungsmitteln für Sportler preisen die positiven Eigenschaften des Proteins und seiner Aminosäuren in der Werbung für ihre Produkte an und machen einen beträchtlichen Gewinn damit . Es werden vielfältige Gebiete wie Fettverbrennung ; schnellere Genesung nach Krankheit oder besseres Muskelwachstum herangezogen . Zielsetzung dieser Diplomarbeit soll es sein , herauszufinden welchen Nutzen Sportler von Protein – und Aminosäurenprodukten haben und das Für und Wider abzuwiegen . Dabei wurden Studien nachrecherchiert , die in Werbematerialien als Beweis angeführt wurden . Da es sich mittlerweile um einen riesigen Markt handelt , können leider nur die bekanntesten Produkte im Rahmen einer Diplomarbeit erfasst werden . Eine komplette Zusammenfassung sämtlicher ( auch nicht Protein - ) Produkte wäre ohnehin unmöglich ! Der Autor dieser Arbeit hat zwar keinen wissenschaftlich dokumentierten Eigenversuch erarbeitet , aber ist als Fitnesssportler an der Materie interessiert. Es soll hier jedoch keine Stellung bezogen , sondern lediglich Fakten aufgezeigt werden .

## 2. Der Begriff Protein

Protein gilt als Grundstoff allen Lebens . Ein Dichter namens Jean Paul leitete 1795 aus dem Begriff „ Eierweiß “ das Wort „ Eiweiß “ ab das bis heute benutzt wird .1839 verwandte ein Mann namens G.T. Muller den Begriff „ Proteine “ , der an das griechische „protos “ ( erster ) angelehnt ist . Die Bedeutung der Proteine resultiert daraus , das jede Zelle teilweise aus Proteinen aufgebaut ist , welche einem ständigem Auf – und Abbau unterliegen . Weiterhin enthält Protein Stickstoff und Schwefel , essentielle Elemente , die in den beiden anderen Hauptnährstoffen ( Kohlenhydrate und Fett ) nicht vorkommen . Während Fette aus mit der Nahrung zugeführten Kohlenhydraten - und Kohlenhydrate aus Proteinen gebildet werden können , müssen einige Grundbausteine des Proteins unbedingt mit der Nahrung zugeführt werden .

### 2.1. Vorkommen , chemischer Aufbau

Tierische Proteine können in zwei Formen unterteilt werden , in fibröse Skleroproteine und globuläre Proteine . Pflanzliche Proteine sind meist Glutamine und Prolamine . Skleroproteine bestehen aus langgestreckten oder gefalteten Ketten von Aminosäuren . Man findet sie in Haut Haaren und Sehnen . Sie sind nahezu wasserunlöslich und unverdaulich . Wichtige Skleroproteine sind Keratin ( Haare ) , Kollagen ( Stützgewebe ) , Fibrin ( Blutgerinnung ) und das Myosin des Muskels . Globuläre Proteine ( Sphäroproteine ) finden sich in Gewebsflüssigkeiten . Sie sind leicht verdaulich und enthalten essentielle Aminosäuren . Wichtige Sphäroproteine sind das Caseinogen der Milch , das Albumin im Eiklar und die Albumine und Globuline des Blutes . Glutamine und Prolamine kommen vor allem bei Pflanzen vor . Bedeutend sind Glutenin im Weizenkeim , Hordein in Gerste und Oryzenin in Reis . Prolamine sind wasserunlöslich , lösen sich aber in alkoholischen Lösungen . Typische Prolamine sind Gliadin im Weizen und Zein im Meis . Gluten , das zöliakieauslösende Eiweiß , ist eine Mischung aus Gliatin und Glutenin . ( Biesalski Ernährungsmedizin `99 , S.91 ) . Abbildung 2 auf Seite 12 zeigt einen Überblick der verschiedenen Funktionen von Proteinen .

### 2.2. Aminosäuren

Proteine bestehen aus Aminosäuren , die abgesehen von einer leicht abweichenden Variante , dem Prolin ( mit Verknüpfung der R- und NH<sub>2</sub>- Gruppe ) , folgende Struktur haben :

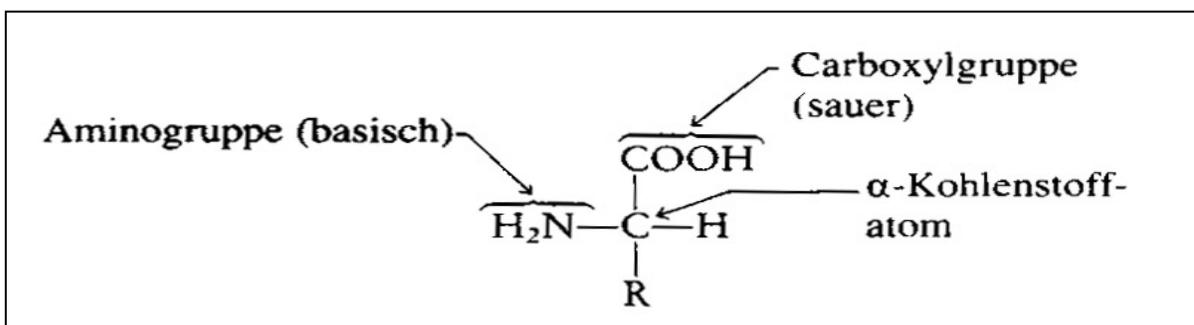


Abb. 1.: Aminosäure ( De Duve , 1986 , S . 397 )

Proteingruppe	Protein	Funktionen und Vorkommen
Enzyme		Biokatalysatoren
Hormone	Insulin Adrenocorticotropes Hormon Wachstumshormon	Stoffwechselregulatoren Reguliert Zuckermetabolismus Reguliert Corticosteroidsynthese Stimuliert Knochenwachstum
Kontraktile Proteine	Myosin Actin Dynein Tubulin	Dicke Filamente der Myofibrillen Dünne Filamente der Myofibrillen Geißeln, Zilien, Zytoskelett Zytoskelett
Schutzproteine	Antikörper (Immunglobuline) Fibrinogen Thrombin	Im Blut der Vertebraten Bilden Komplexe mit Fremdproteinen Fibrinvorstufe bei der Blutgerinnung Beteiligt an der Blutgerinnung
Speicherproteine	Ovalbumin Casein Gliadin Legumin Zein	Eiklar Milch Weizenkeime (Aleuronschicht) Leguminosenkeime Maiskorn
Strukturproteine	Fibroin Elastin Glykoproteine Hüllproteine der Viren $\alpha$ -Keratin Kollagen Mukoproteine Sklerotin	Bestandteil von Biomembranen Seide der Seidenraupen, Spinnweben Elastisches Bindegewebe Zellhüllen, Zellwände Umgeben Nukleinsäuren Haut, Federn, Klauen, Nägel Faseriges Bindegewebe Schleimsekret Exoskelett der Insekten
Transportproteine	Coeruloplasmin Eisenbindendes Globulin Hämocyanin Hämoglobin Lipoprotein Myoglobin Serumalbumin	Transport von Kupfer im Blut Transport von Eisen im Blut Transport von O <sub>2</sub> im Blut einiger Vertebraten Sauerstofftransport im Vertebratenblut Lipidtransport im Blut Sauerstoffspeicher im Muskel Transport freier Fettsäuren im Blut

Abb. 2. Funktion und Vorkommen einiger ausgewählter Proteine (Biesalski , Ernährungsmed. , S.92 )

Unter physiologischen Bedingungen ( PH 7 ) sind die Aminogruppen überwiegend protoniert und die Carboxylgruppen dissoziiert . Daher ist die verbreitetste Struktur der Aminosäuren die sogenannte Amphotere ( griechisch amphi für beide ) oder zwitterionische Form :

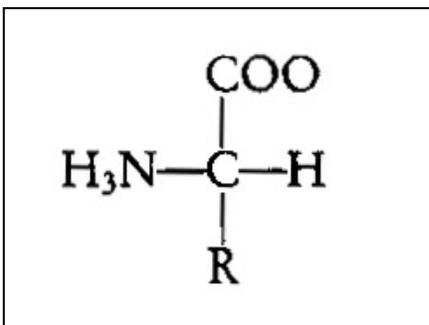


Abb. 3. : Zwitterionische Form ( De Duve , 1996 , S . 397 )

### 2.3. Peptide

Aminosäuren verbinden sich über Amidbindungen ( oder Peptidbindungen ) zu linearen Ketten oder Peptiden . Außer einigen speziellen Oligopeptiden , die meist als Hormone dienen , sind fast alle natürlichen Peptide Makromoleküle , welche mehrere hundert Aminosäuren enthalten können . Voll ausgestreckt haben diese Polypeptidketten eine Zickzackstruktur , in der die R- Gruppen abwechselnd auf der einen und der anderen Seite des Grundgerüsts liegen :

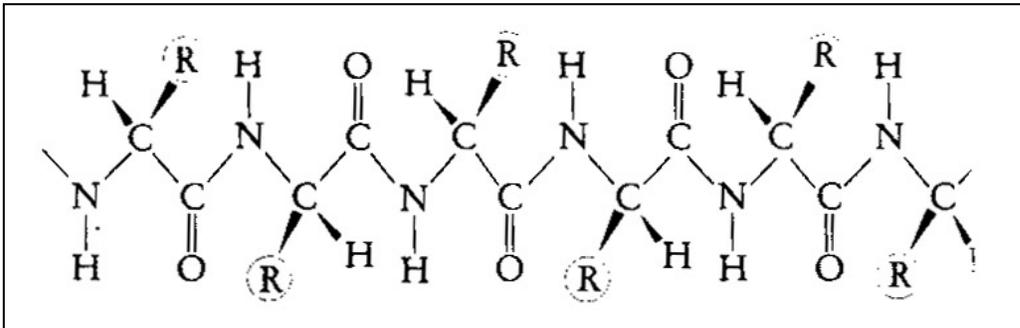


Abb. 4 : Peptid ( De Duve , 1986 , S . 397 )

### 2.4. Essentielle und nichtessentielle Aminosäuren

Es ist nicht nur die quantitative Zuführung des Eiweißes für den Aufbau von Proteinstrukturen entscheidend , sondern auch die qualitative Aminosäurezusammensetzung des Proteins beeinflusst die Funktion der gebildeten Strukturen . Von den 20 proteinogenen Aminosäuren , die im Organismus benötigt werden , können nur 11 Aminosäuren aus körpereigenen Metaboliten synthetisiert werden . Die 9 essentiellen Aminosäuren , Leucin , Isoleucin , Valin , Methionin , Lysin , Threonin , Tryptophan , Phenylalanin und *Histidin* ( früher nur bei Kindern essentiell , heute auch bei Erwachsenen ) müssen mit der Nahrung aufgenommen werden . Die Begriffe essentiell und nichtessentiell werden in letzter Zeit immer mehr durch die Wörter entbehrlich und nichtentbehrlich ersetzt .

nicht-essentiell	essentiell (Minimalbedarf g/Tag <sup>+) </sup>	
Glycin	Valin	0,8
Alanin	Phenylalanin	1,1
Serin	Leucin	1,1
Cystein (abhängig von Methionin-Zufuhr)	Isoleucin	0,7
Glutamat, Glutamin	Threonin	0,5
Prolin	Tryptophan	0,25
Aspartat, Asparagin	Methionin	1,1
Arginin (für Säuglinge essentiell)	Lysin	0,8
Histidin (für Säuglinge essentiell)		
Tyrosin (abhängig von Phenylalanin-Zufuhr)	+)der empfohlene Bedarf beträgt das doppelte der angegebenen Menge	

Abb. 5 : Essentielle und Nichtessentielle Aminosäuren ( Weicker , 1994 , S . 171 )

## 2.5. Proteinverdauung

Die Proteinverdauung erfolgt unter Einfluss der von Magen und Pankreas sezernierten Peptidasen , wobei die Proteinmoleküle von Endopeptidasen in größere Bruchstücke ( Polypeptide ) und von Exopeptidasen in Aminosäuren aufgespalten werden . Die Aminosäuren werden vorwiegend im Jejunum resorbiert .Für die physiologischen L-Aminosäuren können 3 aktive Resorptionsmechanismen unterschieden werden . Eines dieser Transportsysteme befördert nur neutrale Aminosäuren und ein weiteres nur basische Aminosäuren in die Mukosazellen . Da im Dünndarmlumen immer Aminosäuregemische zur Resorption anliegen , können sich Aminosäuren gegenseitig an dem für sie zuständigen Transportsystem kompetitiv verdrängen . Hierdurch an der Resorption gehinderte Aminosäuren können mithilfe eines dritten Systems , das unter anderem Prolin und Hydroxyprolin transportiert , in die Mukosa aufgenommen werden .Entgegen der früheren Ansicht werden jedoch nicht nur Aminosäuren , sondern auch Oligopeptide , insbesondere Di- und Tripeptide , resorbiert und in der Mukosazelle von Peptidasen gespalten . Überempfindlichkeiten gegenüber Nahrungsbestandteilen ( Nahrungsmittelallergien ) , sprechen dafür , das auch größere immunologisch noch aktive Bruchstücke bzw. ganze Proteinmoleküle die Darmwand passieren können .Resorbierte Aminosäuren werden , soweit sie nicht der Eigensynthese von Proteinen dienen , abgebaut . Der Abbau kann durch Decarboxylierung , Transaminierung und oxidative Desaminierung erfolgen , wobei vorwiegend alpha-Ketosäuren , biogene Amine oder Ammoniak entstehen . Alpha-Ketosäuren werden in den Zitronensäurezyklus eingeschleust und dienen somit vorwiegend der Energiegewinnung . Biogene Amine dienen zum Teil als Vorstufen für Enzyme oder Hormone und Ammoniak wird im Harnstoffzyklus in Harnstoff umgewandelt und mit dem Urin ausgeschieden . ( Kasper , Ernährungsmedizin 2000 )

### 2.5.1. Aminosäure-Stoffwechsel

Im menschlichen Organismus kommen mehr als 50000 Proteine und Polypeptide vor . Der Proteinanteil am menschlichen Körper beträgt 15-20 % , wobei die Muskulatur ungefähr 30-40 % der Körpermasse ausmacht . Hier sind ca. 65-70 % der Körperproteine enthalten . Die über 2000 Enzyme des Organismus , die frei oder kompartimentgebunden vorkommen , bestehen neben ihren spezifischen prosthetischen Gruppen vorwiegend aus Proteinen , so das der Hauptanteil des Leberproteins z.B. durch seine zahlreichen Enzyme bedingt ist . Für die Aminosäurestoffwechsel ist es entscheidend , das zur Wahrung einer positiven Stickstoffbilanz etwa 20 % der proteinogenen Aminosäuren mit den Nahrungsproteinen zugeführt werden , um den Stickstoffverlust zu kompensieren . 80-90 % des Eiweißstickstoffes werden als Harnstoff über die Niere mit dem Urin , 5-10 % über den Darm im Stuhl und etwa 5 % über die Haut im Schweiß ausgeschieden .Die Resynthese der Körperproteine wird jedoch nur teilweise durch die Nahrung abgedeckt und beruht auf der Reutilisation von Aminosäuren , freigesetzt durch Proteinabbau von Enzymen , Muskel und Darmepithelien . Bei einem Muskelgewicht von 30 kg / 70 kg Körpergewicht werden bei einer Syntheserate von 300-400 g Protein/tag etwa 75 g/tag abgebaut . 50-60 g werden von der Darmmukosa in den Darm ausgeschieden und dort zum größten Teil reutilisiert und zum Wiederaufbau der Darmmukosa verwendet . Der Rest wird als Aminosäuren oder Oligopeptide rückresorbiert und zum Aufbau von Organeiweiß verwendet , nachdem er über die Pfortader zusammen mit dem aufgespaltetem Nahrungseiweiß zur Leber transportiert wurde . Die über den Blutweg in den Glomeruli der Niere filtrierte Aminosäuren werden in den Nierentubuli zum größten Teil rückresorbiert , so das es nur bei Transportdefekten der

Tubuluszellen oder einem überreichen Angebot von Aminosäuren ( zum Beispiel bei verstärktem Aminosäureabbau ) zu einer pathologischen Ausscheidung im Urin kommt . Diese Aminoacidurie ist für einige Krankheitsbilder wie z.B. exsudative Enteropathie oder spezielle tubuläre Nierenerkrankungen diagnostisch richtungsweisend ( Fanconi-Syndrom ) . ( Weicker ; Sportmed. 94 )

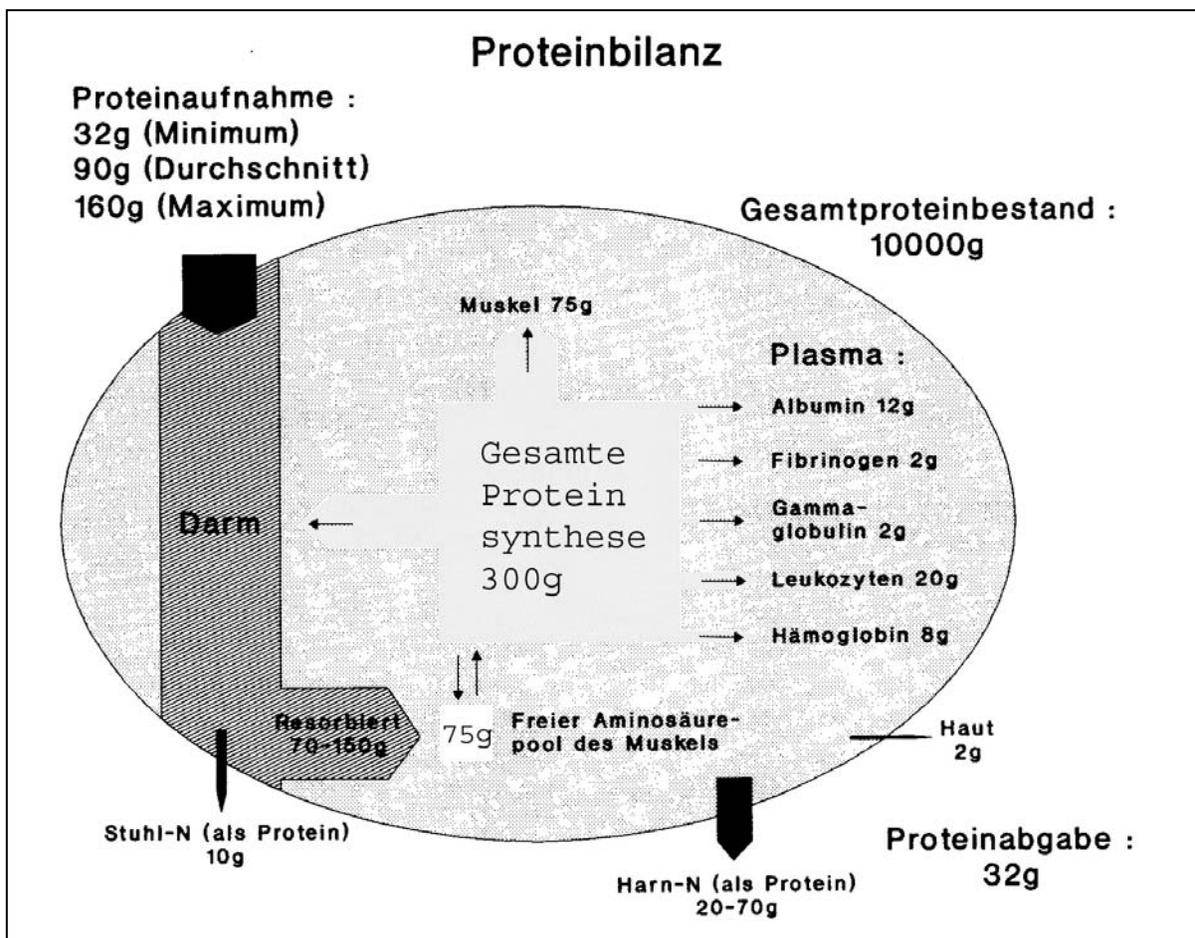


Abb. 6 : Proteinbilanz ( Weicker , 1994 , S . 179 )

### 2.5.2. Homöostase

Blut transportiert die Aminosäuren zwischen den Organen . Verschiedene Regelmechanismen sorgen dafür , das der unregelmäßige Zustrom durch die Nahrung ausgeglichen wird , so das ein gleichmäßiger Blutspiegel resultiert . Das zentrale Organ für die Regulierung ist die Leber. Der Proteinstoffwechsel wird durch die aktuelle Verfügbarkeit von Aminosäuren und durch hormonelle Regelsysteme gesteuert . Das Plasmaamino säuremuster zeigt keinerlei Proportionalität zum Muster der Aminosäuren in Nahrung oder Gewebe auf . Das hängt mit Unterschieden im Stoffwechsel und Transport der einzelnen Aminosäuren zusammen .Bereits bei Resorption wird der größte Teil von Glutaminsäure und Asparaginsäure metabolisiert , vor allem durch Transaminierung , so das im Portalblut nur wenig Dicarbonsäuren , statt dessen aber Glutamin , Asparagin und Glutathion erscheinen .Da sie die entsprechenden Transaminasen mit nur geringer Aktivität enthalten , gibt die Leber vor allem verzweigtkettige Aminosäuren ( Valin , Leucin , Isoleucin ) ab . Diese findet man hauptsächlich in Skelettmuskulatur , Herzmuskel ,Gehirn und Niere . Damit haben sie eine große Bedeutung für den Muskelstoffwechsel . In der postabsorbiven Phase findet man eine Nettofreisetzung von Aminosäuren aus der Muskulatur , an der Alanin und Glutamin mit 70

% den größten Anteil haben . Komplementär zur Freisetzung aus der Muskulatur nehmen die Leber und der obere Gastrointestinaltrakt Aminosäuren auf . Der Gastrointestinaltrakt nimmt Glutamin auf und setzt Alanin frei .Dieses Alanin trägt zu etwa 50% zur Alaninaufnahme der Leber bei . Der Rest stammt direkt aus der Muskulatur . Neben Alanin nimmt die Leber Glutamin aus der Muskulatur auf , außerdem Serin , Threonin , Glycin und andere glucoplastische Aminosäuren .

Durch Azidose wird eine Glutaminaufnahme der Leber gehemmt . Dafür nimmt die Niere es auf und verwendet sein Kohlenstoffskellet zur Gluconeogenese und die Aminogruppen zur Ausscheidung von Protonen in Form von Ammoniumionen .Weiterhin sind an der Regulation die Hormone Insulin und Glukagon beteiligt . Manche Aminosäuren ( vor allem Arginin und Leucin ) stimulieren die Insulinsekretion . Andere wie Glycin , Asparagin oder Cystein stimulieren die Glukagonsekretion . Insulin fördert die Aufnahme von Aminosäuren in die Muskulatur und damit die Muskelproteinsynthese . Glukagon dagegen fördert die Aufnahme in die Leber und stimuliert dort die Gluconeogenese . ( Biesalskie , Ernährungsmed. 99 )

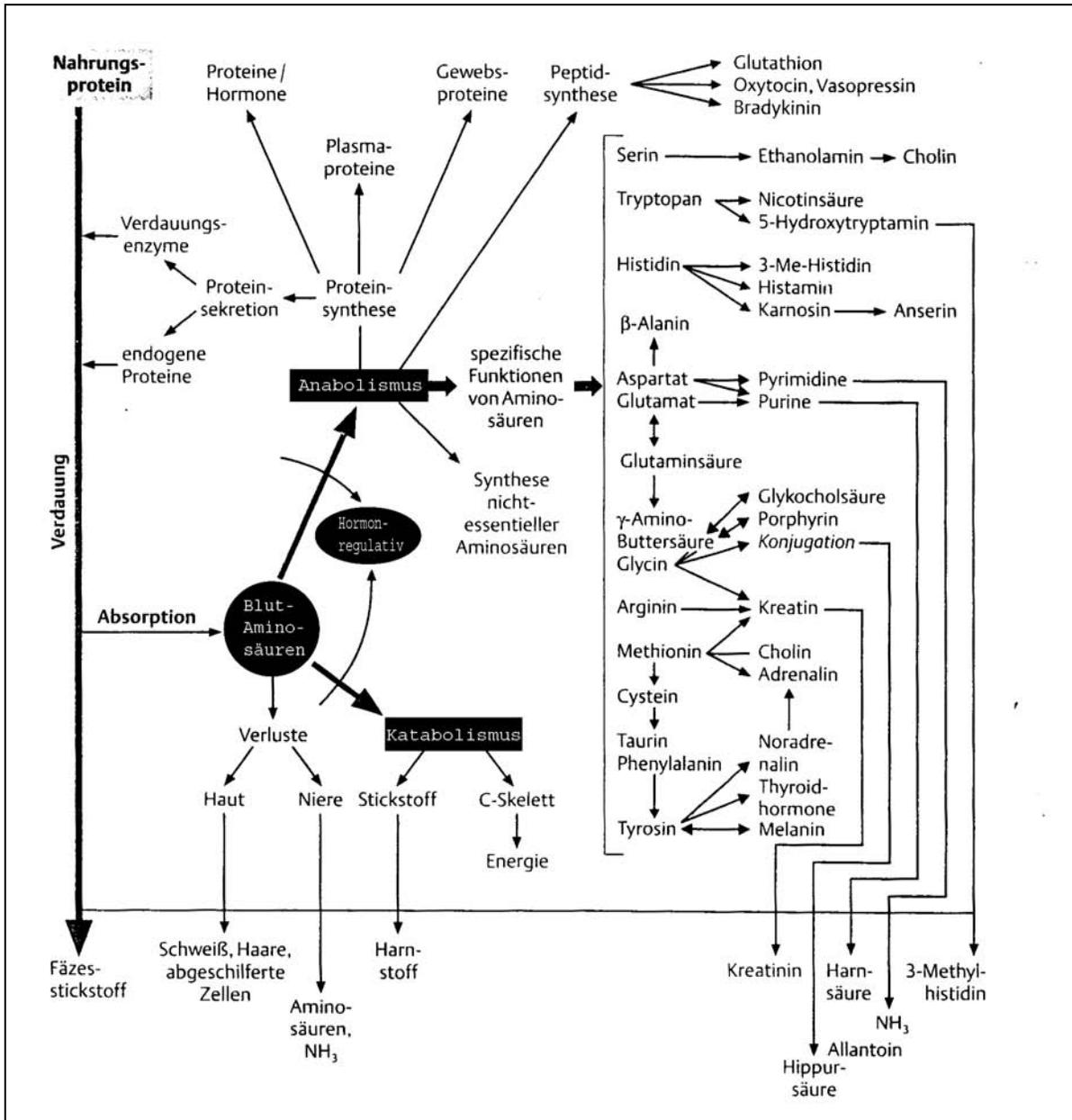
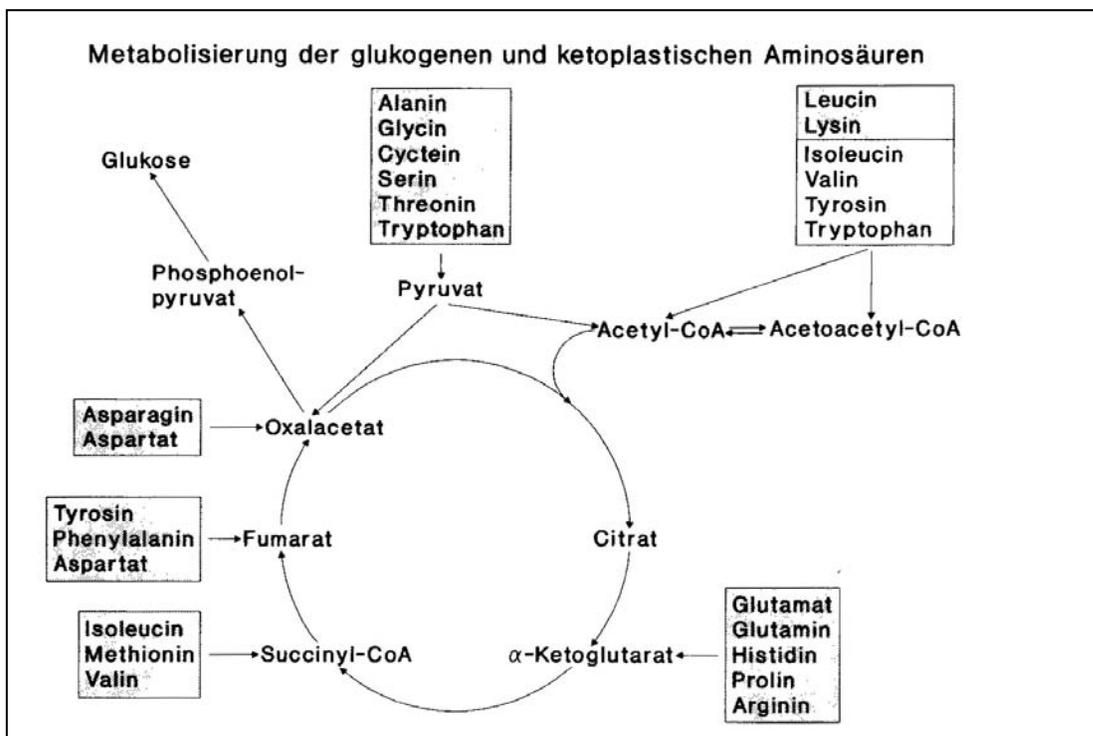


Abb.7 : Proteinstoffwechsel ( Biesalski , 1999 , S . 97 )

Die chemische Struktur der Seitenkette ist für die Funktion der Aminosäure im Protein, aber auch bei der Transformation zu biogenen Aminen wichtig, die zum Beispiel Ausgangssubstanzen für Hormone oder Co-Enzyme sein können. Für die Proteinsynthese ist es wichtig, ob die Aminosäuren aus körpereigenen Metaboliten des Kohlenhydrat- und Lipidstoffwechsels gebildet werden können, oder ob sie als essentielle Aminosäuren mit der Nahrung zugeführt werden müssen. Dabei wird in glukogene und ketoplastische Aminosäuren unterschieden. Die alpha-Ketosäuren der glukogenen Aminosäuren, z.B. Alanin und Serin, werden über die Gluconeogenese in der Leber oder Glycogensynthese in der Muskulatur herangezogen. Aus ketoplastischen Aminosäuren entsteht Acetyl-CoA, wie es bei Leucin und Lysin der Fall ist. In Abb. 8 sind diese Aminosäuren dargestellt, wobei zu erkennen ist, dass nur Leucin und Lysin obligat ketoplastisch sind, wogegen Isoleucin, Tryptophan, Phenylalanin und Tyrosin auch bei Bedarf zur Gluconeogenese herangezogen werden können.

( Weicker, Sportmedizin 94 )



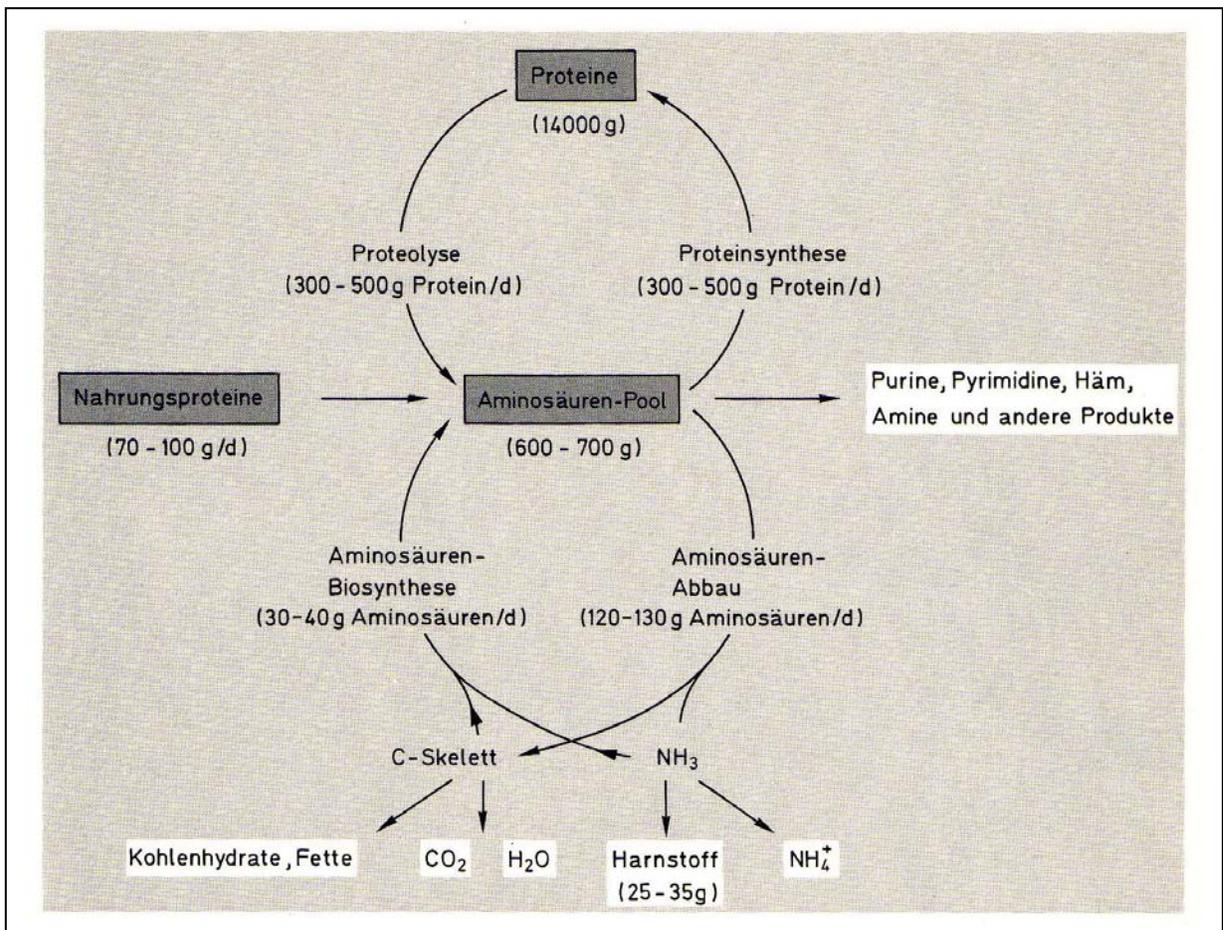
**Abb. 8 : Verwertung glukogener und ketoplastischer Aminosäuren**

( Weicker, Sportmedizin, 1994, S.182 )

### 2.5.3. Aminosäurenpool

Ein wichtiges Stichwort in der Diplomarbeit ist das Wort „Aminosäurenpool“. Im Körper gibt es zwei wesentliche Bereiche in denen Aminosäuren gespeichert werden. Zunächst wären hier das Leberprotein und als kurzfristige Reserve für ca. 24 Stunden und das Muskelprotein als Langzeitreserve zu nennen. Der andere Bereich kann keiner Stelle im Körper zugeordnet werden, er existiert in verschiedenen Körpergeweben. Der Aminosäurenpool erlaubt dem Körper eine augenblickliche Reaktion auf momentanen Bedarf. Dieser, im Vergleich zum Muskelprotein, sehr kleine Speicher, dient vorwiegend als

Lieferant für Proteinaufbau im Körper . Er wird durch Oxidation von Aminosäuren aus Abbauprozessen , sowie durch Aminosäuren aus der Nahrung ständig neu aufgefüllt .



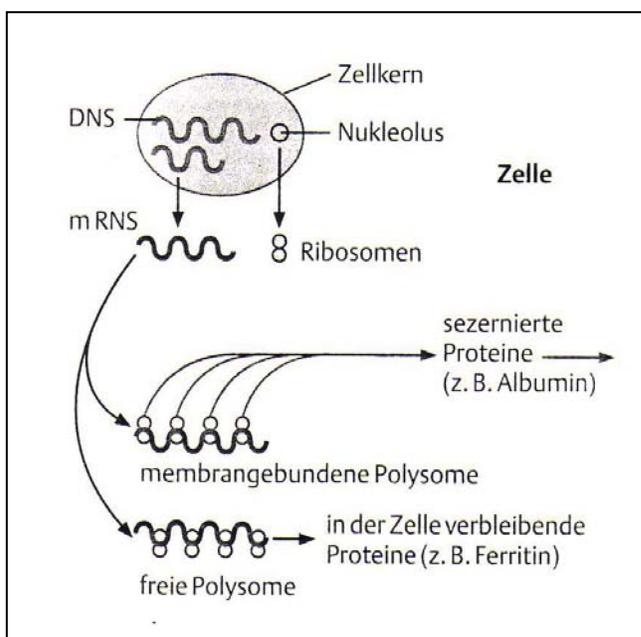
**Abb. 9 : Aminosäurenpool ( Karlson , Pathobiochemie , 1982 , S . 65 )**

Links sind die Zuflüsse , rechts die Abflüsse dargestellt . Die Mengenangaben gelten für einen gesunden Erwachsenen von 70 kg Körpergewicht . Unter den Zuflüssen stellt das Nahrungsprotein den geringsten Anteil . Die Biosynthese beschränkt sich auf die nichtessentiellen Aminosäuren , wobei Alanin und Glutamin mengenmäßig im Vordergrund stehen . Die Harnstoffbildung läuft nur in der Leber ab , die Bildung von  $\text{NH}_4$  hauptsächlich in der Niere . Zur Gluconeogenese aus Aminosäuren sind nur Leber und Niere befähigt , dagegen ist eine Energiegewinnung durch Oxidation des Kohlenstoffskeletts der Aminosäuren in den meisten Organen möglich .

#### 2.5.4. Abbau und Neuaufbau

In allen Organen des Körpers laufen Proteinaufbau und Abbau ununterbrochen ab , was als Proteinumsatz ( engl. Protein Turnover ) bezeichnet wird . Dieser Prozess stellt Aminosäuren für den Pool zur Verfügung und entnimmt sie ihm auch wieder . Ein vermehrter Aufbau ist meist auch mit einem erhöhten Abbau im entsprechenden Gewebe verbunden , allerdings wird im Vergleich mehr aufgebaut als abgebaut ( Waterlow J.C. 1984 ) . Die Zeitspannen , in denen verschiedene Gewebe des Körpers ihre Proteine auf- und abbauen , unterscheiden sich deutlich . So findet der Turnover in der Leber innerhalb von wenigen Stunden statt , während

er in der Skelletmuskulatur noch im Verlauf von Tagen nachweisbar ist ( Wagenmakers AJ . 1998 ) . Noch langsamer erfolgt der Proteinumsatz in Sehnen und Bändern , wo es Monate oder Jahre dauern kann , bis sich die Proteine erneuert haben . Die Information für die Aminosäurezusammensetzung eines Proteins ist in Form der Nukleotidsequenz in der Desoxyribonukleinsäure ( DNS ) gespeichert . Die genetische Information wird im Zellkern in Ribonukleinsäure ( RNS ) umschrieben . Die RNS dient als Bote und wird deswegen auch messenger oder mRNS genannt . Sie wird aus dem Zellkern ins Zytoplasma gebracht . Mehrere Ribosome binden hintereinander an die mRNS ( der Komplex wird Polysom genannt ) an und synthetisieren das Protein . Die für die Synthese benötigten Aminosäuren werden an spezifische transfer RNS ( tRNS ) gebunden und zu den Ribosomen gebracht . Mithilfe der tRNS werden die Ribosomen in der richtigen Reihenfolge miteinander verknüpft . Proteine die für den Export bestimmt sind ( wie Albumin ) , werden an membrangebundenen Polysomen synthetisiert und Proteine die in der Zelle verbleiben ( wie Ferritin ) an frei im Zytoplasma liegende Polysome . Der Prozess ist in Abb. 10 dargestellt . Die Proteinsynthese ist von der ausreichenden Versorgung mit Aminosäuren abhängig . Eine Störung der Synthese hängt meist von einem Mangel an spezifischen Aminoäuren ab . Die biologische Notwendigkeit für die ständige Neusynthese wird noch diskutiert ( P. Fürst , Ernährungsmedizin 1999 ) .



**Abb. 10 : Proteinsynthese ( Ernährungsmedizin , P . Fürst , 1999 , S . 101 )**

### 3. Proteinbedarf

Jahrzehntelang besteht nun schon die Frage ,ob Sportler einen erhöhten Proteinbedarf gegenüber Nichtsportlern haben . Sportler ( insbesondere Kraftsportler ) neigen dazu , sich einen höheren Bedarf einzuräumen , da sie dies von ihren älteren Trainern so übernommen haben , oder einfach eine Ausrede für ihre Vorliebe zum Steak brauchen . Die Ernährungsexperten waren in den letzten Jahren eher der Meinung , der Bedarf wäre kaum erhöht . Die Ernährung von Verletzten oder Kranken wird hinsichtlich des Proteinbedarfs stark diskutiert . Zur Klärung dieser Problemstellung gibt es mehrere Aspekte .

### 3.1. Stickstoffbilanz

Wie bereits in Punkt 2.5.1 angeschnitten, werden im Körper ununterbrochen Proteine abgebaut und wieder neu aufgebaut. Hierbei wird der aus dem Abbau resultierende Stickstoff in Form von Harnstoff, Kreatinin oder anderen Substanzen ausgeschieden. Bei üblicher Proteinzufuhr gehen aber nur ca. 4% des Gesamtproteinumsatzes ( etwa 12 g pro tag ) verloren ( Waterlow, Metabolic Adaption 1986 ). Diese Verluste sind nur mit großem Aufwand zu bestimmen, deswegen werden oft Schätzwerte für Stickstoffverluste benutzt ( Groff J.L., Grooper SS – Advanced Nutrition 1995 ). Die sogenannte Stickstoffbilanz vergleicht die Menge der Stickstoffzufuhr mit dem Stickstoffverlust über die genannten Wege. Wenn eine Person im Verhältnis mehr Stickstoff zuführt als sie verliert, spricht man von einer positiven Stickstoffbilanz, was einem vermehrten Aufbau von Körperprotein entspricht. Eine negative Stickstoffbilanz wird mit dem Verlust von Körperprotein gleichgesetzt. Zufuhr und Verlust sollten in einem Gleichgewicht sein. Da der Abbau von Aminosäuren die Hauptquelle für einen Stickstoffverlust ist, kann die Stickstoffausscheidung als gutes Maß für den Aminosäurenkatabolismus dienen. Auf diesem Wege kann allerdings nicht der genaue Ort im Körper bestimmt werden, aus dem die Aminosäure abgebaut wurde. Die Technik der Stickstoffbilanz wurde häufig kritisiert. In „ Biesalskie – Ernährungsmedizin “ werden folgende Gründe aufgezählt:

- Stickstoffverluste auf anderem Wege wie Urin können pro tag 10 – 20 mg/Kg oder ca. 0,7 – 1.4 g Stickstoff bei einem 70 Kg schweren Menschen ausmachen. Diese Verluste sollten bei der Bewertung berücksichtigt werden.
- Die Stickstoffretention durch Nicht-Protein-Stickstoff kann zu Berechnungsfehlern führen.
- Da sich Harnstoff im Gesamtkörperwasser verteilt, kann es, bei Zufuhr großer Proteinmengen oder wenn sich die Nierenfunktion ändert, notwendig sein, bei Berechnung der Bilanz die Änderung des Ganzkörperharnstoffpools zu berücksichtigen.
- Da in Extremfällen der Malnutrition die Zusammensetzung der Lean body mass ( fettfreie Körpermasse ) nicht konstant bleibt, sollte man bei Menschen mit schwerem Erschöpfungszustand ( Depletion ) besondere Vorsicht walten lassen.
- In Klinikbetrieben herrschen oft Schwierigkeiten beim Korrekten Sammeln von Urin und Fäzes. Bei Operierten müssen Drainageexsudate und Magensaft gesammelt werden. Es kann nicht deutlich genug hervorgehoben werden, dass sich Fehler bei der Bestimmung der Stickstoffretention summieren, da die Aufnahme gewöhnlich unterschätzt wird.

Die Stickstoffbilanz wird darüber hinaus ganz wesentlich von der Gesamtkalorienzufuhr beeinflusst ( Groff, Grooper '95 ). Ein Mensch, der fastet, wird mehr Stickstoff verlieren, als jemand, der statt Protein reichlich Kohlenhydrate zuführt. Bei Kalorienüberschuss kommt es eher zu einer positiven Stickstoffbilanz als bei Defizit. Sportler, die sehr viel Eiweiß aufnehmen, scheiden außerdem auch mehr Stickstoff aus ( Waterlow J.C., 1985 ).

In Anbetracht dieser Fakten, sind Werbungen für Proteinpräparate, die sich auf Tests der Stickstoffbilanz von Sportlern berufen, kritisch zu betrachten.

### 3.2. Proteingrundbedarf

Der Proteinbedarf des Menschen wird normalerweise als die Menge des täglichen Nahrungsproteins bezeichnet, die notwendig ist, um die anfallenden Verluste auszugleichen und eine positive Stickstoffbilanz zu garantieren. Um diese Menge möglichst genau zu bestimmen, wird einer Person, die sich proteinfrei ernährt, die Stickstoffausscheidung im Urin und im Fäzes gemessen. Da in diesem Fall keine Stickstoffzufuhr erfolgt, muss die

gesamte Menge an ausgeschiedenem Stickstoff aus dem Abbau körpereigenen Proteins stammen . Dabei muss jedoch , wie gesagt , darauf geachtet werden , das dem Körper genügend Energie sowie ausreichend Kohlenhydrate zugeführt werden , damit die Messergebnisse nicht verfälscht werden . Der Stickstoffbedarf wird allgemein auf 50-60 mg/kg Körpergewicht geschätzt ( Waterlow 86 oder National Research Council 89 ) . Daher braucht ein 100 kg schwerer Mann etwa 56 g Stickstoff täglich , selbst im Ruhezustand . Da Nahrungseiweiß ungefähr zu 16 % aus Stickstoff besteht , sind dies ungefähr 33 g Eiweiß täglich , um Verluste abzudecken .

Von offizieller Seite ( D.A.CH.- Gesellschaft ) wird eine Proteinzufuhr von 0,8 g pro tag und kg Körpergewicht gefordert . ( D.A.CH. : Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr 2000 ) . Dies ist eine Standardempfehlung , mit der genügend Protein für den Großteil der Bevölkerung bereitgestellt werden soll . Sowohl in Deutschland ( nach Angaben der Deutschen Gesellschaft für Ernährung ) als auch in den USA ( nach National Research Council ) , führen die Menschen deutlich mehr als die doppelte Menge zu . Dies liegt an der hauptsächlich aus tierischen Produkten bestehenden Ernährungsweise . Die Versorgung des Normalbürgers ist demnach als völlig ausreichend zu betrachten .

Über den genauen Bedarf an essentiellen Aminosäuren herrscht immer noch Uneinigkeit . Hier muss der Bedarf nach verschiedenen Lebensabschnitten unterteilt werden ( Young V , Protein Evaluation 1990 ; Millward J , .. amino acid requirements 1994 ) . Studien aus verschiedenen Ländern kamen zu ähnlichen Mittelwerten . Die Tabelle in Abb. 11 zeigt deutlich , das der Bedarf an Protein und Aminosäuren auf das Körpergewicht bezogen deutlich abfällt . Je älter die Menschen werden , desto weniger Aminosäuren benötigen sie . Der Bedarf an essentiellen Aminosäuren nimmt insgesamt sogar noch mehr ab . Dies verdeutlicht einmal mehr , das es sehr wohl möglich ist , den Konsum von tierischem Protein einzuschränken .

Bedarf an	Kleinkinder (Holt)	Kinder 10-12 Jahre (Nakagawa)	Erwachsene Männer (Rose)	Erwachsene Männer (Inoue)	Erwachsene Frauen (Hegsted)
Histidin	(25)	-	-	-	-
Isoleucin	111	28	10	11	10
Leucin	153	49	11	14	13
Lysin	96	59	9	12	10
Methionin und Cystin	*50	27	14	11	13
Phenylalanin und Thyrosin	*90	27	14	14	13
Threonin	66	34	6	6	7
Tryptophan	19	4	3	3	3
Valin	95	33	14	14	11
Gesamt (ohne Histidin)	680	261	81	87	80

**Abb. 11 : Bedarf essentieller Aminosäuren verschiedener Altersgruppen ( Biesalski , Ernährungsmed. , S 107 )**

### **3.3. Bedarf bei Sport**

Sowie der Bedarf in verschiedenen Lebensaltern verschieden ist , kann er auch für Sportler unterschiedlich sein . Auch die DGE räumt mittlerweile ein , das der Bedarf bei Sportlern zu dem Bedarf eines Nichtsportlers differieren kann . Ebenso zeigen mehrere Studien , das körperliche Aktivität den Proteinbedarf erhöht ( Lemon , Tarnopolsky in J App Physiol 1992 ) . Während eines Ausdauertrainings werden z.B. nach der Entleerung der Glykogenspeicher vermehrt Aminosäuren zur Energiegewinnung herangezogen . Dies kann bei mehrstündiger Belastung bis zu 10 % der Gesamtenergie ausmachen ( Lemon PR , J Appl Physio 1980 ) . Nach mehreren Studien die Dr. Peter Lemon in den USA durchgeführt hat , ergab sich ein Proteinbedarf von täglich 1,2-1,4 g pro kg Körpergewicht bei Ausdauersportlern und 1,7-1,8 g pro kg Körpergewicht bei Kraftsportlern . Auf die genauen Stoffwechselfvorgänge soll in späteren Kapiteln eingegangen werden .

### **3.4. Bedarf bei Krankheit**

Bei Infekten oder konsumierenden Erkrankungen wie HIV und Krebs werden vermehrt weiße Blutkörperchen und Antikörper benötigt . Auch die Synthese verschiedener Botenstoffe steigert den Bedarf weiterhin , so das bei ungenügender Zufuhr ein Abbau von Muskelgewebe passieren kann . Die gleiche Situation liegt nach Operationen oder großflächigen Brandverletzungen vor . In diesen katabolen Stoffwechselsituationen benötigt der Körper alleine schon für die Neubildung von Körpergewebe und Wundheilung vermehrt Aminosäuren . Bei größeren Eingriffen , wie Herzoperationen , kann ein Mangel an Aminosäuren bis hin zu einem Delirium führen ( Van der Mast RC , J Neuropsychiatry Clin Neurosci 2000 ) . Bei Nierentransplantationen wird wegen des erhöhten Proteinabbaus der Aminosäurezufuhr große Aufmerksamkeit geschenkt . Für eine positive Stickstoffbilanz werden täglich 1,5-2,0 g Protein pro kg Körpergewicht empfohlen . Zusätzlich wird Glutamin in Höhe von 0,3-0,5 g pro kg Körpergewicht verabreicht ( Kuhlmann MK , Catabolism and retention 2000 ) . Die besondere Rolle von Glutamin soll später beleuchtet werden . Eine Studie über die Proteinversorgung älterer Patienten im Krankenhaus zeigte Mängel in der Versorgung auf : Anhand einer Abnahme der Geschmackszellen in der Mundschleimhaut wiesen 26,6 % der Männer und 37 % der Frauen Proteinmängel auf . Ein deutlicher Unterschied zu einer Kontrollgruppe , die sich Zuhause befand . Hier wurden lediglich bei 13,3 % der Männer und 5,6 % der Frauen vergleichbare Mängel aufgezeigt ( Böhmer T , Age Ageing 2000 ) .

## **4. Methoden zur Bestimmung von Proteinqualität**

Hersteller von Sportnahrungsmitteln behaupten immer , ihre eigenen Proteinpulver würden qualitativ hochwertigeres Protein enthalten , als die der Konkurrenz . Die Qualität wird meist darauf bezogen , wie gut ein zugeführtes Protein in körpereigenes Protein umgewandelt werden kann . Es geht darum , ob der Gehalt an essentiellen Aminosäuren optimal auf den menschlichen Körper abgestimmt ist . Es existieren zahlreiche Verfahren zur Bestimmung der Qualität . Dadurch wird den Herstellern von Pulvern ein Freiraum eingeräumt , die Ergebnisse eines Tests in ein günstiges Licht zu rücken . So kann ein Volleiprodukt gegenüber einem Caseinprodukt der Testsieger sein und in einem anderen Verfahren das Caseinprodukt . Außerdem muss eigentlich der Konsument und seine individuellen Bedürfnisse mit in die Empfehlung einbezogen werden . Leistungssportler können von ihrem Bedarf nicht mit körperlich inaktiven oder kranken Personen gleichgesetzt werden . Da die Bestimmung für den individuellen Bedarf somit sehr schwer ist , muss die Frage erst einmal lauten , welches

Verfahren zur Bestimmung der Proteinqualität für den menschlichen Körper am besten wäre . Nachfolgend werden die am Häufigsten in wissenschaftlichen Studien benutzten Verfahren genauer beleuchtet .( Nach Reuss und genannten Studien ) .

#### **4.1. Chemical Score ( CS )**

Bei dieser Meßmethode werden die Proteine nach dem Gehalt an essentiellen Aminosäuren bewertet . Dazu wurde das Vollei als Referenzprotein bestimmt und andere damit verglichen . Die Festlegung setzt allerdings voraus , dass das Vollei für den Menschen in seiner Aminosäurezusammensetzung ideal sei . Wissenschaftler kritisierten aber genau dies und schlugen andere Aminosäurespektren als Referenz vor ( Report of a joint FAO/WHO/UN !985 ) . Daraus entstand eine weltweite Diskussion . Der CS ist ein relativer und kein absoluter Wert . Daher können sich bei dieser Methode Werte über 100 ergeben . Wenn z.B. 5g des Referenzproteins 800mg einer bestimmten Aminosäure enthielten , und 5g eines Testproteins 1000mg , so wäre der CS für diese Aminosäure im Testprotein 125 . In der Vergangenheit wurde eine solche Zahl von einigen Herstellern schon als Biologische Wertigkeit ( siehe 4.2. ) angegeben , welcher eine ganz andere Meßmethode zugrunde liegt . Genauer wäre es , wenn man das Prinzip der limitierenden ( begrenzenden ) Aminosäure anwenden würde . Das ist die Aminosäure , die im Protein im Verhältnis zum Bedarf in der geringsten Menge vorkommt . Reisprotein enthält z.B. relativ wenig Lysin . Selbst wenn andere Aminosäuren im Überschuss vorkommen , kann der Körper durch die limitierende Aminosäure Lysin nur eine begrenzte Menge dieses Proteins verwerten . Durch gezieltes Zufügen der limitierenden Aminosäure aus anderen Lebensmitteln kann die Proteinqualität gezielt gesteigert werden . Ein entscheidender Nachteil des CS ist auf jeden Fall , das er die Verdaulichkeit eines Proteins nicht berücksichtigt . Nahrungsproteine werden im Körper unterschiedlich gut verdaut . Dies wird mittels Stickstoffausscheidung im Stuhl gemessen . So hat z.B. ein Vollei eine Verdaulichkeit von 97 % , Fleisch und Fisch 94 % oder Sojabohnen 78 % ( National Research Council , 1989 ) . Weiterhin ist umstritten , ob die Aminosäurezusammensetzung des Volleis für den Menschen tatsächlich als ideal herangezogen werden kann .

#### **4.2. Biologische Wertigkeit ( BW )**

Bei dieser Meßmethode wird ein Proband erst Proteinfrei ernährt , um die Basis seiner Stickstoffverluste zu ermitteln . Dann wird schrittweise die Zufuhr erhöht und gleichzeitig die Stickstoffbalance ermittelt . So sieht man die minimale Proteinmenge , bei der ein Ausgleich erreicht werden kann ( Pellett PL , United Nations University , 1980 ) . Hierbei wird also im Gegenteil zur CS die Ermittlung am Menschen durchgeführt und die Verdaulichkeit einbezogen . Die minimale Zufuhr zur Erreichung eines Stickstoffgleichgewichts verschiedener Eiweiße wurde hierbei zusammenfassend verglichen und das Vollei willkürlich als Referenzprotein gewählt . Es erhielt eine BW von 100 . Alle anderen wurden daran verglichen . Wenn 0,4g Volleiprotein pro kg Körpergewicht nötig waren um eine ausgeglichene Stickstoffbilanz zu erzielen und bei einem anderen Protein 0,8g , so erhielt das andere Protein die BW von 50 zugeteilt . Dabei muss bedacht werden , das der Wert 100 keine 100%ige Umsetzung im Körper anzeigt . Die tatsächliche Menge an körpereigenem Protein , die tatsächlich aus dem Volleiprotein hergestellt werden kann , liegt in der Realität deutlich unter 100% . Durch geschicktes Kombinieren von verschiedenen Proteinen ( Abb. : 12 ) ließ sich schon eine BW von 136 erreichen . Nach deutschem Recht ist die Werbung mit einer BW von über 140 irreführend im Sinne des § 17 des Lebensmittelrechts . Angaben wie z.B. eine BW von 158 beziehen sich wahrscheinlich auf die Meßmethode der CS und sind glatter Betrug . Neben den bereits erwähnten Problemen der Stickstoffbilanzermittlung weisen

Pellett und Young in einer Studie auf ein weiteres Problem hin : Die BW einer Eiweißquelle wird mit zunehmender Gesamtproteinzufuhr immer niedriger . Normalerweise wird die BW mit der minimal notwendigen Menge bestimmt . Wenn zum Beispiel Kraftsportler nun deutlich mehr Protein zuführen , sinkt die BW ab .So hat Milchprotein bei einer Zufuhr von 0,2g pro kg Körpergewicht eine BW nahe 100 . Bei Zufuhr von 0,5g/kg Körpergewicht nur BW 80 . Nach Pellett und Young wird Protein bei suboptimaler Zufuhr vom Körper effizienter verwertet als bei einer zur Erhaltung des Stickstoffgleichgewichtes notwendigen Menge . Deswegen wird ihrer Meinung nach die BW als Maßstab für die Proteinqualität überschätzt ( Pellett PR , Young VR , Nutritional evaluation of protein foods , United Nations University 1980 ) .

<b>Biologische Wertigkeit von Proteinkombinationen</b>	
<b>Mengenverhältnis (Eiweißprozent)</b>	<b>Biologische Wertigkeit</b>
36 % Vollei, 64 % Kartoffel	136
70 % Laktalbumin, 30 % Kartoffel	134
75 % Milch, 25 % Weizenmehl	125
60 % Vollei, 40 % Soja	124
68 % Vollei, 32 % Weizenmehl	123
76 % Vollei, 24 % Milch	119
51 % Milch, 49 % Kartoffel	114
88 % Vollei, 12 % Mais	114
78 % Rindfleisch, 22 % Kartoffel	114
35 % Vollei, 65 % Bohnen	109
52 % Bohnen, 48 % Mais	99
84 % Rindfleisch, 16 % Gelatine	98

Werte entnommen: Pellett PL, Young VR. Nutritional evaluation of protein foods. United Nations University, 1980.

Abb 12 : BW von kombinierten Lebensmitteln ( Reuss , Proteinreiche Kraftsportnahrung )

#### 4.3. Net Protein Utilization ( NPU )

Diese Methode vernachlässigt die Verdaulichkeit eines Proteins und ist ansonsten mit der BW identisch . Sie bedeutet soviel wie „ Netto-Proteinverwertung “ . Die NPU gibt an , wie effizient die aufgenommenen Proteine in körpereigenes Eiweiß umgewandelt werden . Da die Verdaulichkeit nie 100% beträgt , liegt die NPU immer niedriger als der BW .

#### 4.4. Protein Efficiency Ratio ( PER )

Diese Meßmethode wurde 1995 in einer Veröffentlichung von Groff und Gropper verwendet ( Advanced nutrition and human metabolism ) und wird selten benutzt .Hier wird die Menge an Gewichtszunahme in g in Verhältnis zur aufgenommenen Proteinmenge in g gesetzt . Damit

würde eine PER von 2.5 einer Gewichtszunahme von 2,5g pro 1g Protein in der Nahrung entsprechen . Da eine genaue Gewichtszunahme beim Menschen nahezu unmöglich zu messen ist , beziehen sich die Werte auf Messergebnisse aus Tierversuchen . Eine ergänzende Studie von Hernandes wies nach , das eine Kombination aus 30% tierischem und 70% pflanzlichem Protein eine Erhöhung der PER zur Folge hatte , als einzelne Zufuhr der Proteine . Der Nutzen dieser Meßmethode für den Menschen ist allerdings sehr umstritten .

#### **4.5. Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score ( PDCAAS )**

Nach einem Report der FAO/WHO von 1990 ist diese Methode die Beste , um den Bedarf des Menschen einzustufen . Auch hier wird mit einem Referenzprotein verglichen . Hier wird allerdings der Aminosäurebedarf von 2-5 jährigen Kindern als Aminosäurespektrum auch für Erwachsene herangezogen . Auch hier wird die Verdaulichkeit miteinbezogen . Pflanzenprotein erscheint nach dieser Methode oft in einem günstigeren Licht als bei anderen Meßmethoden , so zum Beispiel Sojaweiß ( Young , Pellett : Plant protein in relation to human protein 1994 ) . Da Erwachsene aber in bestimmten Situationen ( z.B. Genesende oder Kraftsportler ) einen anderen Aminosäurebedarf haben ( BCAA , Arginin , Glutamin ) , stellt sich wiederum die Frage der Zuverlässigkeit .

#### **4.6. Fazit**

Alle Methoden weisen Schwachpunkte auf . Bei einigen wird lediglich die Wachstumsrate oder die Stickstoffbilanz herangezogen , was nichts über den Aufbau in bestimmten Organen ( z.B. gezieltes Muskelwachstum ) aussagt , sondern nur die Gesamtkörpersituation . Andere Verfahren untersuchen nur die Aminosäurezusammensetzung und vergleichen mit dem Referenzprotein . Bei der Bestimmung der exakten Bedarfszahl von Aminosäuren für den Menschen ist sich die Wissenschaft aber noch nicht einig . Für Sportler sind die Verfahren eher unbefriedigend , da sie sich auf Tests mit Kindern , Tieren oder inaktiven Erwachsenen beziehen . Der Konsument von Proteinprodukten muss sich bewusst sein , das die Werbeaussagen des Herstellers aufgrund dieser Sachlage schwer zu belegen sind .

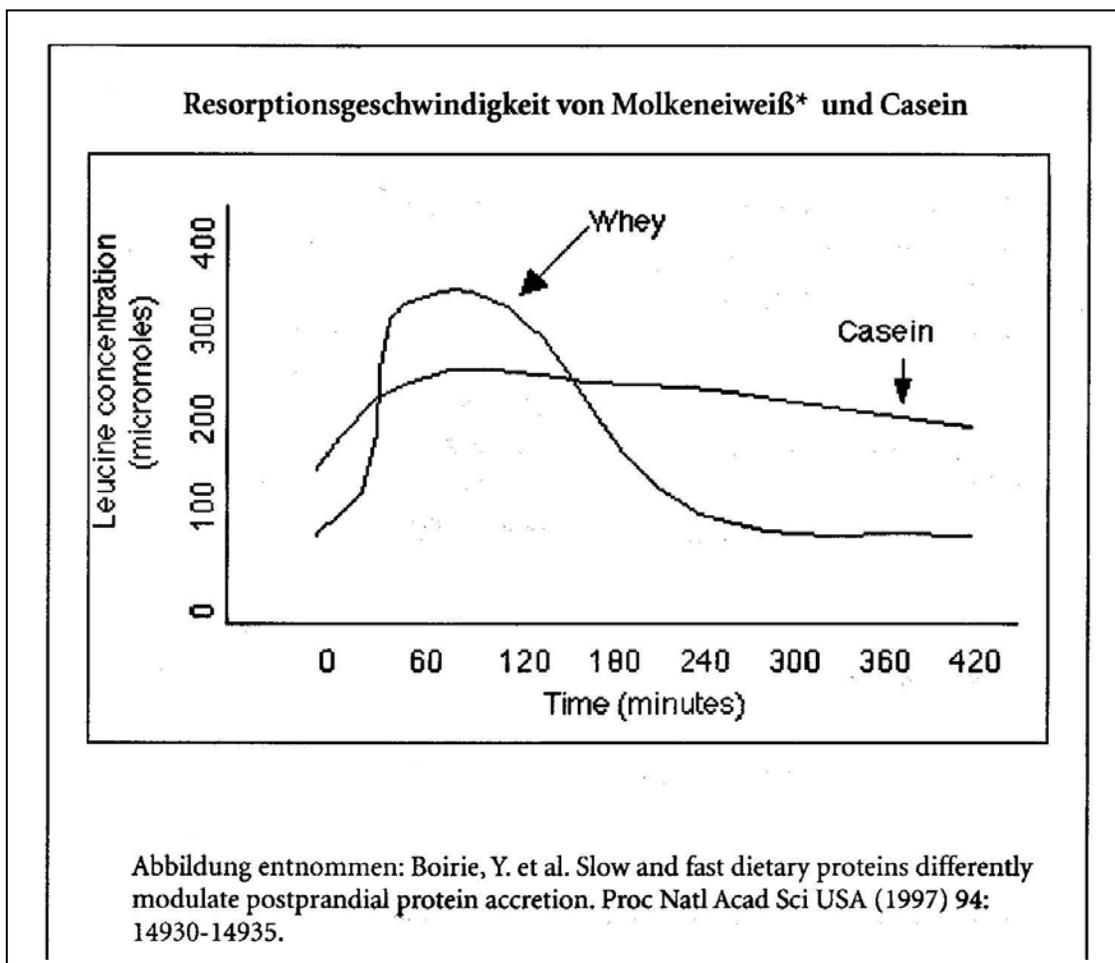
### **5. Proteinpräparate**

Dieses Kapitel soll nun die unterschiedlichen Proteinpräparate mit ihren Besonderheiten , und den Nutzen den Sportler daraus ziehen können , beschreiben . Das im Blut messbare Aminosäurespektrum , resultiert aus verschiedenen Darreichungsformen von Protein . Für den Sportler ist hier meistens die Verdauungsgeschwindigkeit das Wichtigste , aber auch andere Aspekte spielen eine Rolle .

#### **5.1. Casein und Molkenprotein**

„ Das Ausgangsprodukt ist nicht irgendein Protein , sondern biologisch hochwertiges Whey ( Molken ) Protein ! “ . Dies ist ein Auszug eines Werbeblattes für ein Proteinpräparat . Tatsächlich ist das sogenannte Molkenprotein teil des Kuhmilchproteins . Es macht mit ca. 20% den kleineren Teil des Milchproteins aus , wogegen das Casein mit ca. 80% den Hauptanteil stellt . Die meisten Werbeslogans beruhen auf einer Studie von Boirie ( Slow and fast dietary proteins .. ) , in der Casein und Whey ( Molkenprotein ) verglichen wurden . Hierbei bekamen gesunde Probanden mit einer normalen Proteinzufuhr ( 16% der Gesamtkalorien ) nach einer 10-stündigen Fastenperiode 30g Casein bzw. 30g Molkenprotein . Dann wurde über mehrere Stunden der Leuzinspiegel im Blut gemessen . Diese Aminosäure stand stellvertretend für alle anderen . Bei der Gabe von Molkenprotein wurde die höchste

Leucinkonzentration eine Stunde später gemessen . Nach vier Stunden war der Ausgangswert allerdings wieder erreicht . Im Gegensatz kam es bei Gabe von Casein zu einem deutlich verzögerten Anstieg des Leucinspiegels . Die Konzentration war zwar auch nach einer Stunde an ihrem Höhepunkt , dabei aber deutlich niedriger und über ca . 7 Stunden konstant . ( siehe Abb . 13 ) . Außerdem ergab die Studie , das Molkenprotein die Proteinsynthese im Körper insgesamt stimuliert . Der Proteinabbau blieb unbeeinflusst . Casein zeigte dagegen geringere Effekte hinsichtlich des Proteinaufbaus , jedoch wurde hier der Proteinabbau im Körper gebremst . Durch Verzehr von Casein konnte insgesamt eine größere Menge Körperprotein aufgebaut werden .



### Abb.13 : Casein und Molkenprotein

Aus diesen Ergebnissen lassen sich für Sportler mehrere Schlüsse ziehen . Molkenprotein stimuliert eher den Proteinaufbau , wogegen Casein den Abbau hemmt . Da aber der Gewebeaufbau bei Casein höher lag , lässt sich daraus schließen , das die langsame Resorptionsgeschwindigkeit für den Körper besser ist . Daraus resultiert eine unterschiedliche Einteilung in Bedarfsphasen des Sportlers . Molkenprotein sollte direkt nach einem harten , längeren Training eingenommen werden , damit der Körper eventuelle Defizite schnell ausgleichen kann . Casein , als das langsamere Protein , sollte eher vor dem Zubettgehen eingenommen werden , um die Nachtruhe als Aufbauphase nutzen zu können . Die langsame Resorption sorgt hier für einen kontinuierlichen Einstrom von Aminosäuren ins Blut .

Die vermutete muskelaufbauende Wirkung von Casein wurde auch in einer weiteren Studie ( Demling , Effect of hypocaloric diet .. , Ann Nutr Metab 44 , 2000 ) mit übergewichtigen Polizisten bestätigt . Es kam auch hier bei Verabreichung von Casein zu höheren Kraft- und

Muskelzuwachsen , als bei Gabe von Molkenprotein . Darüber hinaus viel sogar der Fettabbau höher aus .

### 5.1.1. Verschiedene Erscheinungsformen

Molken- und Caseinprotein kann aus unterschiedlichen Quellen gewonnen werden . Molkenprotein ( englisch „ Whey “) wird im Deutschen auch Laktalbumin genannt . Es wird durch Ultrafiltration gewonnen . Ein Proteinpulver auf Laktalbuminbasis heißt **Molkenproteinkonzentrat** . Die andere gängige Form ist das **Hydrolysat** . Hier sind die Peptidketten schon durch Säure oder Enzyme aufgetrennt , wodurch die Resorptionsgeschwindigkeit erhöht ist . Je kleiner das Molekulargewicht der Peptidketten ist , desto besser ist die Resorption . Hochwertige Produkte haben Bestandteile von Tripeptiden mit einem Molekulargewicht von unter 500 Dalton . Sie können in weniger als 30 min aufgenommen werden . Als dritte Fraktion gibt es das sogenannte **Isolat** . Es wird mittels Ionenaustauschverfahren gewonnen . Es soll undenaturierte Proteinfractionen enthalten ( Laktoglobulin , Glykomakropeptide , Peptone ) und dadurch das Immunsystem unterstützen . Außerdem soll durch dieses Verfahren die BW erhöht werden . Nach dem Diplomchemiker Friedrich Reuss ist dies allerdings wissenschaftlich nicht nachgewiesen . Pures Casein als Nahrungsergänzung ist unüblich . Milchproteinpräparate haben meistens ca. 80% Casein . Es gibt allerdings auch sehr viele natürliche Produkte , die genügend Casein enthalten . Alle Lebensmittel aus Kuhmilch ( z.B. Käse , Quark , Joghurt ) sind hier gute Alternativen .

Casein in Lebensmitteln				
100g Lebensmittel	Kohlenhydrate	Fett	Protein-gehalt	davon Casein
Kuhmilch 3,5 % Fett	4,55 g	3,57 g	3,34 g	2,66 g*
Kuhmilch 1,5-1,8 % Fett	4,57 g	1,60 g	3,35 g	2,71 g*
Kondensmilch 7,5 % Fett	9,19 g	7,57 g	6,49 g	5,18 g*
Kondensmilch 10 % Fett	12,54 g	10,10 g	8,76 g	6,99 g*
Quark mager	3,20 g	0,25 g	13,50 g	12,15 g**
Quark 20 % Fett i.Tr.	2,70 g	5,10 g	12,50 g	11,25 g**
Hüttenkäse	3,30 g	4,30 g	12,30 g	12,30 g **
Frischkäse 50 % Fett i.Tr.	0,53 g	18,10 g	17,00 g	17,00 g **
Brie 50 % Fett i.Tr.	0,10 g	27,90 g	22,60 g	22,60 g **
Edamer 30 % Fett i.Tr.	-	16,20 g	26,40 g	26,40 g **
Gouda 45 % Fett i.Tr.	-	29,20 g	25,50 g	25,50 g **
Mozarella	-	16,10 g	19,90 g	19,90 g **
Parmesan	0,06 g	25,80 g	35,60 g	35,60 g **
Ricotta	0,33 g	15,00 g	9,50 g	9,50 g **

i.Tr. = Fettgehalt in Trockenmasse (nach Abzug des Wassergehalts),  
 \* geschätzte Werte; Caseingehalt errechnet als 80 % des Gesamtproteins  
 \*\*geschätzte Werte; der prozentuale Caseinanteil für Quark liegt bei etwa 90 % und für Käse bei fast 100 %  
 Werte entnommen: Souci SW, Fachmann W, Kraut H. Die Zusammensetzung der Lebensmittel, Nährwert-Tabellen. 5. Auflage 1994, Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart 1994.

Abb 14 : Caseingehalt von Lebensmitteln ( Reuss , Proteinreiche Kraftsportnahrung )

### 5.1.2. Fazit

Vorrausgesetzt es handelt sich bei dem Konsumenten um einen Sportler mit hohem Bedarf durch mehrere Trainingseinheiten wöchentlich, haben diese Milchproteindrinks unstreitbar eine positive Wirkung auf den menschlichen Körper. Wenn also die Richtige Einnahmekombination von Molkenprotein am Morgen und Caseinprotein vorm Schlafen eingehalten wird, lassen sich Wachstumsfördernde Bedingungen für den Muskel schaffen. Dabei muss bedacht werden, dass Sportler die dem Muskel sofort nach Training die Aminosäureverluste zurückgeben wollen, die Resorptionszeit klar sein muss. Selbst bei Laktalbumin dauert es eine halbe Stunde, bis die Aminosäuren im Blut angekommen sind. Deswegen müssten bei Trainingseinheiten von bis zu 2 Stunden, die Proteindrinks wahrscheinlich schon während des Trainings eingenommen werden. Da manche Sportler aber behaupten, sie würden schwer im Magen liegen, birgt dies neue Probleme. Mit Völlegefühl trainiert es sich nicht gern.

Auch einige andere Begebenheiten werfen Zweifel auf. Nach den schon erwähnten Studien von Groff und Waterlow verändert sich die Proteinsynthese in verschiedenen Ernährungssituationen. Wenn die Testpersonen also 10 Stunden vor Einnahme der Präparate nüchtern geblieben waren, bedeutet dies für die Proteinsynthese bei einem normalen Tagesablauf mit drei bis vier Mahlzeiten, eine deutliche Veränderung. Außerdem besteht immer noch das Problem der Proteinumsetzung im Körper. Niemand weiß genau, ob das aufgenommene Protein in die Muskulatur eingebaut wurde oder z.B. eine Synthese von Enzymproteinen in der Leber stattgefunden hat. Auch in Anbetracht des kleineren Preises sollten Sportler ausprobieren, ob nicht vielleicht natürliche Lebensmittel für ihre Bedürfnisse ausreichen.

### 5.2. Sojaprotein

Schon 1984 wurde in einer Studie (Young, Wayler, ...soy proteins and beef proteins, Am J Clin Nutr) Sojaprotein mit Fleischprotein verglichen und schnitt dabei sehr gut ab. Die ersten Produkte sollen noch unangenehm bitter geschmeckt haben, aber nach aktuellen Meinungen sind heutige Produkte stark verbessert. Nach der PDCAAS Bewertung ist Sojaprotein ebenso gut wie Casein oder Eiweiß und sogar besser als Fleischprotein. Ein Problem ist die Aminosäure Methionin, die im Sojaprotein nur zu 60% verdaulich ist. Bei Milchprotein wären es z.B. 90% (Reuss F., Die Bedeutung schwefelhaltiger Aminosäuren in der Ernährung, Fitness News 1998). Der Glutaminanteil des Sojaproteins liegt bei 16% fast so hoch wie der von Casein und höher als der von Molkenprotein. Der Anteil von Arginin liegt mit 7,6% immer noch höher als bei vielen anderen Proteinen.

Eine Studie aus dem Jahr 1990 (Barth CA, Response of Hormones .. to different dietary proteins, Monogr Atheroscler) befasste sich mit dem Einfluss von Aminosäuren auf Schilddrüsenhormone. Sojaprotein konnte im Tierversuch den Schilddrüsenhormonspiegel deutlich anheben. Bei diäthaltenden Menschen wird nach einer längeren Zeit das Schilddrüsenhormon T3 herabgesenkt, wodurch es zu einer verringerten Stoffwechselrate, und damit zu einem verminderten Gewichtsverlust kommt. Die Einnahme von Sojaprotein könnte also in einer Diät bewirken, dass der Gewichtsverlust auch nach mehreren Wochen konstant bleibt und die zugeführte Nahrungsmenge nicht weiter eingeschränkt werden muss. Außerdem führte die Gabe von Sojaprotein zu einer Herabsenkung der Blutfettwerte. Diese Aussagen waren in mehreren Studien nahezu identisch (Anderson JW, New Engl J Med, 1995; Dwyer JT, J Am Diet Assoc, 1994; Forsythe WA, J Nutr, 1995).

Uneinigkeiten gab dagegen bei den Wachstums- und Sexualhormonen. Ein Isoflavon im Soja, das Daidzein, hat bei männlichen Versuchstieren zu einer Anhebung des Testosteron- und

Wachstumshormonspiegels geführt . Außerdem kam es im Versuch zu einem geringeren Muskelmasseverlust gegenüber Casein ( Yamamoto and Wang , „the role of soy in treating and preventing disease , 1996 ) . Andere Studien hatten eine Absenkung des männlichen Geschlechtshormons als Ergebnis der Sojaproteinverabreichung ( Strauss et al , Moll Cell Endocrinol , 1998 ; Zhong et al , FASEB J , 2000 ) . Für Frauen gibt es ebenfalls interessante Fakten . Es bestehen Unterschiede zwischen einem *Sojaproteinisolat* und einem *Sojaproteinkonzentrat* . Das Konzentrat enthält Phytoöstrogene ( Daidzein und Genistein ) , das Isolat dagegen nicht ( Dwyer JT , J Am Diet Assoc , 1994 ) . Dies wäre für Frauen in den Wechseljahren interessant , um den Östrogenspiegel zu kompensieren . Für Sportler , die auf ihr Körperfett achten müssen , sind Phytoöstrogene aber nicht zu empfehlen . Durch eine hohe Zufuhr könnte der Körper eher in eine Testosteronmangelsituation kommen , und damit zu weniger Leistungsbereitschaft . Dies zeigt jedenfalls die Studie , bei der Strauss den Mäusen das Phytoöstrogen Genistein verabreicht hat . Auch bei Studien mit japanischen Männern kam es zu einem Absinken des Testosterospiegels bei Einnahme von Sojaprotein ( Nagata C et al , ...soy product intake with serum androgen ... , Nutr Cancer , 2000 ) . Je mehr Sojaprotein aufgenommen wurde , desto geringer war der Testosteronspiegel .

Ein deutlicher Nachteil ist auf jeden Fall der geringe Gehalt an Methionin . Nach Ausführung des deutschen Proteinspezialisten Friedrich Reuss , sind aufgetretene Lebervergrößerungen ( Hepatomegalie ) und Leberverfettungen bei amerikanischen Kraftsportlern auf den alleinigen Verzehr methioninverarmter Sojapräparate zurückzuführen . Durch Kombination eines oder mehrerer tierischer Proteine ließe sich dieses Manko aber leicht ausgleichen .

### 5.2.1. Fazit

**Tab 1 : Vor- und Nachteile Sojaprotein**

+	--
Gute Wertigkeit nach PCDAAS Gleich mit Ei- und Caseinprotein	Resorptionsgeschwindigkeit unbekannt
Positive Auswirkung auf Blutfette	
Hoher Glutamingehalt	Niedriger Methioningehalt
Hoher Arginingehalt	
Stoffwechselanregend bei Tierversuchen , durch Erhöhung des Schilddrüsenhormons	
preisgünstig	
Pflanzliche Östrogene können Wechseljahrsbeschwerden lindern	Androgenabfall beim Mann wurde bei Studien festgestellt

Da bei Sojaproteinisolaten keine pflanzlichen Östrogene enthalten sind , ist auch nicht mit einem Androgenabfall zu rechnen . Hier ist der Preis allerdings auch höher .

### 5.3. Eiprotein

Eiprotein galt wegen seiner Funktion als Referenzprotein der Biologischen Wertigkeit lange zeit als das Nummer 1 Protein . Bodybuilder konsumierten oft reines Eiklar , um den Fettanteil klein zu halten . Dies hatte zwar eine geringere Qualität , war aber immer noch hochwertig . In Konzentration ist Eiprotein relativ teuer und vom Geschmack her meist weniger angenehm als vergleichbare Produkte . Reines Eiprotein ist als Sportlerartikel eher selten .

## 6 . Nährstoffgehalte von Eiweißpräparaten

Eine Studie des Forschungsinstituts für Kinderernährung Dortmund ( Zutaten , Nährstoffgehalte und Werbeaussagen bei eiweißreicher Sportlernahrung ) befasste sich mit der Wirkung von Proteinpräparaten auf Kraftsportler . In der Arbeit wurden eine zufällige Auswahl von Präparaten in Form von Pulvern ( n = 18 ) , Riegeln ( n = 6 ) und Aminosäuren-Peptidpräparaten ( n = 6 ) von 37 jungen Kraftsportlern getestet . Die Präparate wurden in Bezug auf die Zutatenliste , die deklarierten Energie- und Nährstoffdaten und die auf den Verpackungen abgedruckten Werbeaussagen miteinander verglichen . Die Fragestellung der Studie bezog sich darauf , ob die Werbeaussagen dazu führen könnten , das sich Konsumenten der Präparate unrealistische Wirkungen erhoffen und darüber hinaus eventuell eine risikoreiche Fehlernährung resultieren könnte . Für die Aufstellungen der Folgenden Tabellen wurden die originalen Verpackungsangaben übernommen . Die Angaben wurden auf eine Stelle nach dem Komma gerundet . Die Pulver und Riegel wurden nach absteigendem Proteingehalt geordnet . Die 37 jungen Kraftsportler verwendeten insgesamt 18 verschiedene Proteinpulver und 6 verschiedene Riegel . Zu dem Präparat Nr . 9 existierte keine Zutatenliste. Die Studie lief von Oktober 1987 bis Februar 1989 in Bodybuilding-Studios in Dortmund .

8 Produkte enthalten ausschließlich Milcheiweiß , bei 9 weiteren werden weiterhin noch folgende Proteine hinzugefügt : In zwei Fällen ein Milcheiweißhydrolysat , in 6 Fällen Molkeneiweiß und in 3 Fällen Hühnereiprotein . Bei 4 Produkten ist auf der Zutatenliste ein Eiweißhydrolysat verzeichnet und zwar in 2 Fällen aus Milcheiweiß und in jeweils einem Fall aus tierischem und pflanzlichen Eiweiß . Zwei Pulver enthielten ein nicht definierbares Pflanzeneiweißergänzungsmittel .

6 Proteinpulver enthalten Kohlenhydratzusätze in Form von niedermolekularen Verbindungen . Bei neun Produkten wurden Süßstoffe eingesetzt , in zwei von diesen Fällen zusätzlich noch Fruktose oder Dextrose . Nur 4 Präparate enthalten keine Süßungsmittel . Bei 10 Pulvern wurde Fett zugesetzt , wobei es sich in 9 Fällen um Pflanzenöl handelte .

Bei allen Produkten sind in der Zutatenliste Vitaminzusätze angegeben .

Als Trennmittel eingesetzte Mineralsalze wie Magnesiumkarbonat oder Säureregulatoren , bzw. Säuerungsmittel wie Kalziumorthophosphat und Kalium- oder Kalziumcitrat wurden in der Rubrik Zusatzstoffe eingeordnet . Aus der umfangreichen Palette der deklarierten Zusatzstoffe ( Trennmittel , Emulgatoren , Säuerungsmittel usw. ) ist in jedem Präparat mindestens eine Substanz vorhanden . 15 Proteinpräparate enthalten sogar 3 oder mehr Zusatzstoffe . Bei 9 Produkten wurden Frucht- oder Kakaopulver als Geschmacksträger eingesetzt .

In den Ernährungsprotokollen wurden insgesamt 6 verschiedene Eiweißriegel angegeben . Diese Produkte enthielten alle Milcheiweiß , in 3 Fällen zusätzlich Pflanzeneiweiß .

Jeder der 6 Riegel enthielt mindestens 2 Zutaten in Form niedermolekularer Kohlenhydrate , je ein Riegel enthielt sogar 4 bzw. 5 verschiedene Kohlenhydratzusätze . In keiner der Zutatenlisten war Süßstoff verzeichnet .

5 der 6 Riegel enthielten Vitaminzusätze . Mineralstoffe wurden den Riegeln wahrscheinlich aus technologischen Gründen zugesetzt . Bis auf eine Ausnahme enthielten die Riegel natürliche bzw. naturidentische Aromastoffe . In den 6 Eiweißpräparaten in Riegelform wurden insgesamt 16 verschiedene „ sonstige “ Zutaten , überwiegend im Süßgeschmack , verwendet .

**Abb. 16** zeigt die deklarierten Energie- und Nährstoffgehalte der Eiweißpräparate in Pulverform pro 100 g . Der gemittelte Energiegehalt dieser Produkte beträgt 370 kcal ( Spanne : 355 – 417 ) , der gemittelte Proteingehalt 72,6 ( 25-90 ) . Bei Produkt Nr.3 ist der Proteingehalt nur bezogen auf die Trockensubstanz ( Tr. ) deklariert . Um auch dieses Produkt

in die Tabelle eingliedern zu können, wurde der deklarierte Wert mit dem gemittelten Quotienten aus den anderen Proteinen multipliziert.

Der gemittelte Fettgehalt der 18 Proteinpulver beträgt nur 2,2 g (Spanne 1,2-5,0), der gemittelte Kohlenhydratgehalt 14,7 g (Spanne 0-68). Die Deklaration von Mineralstoff- und Spurenelementgehalten wurde je nach Hersteller sehr unterschiedlich gehandhabt. Während bei Produkt Nr.1 lediglich Kalzium und Magnesium aufgeführt sind, finden sich bei den Produkten Nr. 4 und Nr. 14 Angaben zu 7 Mineralstoffen bzw. Spurenelementen. In der Hälfte der Fälle handelt es sich ausdrücklich um die zugesetzten Vitaminmengen, d.h. der Gehalt zumindest einiger Vitamine dürfte über den deklarierten Werten liegen. Bei den restlichen Pulvern ist vermutlich der Gesamtvitamingehalt angegeben; das heißt der Vitamingehalt, der bis zum Ablauf der Mindesthaltbarkeitsfrist noch im wesentlichen Umfang enthalten sein muss (Lebensmittel-Kennzeichnungsverordnung). **Abb. 15** zeigt die deklarierten Energie- und Nährstoffgehalte der 6 Proteinriegel (Zeilen a). Die Gehaltsangaben wurden jeweils für 100 g Produkt berechnet, um vergleichen zu können (Zeilen b).

Nr.	„Produkt“	Ener- gie (kcal)	Pro- tein (g)	Pro- tein i. Tr. (g)	Fett (g)	Koh- lenhy- drate (g)	Mineralstoffe			Vitamine								
							Ca (mg)	Mg (mg)	P (mg)	B <sub>1</sub> (mg)	B <sub>2</sub> (mg)	B <sub>6</sub> (mg)	C (mg)	E (mg)	Panto- then- säure (mg)	Nia- cin (mg)	Fol- säure (mg)	
(1)	„Professional“ (extra)	a)	164,4	13,6	-	6,0	10,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		b)	411	34,0	-	15,0	27,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(2)	„Eiweiß-Riegel“ (Traube-Rum)	a)	140	9,9	10,9	4,5	15,0	-	-	-	0,9	0,7	1,2	26,4	8,0	-	-	-
		b)	425	30,0	33,0	13,7	45,5	-	-	-	( z u g e s e t z t e V i t a m i n e )							
(3)	„Eiweiß-Energie- Riegel“	a)	158	10,8	-	3,5	20,8	124,0	25,0	-	1,5	1,5	1,8	40,0	6,0	4,0	-	-
		b)	395	27,0	-	8,8	52,0	310,0	62,5	-	3,8	3,8	4,5	100,0	15,0	10,0	-	-
(4)	„Protein-Energie- Riegel“ (Frucht)	a)	166	10,8	-	4,6	21,0	-	-	-	2,0	-	1,7	35,0	6,3	-	10,5	-
		b)	415	27,0	-	11,5	52,4	-	-	-	5,0	-	4,3	87,5	15,6	-	26,3	-
(5)	„Sportsriegel“ (Rum-Trüffel)	a)	148	8,8	-	5,3	16,5	105,0	-	83,0	1,1	1,1	1,4	45,0	4,5	3,6	1,8	0,2
		b)	423	25,0	-	15,0	47,0	300,0	-	235,0	( z u g e s e t z t e V i t a m i n e )							
(6)	„Protein-Energie- Riegel“ (Weichkrokant)	a)	179,2	9,2	-	6,7	19,9	-	-	-	2,0	-	1,7	35,0	6,3	-	10,5	-
		b)	448	23,0	-	16,9	49,8	-	-	-	5,0	-	4,3	87,5	15,6	-	26,3	-

Abb. 15 : Energie- und Nährstoffgehalt von Proteinriegeln ( Akt. Ern.-Med 16 , 1991 , S 26 )



Bei 13 der 18 Pulver werden Aminosäuregehalte deklariert ( Abb. 17 ) . Die aus diesen Angaben berechneten Mittelwerte sind in Abb. 19 im Vergleich mit dem Aminosäurenmuster von Milchprotein und Rindfleisch , sowie vom FAO/WHO-Referenzprotein aufgeführt . Die Einteilung der Aminosäuren erfolgte in Bezug auf den Bedarf von Erwachsenen . Histidin wurde hier noch als nicht-essentiell bewertet .

Produkt	Multi- kraft Formel 90*	Pro 95	Pro- tzym 90	Pep 85	Protizym 85 Banane/ Erdbeere	Protizym 85 Pfirsich Melba	Hipp Sport	Pro- tein 90	System Protein Plus 91	Multikraft Formel 80 Erdb./Van.	Pro 80 Banane	Ami- no- vit	TP Amino Plus*
Nr.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5/6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11/12)	(13)	(14)	(15)
<b>essentielle Aminosäuren</b>													
Isoleucin	5,1	6,0	5,2	4,9	5,5	4,9	5,8	3,8	5,4	5,4	5,9	4,8	5,5
Leucin	8,9	10,3	9,6	8,8	9,6	8,8	9,9	5,2	9,8	10,1	10,3	9,4	10,4
Lysin	7,6	8,5	7,4	7,4	7,4	7,1	8,4	6,0	7,4	8,2	8,5	7,7	8,9
Methionin	2,8	3,3	2,8	2,8	2,8	2,7	2,9	3,4	3,2	2,4	3,3	2,6	2,9
Phenylalanin	4,9	5,6	4,6	4,9	4,5	4,6	5,1	4,2	4,9	6,0	5,5	4,7	3,7
Threonin	4,0	5,1	4,2	4,4	4,2	4,1	4,9	4,4	4,1	4,5	5,0	4,1	4,9
Tryptophan	1,1	1,4	1,4	1,2	1,3	1,3	1,4	1,1	1,8	1,2	1,4	-	2,1
Valin	6,2	7,4	6,6	6,4	6,6	6,1	6,9	4,9	6,3	6,8	7,4	6,0	6,4
<b>nicht essentielle Aminosäuren</b>													
Alanin	3,1	3,3	2,7	4,1	2,7	2,8	-	6,7	3,0	2,6	3,3	2,9	2,7
Arginin	3,7	4,0	3,4	4,9	3,4	3,3	4,0	6,7	3,5	3,9	4,0	3,6	2,7
Asparaginsäure	6,9	8,0	5,9	8,0	5,9	6,1	-	11,4	6,7	6,3	8,0	6,8	6,1
Cystin	0,5	0,6**	0,3	0,6**	0,4	0,4	1,0	2,5	0,6	0,4	0,6**	0,7	1,1
							nur Cystein						
Glutaminsäure	19,0	24,0	20,8	21,9	20,7	19,5	-	19,3	22,1	9,5	24,0	23,7	19,5
Glycin	1,9	2,1	2,1	5,4	2,1	1,7	-	12,3	2,2	1,3	2,1	1,7	2,1
Histidin	2,6	3,2	2,8	2,8	2,8	2,8	3,5	3,3	2,9	3,5	3,1	2,7	2,2
Hydroxyprolin	1,1	-	-	-	-	-	-	4,9	0,9	-	-	-	1,0
Ornithin	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prolin	10,1	9,8	9,6	9,8	9,5	9,4	-	8,9	11,8	8,2	9,8	10,2	10,4
Serin	5,4	6,6	4,9	6,1	4,8	5,3	-	5,0	5,8	5,2	6,6	5,5	6,5
Tyrosin	5,4	6,2	5,8	5,1	5,7	5,5	5,7	2,6	4,5	4,4	6,3	4,8	5,4

Abb17 : Aminosäuregehalte Pulver( Akt. Ern. –Med. 16 , 1991 , S.27 )

Wenn möglich wurden die Aminosäurekonzentrationen für 100 g Protein genommen , ansonsten für 100 g Produkt . Die mittleren Gehalte der essentiellen Aminosäuren in den Produkten sind höher als die des FAO/WHO-Referenzproteins . Im Vergleich zu Rindfleisch und Milchprotein enthielten die Präparate weniger Isoleucin , Leucin , Lysin und Threonin , aber mehr Methionin und Tryptophan . In Bezug auf Phenylalanin und Valin fallen die Ergebnisse uneinheitlich aus .

	Gehaltsangaben in g/100 g Protein				
	Referenzprotein (FAO/WHO) <sup>1</sup>	Rind- fleisch <sup>2</sup>	Milch- protein <sup>1</sup>	Eiweißpräparate (Pulver) <sup>3</sup>	
				$\bar{x}$	(Spanne)
<b>essentielle Aminosäuren</b>					
Isoleucin	4,0	5,7	6,4	5,1	( 2,7 - 6,0)
Leucin	7,0	8,8	10,4	9,1	( 5,2 - 10,4)
Lysin	5,5	10,5	8,3	7,9	( 6,0 - 9,4)
Methionin	3,5 (+ Cystin)	2,9	2,7	2,9	( 2,4 - 3,4)
Phenylalanin	6,0 (+ Tyrosin)	4,8	5,2	4,7	( 2,9 - 6,0)
Threonin	4,0	5,2	5,1	4,3	( 2,9 - 5,1)
Tryptophan	1,0	1,3	1,4	1,4	( 0,8 - 2,1)
Valin	5,0	5,9	6,8	6,3	( 4,5 - 7,4)
<b>nicht essentielle Aminosäuren</b>					
Alanin	-	7,7	3,5	3,6	( 2,6 - 7,0)
Arginin	-	7,0	3,7	4,2	( 2,7 - 7,9)
Asparaginsäure	-	10,6	7,9	7,1	( 5,9 - 11,4)
Cystin	-	1,3	0,9	0,8	( 0,3 - 2,5)
Glutaminsäure	-	18,8	21,8	20,3	(10,3 - 24,0)
Glycin	-	7,1	2,1	3,8	( 1,3 - 12,3)
Histidin	-	3,8	2,8	2,9	( 2,2 - 3,5)
Prolin	-	5,8	10,1	9,7	( 8,2 - 11,8)
Serin	-	5,2	5,6	5,7	( 4,8 - 6,6)
Tyrosin	-	4,1	5,3	5,0	( 2,0 - 6,3)

Abb. 18: Vergleich Mit anderen Proteinen ( Akt . Ern . Med 16 , 1991 , S. 28 )

Auf vielen Verpackungen von Pulvern wird ein täglicher Verzehr von ca. 100 g Pulver in 1 l Flüssigkeit , meistens Milch mit 1,5% Fettgehalt , empfohlen , das heißt zusätzlich 1100 g einer energiereichen proteinhaltigen Zusatznahrung .Verzehrt ein Sportler 100g des Eiweißpräparates Nr.1 mit einem Liter fettarmer Milch , so sind dies alleine ca. 125g Protein. Bei einem Sportler mit 87 kg ( Durchschnitt der Testpersonen ) ist nach Lemon ( siehe 3.3. ) eine Proteinzufuhr von täglich ca. 113.1g notwendig ( 87 kg \* 1,3 g ) . Damit hätte diese Zusatzeinnahme schon 110 % der Tagesempfehlung ausgemacht , die normale Ernährung außenvorgelassen . Die untersuchten Kraftsportler erreichten bereits mit dem Verzehr natürlicher Lebensmittel eine tägliche Proteinzufuhr von 1,64 +/- 0,53 g/kg Körpergewicht . Durch den Präparatverzehr stieg die Zufuhr auf 1,96 +/- 0,65 g/kg Körpergewicht am tag , obwohl die Sportler die Präparate aus Kostengründen niedriger dosierten als den

Herstellerangaben entsprach . Kraftsportler die sich an die Herstellerangaben gehalten haben , hätten noch deutlich mehr Protein verzehrt .

### 6.1. Präparate und Proteinreiche Grundlebensmittel im Vergleich

Die vorliegende Zusammenstellung ermöglicht einen Vergleich zwischen denen als proteinreich angepriesenen Produkten und proteinreichen Lebensmitteln . Hierfür wurden tierische Lebensmittel herangezogen , da tierische s Protein eine hohe Biologische Wertigkeit besitzt und in den Präparaten nahezu nur solche Proteinquellen eingesetzt wurden . Der absolute Proteingehalt in den Pulverpräparaten liegt 2 ½ mal höher als in den Riegeln . Die hier gewählte Menge von 100 g wird bei vielen Pulvern als tägliche empfohlene Verzehrsmenge deklariert . Die verzehrfertigen Proteinpräparate in Riegelform haben einen deutlich höheren Proteingehalt als proteinreiche Lebensmittel . Von letzteren weißt nur Harzerkäse eine ähnlich hohe Proteinkonzentration auf wie die Riegel . Dieser hat allerdings einen hohen Anteil an Kochsalz und ist als Zwischenmahlzeit wahrscheinlich wenig geeignet . Abb.19 zeigt einen Überblick .

Energie- und Proteingehalte in eiweißreichen Grundlebensmitteln und Eiweißpräparaten			
	Protein g in 100 g	Energie kcal in 100 g	Energieanteil aus Protein in %
Harzerkäse *	30,0	138	89
Speisequark, mager *	13,5	78	71
Kuhmilch (1,5 % Fett) *	3,4	49	28
Hühnerei *	12,9	167	32
Rindfleisch, mager *	19,2	126	62
Schweinefleisch, mager *	19,3	198	40
Eiweißpräparate:			
Pulver (siehe Tab. 4)	72,6	370	80
Riegel (siehe Tab. 5)	27,7	420	27

Abb. 19 : Vergleich Lebensmittel/Präparate ( Akt. Ern. Med .16 , 1991, S. 30 )

#### 6.1.1 Aktueller Vergleich

Die bisher angeführten Daten aus der Studie des Forschungsinstitut für Kinderernährung in Dortmund ist bereits über zehn Jahre alt , allerdings haben Pulver und Riegel auch im Jahre 2004 keine bedeutend andere Zusammensetzung . Um den aktuellen Bezug zu waren soll ein willkürlich ausgewähltes Produkt der Firma Weider herangezogen werden und mit

natürlichen Nahrungsmitteln bezüglich seines Proteingehaltes verglichen werden . Es handelt sich dabei um ein Proteinpulver das mit Milch vermengt werden soll .Die Grundlage des Pulvers sind Kuhmilch- und Ei-Protein . Die Tabelle 2 zeigt , wie viel Protein , Kohlenhydrate, Fett , Vitamin B6 und Calcium in 100 g des jeweiligen Nahrungsmittels vorhanden ist . Dies sind die Nährstoffe , die auf den meisten Produkten deklariert sind . Die Inhalte der natürlichen Lebensmittel wurden dem Programm Ebispro entnommen . Die Hersteller der Präparate weisen natürlich auf den Vorteil der schnelleren Resorption ihrer Produkte und die hohe abgestimmte biologische Wertigkeit hin . Bei den Präparaten besteht ebenfalls die Möglichkeit der Beisetzung von Vitaminen und Calcium , was einen klaren Vorteil in der Höhe der Nährstoffanteile bringt . Alle Angaben beziehen sich auf 100 g des jeweiligen Nahrungsmittels .

**Tab. 2: Aktueller Vergleich**

	Eiweiß	Kohlenhydrate	Fett	Vit B6	Calcium
Energy Body Systems ; Mega Protein 80	80g	7,6g	3g	4g	900mg
Multipower , Muscle Volume	83g	5,2g	1,4g	5g	1000mg
Weider Gmbh / Super Protein 88	88g	2,9g	1,0g	2,0mg	1100mg
Kuhmilch 1,5% Fett	3,4g	4,9g	1,6g	0,1mg	120,0mg
Sojamilch	15,7g	0,2g	9,9g	0,3mg	106,0mg
Hühnerei	12,9g	0,7g	11,2g	0,1mg	56,0mg
Rindfleisch , mager	28,9g	0,0g	3,8g	0,1mg	7,0mg
Schweinefleisch , mager	21,2g	0,0g	5,6g	0,5mg	2,0mg
Müsli	5,2g	30g	3,6g	0,1mg	25,5g
Studentenfutter	15,2g	30,4g	33,1g	0,3mg	8,1mg
Hafer Flocken	12,5g	63,3g	7,0g	0,2g	54,0g

( Inhalte der Lebensmittel aus Ebis 2000 , Dr. J. Erhardt , Universität Hohenheim ; Inhalte der Präparate nach den Angaben der Verpackungen 2004 )

Nimmt man nun nach den Angaben des „Super Protein 88“ pro Portion 30g Pulver in 300ml fettarmer Milch zu sich , so ergibt dies eine Proteineinnahme von **47,2g** inklusive des Milchproteins . Um diesen Wert mit den oben genannten Lebensmitteln zu erreichen benötigt man entweder :

- a) ca. **165 g** mageres Rindfleisch
  - b) ca. **225g** mageres Schweinefleisch
- oder
- c) eine Kombination aus **500ml** Kuhmilch , **60 g** Haferflocken , **50 g** Müsli und **zwei** Hühnereiern ( **jeweils ca.60g** , nach Ebis 2000 )

### 6.1.2. Fazit

Ein Sportler der wirklich einen hohen Energieumsatz durch jahrelange Erfahrung und regelmäßiges intensives Training hat, kann auf jeden Fall Vorteile aus den Produkten ziehen. Auch wenn ein Proteindrink manchen Sportlern ebenfalls schwer im Magen liegen mag, so ist er auf jeden Fall besser verdaulich als ein Stück Fleisch oder Hühnereier. Ebenfalls problematisch sind die Fleisch begleitenden Stoffe, wie Fett und Cholesterin. Auch in diesen Punkten gehen die Drinks klar als Sieger hervor. Weiterhin spricht natürlich die schnelle Zubereitung bei gleichzeitiger Abdeckung der meisten wichtigen Nährstoffe für die Getränke. In Zeiten des Fast-Foods ist zweifellos ein solcher Drink empfehlenswerter als die schnelle Mahlzeit an der Tankstelle. Eine individuelle Frage ist der Preisvergleich von Präparaten zu natürlichen Lebensmitteln. Auf jeden Fall sollte aber die Frage der gesundheitlichen Risiken bedacht werden. Aus Tierversuchen ist bekannt, dass eine ständig überhöhte Proteinzufuhr zu einer über der Norm liegenden Gewichtszunahme der Niere führt (kompensatorische Hypertrophie). Bei mehr als 50% Proteinanteil der täglichen Nahrungszufuhr kam es zusätzlich auch zu histologischen Veränderungen der Nieren, in Form von Hämorrhagien und Degeneration der Tubuli (Menden E., Eiweiß in der Ernährung des Menschen). Schon 1982 wurde bei einer Studie mit verschiedenen Tierspezies herausgefunden, dass es bei ständig erhöhter Proteinzufuhr zu einer Erhöhung der Nierendurchblutung und der glomerulären Filtrationsrate kommt. Dies kann zur glomerulären Sklerose führen, die bei Menschen mit Nierenerkrankungen stark gesundheitsgefährdend ist (Brenner B., Dietary protein intake ..., New Engl. J Med. 307). Andere Studien wiesen ebenfalls daraufhin, dass Vegetarier eine niedrigere glomeruläre Filtrationsrate haben als Menschen, die tierisches Protein verzehren (z.B. Wiseman et al., Dietary composition and renal function., Nephron 46, 1987). Die Tatsache, dass gängige Proteinzufuhrempfehlungen sowieso einen Sicherheitszuschlag beinhalten, spricht auch gegen die Einnahme von zusätzlichen Proteinmengen. Prädisponierte Personen für Risiko auf Nierenerkrankungen, Erkrankungen des Purin-, Lipoprotein-, oder Kalziumstoffwechsels, erhöhen ihr Risiko nur noch. Viele Studien wiesen darauf hin, dass bei ständig überhöhter Proteinzufuhr zu Lasten des Kohlenhydratstoffwechsels, eine negative Kalzium- und Magnesiumbilanz die Folge ist. Die Ausscheidung mit dem Urin liegt hier besonders bei Kraftsportlern über den Normalwerten (Manz F et al., Effekte einer proteinreichen Kost .., Ernährungsumschau 41, 1994).

Vorausgesetzt die Nierenfunktion ist gesund müssen Sportler selbst entscheiden ob sie die Vorteile der Präparate nutzen wollen oder sie mit herkömmlicher Ernährung auskommen. Im Falle einer Prädisposition für Nierenerkrankungen erscheint das Risiko eines Selbstversuchs allerdings zu hoch.

## 7. Aminosäuren-Produkte

Eine „ergänzende bilanzierte Diät“ auf Grundlage freier Aminosäuren muss in Deutschland strenge Anforderungen erfüllen. Das Aminosäurengemisch ist nur dann zulässig, wenn es „nach dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnis einem belegbaren Sonderbedarf des Organismus entspricht“. Das heißt, die Zulassung eines solchen Produktes soll bereits die Nützlichkeit eines solchen Produktes rechtfertigen. Aminosäurenpräparate sollen im Körper schneller aufgenommen werden können als Proteinpulver oder Eiweiß aus Lebensmitteln. Ob dies aber immer der Wahrheit entspricht, ist nicht einfach zu beantworten. Viele Faktoren, z.B. der Ausgangsstoff für das Hydrolysat, das Hydrolyseverfahren, die Länge der Peptidketten und das Spektrum der verschiedenen Aminosäuren, spielen hier eine Rolle. Bei einer Studie von 1986 (Grimble JK, Effects of peptide chain length ..., Clinical Science, 71) ergab eine Untersuchung mit Lactalbumin als Ausgangsstoff für ein Aminosäurehydrolysat bezüglich der Resorption im Darm leichte Vorteile für Hydrolysate mit kurzkettigen Peptiden.

Entscheidend ist allerdings auch ein anderer Aspekt : Mischungen kompletter Proteine aus freien Aminosäuren müssen aus **L**-Aminosäuren zusammengesetzt sein . Die **D**-Form muss vom Körper erst in die L-Form umgewandelt werden und kann die Aufnahme der L-Form behindern . Mittlerweile haben allerdings alle gängigen Produkte nur noch L-Aminosäuren . Präparate , welche die entbehrlichen Aminosäuren im richtigen Verhältnis liefern , sind solchen vorzuziehen , die nur unentbehrliche enthalten . Einige der eingenommenen Aminosäuren sollen bereits wieder ausgeschieden werden , während die benötigten entbehrlichen noch synthetisiert werden ( Colgan M , Amino Acid Wars 2 , Muscle Fitness , 10 , 1987 ) . Wird die Hydrolyse mittels einer Base ( alkalisch ) vorgenommen , werden die Aminosäuren teilweise in D-Form überführt , einige werden sogar zerstört . Bei der Säurehydrolyse bleibt die L-Form der Säuren erhalten , doch werden die schwefelhaltigen Aminosäuren oxidiert und Asparagin und Glutamin in Asparagin- und Glutaminsäure umgewandelt . Tryptophan und Cystein werden weitgehend zerstört . Die enzymatische Hydrolyse liefert nicht völlig gleiche Resultate wie die Proteinverdauung im Körper , ist aber als bestes ( schonendstes ) Verfahren zu Werten ( Arthur MD ; Amino acid war 3 , Muscle and Fitness , 1987 , 11 ) . Zusammengefasst heißt dies , ein gutes Proteinhydrolysat muß erfüllen :

- Entstehung aus hochwertigem Rohstoff ( z.B. Lactalbumin )
- Enzymatisches Hydrolyseverfahren
- Spaltung bis zu einer Kettenlänge mit einem mittleren Molekulargewicht von etwa 500 Dalton ( ungefähr ein Tripeptid )

### **7.1. Lebensmittelrecht**

Im Gegensatz zu Naturbelassenen Lebensmitteln enthalten Aminosäureprodukte nur eine Auswahl einzelner Nährstoffe , manchmal sind Vitamine zugesetzt . Aminosäuren sind Nährstoffe , die in einer engen Wechselbeziehung zueinander stehen . Die Gabe einer Aminosäure in größeren Mengen kann das Zusammenspiel des ganzen Systems durcheinander bringen . Daher waren Aminosäuren nach deutschem Lebensmittelrecht bislang den Zusatzstoffen gleichgestellt . Es gab aber Zahlreiche Allgemeinverfügungen und Ausnahmegenehmigungen , wonach freie Aminosäuren bei einfachen Lebensmitteln in begrenztem Umfang zulässig sind . Für diätetische Lebensmittel hat die Europäische Union im Februar 2001 fast alle freien Aminosäuren ohne Mengenbegrenzung freigegeben . Das gilt auch für diätetische Lebensmittel , wie sie z.B. in der Sporternährung verwendet werden . Im Rahmen des freien Warenverkehrs innerhalb der Europäischen Union kann auch ein reines Aminosäuren Produkt vertrieben werden das im Ursprungsland als einfaches Lebensmittel gilt . Manche Hersteller sind deshalb ins europäische Ausland abgewandert , und verkaufen von dort nach Deutschland .

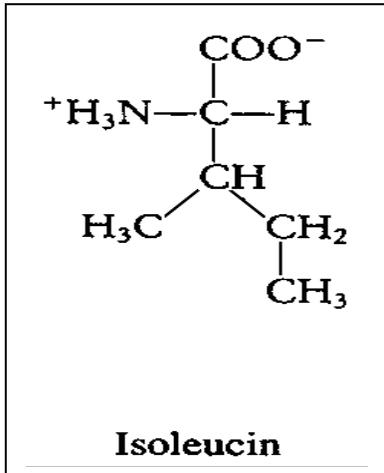
### **7.2. Verzweigtkettige Aminosäuren ( Branched-chain Amino Acid )**

Die verzweigtkettigen Aminosäuren ( BCAA ) Isoleuzin , Leuzin und Valin ( BCAA`s ) üben eine besondere Funktion im Proteinstoffwechsel aus . Sie werden überwiegend für den Aufbau neuer Gewebe verwendet , weniger aber für die Synthese von biologisch aktiven Molekülen, wie etwa Hormone ( Harper AE et al , Branched chain amino acid metabolism , Ann Rev Nutr 4 , 1984 ) . 35% der kontraktile Proteine in der Muskulatur bestehen aus ihne. Sie stimulieren die Insulinsekretion und beeinflussen damit den Energiehaushalt . Bei einem Glykogenmangel dienen sie als Energielieferanten , indem sie Stickstoff für den Aufbau entbehrlicher Aminosäuren liefern ( Alanin-Glucose-Zyklus ) . Nach einer proteinreichen Mahlzeit erscheinen die BCAA`s als erstes im Blut . Nach Verarbeitung in der Leber sind beinahe 70% aller ins Blut gelangenden Aminosäuren BCAA`s . In den ersten drei Stunden

nach einer Mahlzeit , machen die BCAA`s 50-90% der gesamten Aminosäureaufnahme in die Muskelzelle aus ( Hatfield FC , Ultimate Sports Nutrition , Contemporary Books , 1984 ) .

## 7.2.1. Funktion der einzelnen BCAA´s

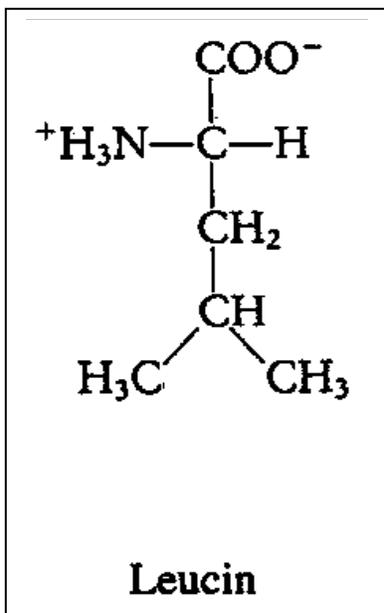
### 7.2.1.1 Isoleuzin



Isoleuzin kann als Energielieferant in den Muskelzellen verwertet werden und der übermäßigen Serotoninbildung im Hirn durch Hemmung der Tryptophanaufnahme entgegenwirken . Ebenso wie die anderen BCAA`s wird diese Aminosäure bei Erkrankungen der Leber verabreicht . Da Isoleuzin bei abfallenden Glykogenspiegeln im Muskel eine bedeutende Rolle bei der Energiegewinnung übernimmt , sind bei Mangel Symptome wie Muskelschwäche und Kraftlosigkeit typisch . Die Verabreichung führt , ebenso wie bei den anderen BCAA`s zu einer Insulinsekretion .

Abb. 20 : Isoleucin ( De Duve , Die Zelle , S. 398 )

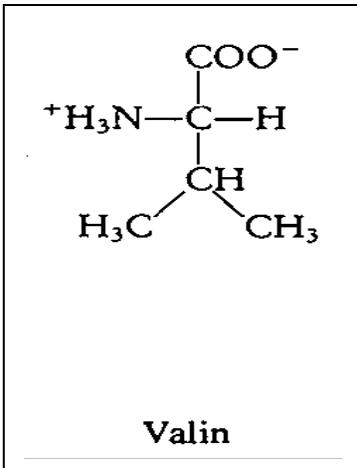
### 7.2.1.2. Leuzin



Leuzin unterstützt die Proteinsynthese in Muskel und Leber und hemmt den Abbau von Muskelprotein . Es kann ebenfalls als Energielieferant dienen , sowie eine übermäßige Serotoninbildung hemmen .Bei reduzierter Kohlenhydratzufuhr , z.B. bei einer Diät , kann Leuzin die Auswirkungen der Energiereduktion mindern , indem es den Abbau von Glucose im Muskel und Gehirn hemmt . Dagegen werden Valin und Isoleuzin bei einem Kohlenhydratmangel hauptsächlich zur Gluconeogenese verwendet (2.5.2..) . Bei körperlicher Belastung wird Leuzin im Vergleich zu anderen Aminosäuren stärker abgebaut , deswegen ist ein Ausgleich im richtigen Verhältnis mit den anderen BCAA`s hier besonders wichtig ( Erhalt der Muskelmasse ) . Beim Abbau von Leuzin entsteht im Organismus Ketoisocaproat und nachfolgend beta-hydroxy-beta-Methylbutyrat ( HMB ) , dem eine antikatabole Wirkung nachgesagt wird .

Abb. 21 : Leucin ( De Duve , Die Zelle , S. 398 )

### 7.2.1.3. Valin



Auch Valin kann als Energielieferant für Muskelzellen dienen und der Serotoninbildung im Gehirn entgegenwirken. Ein Mangel kann auf ungenügende Zuführung von Vitamin B6 oder essentiellen Aminosäuren zurückzuführen sein. Valin stimuliert ebenfalls die Insulinsekretion.

Abb. 22 ( De Duve , Die Zelle , S. 398 )

Die Daten der einzelnen verzweigtkettigen Aminosäuren wurden den folgenden Studien entnommen und in anderen bestätigt :

-Chang TW , Leucin inhibits oxidation of glucose and pyruvat in skeletal muscle during fasting , J Biol Chem , 253 , 1978

-Wolfe RR et al , Isotopic analysis of leucine and urea metabolism in exercising humans

### 7.2.2. Vorkommen in Lebensmitteln

Verzweigtkettige Aminosäuren werden überwiegend aus komplexen Eiweißen wie Casein , Molke- oder Fleischprotein gewonnen . Als Nahrungsergänzung werden BCAA als Kapsel- oder Pulverform angeboten oder zwecks Aufwertung vielen Proteinpulvern beigelegt . Es gibt auch Getränkepulver mit BCAA , hier ist allerdings der Gehalt an BCAA`s aufgrund des unangenehmen Geschmacks begrenzt . Hochdosierte Drinks enthalten maximal 8g BCAA`s in 500 ml . Abb. 23 zeigt , in welchen Lebensmitteln verzweigtkettige Aminosäuren in welchen Mengen anzufinden sind . Der Vorteil einer schnellen Resorption fällt natürlich auch hier weg , für eine Mahlzeit vor dem Training können aber auch herkömmliche Lebensmittel ihren Zweck erfüllen .

<b>BCAA-Gehalte verschiedener Lebensmittel:</b>				
<b>Lebensmittel</b>	<b>Menge</b>	<b>Isoleucin (mg)</b>	<b>Leucin (mg)</b>	<b>Valin (mg)</b>
Milch, 2% Fett	100 ml	224	362	247
Joghurt, fettarm	100 g	312	578	474
Käse (Gouda)	100 g	1321	2596	1829
Lachs	100 g	1261	2224	1411
Sojabohnen	100 g	807	1355	831
Rind	100 g	867	1525	937
Lamm	100 g	1172	1889	1310
Schwein	100 g	753	1294	854
Pute	100 g	1555	2383	1588
Huhn	100 g	1632	2319	1533

*(Werte entnommen aus Nutrition Almanac, Fourth Edition)*

Abb. 23 : BCAA-Gehalt von Lebensmitteln ( Reuss , „ Aminosäuren in der Ernährung `89 )

### 7.2.3. Richtige Einnahme für Sportler

Um die verzweigkettigen Aminosäuren überhaupt nutzen zu können , müssen sie in einem richtigen Verhältnis zueinander eingenommen werden . Der Grundbedarf an Aminosäuren wurde bereits 1949 von Rose ermittelt . Demnach beträgt der Basisbetrag für die BCAA`s :

LEUZIN 1,1g/d ; ISOLEUZIN 0,7g/d , VALIN 0,8g/d

Dies ist auch das optimale Verhältnis :

LEUZIN 1,1 : ISOLEUZIN 0,7 : VALIN 0,8

Die isolierte Zufuhr von Leuzin , Isoleuzin oder Valin kann die Proteinsynthese des Muskelaufbaus zeitweilig stören . BCAA-Präparate sollten deshalb besser in Verbindung mit anderem Protein eingenommen werden . Bevorzugt mit Proteinen , die nur geringe Mengen BCAA`s aufweisen . Für die Verstoffwechslung sind drei Vitamine besonders wichtig : Biotin , Pantothensäure und Vitamin B6 . Für die Benutzung von BCAA`s muss auf eine ausreichende Versorgung mit diesen Vitaminen geachtet werden . Als optimaler Zeitpunkt für die Einnahme von BCAA-Supplementen hat sich eine ½ bis ¾ Stunde vor dem Training bewährt . Da der Proteinbedarf bei Sportlern höher ist als bei Nichtsportlern und die Werte von Rose ohnehin schon über ein halbes Jahrhundert alt sind , liegen mittlerweile andere Schätzwerte vor . Bedarf bei jungen Männern :

- 40 mg L-Leuzin pro kg Körpergewicht / tag
- 23 mg L-Isoleuzin pro kg Körpergewicht / tag
- 20 mg L-Valin pro kg Körpergewicht / tag

Eine Person mit 80 kg Körpergewicht hätte demnach einen geschätzten Bedarf von insgesamt 6,6 g BCAA täglich ( Metges C. , Der Bedarf an essentiellen Aminosäuren ..., Deutsches Ins. für Ernährungsforschung , 1996 ) . Hierbei ist zu berücksichtigen , das die ermittelten Schätzwerte für den Erhalt von Körperprotein gelten . Für anabole Vorgänge oder einen energiefördernden Effekt , sind diese Werte möglicherweise zu gering . In einer Studie von De Palo ( siehe Literaturverzeichnis ) wurde festgestellt , das sich bei einer Supplementation von 9,6 g BCAA eine Stunde vor dem Training die Laktatbildung verringert hat . Da im Ausdauerbereich zur Erreichung eines adäquaten Trainingserfolges Trainingseinheiten über 90 min nötig sind , sollte man vor und nach dem Training 3-4g BCAA einnehmen . Dies entspricht einer Zufuhr von jeweils 3-4 Tabletten vor und nach dem Training . Trainingseinheiten im Kraftsport dauern selten länger als anderthalb Stunden . Hier ist die Zufuhr vor dem Training nur angebracht , wenn der Sportler eine kalorienreduzierte Diät durchführt ( siehe 7.2.4. ) . Die BCAA-Menge sollte dann mindestens 4g betragen . Dies entspricht etwa 4 Tabletten . Im Allgemeinen genügt eine Zufuhr von 4 Tabletten nach dem Training , am Besten zusammen mit einem Proteindrink . Die Dosierungsanweisungen gelten für eine 80kg schwere Person . Bei höherem Körpergewicht ist die Höhe der Zufuhr anzupassen ( Hamm , Scholz , Musclefood ) .

### 7.2.4. BCAA im Sport und bei Krankheit

Mehrere Studien befassten sich mittlerweile mit der Wirkung verzweigkettiger Aminosäuren bei körperlicher Belastung . 1997 wurden vom Institut für angewandte Trainingswissenschaften e.V. Leipzig 9 Athleten bei der Ausführung eines Dreifachtriathlons mit durchschnittlich 48 Stunden Dauer ( 11,4 km Schwimmen , 540 km Rad , 126,6 km Lauf ) untersucht . Dabei konnte beobachtet werden , das der Proteinkatabolismus extrem in die Höhe stieg . Dies äußerte sich im hochsignifikanten Anstieg des Serumharnstoffs von 7,0 +/- 1,3 mmol /l auf 11,0 +/- 2,6mmol/l nach dem Radfahren und 9,2 +/- 2,7 mmol/l nach dem Laufen . Das Cortisol erhöhte sich vom Vorstart 223 +/- 144 nmol/l auf 654 +/- 277 nmol/l nach dem Lauf hochsignifikant . Die Veränderung der einzelnen Aminosäuren war

unterschiedlich . Signifikante Abnahmen waren bei Alanin, Arginin , Ornithin , Serin , Tryptophan , Threonin und Prolin zu belegen . Nur das Phenylalanin und Taurin stiegen signifikant an . Unverändert waren Glutamin , Tyrosin , Methionin , Asparagin , Citrullin , Histidin , Glycin und Cystin . Die Verzweigtkettigen Aminosäuren Valin , Leuzin und Isoleuzin verminderten sich nur nach der Schwimm- und Radbelastung . Drei Athleten nahmen während der Schwimmbelastung 13,5 g BCAA auf ( Verumgruppe ) . Im Vergleich zu einer Placebogruppe war deren BCAA-Spiegel um 70,5 % angestiegen (nicht signifikant ) . Bei der weiteren Belastung ( Rad , Lauf ) unterschied sich die BCAA-Konzentration der Verum- von der Placebogruppe nicht . Eine Leistungssteigerung war nicht belegbar . Jedoch schien die zusätzliche BCAA-Aufnahme von metabolem Nutzen zu sein . Die Beeinflussung des gluconeogenetischen Belastungstoffwechsels erfordert wahrscheinlich eine höhere Dosierung von BCAA . Abb. 24 zeigt die Auswertungen des Dreifachtriathlons .  
( O.Volk , G. Neumann , Verhalten Ausgewählter Aminosäuren während eines Dreifachlangtriathlons , Institut für angewandte Trainingswissenschaften e.V. Leipzig , 1997)

<b>Verhalten der verzweigtkettigen Aminosäuren (BCCA) bei einem Dreifachlangtriathlon</b> (Angaben in $\mu\text{mol/l}$ )			
	<b>Verum (n=3)*</b>	<b>Placebo (n=6)**</b>	
<b>Vorstart (VST)</b>	<b>397,6 ± 13,5</b>	<b>473,9 ± 120</b>	
<b>Schwimmen (S)</b>	<b>564,0 ± 146 n.s. zu VST</b>	<b>387,0 ± 117</b>	<b>n.s. zu VST</b>
<b>Radfahren (R)</b>	<b>358,2 ± 69,0 n.s. zu VST</b>	<b>298,5 ± 111</b>	<b>p&lt;0,05 zu VST</b>
<b>Laufen (L)</b>	<b>376,3 ± 53,6 n.s. zu VST</b>	<b>343,3 ± 123</b>	<b>p&lt;0,05 zu VST</b>

\* Aufnahme von 13,5 g BCCA zu Belastungsbeginn (Schwimmen)  
\*\* Gewohnte Wettkampfernährung

<b>Verhalten von Isoleucin bei einem Dreifachlangtriathlon</b> (Angaben in $\mu\text{mol/l}$ )			
	<b>Verum (n=3)*</b>	<b>Placebo (n=6)**</b>	
<b>Vorstart (VST)</b>	<b>63,5 ± 4,4</b>	<b>74,3 ± 31,7</b>	
<b>Schwimmen (S)</b>	<b>101,6 ± 31 n.s. zu VST</b>	<b>57,2 ± 13,0</b>	<b>p&lt;0,05 zu VST</b>
<b>Radfahren (R)</b>	<b>63,3 ± 17,5 n.s. zu VST</b>	<b>55,7 ± 22,9</b>	<b>n.s. zu VST</b>
<b>Laufen (L)</b>	<b>58,7 ± 11,4 n.s. zu VST</b>	<b>59,4 ± 13,7</b>	<b>n.s. zu VST</b>

\* Aufnahme von 13,5 g BCCA (davon 5,4 g Isoleucin) zu Belastungsbeginn (Schwimmen) \*\* Gewohnte Wettkampfernährung

<b>Verhalten von Leucin bei einem Dreifachlangtriathlon</b> (Angaben in $\mu\text{mol/l}$ )			
	<b>Verum (n=3)*</b>	<b>Placebo (n=6)**</b>	
<b>Vorstart (VST)</b>	<b>109,0 ± 1,1</b>	<b>129,5 ± 45,7</b>	
<b>Schwimmen (S)</b>	<b>154,7 ± 34,3 n.s. zu VST</b>	<b>114,3 ± 32,0</b>	<b>n.s. zu VST</b>
<b>Radfahren (R)</b>	<b>106,7 ± 12,9 n.s. zu VST</b>	<b>109,0 ± 32,0</b>	<b>n.s. zu VST</b>
<b>Laufen (L)</b>	<b>124,2 ± 16,0 n.s. zu VST</b>	<b>124,2 ± 24,4</b>	<b>n.s. zu VST</b>

\* Aufnahme von 13,5 g BCCA (davon 3,6 g Leucin) zu Belastungsbeginn (Schwimmen). \*\* Gewohnte Wettkampfernährung

<b>Verhalten von Valin bei einem Dreifachlangtriathlon</b> (Angaben in $\mu\text{mol/l}$ )			
	<b>Verum (n=3)*</b>	<b>Placebo (n=6)**</b>	
<b>Vorstart (VST)</b>	<b>224,6 ± 5,1</b>	<b>261,3 ± 57,0</b>	
<b>Schwimmen (S)</b>	<b>307,4 ± 81,1 n.s. zu VST</b>	<b>216,1 ± 57,2</b>	<b>n.s. zu VST</b>
<b>Radfahren (R)</b>	<b>196,4 ± 38,4 n.s. zu VST</b>	<b>170,8 ± 35,9</b>	<b>p&lt;0,01 zu VST</b>
<b>Laufen (L)</b>	<b>193,8 ± 27,3 n.s. zu VST</b>	<b>196,4 ± 59,8</b>	<b>n.s. zu VST</b>

\* Aufnahme von 13,5 g BCCA (davon 4,5 g Valin) zu Belastungsbeginn (Schwimmen). \*\* Beibehaltung der gewohnten Wettkampfernährung

Abb . 24 : Verhalten von BCAA ( O.Volk , G. Neumann 1997 )

Brachte die Studie von Volk und Neumann auch nicht den überzeugenden Beweis, so kamen andere Wissenschaftler doch zu deutlicheren Ergebnissen. J.S. Coombes und L.R. McNaughton untersuchten den Zusammenhang von BCAA-Supplementation und trainingsbedingten Muskulaturveränderungen (Effects of BCAA-supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise, J Sports Med, Sep 2000). Die Hypothese lautete, dass BCAA-Supplementation die Aktivitäten von intramuskulären Enzymen reduzieren würde, die bei körperlicher Betätigung anfallen. Dabei wurden 16 männliche Probanden einer von zwei Gruppen zugeteilt: eine Gruppe mit BCAA-Supplementation, die andere mit einer normalen Diät. Dabei wurden als Grundsatz die Serum Kreatinkinase (CK) und Laktatdehydrogenase (LDH) in der Woche vor dem Ausdauer-test gemessen. Diese beiden Enzyme gelten als sichere Indikatoren für trainingsbedingten muskulären Schaden. Am Tag 7 der Testwoche fand ein Ergometer-Test statt, in dem auf einem Fahrradergometer 120 min lang gefahren werden musste. Die Intensität betrug 70% der maximalen Leistungsgrenze. Es wurde vor, während und nach dem Test Blut abgenommen. Resultat: Es gab einen signifikanten Anstieg ( $p < 0,05$ ) von LDH und CK in den Werten bis zu 5 Tage nach dem Test (siehe Abbildung 26, 27). Wichtig dabei ist, dass die BCAA-Supplementation den Anstieg von CK und LDH signifikant reduzierte. Da die Kontrollgruppe zumindest die empfohlenen Mengen BCAA von 0,64 g/kg täglich aus normalen Lebensmitteln eingenommen hatte, bedeutet das Testergebnis: BCAA-Supplementation reduziert die Aktivität von Kreatinkinase und Laktatdehydrogenase und damit den muskulären Schaden der aus einem Ausdauertraining resultiert.

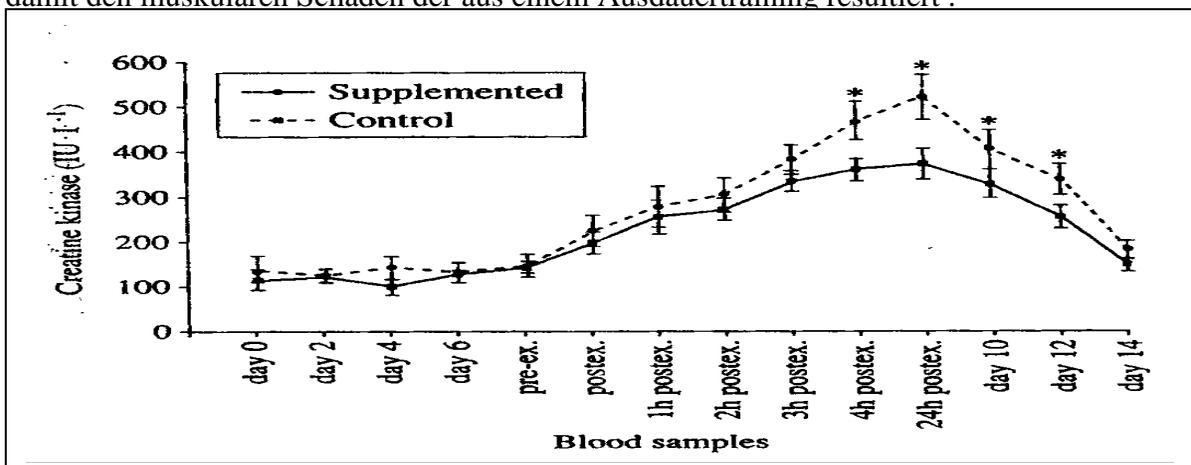


Abb.25 : Veränderungen bei Kreatinkinase ( J Sports Med 40 , 2000 )

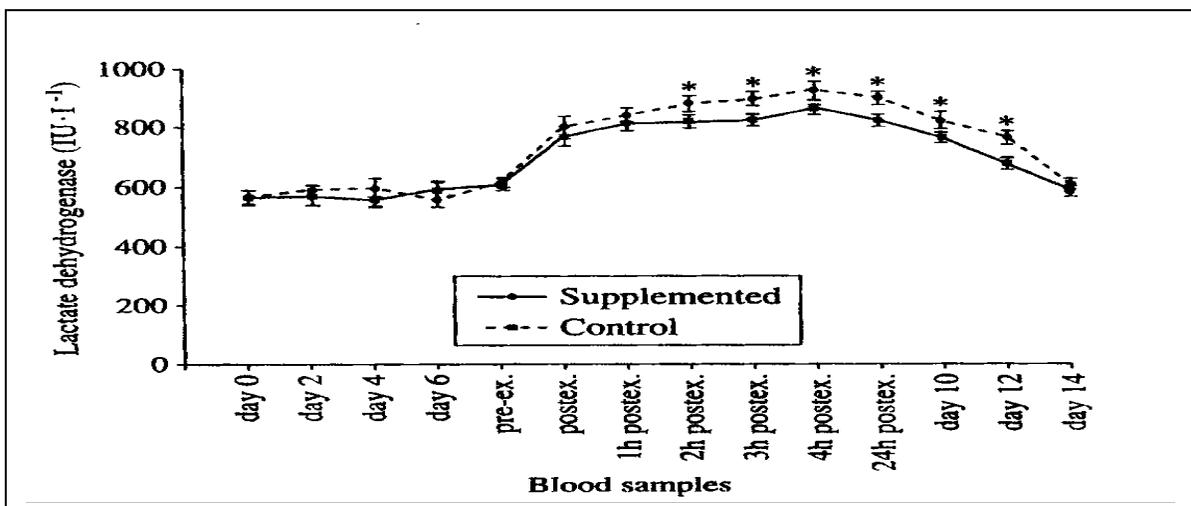


Abb. 26 : Veränderungen bei Laktatdehydrogenase ( J Sports Med 40 , 2000 )

Auch andere Studien kamen zu ähnlichen Ergebnissen . Ebenfalls wurde die BCAA - Supplementierung von Wissenschaftlern an der Universität von Norfolk Virginia beleuchtet . Die Zufuhr von BCAA`s soll beim Sportler eine **ammoniaksenkende** Wirkung haben . Ammoniak ist ein Nebenprodukt des Abbaus von Aminosäuren ( siehe 2.5. ) .Hohe Ammoniakwerte sind ein Zeichen dafür , das viel Protein zur Energiegewinnung herangezogen wurde . Da Ammoniak als Zellgift wirkt , ist dies negativ für die körperliche Leistung . In der Studie wurden bei Schwimmern 4 Wochen lang BCAA – Supplemente angewendet und die Ammoniakspiegel gemessen . Es wurde festgestellt , das die Testpersonen , die BCAA-Supplemente bekommen hatten , einen um 37% niedrigeren Ammoniakspiegel hatten , als die Kontrollgruppe ohne Supplemente . Man konnte also beobachten , das nach dem Training ein geringerer Proteinabbau stattfindet , wenn die Schwimmer eine BCAA-Ergänzung erhalten . Die durch Ammoniak ausgelöste „ Verlangsamung “ des Proteinstoffwechsels wurde also eingedämmt . Dabei wurde , wie auch in anderen Studien , nachgewiesen , das Leuzin und Isoleuzin den Ammoniakabbau in der Muskulatur unterstützen . Da die BCAA außerdem eine **Insulinausschüttung** bewirken , kann nach dem Training eine beschleunigte Regeneration der Muskulatur erfolgen . Insulin lässt Aminosäuren aus dem Blut in die Muskulatur wandern , beschleunigt somit die Proteinsynthese . Eine anderer Aspekt der BCAA-Supplementierung ist die Wirkung auf die **mentale Ermüdung** . Eine Gruppe von Wissenschaftlern lieferte Hinweise darauf , das die Gabe von 10-20 g BCAA`s unter körperlicher Belastung eine mentale Ermüdung hinauszögern kann ( Blomstrand et Al , Influence of ingesting a solution of bcaa on perceived exertion during exercise , Acta Physiol Scand 159 , 1997 ) . BCAA`s können , wie auch Tryptophan , über die Blut-Hirn-Schranke gelangen . Tryptophan ist die Vorstufe von Serotonin , das im Gehirn als Schlafsignal wirkt . Ein niedriger Spiegel an anderen neutralen Aminosäuren bewirkt , das größere Mengen Tryptophan in das Gehirn eindringen , wodurch eine größere Menge Serotonin produziert wird . Eine Abnahme an Plasma BCAA`s während einer Ausdauerbelastung verringert das Verhältnis von BCAA`s zu Tryptophan . Somit wird eine Ermüdung begünstigt . Eine BCAA-Ergänzung vor und insbesondere auch während eines Ausdauertrainings , kann diese Verschiebung des Verhältnisses eindämmen und somit die vermehrte Bildung von Serotonin vermindern . Dies führt zu weniger Ermüdung und damit längerer Ausdauer .

Ein Nutzen der BCAA-Supplementierung für Ausdauersportler ist also nicht von der Hand zu weisen . Wie sieht es allerdings mit dem vielfach versprochenen Muskelwachstum aus ? Bei längerem **hochintensiven** Krafttraining sinken die BCAA-Werte im Blut , da der Körper BCAA`S zur Energiegewinnung heranziehen kann ( siehe 2.5.1. ) . Hier wird auf Muskelgewebe zurückgegriffen um den Aminosäurepool auszugleichen . Dies führt im Prinzip dazu , das Muskelgewebe trotz Training weniger wird . Dieser Prozess verstärkt sich insbesondere bei Bodybuildern in der Definitionsphase . Eine stark energiereduzierte Ernährung und gleichzeitiges Training verstärken den katabolen ( muskelabbauenden ) Zustand . Die Proteinsynthese wird durch das Training negativ beeinflusst . Leichtes Ausdauertraining z.B. , bringt diesen negativen Effekt nicht mit sich . Bei Bodybuildern , bei denen der Körperfettanteil sowieso schon sehr gering ist , steigt die Gefahr natürlich , das Muskelgewebe zur Energiegewinnung herangezogen wird . Hier kann eine BCAA-Supplementierung bedeuten , das der Körper nicht auf eigene BCAA`s aus der Muskulatur zurückgreifen muss ( Friedrich Reuss , Die Bedeutung verzweigtkettiger Aminosäuren in der Ernährung und Sportmedizin ) . Es entsteht ein **antikataboler Effekt** . Nach einem Bericht der Firma Weider ( Weider Research Group , Muscle and Fitness , Amino Acid Research ) haben französische Wissenschaftler außerdem noch eine **Begünstigung der Fettverbrennung** durch BCAA-Supplementierung festgestellt . Sie untersuchten , wie der Fettabbau in einer kalorienbeschränkten Diät beschleunigt werden kann . 25 Ringer wurden

in 4 Gruppen aufgeteilt . Alle vier Gruppen erhielten eine kalorienbeschränkte Ernährung mit dem gleichen Verhältnis an zugeführter Energie . Die erste Gruppe erhielt eine Ernährung nach den gängigen Empfehlungen , die zweite Gruppe ernährte sich proteinarm , die dritte ernährte sich proteinreich und die vierte Gruppe erhielt eine zusätzliche BCAA-Ergänzung . Es wurde festgestellt , das die Abnahme an Körperfett bei den Personen mit BCAA-Ergänzung am größten war . Dies wurde darauf zurückgeführt , das anstatt Aminosäuren bevorzugt Fett verbrannt wurde .

Ein weiterer positiver Effekt ist die durch BCAA-Supplementierung bewirkte **Ausschüttung des Wachstumshormons STH** ( somatotropes Hormon ) . Zwar bewirken andere Aminosäuren wie Arginin und Ornithin eine größere Ausschüttung von STH , aber auch BCAA`s haben diesen Effekt . Beim Erwachsenen Menschen begünstigt eine erhöhte Konzentration von STH einen anabolen Proteinstoffwechsel . So kommt es z.B. nach Belastung durch Training zu einem Anstieg des STH im Blut , der den erwünschten Trainingseffekt auf die Muskulatur unterstützt . Gleichzeitig wird durch diese Stoffwechselsituation die Fettverbrennung begünstigt ( weiteres siehe Arginin und Ornithin ) . Viele Erkenntnisse über verzweigkettige Aminosäuren kommen eigentlich aus Studien der Medizin , wurden dann aber für Sportler übernommen . So kann die BCAA-Supplementierung z.B. bei Patienten mit Leberzirrhose einen positiven Effekt haben ( Kato M. et al , Preferential use of bcaa as an energy substrate ... , Internat Med 37 , 1998 ) . Bei einem **Trauma oder Operationen** können im Körper erhöhte Defizite von Aminosäuren entstehen . Hier können BCAA`s , wie beim Sport , dem Muskelabbau entgegen wirken . Bei der speziellen Situation des Coma Hepaticum spielen BCAA`s auch eine wichtige Rolle : Die BCAA`s teilen sich die Carriermoleküle , die die Aminosäuren ins Gehirn befördern , mit den Aminosäuren Tyrosin und Tryptophan . Die schnellere Absorption von BCAA`s hemmt nun die Aufnahme von Tryptophan und verhindert somit die vermehrte Synthese von Serotonin ( siehe oben , mentale Ermüdung ) . Bei einem aus stark gestörter Leberfunktion resultierenden Koma ( Coma hepaticum ) , wird dieser Mechanismus der Tryptophan-Blockade gezielt ausgenutzt .Die Unterfunktion der Leber löst hier einen Insulinüberschuss aus , der für einen verstärkten Transport der BCAA`s in die Muskulatur sorgt , wo sie zur Energiegewinnung verstoffwechselt werden . Da Tryptophan und die BCAA`s im Blut das gleiche Carrier-System benutzen , kommt es bei Verminderung der BCAA`s im Blut durch zu viele freie Carrier zu einer überhöhten Zufuhr von Tryptophan ins Gehirn , was wiederum die vermehrte Serotoninproduktion und „Schlafsituation“ nach sich zieht . Obwohl durch dieses Transportsystem auch vermehrt Phenylalanin in das Gehirn gelangt , das als Vorstufe einiger Neurotransmitter mit Namen Katecholamine dient ( Adrenalin und Noradrenalin ) , wird wegen des Überschusses an Tryptophan die entgegenwirkende Funktion der Katecholamine verhindert . Durch gezielte Verabreichung von BCAA`s kann hier die Bewusstseinstörung beeinflusst werden ( Begleitunterlagen Pfrimmer & Co Pharmazeutische Werke Erlangen GmbH ,1986 ) . So wird durch Verabreichung BCAA`s auch die Behandlung der Phenylketonurie unterstützt .Dies ist eine genetische Erkrankung , bei der durch eine übermäßige Aufnahme dieser Aminosäure eine Nervenschädigung auftritt ( Berry HK et al , A new treatment for phenylketonuria , Am J dis Child 144 , 1990 ) . Außerdem ergaben sich auch beim sogenannten dystonen Syndrom ( unwillkürliche Bewegungen der Gesichtsmuskulatur u.Ä.) Verbesserungen bei der Behandlung der Patienten , wenn sie BCAA-Supplemente bekommen haben ( Richardson MA , BCAA decrease tardive dyskinesia symptoms , Psychopharmacology 143 , 1999 ) .

Nach diesen positiven Effekten der BCAA-Supplementierung gibt es allerdings auch einige kritische Aspekte . Nach Friedrich Reuss ist die Einnahme von BCAA`s vor einem Ausdauertraining wegen der Oxidation unter Belastung und des Harnstoffanfalls kritisch zu sehen . Aus 1g BCAA`s entsteht rein rechnerisch ca. 0,5g Harnstoff , der den Organismus belastet , wenn nicht genügend Flüssigkeit zugeführt wird . Aus diesem Grund ist bei BCAA-

Zufuhr eine erhöhte Flüssigkeitsaufnahme nötig . Vor allem bei Ausdauerbelastungen ist aus diesem Grund der Einsatz von BCAA`s abzuwägen ( erhöhter Wasserverlust ) .

Bei Krafttraining dürfte der Körper zuvor eingenommenes Isoleuzin und Valin überwiegend zur Energiegewinnung heranziehen , dies ist nicht der gewünschte Effekt ( Reuss F , Die verzweigtkettigen Aminosäuren..., Fitness News 2 ,1989 ) . Die isolierte Zufuhr von Leuzin , Isoleuzin oder Valin kann die Proteinsynthese des Muskels zeitweilig stören . Wird das richtige Verhältnis der Aminosäuren zueinander oder die Zufuhr der benötigten Vitamine nicht eingehalten ( siehe 7.2.3. ) , kommt es nicht zu der erhofften Wirkung .

Ebenso gibt es Studien , die eine Leistungssteigerung durch BCAA-Supplementierung verneinen ( Madsen K et al , ..glucose plus BCAA , or placebo on bike performance.., J Appl Physiol 81 , 1996 ; Davis JM et al , Effects of BCAA and carbohydrate on fatigue.. , Int J Sports Med 20 , 1999 ; van Hall J et al , Supplementation with BCAA and tryptophan.. , Clin Sci 87 , 1994 ) .

Da in den meisten natürlichen Proteinen die BCAA`s etwa 50 % aller unentbehrlichen Aminosäuren ausmachen , ist mit einem Mangel ohnehin nicht zu rechnen ( siehe 7.2.2. ) .

Da bei Bodybuildern der Proteinkonsum sowieso meistens stark erhöht ist , fragt sich ob denn nun wirklich die geringe Menge an BCAA`s für den Muskelwachstum verantwortlich war , oder eher die Gesamtaufnahme .

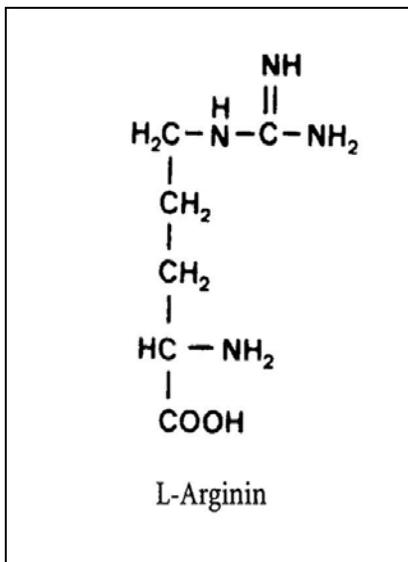
Darüber hinaus gibt es auch noch Studien , welche die Leistungsverbesserung bei Ausdauersportlern nur bei Höhenttraining (Scheda F et al , BCAA supplementation during trekking ..., Euro J Appl Physiol 65 , 1992 ) oder beim Training in großer Hitze ( Mittleman KD et al , BCAA prolonge exercise during heat stress ..., Med Sci Sports Exerc 30 , 1998 ) beschreiben .

### **7.2.5. Fazit**

Vorausgesetzt es handelt sich um Sportler , die wöchentlich ca.. 5-6 Trainingseinheiten mit ca. 2 Stunden Länge absolvieren und diesen Energieumsatz auch für längere Zeiträume einhalten , kann eine BCAA-Supplementierung sicherlich hilfreich sein . Zumindest bei Ausdauersportarten scheinen die Studien eindeutige Ergebnisse zu bringen . Bei Bodybuildern und anderen Kraftsportlern scheint eine Supplementierung wohl eher in einer Definitionsphase angebracht zu sein , da diese meistens den ganzen Tag über viel Protein zu sich nehmen . Hier liegt auch das Hauptproblem begründet : Niemand kann pauschal festlegen , wie viel BCAA`s das jeweilige Individuum wirklich braucht . Hier müsste der einzelne Sportler genau hinsichtlich seiner sonstigen Ernährung überprüft werden und die genaue Trainingsintensität berücksichtigt werden . Da hier auch die Selbsteinschätzung der Person gefragt ist , kommt ein zusätzlicher Faktor der Unsicherheit dazu . Manche Menschen denken sie trainieren hart und sind weit von ihrer Leistungsgrenze entfernt , andere unterschätzen sich eher . Wer das nötige Geld hat kann die Produkte ausprobieren , da die Supplementierung bei ausreichend Flüssigkeitszufuhr und körperlicher Gesundheit ( keine Organischen Einschränkungen wie z.B. Nierenleiden ) ungefährlich ist . Auch muss selbst herausgefunden werden , ob der Konsum von natürlichen Lebensmitteln nicht eventuell ausreicht . Nicht von der Hand zu weisen ist der Vorteil der schnellen Resorption und der gezielte Ausgleich bei mangelnder Ernährung .

### 7.3. Arginin

Abb. 27 ( Pschyrembel , S. 53 )



Obwohl Arginin immer noch nicht zu den essentiellen Aminosäuren gezählt wird , ist ihre Wichtigkeit mittlerweile unumstritten . Galt diese Aminosäure früher nur für Säuglinge als lebensnotwendig , so wird sie heute sogar bei Nierendiäten eingesetzt .Der Argininbedarf steigt vor allem bei Infekten und katabolen Zuständen stark an . In einer Studie des Jahres 2000 wurde die Einzigartigkeit von Arginin bei der Behandlung von Krankheiten herausgestellt ( Wu G , Meininger CJ , Arginin Nutrition in development...,Curr Opin Clin Nutr Metab Care 1 , 2000 ) . Arginin wird im Leberstoffwechsel für die Harnstoffbildung und den Ammoniakabbau benötigt . Im Harnstoffzyklus wird das Ammoniak , das bei bakterieller Proteinzersetzung im Darm oder nach Desaminierung vo Aminosäuren entsteht , in der Leber zu Harnstoff umgewandelt .

Über Harnstoff werden pro tag etwa 80% des Proteinstickstoffs über die Niere im Urin ausgeschieden . Bei der Harnstoffbildung wird über NH<sub>3</sub> und CO<sub>2</sub> unter ATP-Verbrauch Carbanylphosphat gebildet , das über **Ornithin** zu Citrullin umgewandelt wird .Citrullin und Aspartat bilden Argininosuccinat , woraus Arginin und Fumarat freigesetzt werden und aus Arginin Harnstoff entsteht . ( Siehe Abb. 28 ) .

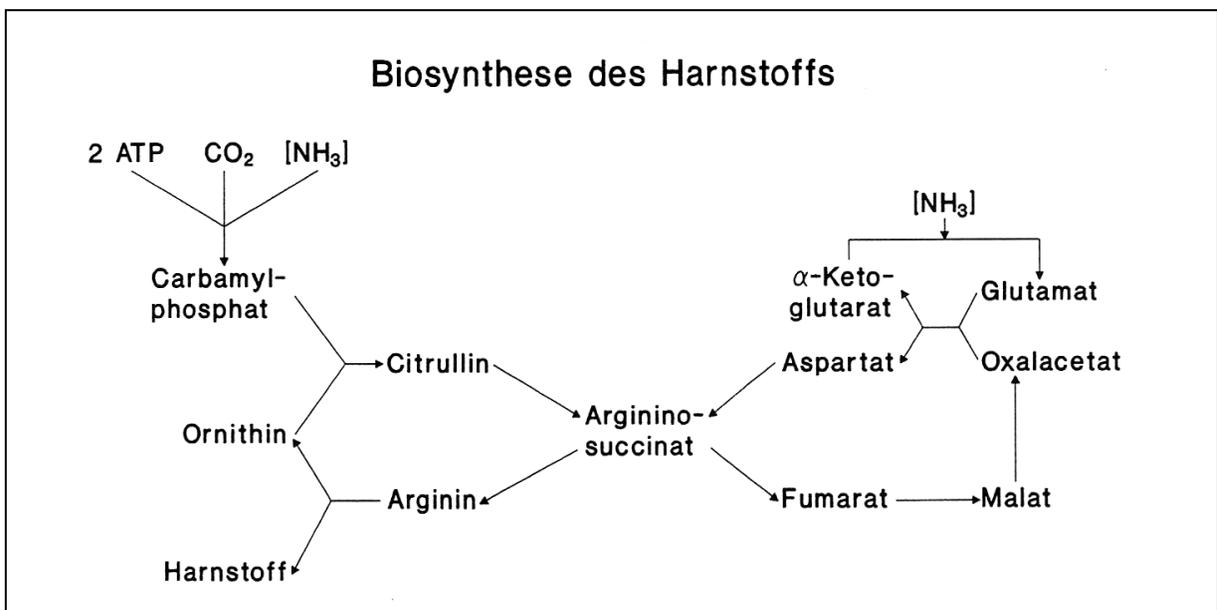


Abb. 28 : Biosynthese des Harnstoffs ( Weicker , Sportmedizin , S. 187 , 1994 )

Im Körper wird Arginin schnell in Ornithin umgewandelt und umgekehrt . Ornithin selbst wird im Körper nicht in Proteine eingebaut und ist die teurere Aminosäure . Durch Verabreichung von L-Arginin erhöht sich im Körper die Anzahl der Lymphozyten , wodurch eine **Stärkung des Immunsystems** eintritt . Dies ist zwar vor allem für akut Kranke bzw. Genesende von Bedeutung , aber auch Sportler oder Diäthaltende können einen ähnlich veränderten Stoffwechsel wie Kranke haben , bei dem ein Bedarf erhöht sein kann . Es wurde festgestellt , das bei Verabreichung von Arginin die Bildung von Interleukin-1 , einem

Botenstoff des Immunsystems , verbessert wird . Diese Effekte konnten in Tierversuchen dokumentiert werden ( z.B. Reynolds JV , Immunomodulatory mechanisms of arginine , Surgery 104 , 1988 ) . Die positive Wirkung wurde ebenfalls durch Gabe von 30g Arginin pro tag bei Brustkrebspatientinnen bestätigt (Brittenden J et al , L-Arginin stimulates host defences in patients with breast cancer , Surgery 115 , 1997 ) . Ein anderer Effekt der Arginin-Supplementierung , ist die Erhöhte **Ausschüttung des Wachstumshormons STH** ( siehe 7.2.4. ) . Zumindest bei intravenöser Verabreichung ist dieser Effekt dokumentiert ( Williams M.H. , Ernährung , Fitness und Sport 1997 ) . Das Wachstumshormon wird von der Hypophyse ( Hirnanhangdrüse ) ausgeschüttet . STH ist eines der stärksten Hormone und wirkt im Gegenteil zu anderen auf fast alle Gewebe des Körpers . In der Leber wird es innerhalb einer Stunde abgebaut , wo dann sogenannte Somatomedine ( Wachstumsfaktoren ) gebildet werden . Diese sind für Wachstumsprozesse des Organismus verantwortlich . Dies beinhaltet auch einen gesteigerten Transport von Aminosäuren durch Zellmembranen in die Muskulatur , was wiederum eine gesteigerte Proteinsynthese zur Folge hat . Es kommt zu einer Stimulation der Transskriptionsprozesse in den Zellkernen , größere Mengen von Messenger- RNA werden produziert ( siehe 2.5.4. ) . STH sorgt außerdem für eine Verringerung des Proteinabbaus , was eine vermehrte Verbrennung von Fettsäuren mit sich zieht . Auch Glucose wird vermindert in die Zellen aufgenommen , wodurch der Blutzuckerspiegel ansteigt und Insulin ausgeschüttet wird . Insulin und STH wirken beim Aufbau von neuem Gewebe eng zusammen und ergänzen sich in ihrer Wirkung . Durch die **erhöhte Insulinausschüttung** kommt es zu einer Verbesserung der Aufnahme von Aminosäuren und Glykogenbildung in den Muskelzellen ( Van Loon et Al , Ingestion of Protein Hydrolysat and Aminoacid Carbohydrat mixtures ... , J Nutr 130 , 2000 ) . Dieser Effekt kann für eine schnellere Regeneration nach dem Training ausgenutzt werden . STH wird im Tagesverlauf Schubweise ausgeschüttet , vor allem in den ersten Stunden des Tiefschlafes und in den Morgenstunden , kurz vor dem Aufwachen . Trainingsformen , bei denen sehr viel Laktat gebildet wird , führen ebenfalls zu einem Anstieg des Wachstumshormons . STH-Ausschüttung wird gehemmt durch einen Körperfettanteil von über 20% ( Frauen über. 25% ) , hohe Fett- und Einfachzuckeraufnahme und einen Mangel an Vitamin B6 . Kalzium , Magnesium und Kalium müssen Ebenfalls in Ausreichenden Mengen vorhanden sein . Bei Personen mit einem Zinkmangel wurde ebenfalls eine verminderte Ausschüttung von STH bemerkt ( Scholz H. , Mineralstoffe und Spurenelemente , Paracelsus Verlag ) . Eine weitere , gerade für Bodybuilder interessante , Eigenschaft des Arginins , ist die **verbesserte Durchblutung** des Organismus . Bei einer täglichen Dosierung von 7-8g , wurden eine Verbesserung der Fließeigenschaften des Blutes und eine daraus resultierende verminderte Trombozytenaggregation ( Verklumpung des Blutes ) festgestellt ( Wolf et al , Dietary arginin supplementation normalizes platelet aggregation ... , J Am Coll Cardiol 29 , 1997 ) . Wegen der gefäßerweiternden Wirkung wirkt Arginin ebenfalls erektionsverbessernd . Bei einer Dosierung von 3-6g , 1-2 Stunden vor dem Akt , soll eine stärkere Erektion des Mannes bewirkt werden ( Moody JA et al , Effects of long-term oral administration of L-arginin ... , J Urol 158, 1997 ) . Auch die Samenflüssigkeit des Mannes enthält reichlich Arginin , weswegen die Problematik der Höhe der Spermiedichte hier in die Diskussion kommt ( Aydin S et al , The role of arginin ... , Int Urol Nephrol 27 , 1995 ) . Die gefäßerweiternde Wirkung wird durch das Enzym NO-Synthetase ausgelöst . Es wandelt Arginin in den Gefäßwandzellen in Stickoxid ( NO ) um . Durch das Stickoxid erweitern sich die Zellen . Stickoxid dient zudem als Vorstufe von Neurotransmittern im Gehirn , wodurch eine Verbesserung des Langzeitgedächtnisses durch Stickoxid diskutiert wird . Arginin dient wegen dieser Effekte als Unterstützung bei der Therapie von Bluthochdruck ( Bredt DS , Endogenous nitric oxid synthesis ... , Free Radic Res 31 , 1999 ) .Die Kombination von Arginin und Asparaginsäure ( als Argininasparat ) hatte im Doppelblindversuch mit 24

Skiläufern eine 8%ige Leistungssteigerung zur Folge . Dies geschah nach dreiwöchiger oraler Einnahme von täglich dreimal 1g Mono-Arginin-Asparat .

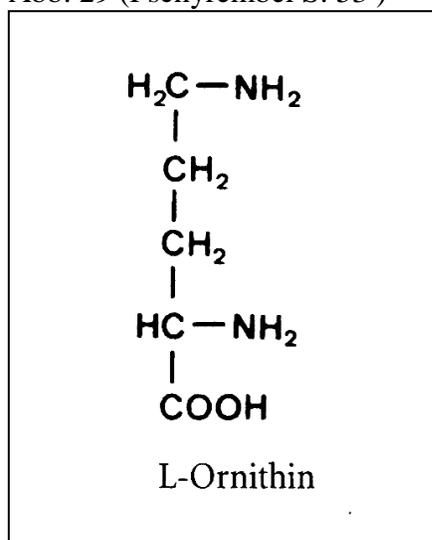
Negative Meinungen zu Arginin existieren allerdings auch . Bei erhöhtem Ausstoß des Wachstumshormons und vermehrter Fettverbrennung kam es gleichzeitig auch zu einer Erhöhung der Harnsäurekonzentration und starkem Abfall anderer im Blut befindlicher Aminosäuren ( Colombani PC , Chronic Arginin Aspartat supplementation .. , Eur J Nutr 12 , 1999 ) . Der Chemiker Friedrich Reuss ist sogar der Meinung , Arginin stimuliere das Immunsystem so stark , das Herpesvirenkolonien im Organismus angegriffen werden und deshalb akute Entzündungen ausgelöst werden können . So könnten zum Beispiel schlafende Herpesinfektionen erneut geweckt werden . Ebenso wird von Schlaflosigkeit und Durchfall berichtet . Die Rückmeldungen von Kraftsportlern nach Arginin-Konsum waren außerdem fast alle negativ , vor allem bezogen auf das kurzzeitig aufgetauchte Argininpyroglutamat ( Kombination mit Pyroglutaminsäure ) . Obwohl in einer Studie mit diesem neuen Wundermittel ein STH-Anstieg bis zu 700% und ein Insulin-Anstieg von 300% in 30 min erreicht wurden , waren die späteren Befragungen negativ ( Isidori A , A Study of growth Hormon release in man .., Current medical research and opinion 7 , 1981 ) .Abschließend stellt sich auch hier die Frage , ob sich nicht auch hier natürliche Lebensmittel als Arginin-Quelle finden lassen :

**Tab 3 : Arginin in Lebensmitteln ( aus Souci SW , Die Zusammensetzung der Lebensmittel , 1994 )**

Nahrungsmittel	Protein pro 100g	Davon Arginin
Paranuss	13,6g	2,120g
Erdnuss	25,3g	3,460g
Walnuss	14,4	2,090g
Gelatine	84,2g	7,450g
Sesam-Samen	17,7g	2,20g
Sonnenblumensamen	22,5g	2,20g

#### 7.4. Ornithin

Abb. 29 (Psyhyrembel S. 53 )



Ornithin kommt im Nahrungsprotein nicht vor . es entsteht erst im Harnstoffzyklus des Körpers oder bei der Verarbeitung von Nahrungsmitteln aus zwei Arginin Molekülen .Die wichtigste Funktion ist der **Abbau von Ammoniak** , des leistungsmindernden Endproduktes des Proteinstoffwechsels . Ebenso wie Arginin kann Ornithin die Hirnanhangdrüse zur Ausschüttung des Wachstumshormons ( somatotropes Hormon ; STH ) stimulieren . Patienten mit Leberzirrhose und hepatischer Enzephalopathie ( Gehirnerkrankung durch Leberfehlfunktion ) erlebten eine deutliche Verbesserung der Leberfunktion und der Blutwerte , bei Verabreichung von 18g Ornithinaspartat .( Stauch S et al , Oral L-ornithine L-aspartat therapy..., J Hepatol 28 , 1998 ) . Die Produktion von Ornithin im Körper kann gesteigert

werden , wenn Arginin als Vorläufer vermehrt zugeführt wird . Rattenversuche ergaben weiterhin , das Ornithin relativ ungiftig ist . Die orale Toxizität als Ornithin-Monohydrochlorid beträgt 10000mg pro kg Körpergewicht (Merck KG , Datenblatt L-Ornithin Monohydrochlorid für biochemische Zwecke , CD-ROM 1999 ) .

Eine noch verstärkte Wirkung verspricht das Ornithin-alpha-Ketoglutarat ( OKG ), eine Kombination beider Moleküle . In der Medizin wird es schon seit längerem wegen seiner **wundheilbeschleunigenden Wirkung** eingesetzt ( Cynober L , Amino acid metabolism in thermal burns , JPEN 13 , 1089 ) . OKG bewirkt eine größere Ausschüttung des Wachstumshormons , als Ornithin oder alpha-Ketoglutarat einzeln . Darüber hinaus dienen die beiden Moleküle des OKG auch als Grundstoff zur Synthese von Glutamin , einer anderen Aminosäure mit immunstimulierenden Eigenschaften . Das alpha-Ketoglutarat unterstützt ebenfalls den Ammoniakabbau ( Cynober L , Ornithin-alpha-ketoglutarate in nutritional support , Nutrition 7 , 1991 ) . Es wurde beobachtet , das 120 mg OKG pro kg Körpergewicht einmal täglich eingenommen , eine **Ausschüttung des Wachstumshormons** unterstützen . Da der Größte Ausstoß von STH etwa eine Stunde nach dem Einschlafen erfolgt , empfiehlt sich eine Einnahme vor dem Schlafengehen ( Colgan M , OKG – caveat emptor , Muscular Development 3 , 1993 ) .

Negative Wirkungen der Ornithineinnahme sollen Kopfschmerzen oder Durchfall sein . Sportler berichteten außerdem , das eine Auswirkung auf die Leistung kaum zu spüren sei und der Geschmack der Präparate unangenehm bitter sei . Es wurde auch bemerkt , das OKG hauptsächlich dadurch wirkt , weil alpha-Ketoglutarat im Körper in Glutamin umgewandelt wird ( Vinnars E , Role of glutamin and it`s analogs .., J Parenter Enternal Nutr 14 , 1990 ) . Die Wirkung bei oraler Zufuhr ist auch nur bei hohen Dosierungen mit 13 g am Tag nachgewiesen . ( Bucci L , Ornithin ingestion and growth hormon .. , Nutr Res 10 , 1990 ) .

#### 7.4.1. Kombination von Arginin und Ornithin

Die meistverwendete Form für Sportlerpräparate besteht aus einer Kombination von Arginin und Ornithin . Nach Friedrich Reuss liegen die Dosierempfehlungen bei mindestens 2-3g Arginin , kombiniert mit mindestens 1-2g Ornithin pro tag . Mengen bis zu insgesamt 10g pro tag können als unbedenklich gesehen werden , da vergleichbare Argininzufuhren auch mit gewöhnlichen Nahrungseiweißen erreichbar sind ( Reuss , Kristalline Aminosäuren in der Sporternährung , Fitness News 10 , 1987 ) . Kombinationen mit **Lysin** sollen die Wirksamkeit von Arginin/Ornithin noch erhöhen . Eine mögliche Dosierung liegt bei 1200mg Lysin , 1200mg Arginin und 900mg Ornithin . Lysin sollte nach Angaben von Reuss in gleichen Mengen wie Arginin eingenommen werden . Weiterhin sind Kombinationen **mit Phenylalanin** oder **Tyrosin** möglich . Sie zählen zu den neutralen Aminosäuren und konkurrieren nicht mit Ornithin um die Carrier . Phenylalanin und Tyrosin werden im Gehirn zu Dopamin und Noradrenalin umgewandelt , zwei Neurotransmitter die die Sekretion von STH einleiten .Wegen der anregenden Wirkung sollte die Dosis von 3g Ornithin plus 2g Phenylalanin oder Tyrosin 30-60 min vor dem Training eingenommen werden . Eine letzte Kombinationsmöglichkeit besteht mit der Aminosäure **Tryptophan** . Wie bei 7.2.4. erklärt , bewirkt Tryptophan eine Erhöhung des Serotoninspiegels im Gehirn . Es ist eine neutrale Aminosäure und konkurriert nicht mit dem basischen Ornithin um die Carrier-Moleküle . Die Erhöhung des Serotonins hat eine gewisse Schläfrigkeit zur Folge , deshalb empfiehlt sich diese Kombination vor dem Schlafengehen .Nach Colgan M. empfiehlt sich eine Dosierung von 3g Ornithin und 3g Tryptophan ( Human growth hormon ...., Muscle and Fitness 1 , 1988 ) .

#### 7.4.2. Fazit

Die positiven Eigenschaften wie die **Stärkung des Immunsystems** , die **Erhöhte Ausschüttung des Wachstumshormons STH** , die **verbesserte Durchblutung und Gefäßerweiterung** sind auch hier in wissenschaftlichen Arbeiten dokumentiert worden .Hobbysportler müssen sich nun überlegen , ob sie vielleicht lieber für eine Dosierung von 3g

Arginin und 2g Ornithin , eine Menge von je 100g Erdnüssen , Paranüssen und Wallnüssen essen könnten . Da dies realistisch betrachtet eher mühsam zu bewältigen ist ( schon gar nicht kurz vor Training ) und damit der stimulierende Effekt eines Präparates wegfällt , hat in diesem Punkt das Präparat klar gewonnen . Bei Nüssen , die über den tag verteilt gegessen werden , ist aber zumindest eine Langzeitversorgung mit Arginin und Ornithin gesichert und die Stärkung des Immunsystems kann ebenfalls stattfinden . Die Wachstumshormonausschüttung ist ohnehin nur bei intravenöser Gabe dokumentiert und da hier eine Einnahme von Arginin/Ornithin direkt vor dem Zubettgehen empfohlen wird , könnten auch die Nüsse vor dem abendlichen Fernsehprogramm aushelfen . Wer sich die Präparate leisten kann und der Meinung ist , er trainiert intensiv und regelmäßig genug um einen Bedarf dieser Aminosäuren zu haben , muss die Präparate allerdings nach Reuss auch über einen Zeitraum von mindestens 6 Wochen regelmäßig einnehmen , um einen Effekt zu spüren .

### 7.5. Glutamin

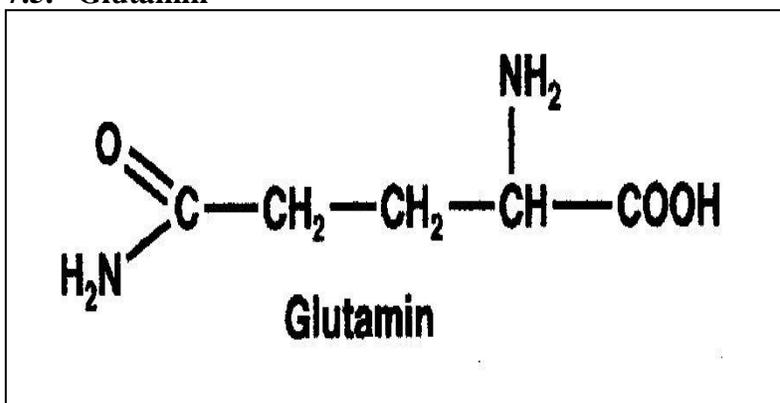


Abb. 30 ( Lubert , Stryer – Biochemistry 1990 , S. 490 )

Glutamin ist mit einem Mengenanteil von 20% Hauptbestandteil des Pools an freien Aminosäuren im Blutplasma . Beim gesunden Erwachsenen beträgt die Plasmakonzentration 500-900  $\mu\text{mol/L}$  ( Fürst P. et al , Apraisal of four pre-column derivatisation methods .. , J Chromatograph 499 , 1990 ) . Die ersten vertrauenswürdigen Daten über intrazelluläre Konzentrationen an freien Aminosäuren im menschlichen Muskelgewebe wurden im Jahre 1974 veröffentlicht ( siehe Abb. 34 ) .

	mmol/L	g/70 kg <sup>a</sup>	mmol/L icw	g/70 kg <sup>c</sup>
<b>Plasma</b>				
EAS	0,80	1,2		
NEAS	1,99	2,9		
davon Glutamin	0,57	1,0		
<b>Muskel</b>				
EAS			2,9	7,7
NEAS <sup>b</sup>			31,9	78,4
davon Glutamin			19,5	51,8

EA = essentielle Aminosäuren, NEAS = nicht essentielle Aminosäuren, ICW = Intrazelluläres Wasser

<sup>a</sup> Für diese Berechnung wurden 12 L Extrazellulärflüssigkeit vorausgesetzt  
<sup>b</sup> ohne Taurin  
<sup>c</sup> Für diese Berechnung wurden 18,2 L Intrazellulärflüssigkeit vorausgesetzt [9]

Abb. 31 : Aminosäurenpool im menschlichen Körper , Ernährungsumschau 43 , S.318 , 1996

Da das Muskelgewebe den Hauptteil ( 70-80% ) der gesamten freien Aminosäuren des Organismus enthält , ist eine Abschätzung der Größe dieses Pools für eine quantitative Betrachtung des Aminosäuren Stoffwechsels unabdingbar ( siehe 2.5.3. ) . Direkte biochemische Bestimmungen ergaben , das 1kg menschlicher Muskel durchschnittlich 230g Trockensubstanz , 120g extrazelluläres Wasser ( ecw ) und 650g intrazelluläres Wasser ( icw ) enthält . Die Gesamtkonzentration an Aminosäuren beträgt im Muskel ca .35mmol /L intrazelluläres Wasser ( icw ) ; freies Glutamin erreicht dabei mit 19,5 mmol pro Liter icw mehr als 50 % .Die essentiellen Aminosäuren machen nur ca. 8,4% des Gesamtpools aus . Bei einem Durchschnittsgewicht von 70kg und einer Muskelmasse von ca. 400g/kg Körpergewicht errechnet sich ein Gesamtvolumen an icw von 18,2 Liter . Daraus leitet sich ein Gesamtaminosäuregehalt im Intrazellulärraum von 86,1g ab , der Anteil von Glutamin beträgt dabei 51,8g ( 60% ) ( Bergström J , Intracellular amino acid concentration .., J Appl Physiol 36 , 1974 ) . Glutamin wird natriumabhängig unter Energieverbrauch in die Zelle transportiert . Unter physiologischen Bedingungen sind praktisch alle Gewebe in der Lage Glutamin abzubauen bzw. zu synthetisieren . Beide Vorgänge laufen jedoch in unterschiedlichen Kompartimenten der Zelle ab . Die Glutaminasereaktion , als initialer Schritt des Glutaminabbaus , ist im Mitochondrium lokalisiert . Das für die Synthese aus Glutaminsäure notwendige Enzym Glutaminsynthetase findet sich dagegen im Cytosol ( Meister A. Metabolism of Glutamin ,Pysiol Rev 36 , 1956 ) . Glutamin stellt nicht nur einen Baustein für die Proteinsynthese dar , sondern spielt als **Zwischenprodukt in einer Vielzahl von Stoffwechselvorgängen** eine wichtige Rolle . Als Vorstufe liefert Glutamin Stickstoff für die Synthese von Purinen , Pyrimidinen , Nukleotiden und Aminosackern . Es wird als Hauptsubstrat für die renale Ammoniakgenese benötigt und ist dadurch an der Regulation des Säuren-Basenhaushalts beteiligt . Als höchstkonzentrierte Aminosäure im Blut dient Glutamin als **Stickstofftransporteur** zwischen den verschiedenen Geweben . Glutamin stellt für die Zellen des Gastrointestinaltraktes ein wichtiges Energiesubstrat dar . Wegen der verschiedenartigen Beteiligungen an Transaminierungsaktionen kann Glutamin als eigentlicher Regulator der Aminosäurehomöostase angesehen werden ( Sies H. , Hepatic glutamine and ammonia metabolism , Springer Verlag , 1984 ) . Untersuchungen haben den Nachweis gebracht , das alle sich schnell vermehrenden Zellen , hauptsächlich die des **Immunsystems** , strikt auf die Verfügbarkeit von Glutamin als Stickstoff und Kohlenstoffquelle angewiesen sind ( Newsholm , A Role for muscle in the immune system ..., Nutrition 4 ,1988 ) . Es ist bekannt , das Interleukin-2 ( IL-2 ) von aktivierten T-Lymphozyten freigesetzt wird und eine zentrale Rolle bei der Vermehrung der T-Zellen spielt. Abgesehen von diesen grundlegenden metabolischen Funktionen , ist Glutamin ein mitentscheidender Regulator der Muskelproteinbilanz . Zwischen dem Glutamingehalt des Muskels und der Proteinsyntheserate besteht eine auffallend direkte Korrelation ( Jepson , Relationship between glutamin concentration and proteisynthesis ..., Am J Physiol 255 , 1988 ) . Weiterhin wurden von In-vitro-Studien über einen **positiven Einfluss auf anabole Prozesse** berichtet , wenn der intrazelluläre Glutaminhaushalt aufrechterhalten wurde . Als Bindeglied zwischen Glutamingehalt im Skelettmuskel und Muskelproteinumsatz ist nach einer Hypothese von Häussinger et al. der Hydrationsgrad der Zelle anzusehen . Die Autoren postulieren , das eine erhöhte zelluläre Hydratation ( Anschwellen der Zelle ) als anaboles Signal anzusehen ist , während eine Zellschrumpfung als katabol wirkt . Als höchstkonzentrierte Aminosäure und **osmotisch aktive Substanz** kann Glutamin die Wasserbindung in der Zelle essentiell beeinflussen ( Text aus Ernährungsumschau 43 , 1996 ) . Je mehr Wasser in der Muskelzelle ist , desto besser läuft die Proteinsynthese ab . Durch die Einlagerung von Glutamin in den Muskelzellen und die vermehrte Wassereinlagerung , kommt es zu dem von Bodybuildern geliebten „ Muskelpump“ .

### 7.5.1. Glutamin bei metabolischem Stress

Eine Vielzahl von Daten belegt, dass hyperkatabole und hypermetabole Krankheitszustände mit einer ausgeprägten Glutaminverarmung einhergehen. Nach elektiven Operationen, bei schweren Verletzungen, Verbrennungen und Infektionen, sowie Pankreatitis fällt die intramuskuläre Glutaminkonzentration unbeeinflusst von ernährungstherapeutischen Maßnahmen erheblich ab (Karner J et al., Alanineglutamine infusions to patients with acute pancreatitis, Clin Nutr 9, 1990). Offensichtlich kann in diesen Situationen der erhöhte Bedarf der glutaminverbrauchenden Organe nicht durch endogene Synthese und Freisetzung aus dem Skelettmuskel gedeckt werden. Der Bedarf an exogenem Glutamin lässt sich anhand des Verbrauchs glutaminverwertender Organe einschätzen. Pro Tag werden 11-15g Glutamin allein im Gastrointestinaltrakt verbrannt (Miller, Interorgan relationships of alanine and glutamine ..., J Surg Res 35, 1983). Weitere 6-8g pro Tag werden durch die Nierentubuluszellen und immunaktive Zellen aufgenommen. Durch Freisetzung aus dem Skelettmuskel können aber nur 8-10g Glutamin pro Tag bereitgestellt werden. Der Transfer des Muskelglutamins zu den glutaminverbrauchenden Geweben wird wahrscheinlich über den Transporter in der Membran der Muskelzelle geregelt. Aus diesen Berechnungen ergibt sich für die Situation eines katabolen Stoffwechsels eine negative Glutaminbilanz von 12-15g pro Tag (Stehle et al., Effects of parenteral glutamine peptide ..., Lancet i, 1989). Sowohl bei längerer Mangel- bzw. Fehlernährung als auch bei extremer physischer Belastung ergeben sich Veränderungen im Glutaminstoffwechsel. Nach einer sportlichen Langzeitbelastung, z.B. einem Marathonlauf, sowie im übertrainierten Zustand ist die Plasmakonzentration von Glutamin verändert. Diese Veränderung kann ebenfalls Einfluss auf das Immunsystem haben. Synthetisiert und ins Blut abgegeben wird Glutamin aus der Skelettmuskulatur. Somit hat die Muskulatur neben ihrer Funktion der Lokomotion auch noch die Aufgabe der Brennstofflieferung zur Aufrechterhaltung des Immunsystems. Langdauernde erschöpfende Belastung wirkt ebenso wie eine Infektion auf das Immunsystem, was eine Erklärung für die erhöhte Infektanfälligkeit und Verdauungsprobleme nach Belastungen bei Sportlern ist. Diese Zusammenhänge wurden in vielen Studien untersucht (siehe Literaturliste). Einen recht deutlichen Beweis lieferte 1998 Kingsbury anhand einer Messung des Plasmaglutamins von Elitesportlern. (Contrasting plasma free amino acid patterns in elite athletes ..., Br. J Sports Med.- London 32, 1998). Die Zielstellung war eine Untersuchung des Verhaltens freier Aminosäuren im Plasma während besonders intensiver und leichter Trainingsabschnitte bei Elitesportlern. Die Analyse wurde in 3 Situationen vorgenommen: 1) Medizinisches Screening während einer intensiven Trainingsphase. Es umfasste ein hämatologisches/biochemisches Blutprofil und eine mikrobiologische Untersuchung von Athleten mit Infektion. Die Sportler wurden anhand unterschiedlicher Trainingsermüdung in 3 Gruppen unterteilt:

- Gruppe a : 21 Leichtathleten – keine andauernde Ermüdung
- Gruppe b : 12 Judoka – schwere Ermüdung am Abend, jedoch über Nacht wiederhergestellt, um das Training fortzusetzen
- Gruppe c : 18 Leichtathleten, 1 Ruderer mit chronischer Ermüdung und nicht in der Lage über mehrere Wochen zu trainieren.

Die Sportler aller Gruppen wurden während einer leichten Trainingsperiode untersucht. Athleten die während dieser Periode noch einen niedrigen Aminosäurespiegel aufwiesen, wurden nach 3 Wochen einer zusätzlichen Proteinaufnahme nochmals untersucht. Ergebnis: Das Aminosäurenverhalten vor den Wettkämpfen war bei Gruppe a normal, bei b und c vermindertes Glutamin mit (besonders bei b) vermindertem Histidin, verminderten Glukogen-, Keton- und verzweigt-kettigen Aminosäuren. Athleten mit Infektion (keiner in

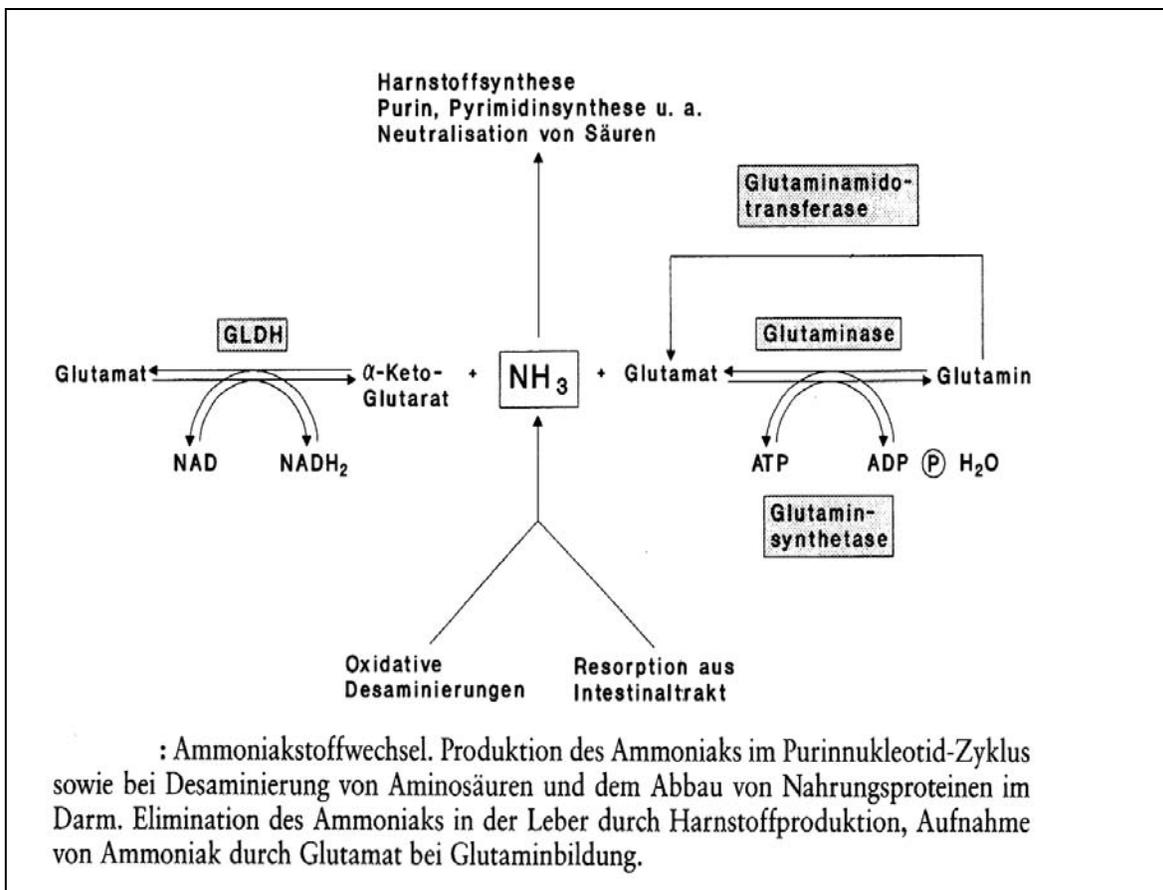
Gruppe a , einer in Gruppe b und 10 in Gruppe c ) hatten einen Plasma-Glutaminspiegel unter 450 Mikromol/L . Es gab keine Unterschiede zwischen den Gruppen in den hämatologischen oder anderen blutchemischen Parametern , abgesehen von einer niedrigeren Kreatin.Kinase Aktivität in Gruppe c im Vergleich zu Gruppe b und einem niedrigen Verhältnis von Neutrophile/Lymphozyten bei Sportlern mit Virusinfektion . Während eines leichten Trainings nach den Wettkämpfen zeigte Gruppe a keine signifikanten Veränderungen der Aminosäuren . Gruppe b erreichte wieder normale Aminosäurespiegel , vergleichbar mit Gruppe a . In Gruppe c erhöhten sich Valin und Threonin , **Glutamin und Histidin blieben niedrig** . Somit hatte keiner in Gruppe a , 2 in Gruppe b , aber 10 in Gruppe c noch Plasma-Glutaminspiegel unter 450 Mikromol/L , einschließlich 8 von den Sportlern mit Infektion . Mit der zusätzlichen Glutaminaufnahme erhöhten sich alle niedrigen Glutaminspiegel über 500 Mikromol/L . Plasma.Glutamin stieg auf 592 Mikromol/L und Histidin 86 Mikromol/L . Gesamtaminosäure 2761 Mikromol/L und das Verhalten der Aminosäuren normalisierte sich .  
Fazit :

- Sportler ohne andauernde Ermüdung haben ein normales Verhalten der Aminosäuren .
- Sportler mit akuter Ermüdung zeigen deutliche , jedoch nur zeitliche Veränderungen .
- Sportler mit chronischer Ermüdung und Infektion zeigen einen anhaltenden Abfall in den Aminosäuren ,**hauptsächlich Glutamin** . Dabei kann eine inadäquate Proteinzufuhr eine Rolle spielen .

Weitere Studien ergaben , das sich durch die Gabe von Glutamin während und nach einer Ausdauerbelastung , ein Abfall des Plasma-Glutaminspiegels abschwächen lässt ( unter anderem Schoor , Ingestion of drinks containing protein hydrolysate .. , Int J Sports Med 18 , 1997 ) .

Hauptsächliches glutaminverarbeitendes Organ ist der Dünndarm . Die intestinale Aufnahme von Glutamin steigt bei metabolischem Stress und bei Mangelernährung messbar an und trägt somit zur Veränderung des Glutaminpools bei . Aktuelle Studien weisen stark darauf hin , dass Glutamin als unentbehrlicher Nährstoff zur Aufrechterhaltung des Stoffwechsels , der Struktur und der Funktion des Darmes anzusehen ist . Dies gilt insbesondere in kritischen Krankheitszuständen , wenn sich funktionelle Einschränkungen der natürlichen Darmbarriere ergeben ( Souba et al. , The role of glutamine in maintaining a healthy gut ... , J Surg Res 48 , 1990 ) .

Ein anderer , für Sportler wichtiger Aspekt , ist die „**entgiftende Wirkung**“ von Glutamin . Anders als alle anderen Aminosäuren verfügt Glutamin über zwei Stickstoffmoleküle . Wenn Proteine durch anstrengendes Krafttraining zur Energiegewinnung herangezogen werden , erhöht sich der Ammoniakspiegel . Ein Anstieg des Ammoniakspiegels wiederum führt zu Ermüdungserscheinungen und einer Hemmung der Energiebereitstellung . Ammoniak wird im Muskel aus den Aminogruppen der Proteine gebildet . Die frei werdenden Aminogruppen werden von Glutamin gebunden und Ermüdungserscheinungen können verzögert werden ( Scholz , Hamm , Muscle-Food 2000 ) . Aus Ammoniak , das neben Inosinmonophosphat im Purinnukleotidzyklus durch Desaminierung von Adenosinmonophosphat durch die AMP-Desaminase entsteht , kann Alpha-Ketoglutarat durch die Glutamat-Dehydrogenase zu Glutamat animiert werden . Dieses erfolgt auch durch Aminogruppen , besonders der BCAA`s . Durch die Glutamatsynthetase wird aus Glutamat und Ammoniak oder Aminogruppen der Aminosäuren Glutamin , das Säureamid des Glutamats gebildet . Hierdurch wird der Eiweißstickstoff konserviert und eine Ammoniak-Akkumulation verhindert . Besonders bei maximaler Belastung steigt die Aktivität des Purinnukleotidzyklus und konsekutiv die Ammoniakkonzentration im Blut an , so dass die Glutaminbildung verstärkt wird . Glutamin ist für die Glukoneogenese in der Leber und in der Niere eine wichtige Glucosevorstufe . Abbildung 32 zeigt einen Überblick des Ammoniakstoffwechsels .



**Abb. 32 : Stoffwechsel des Ammoniaks ( Weicker , Sportmedizin 1994 , S. 188 )**

Eine weitere Nutzungsmöglichkeit , ist Supplementation von Glutamin bei kohlenhydratarmen Diäten . Hier verbrennt der Körper zur Energiegewinnung auch Proteine . L-Glutamin trägt in einem solchen Fall dazu bei den Blutzuckerspiegel durch die Glukoneogenese zu stabilisieren . Dr. Atkins , der Erfinder der kohlenhydratarmen Diät , setzt daher zum besseren Durchhalten einer solchen Diät L-Glutamin ein ( Michelle A. , Blanchard , The influence of diet and exercise on muscle and plasma glutamine concentrations , American Coll Sports Med 7 , 2001 ) .

Nicht unbeachtet bleiben soll , dass es auch negative Studien zu L-Glutamin gibt . Zum Beispiel fand eine Forschergruppe 1998 keine Verbesserungen der maximale Leistung bei akuter L-Glutaminzufuhr ( Haub et al. , Acute L-glutamin ingestion does not improve maximal effort exercise , J Sports Med Phys. Fitness 3 , 1998 ) . Es wurde untersucht ob eine Zufuhr von L-Glutamin Einfluss auf das Säure-Basen-Gleichgewicht hat und zu einer Verbesserung der Leistungsfähigkeit bei hohen Intensitäten führt . Zehn trainierte Männer absolvierten dafür fünf Versuche auf dem Fahrradergometer bei 100% Belastung . Den Sportlern wurde 90 min vor der Belastung L-Glutamin ( 0,03 g/kg Körpergewicht ) oder ein Placebo verabreicht . Vor der Einnahme , vor der Belastung , sowie nach dem 4. und 5. Versuch wurden Blutproben entnommen . Ergebnisse : Es traten im Vergleich der vier Proben keine signifikanten Unterschiede in den Parametern ph , HCO<sub>3</sub> und La auf . Auch die Zeit bis zur Ermüdung unterschied sich nicht bei den Probanden der Gruppe mit L-Glutamin oder der Gruppe mit Placebo . Daraus wurde geschlussfolgert , dass eine akute L-Glutamingabe weder die Pufferkapazität noch die Leistung bei hochintensiver Belastung bei den trainierenden Männern beeinflusste .

### 7.5.2. Dosierung bei Sportlersupplementen

Über die erforderliche Menge gibt es unterschiedliche Auffassungen. Die Supplementierung reicht von 5 bis 30 g täglich. Je nach Trainingsphase und Körpergewicht sollte die Zufuhr also angepasst werden. Als mittlere Dosierung werden 10 g täglich für alle Anwendungsbereiche empfohlen. Der beste Zeitraum für die Einnahme ist direkt nach dem Training zusammen mit reichlich Kohlenhydraten, z.B. in Form eines Carbogetränks (kohlenhydratreicher Sportshake). Durch die Zufuhr von Kohlenhydraten produziert der Körper das Insulin, wodurch auch L-Glutamin besser in die Muskelzelle gelangt. Derzeit sind zwei Formen von L-Glutamin als Supplement erhältlich: Reines L-Glutamin und ein sogenanntes Glutamin-Peptid. Dieses Peptid besteht in den meisten Fällen bis zu 30% aus Glutamin. Der Rest ist Alanin. Das bedeutet, man müsste etwa die dreifache Menge an Glutaminpeptid aufnehmen, um die gleiche Dosis wie mit reinem L-Glutamin zu erreichen. Der Vorteil: Glutaminpeptid wird vom Körper besser aufgenommen und ist in Getränken stabil. Reines L-Glutamin in Pulverform ist dagegen zwar billiger, aber instabil. Getränke, die mit reinem L-Glutamin angerührt wurden, sollten daher sofort getrunken werden. Weiterhin gibt es Glutaminkapseln (Scholz, Hamm, Muscle-Food, 2000).

### 7.5.3 Glutamin in Lebensmitteln

Aus den obigen Ausführungen ergibt sich zwangsläufig, dass bei metabolischem Stress eine adäquate Glutaminzufuhr mit der Nahrung unabdingbar ist. Infolge der mangelnden Säurestabilität von Glutamin entsteht bei der Bestimmung der Aminosäurezusammensetzung bei der traditionellen angewandten Säurehydrolyse Glutaminsäure, welches analytisch nicht von den Glutaminsäureresten unterschieden werden kann. Die Summe aus Glutamin und Glutaminsäure wird üblicherweise als „Glx“ angegeben. Neuere Methoden erlauben aber auch die Bestimmung von Glutaminresten in Polypeptidketten (Kuhn et al., Quantitative analyses of glutamine in peptides and proteins, J Agr Food Chem 44, 1996). Beispiele liefert Abb. 33. Offensichtlich weisen Proteine tierischen Ursprungs einen mittleren Glutamingehalt von 6-10% auf. Ein ähnlicher Wert wurde für Sojaprotein bestätigt. Deutlich höher lag der Anteil bei Weizenprotein.

Protein	Glutamingehalt
• $\beta$ -Lactoglobulin A (n = 8)	5,9 $\pm$ 0,1
• $\alpha$ -Lactalbumin (n = 8)	5,3 $\pm$ 0,1
• Ovalbumin (n = 5)	3,3 $\pm$ 0,1
• Gliadin (n = 5)	28,5* $\pm$ 0,4
• Casein (n = 5)	10,6 $\pm$ 0,7
• Gesamtmilchprotein (n = 5)	8,7 $\pm$ 0,3
• Molkenprotein (n = 5)	6,5 $\pm$ 0,4
• Sojaproteinsolat (n = 2)	5,9 / 5,8

\* Berechnet in g/16,7 g Gesamtstickstoff

Abb. 33 : Glutamingehalt ausgewählter Proteine ( Ernährungsumschau 43 , 1996 )

#### 7.5.4. Fazit

Wie auch bei den anderen Präparaten liegt der Vorteil klar bei der schnellen Resorption . Im Falle eines erschöpfenden langandauernden Trainings kann die Regeneration mit Hilfe eines L-Glutamin-Präparates sicherlich durch die beschriebenen Wirkungen beschleunigt werden . Ob ein „ Pump-Effekt “ durch L-Glutamin wirklich sichtbar ist , konnte keine der gefundenen Studien belegen . Dies Phänomen dürfte sicherlich nur bei Bodybuildern mit sehr niedrigem Körperfettanteil zu Tage kommen . Ebenso steht wiederum zur Frage , ob der jeweilige Sportler wirklich so hart trainiert , um einen L-Glutamineffekt tatsächlich zu benötigen . Die medizinischen Nutzen mögen unumstritten sein , aber die Anwendung für den Durchschnittssportler ist auch hier sehr fragwürdig .

### 8. Artverwandte Produkte

Dies war ein Überblick der wichtigsten Aminosäuren- und Proteinpräparate . Sicherlich gibt es noch einige andere Präparate und Kombinationen auf dem Markt ( und es werden immer mehr ) , aber im Rahmen einer Diplomarbeit können leider nicht alle genau erfasst werden . Der Vollständigkeit wegen soll nun eine kurze Zusammenfassung anderer bekannter Präparate folgen , über die aber auch schon Arbeiten existieren .

#### 8.1. L-Carnitin

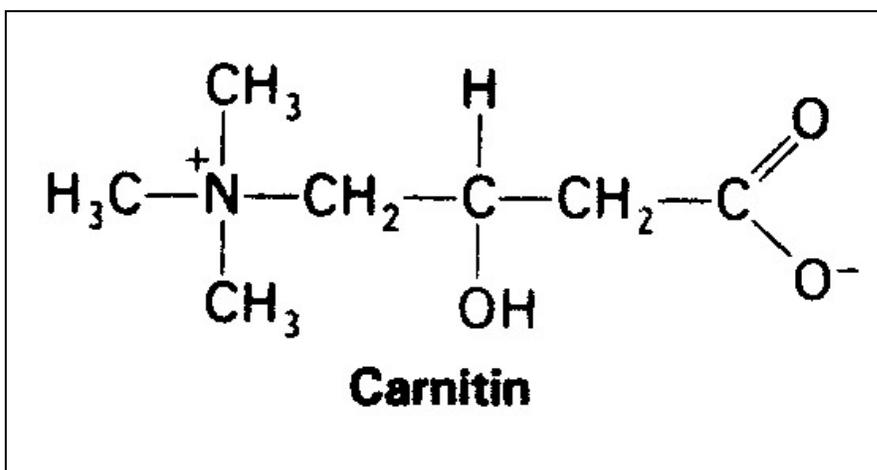


Abb. 34 : Carnitin ( Stryer , Lubert – Biochemistry , S. 494 )

Bei Carnitin ( abgeleitet von der lateinischen Bezeichnung von Fleisch ) handelt es sich um eine quarternäre Ammoniumverbindung , die ein chirales C-Atom besitzt . Daher existieren die beiden Stereoisomere D-Carnitin und L-Carnitin , wobei nur letzteres nahezu ubiquitär in der Natur vorkommt und metabolisch aktiv ist . Im Organismus ist Carnitin nicht nur in seiner freien Form , sondern auch als kurzkettiges und langkettiges Acyl-Carnitin vorhanden . Beim Gesunden kann L-Carnitin in ausreichenden Mengen endogen hergestellt werden . Vorstufen sind dabei die Aminosäuren **Lysin und Methionin** . Somit ist L-Carnitin für den Menschen kein essentieller Nährstoff . Natürlicherweise kommt L-Carnitin in tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln vor , wobei tierische Produkte deutlich höhere Mengen enthalten ( siehe Abb. 35 ) . Da L-Carnitin wasserlöslich ist können nicht unerhebliche Kochverluste auftreten . Die Bioverfügbarkeit aus Lebensmitteln wird auf 100% geschätzt . Die Zufuhr aus Nahrung berechnet sich bei Mischkost aus bis zu 30 mg/d . Die Gesamtkörperspeicher belaufen sich auf mehr als 15 g . Hauptaufgabe von L-Carnitin im Stoffwechsel ist die Funktion als „Biocarrier“ : nur gebunden an L-Carnitin können langkettige Fettsäuren die innere

Mitochondrienmembran passieren und dann oxidativ abgebaut werden . Hierbei wird L-Carnitin jedoch nicht verbraucht , sondern regeneriert . Zu Mangelerscheinungen kommt es nur bei Vorliegen von Stoffwechselkrankheiten ( angeborene bzw. erworbene Synthesedefekte ) . Ausgehend von der Hypothese , dass eine vermehrte Aufnahme von L-Carnitin die Oxidation von Fettsäuren beschleunigen oder verstärken kann , wurden zahlreiche Interventionsstudien an Sportlern durchgeführt . Viele Studien zeigten einen positiven Effekt auf die untersuchten Variablen , z.B. Erhöhung maximaler Sauerstoffaufnahme , Verminderung von Herzfrequenz , Absinken des Laktatspiegels und Erhöhung der Ausdauerleistung . Häufig fehlen jedoch Kontrollgruppen , so dass eine Auswertung der Studien erschwert wird . ( Biesalski 2000 )

mg/100 g	Frischmasse
Schaffleisch	210,0
Rindfleisch	80,0
Rinderherz	20,0
Schweinefleisch	30,0
Schweineleber	5,0
Kaninchenfleisch	20,0
Margarine, Vollmilch	1,0
Hühnereier	0,8
Tomaten	2,9
Spargel	1,3
Blumenkohl	0,1
Erbsen	1,2
Weizenkeime	1,0
Brot	0,8
Kartoffeln, Spinat	Spuren
Reis	1,8
Birnen	2,7
Pfirsiche	1,6
Apfelmus	3,1
Grapefruits	1,1

**Abb. 35 : Carnitingehalt von Lebensmitteln ( Biesalskie 2000 , S.236 )**

## 8.2. Kreatin

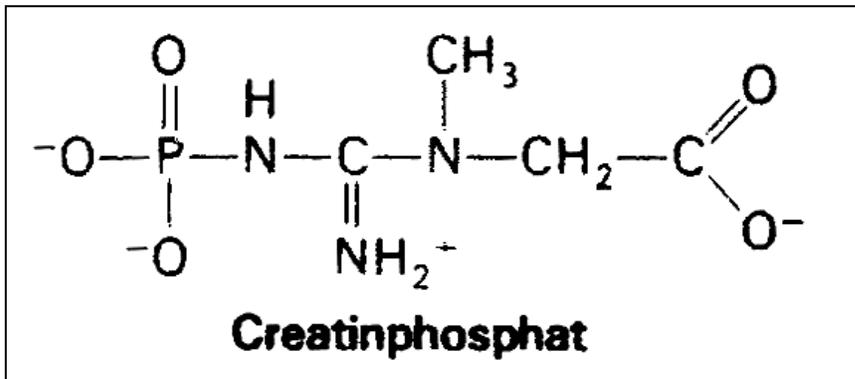


Abb. 36 : Kreatin ( Stryer , Lubert – Biochemistry 1990 )

Kreatin ( Methylguanidinoessigsäure ) wird im menschlichen Organismus aus den drei Aminosäuren Arginin , Glycin und Methionin de novo gebildet . Die dafür notwendigen Enzyme sind hauptsächlich in Leber , Niere und Pankreas lokalisiert ; im Skelettmuskel ist die Synthese nicht möglich . Die pro tag gebildete Menge wird auf ca. 1g geschätzt . Für eine ausgeglichene Kreatinbilanz benötigt der Mensch ungefähr 2g/tag . Damit ist es möglich , die täglichen obligaten Verluste auszugleichen . Endogen bereitgestelltes Kreatin wird durch die exogene Zufuhr mit der Nahrung ergänzt . Kreatin kommt als natürlicher Lebensmittelinhaltsstoff in vielen Nahrungsmitteln ( hauptsächlich in tierischen ) vor , wobei die Gehalte in Fisch und Fleisch am höchsten sind . Die durchschnittliche tägliche Aufnahme bei gemischter Kost beträgt schätzungsweise 1g . Die Höhe der Zufuhr beeinflusst die endogene Synthese : Je höher die Aufnahme , desto geringer die Eigensynthese . Der Gesamtpool an Kreatin beträgt im Menschen ca. 120 g ; 95% davon befinden sich in freier bzw. phosphorylierter Form im Skelettmuskel . Die Konzentration im Plasma beträgt 40-100  $\mu\text{mol} / \text{L}$  , bei Vegetariern etwas niedriger . Als direkte Quelle für die Muskelkontraktion dient Adenosintriphosphat ( ATP ) , durch Abspaltung eines Phosphatrestes . Für die schnelle Resynthese von ATP wird Kreatinphosphat herangezogen ( Übertragung des Phosphatrestes auf ADP ) . Dieses ATP-Kreatinphosphatsystem ( anaerob-alactazides-System ) kann Energie sehr rasch für kurze Zeit ( Sekunden bis wenige Minuten ) zur Verfügung stellen . Dadurch ist es für kurzzeitige , intensive Belastungen wichtig . Eine Erhöhung des Kreatinphosphatspeichers soll daher zu einer Verlängerung der Leistungsfähigkeit dieses Bereiches führen . Mehrere Studien belegen einen deutlichen Effekt körperlicher Belastung auf den Kreatinphosphatgehalt der Muskulatur . Sowohl Kurzzeit- als auch Langzeitaktivitäten vermindern die verfügbare Menge . Nach der Belastung werden die Ausgangswerte wieder innerhalb von 1-5 min erreicht . Die meisten Sportlerartikel bestehen aus Kreatin-Monohydrat ( Vorstufe von Kreatinphosphat ) , die in Mengen von ca. 20g ab einer Einnahme von 5 Tagen wirken sollen . So ist es möglich den Gesamthaushalt an Kreatin im Muskel zu erhöhen . Danach soll eine Erhaltungsdosis von 2g / tag genommen werden . Eine Leistungssteigerung wurde überwiegend bei Kurzzeitbelastungen , wie etwa im Kraftsport , festgestellt . ( Biesalski 2000 )

## 9. Zusammenfassung

Vorraussetzung für einen positiven Nutzen sämtlicher hier besprochener Produkte, ist ein regelmäßiges, intensives Training mit Trainingseinheiten von 1 ½ bis 2 Stunden mehrmals wöchentlich über längere Zeit. Nur Fortgeschrittene, vom Leistungsumsatz hoch liegende, Sportler können einen Energieverbrauch erreichen, der eine Supplementierung von Protein- oder Aminosäurenpräparaten überhaupt rechtfertigen könnte. Die Schwierigkeit liegt eindeutig darin, zu bestimmen, wann der Zeitpunkt einer sinnvollen Einnahme der Produkte gekommen ist. Eine Studie, die mit Profisportlern unter Laborbedingungen durchgeführt wurde und positive Ergebnisse für das Produkt ergab, ist schwer auf einen Hobbysportler zu übertragen. Die Hersteller können die positiven Aspekte ihrer Produkte anhand der besprochenen Studien genau belegen, aber dem Sportler bleibt nur der Selbstversuch um eine eventuelle positive Wirkung zu erfahren. Vorrausgesetzt es bestehen keine gesundheitlichen Vorbelastungen (siehe 6.1.2.), können die Produkte sicherlich ohne ernsthafte gesundheitliche Beeinträchtigungen ausprobiert werden. Jeder Sportler muss für sich selbst herausfinden, ob die angesprochenen Vorteile der Präparate bei ihm von Nutzen sind, oder er mit herkömmlichen Lebensmitteln seinen Bedarf ausgleichen kann.

### 9.1. Vor- und Nachteile von Präparaten (Tab. 4 – 7)

**Tab. 4 :**

<b>Vorteile Pulver und Riegel</b>	<b>Nachteile Pulver und Riegel</b>
Gute Verdaulichkeit	Gute Produkte kosten viel
Schnelle Resorption	Tatsächliche Proteinaufnahme in den Muskel ist unklar
Wenig Fett- und Cholesterinanteil	Teilweise negative Studienergebnisse
Schnelle, komplette Mahlzeit mit hoher Nährstoffdichte	Gesundheitliche Risiken

**Tab. 5 :**

<b>Vorteile BCAA</b>	<b>Nachteile BCAA</b>
Insulinsekretion fördert schnellere Erholung der Muskulatur	Anstieg von Harnstoff
Ammoniaksenkende Wirkung	Bei Krafttraining überwiegend zur Energiegewinnung verbraucht
Antikataboler Effekt	Positive Effekte können auch durch Gesamtprotein zustande kommen, unklar
Ausschüttung von STH	

**Tab. 6 :**

<b>Vorteile Arginin / Ornithin</b>	<b>Nachteile Arginin / Ornithin</b>
Stärkung des Immunsystems	Erhöhte Harnsäurekonzentration
Ausschüttung von STH	Mögliche Überreizung des Immunsystems
Erhöhter Insulinausschuss, bessere Regeneration	Viele negative Rückmeldungen von Sportlern, bezüglich der Wirkung
Gefäßerweiternde Wirkung	

**Tab. 7 :**

<b>Vorteile Glutamin</b>	<b>Nachteile Glutamin</b>
Stärkung des Immunsystems	Einige Studien ergaben keine Leistungsverbesserungen
Positiver Einfluss auf metabolische Prozesse	
Wasserbindung in Muskelzelle	
Ammoniaksenkung	

## 10. Abstract

Supposition for a positive effect of every described product, is a continuous, intense training with units of 1 ½ to 2 hours several times a week. Only experienced sportsmen with a high energy – turnover are able to reach the point where a supplementation of protein – and amino – acid preparation is justified. The difficulty is to determine the point where a supplementation is useful. A study which was done in a labor by checking professional athletes, is not easy to carry over to hobby – sportsmen. The manufacturers of the products can prove the positive effects by pointing on the described studies, but the sportsman has to find out for himself if he can get a positive use of the products, or not. In supposition that the person is in a good state of health ( 6.1.2. ), these products can be tested without getting serious sanitary damages, if they are used as described. Each sportsman has to find out on his own if he can get a positive effect by using these products, or if he can get his protein from normal food.

### 10.1. Advantages and disadvantages of supplements ( Tab. 8-11 )

**Tab. 8 :**

<b>Advantages of proteindrinks and snacks</b>	<b>Disadvantages of proteindrinks and snacks</b>
Good digestibility	Good products are expensive
Fast resorption of amino – acids	Real intracellular intake of protein into the muscle is not proofed
Little fat and cholesterol	Some studies have negative results
Fast complete meal with high nutrient density	Risks for health

**Tab. 9 :**

<b>Advantages of BCAA</b>	<b>Disadvantages of BCAA</b>
Faster muscle-regeneration because of insulin secretion	Increasing of urea
Lowering of ammonia	During training of strength, BCAA`s are in first order used as a source of energy
Secretion of STH	Positive effects can also be result of protein intake in the whole

**Tab. 10 :**

<b>Advantages Arginine / Ornithine</b>	<b>Disadvantages Arginine / Ornithine</b>
Strengthening of immune functions	Increasing of urea
Secretion of STH	Possible over-excitening of immune functions
Secretion of insulin	Many negative answers from sportsmen after intake
Intracellular water - intake	

**Tab 11 :**

<b>Advantages glutamine</b>	<b>Disadvantages glutamine</b>
Strengthening of immune functions	Some studies could not show an improvement of performances
Secretion of STH	
Secretion of insulin	
Lowering of ammonia	

## Literaturverzeichnis

Anderson JW , Meta-analysis of the effect of soy product intake on serum lipids , New English Journal of Medicine ( 1995 ) 333 : 276 – 282 .

Arthur MD , Amino Acid Wars 3 , Muscle & Fitness ( 1987 ) 11 : 246 .

Aydin S , Inci O , Alagol B . The role of arginine , indomethacin and kallikrein in the treatment of oligoasthenospermia . Int Urol Nephrol ( 1995 ) 27 ( 2 ) : 199-202 .

Barth CA , Scholz –Ahrens KE , Pfeuffer M , Hotze A : Response of hormones and lipid metabolism to different dietary proteins . Monogr Atheroscler ( 1990 ) 16 : 110 – 25 .

Berry HK , Brunner RL , Hunt MM et al. Valine , isoleucine and leucine . A new treatment for phenylketonuria . Am J Dis Child ( 1990 ) 144 : 539 – 543

Bergström J , Fürst P , Noree , Vinnars E ; Intracellular free amino acid concentration in human muscle tissue , J Appl Physiol 36 ( 1974 ) 693 – 697

Biesalski , H. –K ( Hrsg. ) et al . : Ernährungsmedizin , Stuttgart ( Thieme- Verlag ) , 1999

Blomstrand E , Hassmen P , Ek et al. Influence of ingesting a solution of branched- chain amino acids on a perceived exertion during exercise . Acta Physiol Scand ( 1997 ) 159 : 41 – 49

Blomstrand E , Hassmen P , Ekblom B et al , Branched- chain amino acid supplementation during 30 – km competitive run : mood and cognitive performance . Nutrition ( 1994 ) 10 : 405 – 410 .

Boirie Y et al . Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion . Proc Natl Acad Sci USA ( 1997 ) 94 : 14930 – 14935

Bredt DS . Endogenous nitric oxide synthesis : biological functions and pathophysiology . Free radical research ( 1999 ) 31 ( 6 ) : 577 - 596

Brittenden J , Park kg et al . : L-arginine stimulates host defenses in patients with breast cancer . Surgery ( 1994 ) 115 ( 2 ) : 205 – 212 .

Bucci L , Hickson JF et al. Ornithine ingestion and growth hormone release in bodybuilders . Nutrition Research ( 1990 ) 10 : 239 – 245 .

Chang T , Lu R et al , Glutamine ameliorates mechanical obstruction-induced intestinal injury , Journal of Surgical Research 95 : 133-140

Colgan M. , OKG – caveat emptor . Muscular development ( 1993 ) 3

Colgan M , Amino acid wars 2 . Muscle & Fitness ( 1987 ) 11 : 246

Colombani PC , Bitzi R , Rindova P et al . Chronic arginine aspartate supplementation in runners reduces total plasma amino acid level at rest and during a marathon run . European Journal of nutrition ( 1999 ) 12 , 38 : 6 , 263 – 270 .

Coombs JS , Mcnaughton LR . Effects of branched- chain amino acid supplementation on serum creatin kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise , Journal of sports medicine and physical fitness ( 2000 ) 40 : 240-6

Cynober L. , Amino acid metabolism in thermal burns . JPEN ( 1989 ) 13 : 196 .

Cynober L , Ornithine – alpha – ketoglutarate in nutritional support . Nutrition ( 1991 ) 7 : 313 – 323 .

Decher – Spliethoff E , M . Kersting , M . Hohler , F . Manz , G . Schöch ; Zutaten , Nährstoffgehalte und Werbeaussagen bei eiweißreicher Sportlernahrung , Aktuelle Ernährungsmedizin 16 , 1991 , 18 – 32

DE Duve , Christian . Die Zelle – Expedition in die Grundstruktur des Lebens , Spektrum der Wissenschaft , Verlagsgesellschaft MBH & Co , Heidelberg ( 1986 )

De Gruyter , Pschyrembel – Klinisches Wörterbuch , New York 1994

Deutsche Gesellschaft für Ernährung , D.A.C.H. ( Hrsg. ) : Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr , Frankfurt am Main ( Umschau Braus GMBH ) , 2000

Demling RH et al , Effect of hypocaloric diet , increased protein intake and resistance training on lean mass gains and fat mass loss in overweight police officers . Ann Nutr Metab ( 2000 ) 44 : 21 – 29 .

De Palo E. F. / Gatti R. et al : Plasma lactate , GH and GH – binding protein levels in exercise following BCAA supplementation in athletes . Amino Acids 2001 , 20 : 1 – 11

Dwyer JT , Goldin B , Saul N , Batak S et al . , Tofu and soy drinks contain phytoestrogens . J Am Diet Assoc ( 1994 ) 94 : 739 : - 743

Forsythe WA , Soy protein , thyroid regulation and cholesterol metabolism . Journal of nutrition ( 1995 ) review , 3 suppl 125 : 619 – 623

Food and Agriculture Organisation and World Health Organisation , protein quality evaluation . Report of a joint FAO / WHO expert consultation . Food and Agriculture organisation of the united nations , Rome , Italy 1990 .

Fürst P , Pollac L , Graser T et al . , Appraisal of four pre – column derivatisation methods for the high – performance liquid chromatographic determination of free amino acids in biological materials . J Chromatogr 499 ( 1990 ) 557 – 570 .

Grimble JK , Keohanne PP , Higgins BE , Kaminski jr MV et al , Effect of peptide chain length and nitrogen absorption from two lactalbumin hydrolysates in the normal human jejunum . Clinical Science ( 1986 ) 71 : 65 . 69 .

Groff JL , Grooper SS , Hunt SM , Advanced Nutrition and human metabolism , 2<sup>nd</sup> edition , West Publishing , 1995 .

- Harper AE et al , Branched – chain amino acid metabolism . Ann Rev Nutr ( 1984 ) 4 : 405 – 454 .
- Haub et al. , Acute L-glutamin ingestion does not improve maximal effort exercise , J Sports Med Phys. Fitness 3 , ( 1998 ) .
- Isidori A , Lo Mosaco A , Cappa M . A study of growth hormone release in men after oral administration of amino acids . Current Medical Research And Opinion ( 1981 ) 7
- Jepson MM , Bates PC , Broadbent P , Millward DJ et al , Relationship between glutamine concentration and protein synthesis in rat skeletal muscle . Am J Physiol 255 ( 1988 ) E-166 – E172
- Karlson P . , Pathobiochemie , Thieme Verlag Stuttgart ( 1982 ) , ISBN : 3-13-554202-5
- Karner J , Roth E , Alanineglutamine infusions to patients with acute pancreatitis , Clin Nutr 9 ( 1990 ) , 43-54
- Kasper H . , Ernährungsmedizin und Diätetik , Urban und Fischer , München ( 2000 )
- Kingsbury KJ , Kay L. et al , Contrasting plasma free amino acid patterns in elite athletes : association with fatigue and infection . Br. J Sports Med London 32 ( 1998 ) , S.25 – 33
- Kuhlmann MK , Catabolism and retention , Am J Physiol 345 ( 2000 )
- Kuhn KS , Stehle P , Fürst P , Quantitative analysis of glutamine in peptides and proteins , J Agr Food Chem 44 ( 1996 ) 1808- 1811
- Lemon P , Do athletes need more dietary protein and amino acids ? Int Sports Nutr ( 1995 ) , Jun , 5 Suppl : 39 – 61
- Lemon PWR , Effects of exercise on protein requirements . J Sports ( 1991 ) , Sci 9 : 53-70
- Madsen K , Maclean DA Kiens B et al , Effects of glucose , glucose plus BCAA , or placebo on bike performance over 100 km . J Appl Physiol ( 1996 ) 81 : 2644- 2650
- Meister A , Metabolism and Glutamine , Physiol Rev 36 ( 1956 ) 103 – 127
- Metges C , Petzke K , Young V , Der Bedarf an essentiellen Aminosäuren für Erwachsene ; Jahresbericht deutsches Institut für Ernährungsforschung , Potsdam-Rehbrücke ( 1996 ) : 21 – 30
- Michelle A . , Blanchard , The influence of diet and exercise on muscle and plasma glutamine concentrations , American Coll Sports Med 7 , 2001 .
- Miller BM , Cerosimo e et al , Interorgan relationship of alanine and glutamine during fasting in the conscious dog , J Sur Res 35 ( 1983 ) 310 – 318
- Millward DJ , Metabolic demands for amino acids and the human dietary requirement . : Millward and Rivers ( 1988 ) rev. J Nutr ( 1998 ) 128 2563s – 2576s

- Mittlemann KD , Ricci MR et al , Branched – chain amino acid prolonged exercise during heat stress in men and women . *Med Sci Sports Exerc* ( 1998 ) 30 : 83 – 91
- Moody JA , Vernet D , Laidlaw S , Raifer J et al , Effects of long term administration of L-arginine on the rat erectile response . *J Urol* ( 1997 ) 158: 942-947
- Nagata C et al , Invers association of soy product intake with serum androgen and estrogen concentrations in japanese men . *Nutr Cancer* ( 2000 ) 36 (1) : 14-18
- Newsholme DCS , Castell L ; The effects of oral glutamine supplementation on athletes after prolonged , exhaustive exercise , *Nutrition* 13 ( 1997 ) : 738 – 742
- Newsholme EA et al The proposed role of glutamine in some cells of the immune system and speculative consequences for the whole animal . *Nutrition* ( 1997 ) 13 : 728
- Newsholme EA , A role for muscle in the immune system and it`s importance in surgery , trauma , sepsis ; *Nutrition* 4 ( 1988 ) 262 – 268
- Pellet PL , Young VR ; Nutritional evaluation of protein foods . United Nations University , 1980
- Reuss F . , Proteinreiche Kraftsporternährung. *Apotheke Aktiv* ( 1987 ) 1 und 2
- Reuss F . , Die Verzweigtkettigen Aminosäuren in der Ernährung und Sportmedizin . *Fitness News* ( 1989 ) 2
- Reuss F , Kristalline Aminosäuren in der Sporternährung . *Fitness News* ( 1987 ) , Nr. 10 , S 26 ff
- Reynolds JV , Daly JM , Zhang S , Evantash E et al ; Immunomodulatory mechanisms of arginine . *Surgery* ( 1988 ) 104 ( 2 ) : 142 – 151
- Richardson MA , Bevans ML , Weber JB et al ; Branche-chain amino acids decrease tardive dyskinesia symptoms . *Psychopharmacology* ( 1999 ) 143 : 358 – 364 .
- Schena F. Guerrini et al : BCAA supplementation during trekking at high altitude . The effects on loss of body mass , body composition and muscle power . *Eur J Appl Physiol* ( 1992 ) 65 : 394-398
- Scholz H . , Mineralstoffe und Spurenelemente . Paracelsus Verlag , ISBN 3-7899-0069-9 , S.136
- Scholz A . , Hamm M. ; *Musclefood – Optimale Performance und effektiver Muskelaufbau* . Midena Verlag München , 2002
- Schoor P , Hall van , Saris , Wagenmakers ; Ingestion of drinks containing protein hydrolysates prevents the post exercise reduction of plasma glutamine . *Int J Sports Med* , Stuttgart 18 ( 1997 ) S. 115-116

- Sies H , Häussinger D , Hepatic glutamine and ammonia metabolism . In : Glutamine metabolism in mammalian tissues . Springer Verlag Berlin ( 1984 ) 78-94
- Souba ww , Glutamine : A key substrate for the splanchnic bed. Annu Rev Nutr 11 ( 1991 ) 285-308
- Souci , Fachmann , Kraut – Food composition and nutrition tables ( 1994 ), Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Mbh , Stuttgart .
- Stauch S , Kircheis G , Adler G et al . Orale L-ornithine , L-aspartate therapy of chronic hepatic encephalopathy : results of placebo controlled double blind study . J Hepatol ( 1998 ) 128 : 856 – 864
- Stehle P , Herzog B. Kuhn S. , Fürst P. ; Glutamin – ein unentbehrlicher Nährstoff bei metabolischem Stress , Ernährungsumschau 43 ( 1996 ) , Nr9 : 318-328
- Strauss et al Geniestein exerts estrogen-like effects in male mouse productive tract . Moll Cell Endocrinol ( 1998 ) 144 : 83 93
- Stryer , Lubert ; Biochemistry , Spektrum der Wissenschaft , Heidelberg ( 1990 )
- Van Hall G , Raaymakers , Saris , Wagenmakers AJM et al ; Supplementation with BCAA and tryptophan has no effect on performance during prolonged exercise . Clin Sci (1994 ) 87 : 52
- Van Loon LJC et al , Ingestion of protein hydrolysate and amino acid carbohydrate mixtures increases postexercise plasma insulin responses in men . J Nutr ( 2000 ) 130 : 2508-2513
- Vinnars E , Hammarquist F , von der Decken A , Wernerman J ; Role of glutamine and it`s analogs in posttraumatic muscle protein and amino acid metabolism . JPEN J Parenter Enteral Nutr ( 1990 ) 14 ( 4 Suppl ) : 125s – 129s
- Volk O , Neumann G. ; Verhalten ausgewählter Aminosäuren während eines Dreifachlangtriathlon ( 1997 ) , Institut für angewandte Trainingswissenschaften e.V. , Leipzig
- Wagenmakers AJM , Muscle amino acid metabolism at rest and during exercise Exercise and Sports Science Reviews ( 1998 ) 26 : 287 – 314
- Waterlow JC , Protein turnover with special references to men . Q J Exp Phys ( 1984 ) 69 : 409-438
- Weicker H , Sportmedizin : biochemische – physiologische Grundlagen und ihre sportartspezifische Bedeutung , Stuttgart ( 1994 ) , Gustav Fischer Verlag . ISBN 3-437-11575-8
- Wiliams M. , Ernährung , Fitness und Sport ( 1997 ) , Brown Publishers Dubuque , ISBN 3-86126-150-2
- Wolf A. , Zalpour C. , et al ; Dietary L-arginine supplementation normalizes platelet aggregation in hypocholesterolemic humans . J Am Coll Cardiol ( 1997 ) 29 : 479-485

Wu G , Meininger CJ , Knabe DA et al ; Arginine nutrition in development , health and disease . *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* ( 2000 ) 3 : 1 , 59-65

Yamamoto , Wang ; Second international symposium on the role of soy in treating and preventing disease , 1996

Young VR , Soy protein in relation to human protein and amino acid nutrition . *J Am Diet Assoc* ( 1991 ) 91 : 828-835

Young VR , Pellet PL , Protein evaluation , amino acid scoring and the food and drug administrations proposed food labeling regulations . *J Nutr* ( 1991 ) 121 : 145 – 150

Zhong et al , Effects of dietary supplement of soy protein isolate and low fat diet on prostate cancer . *FASEB J* ( 2000 ) 14 : a531.11

### **Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere , dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe . Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Quellen entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht .

Hamburg , 12.01.2005 ,