

Klaus Arndt & Torsten Albers

HANDBU

PROTEIN

**UND AMINO
SÄUREN**

Optimaler Einsatz von Protein & Aminos

- **im Sport**
- **in der Diät**
- **bei Erkrankungen**
- **zur Gesundheitsvorsorge**

Beste Kombinationen und exakte Angaben zu Dosierungen, Neben- und Wechselwirkungen

INHALT

| | |
|---|----------|
| Geleitwort und Dank des Verlegers..... | xiv |
| Vorwort aus ernährungsphysiologischer und lebensmittelrechtlicher Sicht..... | xvi |
| Vorwort: Ethische Aspekte der Nahrungsergänzung mit freien Aminosäuren..... | xix |
| 1. Proteine und Aminosäuren: Die Grundlagen..... | 1 |
| 1.1 Was sind Aminosäuren?..... | 1 |
| 1.2 Definitionen und Hintergrund..... | 2 |
| 1.3 Unentbehrliche und entbehrliche Aminosäuren..... | 4 |
| 1.4 Vollständige und unvollständige Proteine..... | 5 |
| 1.5 Proteinverdauung..... | 9 |
| 1.6 Verstoffwechslung von Aminosäuren in der Leber..... | 13 |
| 1.7 Ein Modell des Aminosäurestoffwechsels..... | 14 |
| 1.7.1 Homöostase (Gleichgewicht)..... | 14 |
| 1.7.2 Aminosäureabbau und -Oxidation..... | 15 |
| 1.7.3 Der freie Aminosäurepool..... | 16 |
| 1.7.4 Protein Turnover: Proteinabbau und -neuaufbau..... | 19 |
| 1.7.5 Aminosäuren und Insulin..... | 21 |
| 1.7.6 Cortisol: Freund oder Feind?..... | 22 |
| 1.7.7 Der Effekt von Krafttraining..... | 23 |
| 1.8 Resorptions- und Postresorptionsphase..... | 23 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1.9 | Anpassungen bei hoher und niedriger Eiweißzufuhr..... | 24 |
| 1.9.1 | Proteincycling..... | 25 |
| 1.9.2 | Anpassungsmechanismen bei wechselnder Proteinzufuhr..... | 25 |
| 1.9.3 | Zeitintervalle für Anpassungen..... | 26 |
| 1.9.4 | Herkunft und Speicherung des Proteins bei einem Proteincycling..... | 28 |
| 2. | Bedarf an Protein und Aminosäuren..... | 33 |
| 2.1 | Proteinbedarf..... | 33 |
| 2.1.1 | Proteinumsatz und Stickstoffbalance..... | 34 |
| 2.1.2 | Der generelle Proteinbedarf..... | 35 |
| 2.1.3 | Proteinbedarf im Sport..... | 36 |
| 2.1.4 | Proteinbedarf bei Krankheit..... | 37 |
| 2.1.5 | Proteinbedarf in der Diät..... | 41 |
| 2.2 | Schädigungsmöglichkeiten bei einer stark erhöhten Proteinzufuhr..... | 43 |
| 2.3 | Bestimmung des Aminosäurebedarfs..... | 44 |
| 2.3.1 | Probleme bei der Bestimmung des Aminosäurebedarfs..... | 45 |
| 2.3.2 | Protein- und Aminosäurebedarf bei Kindern und Erwachsenen..... | 46 |
| 2.3.3 | Aminosäurebedarf im Sport..... | 49 |
| 2.3.4 | Aminosäurebedarf bei Krankheit..... | 54 |
| 2.4 | Bestimmung von Aminosäurespiegeln im Blut..... | 58 |
| 3. | Bewertung von Nahrungsproteinen..... | 61 |
| 3.1 | Proteinverdaulichkeit..... | 61 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.2 | Proteinqualität..... | 62 |
| 3.2.1 | Methoden zur Bestimmung der Proteinqualität..... | 63 |
| 3.2.2 | Chemical Score..... | 64 |
| 3.2.3 | Biologische Wertigkeit..... | 65 |
| 3.2.4 | Net Protein Utilization..... | 72 |
| 3.2.5 | Protein Efficiency Ratio..... | 72 |
| 3.2.6 | Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score..... | 73 |
| 3.2.7 | Zusammenfassung..... | 75 |
| 4. | Nahrungsergänzung mit Proteinpräparaten und | |
| | Aminosäuren..... | 77 |
| 4.1 | Proteinpulver, Hydrolysate, freie Aminosäuren..... | 77 |
| 4.2 | Schnell und langsam verdauliche Proteine..... | 78 |
| 4.2.1 | Laktalbumin und Casein..... | 79 |
| 4.3 | Sojaprotein..... | 87 |
| 4.4 | Eiprotein..... | 90 |
| 4.5 | Allgemeines zum Kauf von Proteinpräparaten..... | 91 |
| 4.6 | Freie Aminosäuren und Proteinhydrolysate..... | 95 |
| 4.7 | Wie sicher sind freie Aminosäuren?..... | 102 |
| 4.7.1 | Toxizität von Aminosäuren..... | 103 |
| 4.7.2 | Ungleichgewichte bei der Aminosäurezufuhr..... | 104 |
| 4.7.3 | Ammoniaküberladung durch Aminosäuren?..... | 105 |
| 4.7.4 | Harnstoffproduktion unter Aminosäurezufuhr..... | 105 |
| 4.7.5 | Veränderungen des Säuren-Basen-Haushaltes..... | 106 |
| 4.7.6 | Harntreibende Wirkung einiger Aminosäuren..... | 106 |
| 4.7.7 | Nebenwirkungen durch D-Aminosäuren..... | 107 |
| 4.7.8 | Nebenwirkungen durch Aminosäurehydrochloride..... | 108 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 4.7.9 | Nebenwirkungen durch herstellungsbedingte Verunreinigungen..... | 108 |
| 4.7.10 | Beurteilung der sonstigen Aminosäurewirkungen..... | 110 |
| 5. | Ernährung für einen optimalen Proteinstoffwechsel | 113 |
| 5.1 | Fette, Kohlenhydrate und Eiweiß..... | 113 |
| 5.1.1 | Sporternährung..... | 113 |
| 5.1.2 | Ernährung für akut Erkrankte und Genesende..... | 116 |
| 5.1.3 | Diät ernährung..... | 117 |
| 5.2 | Vitamine, Mineralstoffe, Spurenelemente..... | 120 |
| 5.2.1 | Vitaminbedarf im Sport..... | 120 |
| 5.2.2 | Vitaminbedarf bei Genesenden..... | 123 |
| 5.2.3 | Vitaminbedarf in der Diät..... | 125 |
| 5.2.4 | Empfehlungen für die Nahrungsergänzung mit Vitaminen..... | 126 |
| 5.2.5 | Antioxidantien..... | 129 |
| 5.2.6 | Mineralstoffe und Spurenelemente..... | 132 |
| 6. | Spezifische Wirkungen von Aminosäurekombinationen | 137 |
| 6.1 | Aminosäuren für das Immunsystem..... | 137 |
| 6.2 | Verzweigtkettige Aminosäuren in Sport, Krankheit und Diät | 140 |
| 6.2.1 | BCAAs als Energielieferanten im Kraft- und Ausdauersport | 141 |
| 6.2.2 | BCAAs bei Krankheit und Diät..... | 143 |
| 6.3 | Aminosäuren gegen Prostata-Beschwerden..... | 145 |
| 6.4 | Insulinausschüttung durch Aminosäuren..... | 146 |
| 6.5 | Wachstumshormon in Sport und Diät..... | 149 |
| 6.5.1 | Effektivität oraler Aminosäurezufuhr für vermehrte STH-Sekretion..... | 149 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 6.5.2 | Physiologie und Wirkung von Wachstumshormon | 151 |
| 6.5.3 | Einnahme von Aminosäuren für eine vermehrte STH-Sekretion..... | 154 |
| 6.5.4 | Einzelne Aminosäuren für eine vermehrte STH-Ausschüttung .. | 155 |
| 6.5.4.1 | Arginin..... | 155 |
| 6.5.4.2 | Ornithin/Ornithin-alpha-Ketoglutarat..... | 155 |
| 6.5.4.3 | Andere Aminosäuren zur verstärkten STH-Sekretion | 156 |
| 6.5.5 | Kombinationen von Aminosäuren zur STH-Ausschüttung | 156 |
| 6.5.5.1 | Arginin/Ornithin..... | 156 |
| 6.5.5.2 | Arginin/Ornithin/Lysin..... | 157 |
| 6.5.5.3 | Argininpyroglutamat/Lysin..... | 157 |
| 6.5.5.4 | Ornithin/Phenylalanin bzw. Tyrosin..... | 157 |
| 6.5.5.5 | Omithin/Tryptophan..... | 158 |
| 7. | Spezifische Wirkungen einzelner Aminosäuren..... | 162 |
| 7.1 | Arginin..... | 162 |
| 7.1.1 | Argininpyroglutamat..... | 167 |
| 7.2 | Ornithin..... | 171 |
| 7.2.1 | Ornithin-alpha-Ketoglutarat..... | 172 |
| 7.3 | Isoleuzin..... | 176 |
| 7.4 | Leuzin..... | 179 |
| 7.5 | Valin..... | 182 |
| 7.6 | Lysin..... | 184 |
| 7.7 | Methionin..... | 189 |
| 7.8 | Cystein/Cystin..... | 193 |
| 7.8.1 | N-Acetyl-Cystein (NAC)..... | 194 |
| 7.8.2 | Homocystein..... | 195 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 7.9 | Phenylalanin..... | 200 |
| 7.9.1 | DL-Phenylalanin..... | 202 |
| 7.10 | Tyrosin..... | 205 |
| 7.11 | Threonin..... | 209 |
| 7.12 | Tryptophan..... | 211 |
| 7.12.1 | 5-Hydroxy-Tryptophan..... | 214 |
| 7.13 | Histidin..... | 220 |
| 7.14 | Alanin..... | 223 |
| 7.15 | Asparagin/Asparaginsäure..... | 225 |
| 7.16 | Glyzin..... | 228 |
| 7.17 | Serin..... | 231 |
| 7.18 | Prolin/Hydroxyprolin..... | 233 |
| 7.19 | Glutamin/Glutaminsäure..... | 235 |
| 7.19.1 | Glutamin bei Darmerkrankungen..... | 237 |
| 7.19.2 | Glutamin bei Lebererkrankungen..... | 238 |
| 7.19.3 | Glutamin und das Immunsystem..... | 239 |
| 7.19.4 | Glutamin und Blutzucker..... | 240 |
| 7.19.5 | Glutamin bei Krebserkrankungen..... | 241 |
| 7.19.6 | Glutamin in der Rekonvaleszenz..... | 241 |
| 7.19.7 | Glutamin bei Sportlern..... | 242 |
| 7.19.8 | Glutaminsäure als Natriumglutamat: Der „China-Restaurant-Effekt“..... | 244 |
| 7.20 | Taurin..... | 248 |
| 7.20.1 | Taurin im Sport..... | 248 |
| 7.20.2 | Taurin und Herzerkrankungen..... | 249 |
| 7.20.3 | Taurin und Lebererkrankungen..... | 250 |
| 7.20.4 | Weitere Einsatzgebiete für Taurin..... | 251 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 7.21 | Gamma-Aminobuttersäure..... | 253 |
| 7.22 | Carnitin..... | 255 |
| 7.22.1 | Geschichte..... | 255 |
| 7.22.2 | Der Carnitin-Haushalt des Menschen..... | 257 |
| 7.22.3 | Gesteigerte Fettverbrennung durch Carnitin?..... | 263 |
| 7.22.4 | Carnitin und Regeneration im Sport..... | 268 |
| 7.22.5 | Carnitin als Ammoniak-Entgifter..... | 269 |
| 7.22.6 | Carnitin als Stabilisator im zellulären Immunsystem..... | 270 |
| 7.22.7 | Carnitin und Stress..... | 271 |
| 7.22.8 | Carnitin bei erhöhten Cholesterinwerten..... | 272 |
| 7.22.9 | Carnitin und das Herz-Kreislaufsystem..... | 272 |
| 7.22.10 | Carnitin gegen Medikamentennebenwirkungen..... | 274 |
| 7.22.11 | Carnitin und Alkoholismus..... | 275 |
| 7.22.12 | Carnitin bei Nierenerkrankungen..... | 276 |
| 7.22.13 | Carnitin und Chronisches Müdigkeits-Syndrom..... | 276 |
| 7.22.14 | Carnitin bei Diabetes mellitus..... | 277 |
| 7.22.15 | Carnitin und der Alterungsprozess..... | 277 |
| 7.22.16 | DL-Carnitin..... | 279 |
| 7.22.17 | Beurteilung von Produkten mit Carnitin-Hydrochlorid..... | 279 |
| 7.22.18 | Carnitin-Base und Carnitin-Salze von Fruchtsäuren..... | 280 |
| 7.22.19 | Carnitin: Nahrungsergänzung oder Arzneimittel?..... | 281 |
| 7.22.20 | Bestimmung des Carnitinstatus im Körper..... | 281 |

| | |
|---|-----|
| Anhang: Bezug von Eiweißpräparaten und Aminosäuren..... | 290 |
|---|-----|

Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

| | | |
|--------|--|---|
| Abb. 1 | Limitierende Aminosäure und Proteinwertigkeit..... | 6 |
|--------|--|---|

| | | |
|---------|---|-----|
| Abb. 2 | Proteinumsatz: Proteinaufbau, -abbau und Aminosäurenpool..... | 17 |
| Abb. 3 | Resorptionsgeschwindigkeit von Molkeneiweiß und Casein..... | 80 |
| Abb. 4 | Homocystein: Risikogruppen und Behandlung..... | 128 |
| Abb. 5 | Molekülstruktur Glutathion..... | 138 |
| Abb. 6 | Die Rolle der Neurotransmitter beim Coma hepaticum..... | 144 |
| Abb. 7 | Molekülstruktur Arginin..... | 163 |
| Abb. 8 | Molekülstruktur Ornithin..... | 172 |
| Abb. 9 | Molekülstruktur Isoleuzin..... | 177 |
| Abb. 10 | Molekülstruktur Leuzin..... | 179 |
| Abb. 11 | Molekülstruktur Valin..... | 182 |
| Abb. 12 | Molekülstruktur Lysin..... | 184 |
| Abb. 13 | Molekülstruktur Methionin..... | 190 |
| Abb. 14 | Molekülstruktur Cystein und Cystin..... | 193 |
| Abb. 15 | Molekülstruktur Phenylalanin..... | 200 |
| Abb. 16 | Molekülstruktur Tyrosin..... | 206 |
| Abb. 17 | Molekülstruktur Threonin..... | 210 |
| Abb. 18 | Molekülstruktur Tryptophan..... | 212 |
| Abb. 19 | Molekülstruktur Histidin..... | 221 |
| Abb. 20 | Molekülstruktur Alanin..... | 223 |
| Abb. 21 | Molekülstruktur Asparagin und Asparaginsäure..... | 226 |
| Abb. 22 | Molekülstruktur Glyzin..... | 228 |
| Abb. 23 | Molekülstruktur Serin..... | 231 |
| Abb. 24 | Molekülstruktur Prolin..... | 233 |
| Abb. 25 | Molekülstruktur Glutamin/Glutaminsäure..... | 236 |
| Abb. 26 | Molekülstruktur Taurin..... | 248 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 27 Molekülstruktur GABA (gamma-Amino-Buttersäure)..... | 254 |
| Abb. 28 Molekülstruktur Carnitin..... | 256 |
| Abb. 29 Körper eigene Carnitin-Synthese beim Menschen..... | 261 |
| Abb. 30 Transport langkettiger Fettsäuren durch die innere Mitochondrienmembran am Beispiel der Palmitinsäure..... | 265 |
| Tab. 1 Entbehrliche und unentbehrliche Aminosäuren..... | 4 |
| Tab. 2 Nahrungsproteine und Kompensationsrate..... | 7 |
| Tab. 3 Aminosäuren, geordnet nach Carriern und Einnahmedisziplin..... | 11 |
| Tab. 4 Proteinbedarf bei Sportlern, Genesenden und in der Diät..... | 40 |
| Tab. 5 Tägliche Proteinzufuhr in Abhängigkeit zum Körpergewicht.... | 43 |
| Tab. 6 Bedarf an Protein und unentbehrlichen Aminosäuren in verschiedenen Altersstufen und Belastungssituationen..... | 47 |
| Tab. 7 Aminosäurebedarf des Kleinkinds im Vergleich zum Gehalt in verschiedenen Lebensmitteln..... | 50 |
| Tab. 8 Immunstimulierende Wirkung einiger Aminosäuren..... | 55 |
| Tab. 9 Aminosäuremehrbedarf bei Sportlern und Genesenden..... | 56 |
| Tab. 10 Veränderung der Aminosäurekonzentration im Blut bei verschiedenen Erkrankungen..... | 57 |
| Tab. 11 Verdaulichkeit verschiedener Nahrungseiweiße..... | 62 |
| Tab. 12 Biologische Wertigkeit verschiedener Nahrungseiweiße..... | 66 |
| Tab. 13 Biologische Wertigkeit von Proteinkombinationen..... | 67 |
| Tab. 14 Pflanzliche Proteinkombinationen mit hoher Wertigkeit..... | 68 |
| Tab. 15 Proteingehalt ausgewählter pflanzlicher Nahrungsmittel..... | 69 |

| | |
|--|-----|
| Tab. 16 Proteinmenge pflanzlicher Kombinationen mit hoher Wertigkeit..... | 70 |
| Tab. 17 Proteinqualität diverser Nahrungsmittel nach den fünf Messverfahren..... | 74 |
| Tab. 18 Erscheinungsformen des Molkenproteins..... | 81 |
| Tab. 19 Eigenschaften von Casein und Molkeneiweiß im Vergleich..... | 83 |
| Tab. 20 Datenblatt Casein..... | 84 |
| Tab. 21 Casein in Lebensmitteln..... | 85 |
| Tab. 22 Datenblatt Molkenprotein..... | 86 |
| Tab. 23 Datenblatt Sojaprotein..... | 89 |
| Tab. 24 Datenblatt Volleiprotein..... | 91 |
| Tab. 25 Aminosäurebilanzen reiner Proteinkonzentrate..... | 93 |
| Tab. 26 Aminosäurebilanzen ausgewählter Lebensmittel..... | 97 |
| Tab. 27 Mögliche Symptome bei einem Ungleichgewicht im Aminosäurestoffwechsel..... | 104 |
| Tab. 28 NährstoffVerteilung für Ausdauersportler..... | 114 |
| Tab. 29 Nährstoffverteilung für Kraftsportler..... | 115 |
| Tab. 30 NährstoffVerteilung für Genesende..... | 117 |
| Tab. 31 NährstoffVerteilung für die Diät, Kohlenhydrate reduziert..... | 118 |
| Tab. 32 NährstoffVerteilung für die Diät, Kohlenhydrate streng reduziert..... | 119 |
| Tab. 33 Vitalstoffgehalt Gemüse und Salate..... | 122 |
| Tab. 34 Vitalstoffgehalt Früchte und Gemüsefrüchte..... | 124 |
| Tab. 35 Erforderliche Antioxidantien-Mengen bei oxidativem Stress..... | 132 |
| Tab. 36 Gute natürliche Quellen für Arginin..... | 166 |

| | |
|---|-----|
| Tab. 37 Datenblatt Arginin..... | 168 |
| Tab. 38 Datenblatt Ornithin/Ornithin-alpha-Ketoglutarat..... | 174 |
| Tab. 39 Gute natürliche Quellen für Isoleuzin..... | 176 |
| Tab. 40 Datenblatt Isoleuzin..... | 178 |
| Tab. 41 Gute natürliche Quellen für Leuzin..... | 179 |
| Tab. 42 Datenblatt Leuzin..... | 180 |
| Tab. 43 Gute natürliche Quellen für Valin..... | 182 |
| Tab. 44 Datenblatt Valin..... | 183 |
| Tab. 45 Gute natürliche Quellen für Lysin..... | 185 |
| Tab 46 Kombinationstherapie mit Vitaminen, Mineralien und Aminosäuren zur Behandlung der Koronarsklerose nach Dr. Rath..... | 186 |
| Tab. 47 Datenblatt Lysin..... | 187 |
| Tab. 48 Gute natürliche Quellen für Methionin..... | 190 |
| Tab. 49 Datenblatt Methionin..... | 191 |
| Tab. 50 Gute natürliche Quellen für Cystein und Cystin..... | 194 |
| Tab. 51 Datenblatt Cystein/Cystin/NAC..... | 198 |
| Tab. 52 Gute natürliche Quellen für Phenylalanin..... | 201 |
| Tab. 53 Datenblatt Phenylalanin/DL-Phenylalanin (DLPA)..... | 204 |
| Tab. 54 Gute natürliche Quellen für Tyrosin..... | 205 |
| Tab. 55 Datenblatt Tyrosin..... | 208 |
| Tab. 56 Gute natürliche Quellen für Threonin..... | 210 |
| Tab. 57 Datenblatt Threonin..... | 211 |
| Tab. 58 Gute natürliche Quellen für Tryptophan..... | 213 |
| Tab. 59 Datenblatt Tryptophan/5-Hydroxytryptophan (5-HTP)..... | 217 |
| Tab. 60 Gute natürliche Quellen für Histidin..... | 221 |
| Tab. 61 Datenblatt Histidin..... | 222 |

| | | |
|---------|--|-----|
| Tab. 62 | Gute natürliche Quellen für Alanin..... | 223 |
| Tab. 63 | Datenblatt Alanin..... | 224 |
| Tab. 64 | Gute natürliche Quellen für Asparagin und Asparaginsäure..... | 225 |
| Tab. 65 | Datenblatt Asparagin/Asparaginsäure..... | 227 |
| Tab. 66 | Gute natürliche Quellen für Glyzin..... | 229 |
| Tab. 67 | Datenblatt Glyzin..... | 230 |
| Tab. 68 | Gute natürliche Quellen für Serin..... | 231 |
| Tab. 69 | Datenblatt Serin..... | 232 |
| Tab. 70 | Gute natürliche Quellen für Prolin..... | 233 |
| Tab. 71 | Datenblatt Prolin..... | 234 |
| Tab. 72 | Gute natürliche Quellen für Glutamin und Glutaminsäure..... | 238 |
| Tab. 73 | Datenblatt Glutamin..... | 245 |
| Tab. 74 | Gute natürliche Quellen für Taurin..... | 249 |
| Tab. 75 | Datenblatt Taurin..... | 252 |
| Tab. 76 | Datenblatt gamma-Amino-Buttersäure (GABA)..... | 255 |
| Tab. 77 | Ursachen für einen Carnitinmangel..... | 256 |
| Tab. 78 | Carnitin-Vorkommen im menschlichen Organismus..... | 258 |
| Tab. 79 | Carnitin-Gehalte verschiedener Nahrungsmittel..... | 259 |
| Tab. 80 | Datenblatt Carnitin..... | 283 |