

Lehrbrief

Berater/in für Sporternährung

BSA-Akademie
Prävention, Fitness, Gesundheit
School for Health Management



Inhaltsverzeichnis

1	PHYSIOLOGISCHE UND BIOCHEMISCHE GRUNDLAGEN.....	13
1.1	Hormonsystem (Endokrines System)	13
1.1.1	Definition und Wirkungsweise der Hormone.....	13
1.1.2	Hypothalamus und Hypophyse	16
1.1.3	Schilddrüse	19
1.1.4	Nebennierenrinde und Nebennierenmark.....	20
1.1.5	Bauchspeicheldrüse	20
1.1.6	Keimdrüsen	21
1.2	Enzyme.....	22
2	ENERGIESTOFFWECHSEL	25
2.1	Nährstoffabbau und Energiebereitstellung	25
2.1.1	Brutto- und Nettoenergiegehalt der Nährstoffe.....	25
2.1.2	Das ATP/ADP-System	26
2.1.3	Übersicht über das Stoffwechselgeschehen	27
2.2	Kohlenhydratstoffwechsel	30
2.3	Lipidstoffwechsel.....	32
2.4	Proteinstoffwechsel.....	36
2.5	Citratzyklus und Atmungskettenphosphorylierung.....	38
3	FUNKTIONSZUSTÄNDE DES ORGANISMUS.....	41
3.1	Funktionszustände.....	42
3.2	Nährstoffe und Hormonreaktion.....	44
3.3	Ruhestoffwechsel	46
3.4	Absorptive Phase	47
3.4.1	Reaktion auf rein kohlenhydrathaltige Mahlzeiten	47
3.4.2	Reaktion auf rein proteinhaltige Mahlzeiten	48
3.4.3	Reaktion auf gemischte Mahlzeiten	50
3.5	Postabsorptive Phase.....	50
3.6	Stoffwechsel im Hungerzustand.....	51
3.6.1	Kurzfristiges Hungern	52
3.6.2	Langfristiges Hungern	53
3.7	Körperliche Belastung.....	54
3.7.1	Hormone und körperliche Belastung.....	55
3.7.2	Energiebereitstellung bei körperlicher Belastung.....	57
3.7.3	Beispiel zur Erklärung des Belastungsstoffwechsels.....	61
3.7.4	Energiebereitstellung in Abhängigkeit der Muskelfasertypen	62
3.8	Definition Kohlenhydratreduktion.....	63

3.9	Stoffwechsel bei isokalorischer, fettproteinbetonter und kohlenhydratarmer Kost.....	64
3.9.1	Umstellung auf fettproteinbetonte Kost.....	65
3.9.2	Hormonelle Situation – Parallelen zum katabolen Stoffwechsel.....	69
4	KOHLHYDRATBETONTE VS. KOHLHYDRATREDUZIERTE ERNÄHRUNG UND KÖRPERLICHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT.....	73
4.1	Kohlenhydratbetonte Ernährung und Sport.....	73
4.1.1	Leistungsstabilisierung	74
4.1.2	Muskelschützender Effekt: Kohlenhydrate und BCAAs.....	77
4.1.3	Muskelregenerierender Effekt.....	78
4.1.4	Transport- und Stoffwechseleffizienz.....	79
4.1.5	Glykogenspeicher und Glykogenregeneration	80
4.1.6	Beeinflussung belastungsbedingter Immunsuppressionen	81
4.1.7	Absorptionssynergismen.....	82
4.1.8	Konzentrationsvermögen und koordinative Fähigkeiten	82
4.2	Kohlenhydratreduzierte, fettproteinbetonte Ernährung und Sport.....	83
4.2.1	Körperliches Ausdauerleistungsvermögen	83
4.2.2	Diskussion der Hintergründe	84
4.2.3	Trainingsanpassungen und Glykogenspeicher.....	86
4.3	Wechsel zwischen kohlenhydratbetonter und kohlenhydratreduzierter Kost... 87	87
4.3.1	Saltin-Diät.....	88
4.3.2	Train low – Compete high	89
5	ALLGEMEINE ERNÄHRUNGSEMPFEHLUNGEN IM SPORT	93
6	TRAININGSPHASEN UND ERNÄHRUNG	96
6.1	Trainingsphasen einer Saison	96
6.2	Ernährung und Saison.....	97
7	ERNÄHRUNG IN KRAFT- UND SCHNELLKRAFTSPORTARTEN	100
7.1	Definition Kraft- und Schnellkraftsportarten.....	100
7.2	Energiebereitstellung bei Kraft- und Schnellkraftbelastungen	100
7.3	Basisernährung und Muskelaufbau.....	102
7.3.1	Trainingsziele in Kraft- und Schnellkraftsportarten	102
7.3.2	Energie- und Kohlenhydratzufuhr	102
7.3.3	Proteinbedarf.....	104
7.3.4	Biologische Wertigkeit von Proteinen	105
7.3.5	Strategische Proteinzufuhr	107
7.3.6	Risiken proteinreicher Ernährung.....	108
7.3.7	Ernährung und Hormone	108
7.4	Ernährung in der Wettkampfvorbereitung.....	109
7.4.1	Wettkampfvorbereitung in Kraft- und Schnellkraftsportarten (exklusive Bodybuilding)	109
7.4.2	Wettkampfvorbereitung im Bodybuilding	110

7.5	Wettkampfernährung.....	112
7.6	Ernährung im Anschluss an Wettkampf und Training.....	113
8	ERNÄHRUNG IN AUSDAUERSPORTARTEN.....	119
8.1	Definition Ausdauersportarten	119
8.2	Energiebereitstellung bei Ausdauerbelastungen.....	119
8.3	Basisernährung.....	123
8.3.1	Proteinzufuhr	123
8.3.2	Kohlenhydratzufuhr	123
8.3.3	Fett- und Gesamtenergiezufuhr.....	123
8.3.4	Kohlenhydratzufuhr, Fettstoffwechsel und Leistungsvermögen	123
8.3.5	Fettzufuhr und intramuskuläre Triglyzeride.....	125
8.3.6	Strategisches Variieren der Kohlenhydratzufuhr im Ausdauersport	126
8.4	Ernährung in der Wettkampfvorbereitung.....	127
8.4.1	Glykogensuperkompensation	127
8.4.2	„Fat Loading“ mit anschließendem „Carbo Loading“	128
8.4.3	Kohlenhydratzufuhr in den letzten 24 Stunden vor dem Wettkampf	129
8.4.4	Kohlenhydratzufuhr in den letzten 3-4 Stunden vor dem Wettkampf.....	129
8.4.5	Kohlenhydratzufuhr in den letzten 30-60 Minuten vor dem Wettkampf	130
8.4.6	Hydratation und Hyperhydratation	131
8.5	Wettkampfernährung.....	131
8.5.1	Kohlenhydratzufuhr und Leistungsfähigkeit.....	131
8.5.2	Flüssigkeits- und Elektrolytzufuhr	134
8.5.3	Zusammensetzung des Sportlergetränkes	135
8.5.4	Temperatur des Sportlergetränkes.....	136
8.6	Ernährung im Anschluss an Wettkampf und Training.....	136
9	ERNÄHRUNG IN SPIEL- UND KAMPFSPORTARTEN	141
9.1	Definition Spiel- und Kampfsportarten.....	141
9.2	Energiebereitstellung bei Spiel- und Kampfsportbelastungen	141
9.3	Basisernährung.....	142
9.4	Ernährung in der Wettkampfvorbereitung.....	143
9.4.1	„Gewicht machen“.....	143
9.4.2	Auffüllung der Glykogenspeicher.....	146
9.5	Wettkampfernährung.....	148
9.6	Ernährung im Anschluss an Wettkampf und Training.....	149
10	NAHRUNGSERGÄNZUNGEN, DIÄTETISCHE LEBENSMITTEL UND SUPPLEMENTS	151
10.1	Vor- und Nachteile der Supplementierung.....	151

10.2	Proteinkonzentrate	152
10.2.1	Casein und Molkenprotein.....	152
10.2.2	Sojaprotein.....	153
10.2.3	Eiprotein.....	154
10.3	Kohlenhydratkonzentrate.....	154
10.4	Weight Gainer	155
10.5	Kreatin	156
10.6	Aminosäurekonzentrate	158
10.7	Verzweigkettige Aminosäuren (BCAA).....	158
10.8	Leuzin.....	160
10.9	Glutamin	161
10.10	Arginin.....	162
10.11	Citrullin-Malat	164
10.12	L-Carnitin.....	165
10.13	Spezielle Pflanzenextrakte.....	166
10.14	Koffein.....	166
10.15	Gelenknährstoffe.....	168
10.16	Basenpräparate (Säurepuffer)	168
11	VEGETARISCHE ERNÄHRUNG IM SPORT	174
11.1	Vor- und Nachteile vegetarischer Ernährung	174
11.2	Beeinflussung der sportlichen Leistungsfähigkeit durch vegetarische Ernährung	176
11.3	Ernährungsmaßnahmen	177
12	ERNÄHRUNG IM HÖHENTRAINING	180
12.1	Bedeutung und Effekte des Höhentrainings	180
12.2	Einfluss der Hypoxie auf den Hunger-Sättigungs-Mechanismus.....	182
12.3	Einfluss der Hypoxie auf das Redox-System	183
12.4	Ernährungsmaßnahmen	183
12.4.1	Energieaufnahme	183
12.4.2	Kohlenhydrate	184
12.4.3	Proteinzufuhr	185
12.4.4	Mikronährstoffe.....	185
12.4.5	Antioxidanzien	186

12.4.6 Flüssigkeitszufuhr.....	187
13 SPORT UNTER EXTREMEN KLIMATISCHEN BEDINGUNGEN	189
13.1 Körperliche Belastungen bei Hitze	189
13.1.1 Thermoregulation bei Sport unter Hitzebedingungen	189
13.1.2 Auswirkung von Hyperthermie und Dehydration auf den Körper	190
13.1.3 Ernährungsmaßnahmen bei Sport unter Hitzebedingungen	192
13.1.4 Akklimatisierung.....	194
13.1.5 Maßnahmen gezielter Kühlung.....	195
13.2 Körperliche Belastung bei Kälte	195
13.2.1 Physiologische Besonderheiten	196
13.2.2 Ernährungsmaßnahmen	197
13.2.3 Akklimatisierung.....	198
14 NÄHRSTOFFDEFIZITE IM SPORT	201
14.1 Das Blutsystem betreffende Nährstoffdefizite	201
14.1.1 Eisen	201
14.1.2 Folsäure/Folat	202
14.1.3 Vitamin B ₁₂	203
14.1.4 Eiweiß	203
14.2 Das Knochensystem betreffende Nährstoffdefizite	204
14.2.1 Energiezufuhr	205
14.2.2 Kalzium	205
14.2.3 Vitamin D.....	205
14.2.4 Vitamin K	206
14.3 Den Energiestoffwechsel betreffende Nährstoffdefizite	206
15 ERMÜDUNG IM SPORT – URSACHEN UND GEGENMAßNAHMEN ...	209
15.1 Periphere Ermüdung.....	209
15.1.1 Glykogenverarmung	209
15.1.2 Milchsäurebildung	210
15.1.3 Dehydration	210
15.1.4 Aminosäureabbau und Muskelmikrotraumen	211
15.1.5 Aminosäureabbau und Ammoniakankfall	211
15.2 Zentrale Ermüdung.....	212
15.2.1 Serotoninanstieg im Gehirn	212
15.2.2 Erhöhte Körperkerntemperatur und zentralnervöse Regelung.....	214
16 ÜBERTRAINING: BEDEUTUNG DER ERNÄHRUNG	217
16.1 Übertraining	217
16.1.1 Definition, Ursachen und Symptome.....	217
16.1.2 Behandlung	218
16.2 Einfluss der Ernährung auf das Übertraining.....	218
16.2.1 Energie- und Makronährstoffzufuhr	218
16.2.2 Glutamin und Übertraining	218

16.2.3	Mehrfach ungesättigte Fettsäuren und inflammatorische Prozesse	219
16.2.4	Antioxidanzien und inflammatorische Prozesse	220
17	INFEKTANFÄLLIGKEIT IM SPORT.....	222
17.1	Infektionen bei Athleten.....	222
17.2	Ernährung und Infektionen.....	223
17.2.1	Energie- und Proteinzufuhr.....	223
17.2.2	Kohlenhydrate	223
17.2.3	Flüssigkeitszufuhr	224
17.2.4	Omega-3-Fettsäuren	224
17.2.5	Glutamin.....	224
17.2.6	Beta-Glukane	224
17.2.7	Eisen	225
17.2.8	Antioxidanzien - Vitamin C, Vitamin E, Zink und Selen.....	225
17.2.9	Probiotika	227
17.2.10	Quercetin	228
18	MAGEN-DARM-STÖRUNGEN VOR UND WÄHREND WETTKÄMPFEN	
	230
19	OPTIMALE ERNÄHRUNG NACH SPORTVERLETZUNGEN	234
19.1	Phase I – Immobilisation und Atrophie	234
19.1.1	Entzündungsreaktion	234
19.1.2	Verlust an Muskelmasse, Proteinsynthese und Eiweißzufuhr	235
19.1.3	Leuzin	235
19.1.4	Glutamin.....	235
19.1.5	Arginin	236
19.1.6	Gesamtenergiezufuhr.....	236
19.1.7	Sehnen, Bänder und Knochen	236
19.2	Phase II – Rehabilitation und Hypertrophie	237
19.2.1	Proteinaufnahme.....	237
19.2.2	Kreatin	237
19.2.3	Alkohol und anti-entzündliche Medikamente	237
20	ESSTÖRUNGEN IM SPORT	240
20.1	Bedeutung des Körpergewichtes für die Leistungsfähigkeit.....	240
20.2	Formen der sportassoziierten Esstörungen.....	241
20.2.1	Die Triade der sporttreibenden Frau.....	241
20.2.2	Anorexia athletica.....	241
20.3	Risikofaktoren und Ursachen von Esstörungen im Sport	242
20.4	Diagnose von Esstörungen im Sport.....	242
20.4.1	Screening und Anamnese	242
20.4.2	Diagnose von Anorexia athletica	243
20.5	Prävention von Esstörungen	243

20.6 Therapie	244
ANHANG.....	247
Lösungen und Kommentare zu den Übungen	247
Tabellenverzeichnis	256
Abbildungsverzeichnis	257
Glossar	260
Literaturverzeichnis.....	269

BSA-Akademie
Prävention, Fitness, Gesundheit
School for Health Management



aufgebaut werden. ATP fungiert also als frei konvertierbare Energiewährung aller Zellen des Körpers. Es kann Energie aufnehmen, speichern und bei Bedarf bereitstellen.

Im Energiestoffwechsel wird für den ATP-liefernden Abbau der Nährstoffe häufig der Begriff Katabolismus verwendet. Der ATP-verbrauchende Aufbau von Speicherstoffen und Körperstrukturen wird dagegen als Anabolismus bezeichnet (Biesalski & Grimm, 2011, S. 18–21; Daniel & Wenzel, 2014a, S. 687–695).

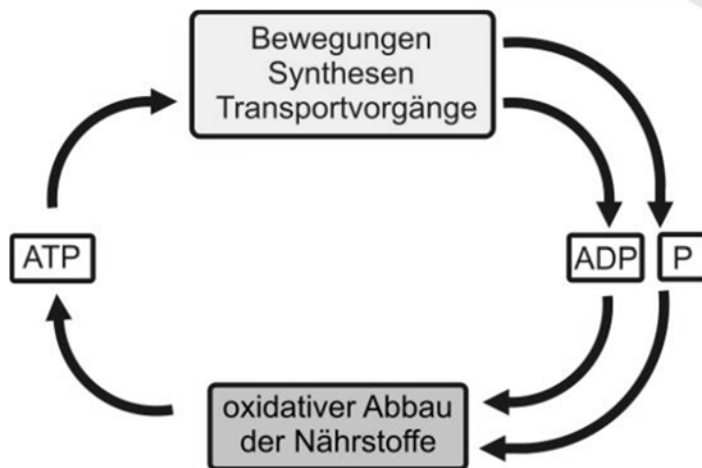


Abb. 8: ATP-Bildung und Resynthese (© BSA/DHfPG)

Die bei der Spaltung von ATP zu ADP und P bereitgestellte Energie dient als Energiequelle für Muskelkontraktion, Synthesen, Transportprozesse etc. Die Regeneration von ADP und P zu ATP erfolgt über den Abbau der Nährstoffe.

2.1.3 Übersicht über das Stoffwechselgeschehen

Die mit der Nahrung zugeführten, im Magen-Darm-Trakt verdauten und absorbierten Nährstoffe werden mit dem Blut zur Leber und von ihr weiter zu den anderen Organen transportiert. In diesen Organen werden die Nährstoffe als Bausteine für Strukturen verwendet, gespeichert oder zur Energiebereitstellung abgebaut.

Die für die Energiebereitstellung bestimmten Nährstoffe werden zunächst in kleinere Spaltprodukte zerlegt. Das gemeinsame Endprodukt dieser Prozesse ist die aktivierte Essigsäure (Acetyl-CoA).

Beim Abbau von Glukose, Fettsäuren, Aminosäuren und Alkohol in den Zellen entsteht aktivierte Essigsäure (Acetyl-CoA). Das Acetyl-CoA wird nachfolgend zu CO_2 und H_2O abgebaut. Die dabei frei werdende Energie wird zur Bildung von ATP genutzt.

In der nachfolgenden Tabelle sind die wesentlichen Prozesse beim Abbau von Nährstoffen und dem Aufbau von Speichersubstraten und Körperstrukturen aufgezählt (Daniel & Wenzel, 2014a, S. 687–695; Rehner & Daniel, 2010, S. 275–294).

Tab. 4: Auflistung wichtiger Stoffwechselwege (© BSA/DHfPG)

Substrat	Abbau (katabole Prozesse)	Aufbau (anabole Prozesse)
Kohlenhydrate	<ul style="list-style-type: none"> • Glykolyse (= Glukoseabbau) • Glykogenolyse (= Glykogenabbau zu Glukose) 	<ul style="list-style-type: none"> • Glukoneogenese (= Glukosebildung) • Glykogensynthese (= Glykogenbildung aus Glukose) • Pentosephosphatweg (= alternativer Glukoseabbauweg zur Bildung von Ribose)
Lipide, Fettsäuren und Cholesterol	<ul style="list-style-type: none"> • Lipolyse (= Triglyzeridspaltung zu Glycerol und Fettsäuren) • Beta-Oxidation (= Fettsäureabbau) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fettsäure- und Triglyzeridsynthese (= Aufbau von Fettsäuren und Speicherfetten) • Cholesterolsynthese (= Cholesterolaufbau)
Ketonkörper	<ul style="list-style-type: none"> • Ketonkörperverwertung (= Ketonkörperabbau) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ketogenese (= Ketonkörperbildung)
Proteine und Aminosäuren	<ul style="list-style-type: none"> • Proteolyse (= Proteinabbau zu Aminosäuren) • Desaminierung (Abspaltung der Aminogruppe unter Verbleib des Kohlenstoffskelettes der Aminosäure = Ketosäure) • Ketosäureoxidation (Abbau des Kohlenstoffskelettes zur ATP-Gewinnung) • Harnstoffzyklus (Aufbau von Harnstoff aus Aminogruppen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Proteinbiosynthese (= Proteinaufbau aus Aminosäuren)
Acetyl-CoA weitere Stoffwechselprodukte des Kohlenhydrat-, Fettsäure- und Aminosäureabbaus	<ul style="list-style-type: none"> • Citratzyklus und Atmungskettenphosphorylierung (Abbau zu Wasser und Kohlendioxid unter Bildung von ATP) 	

Die für die Energiebereitstellung und -speicherung notwendigen Stoffwechselprozesse laufen im Zellplasma und in den Mitochondrien ab. Dabei sind die Enzymsysteme des Protein-, Triglyzerid- und Glukoseabbaus sowie der Glukose-, Ribose- und Fettsäurebildung im Zellplasma, die Enzymsysteme von Fettsäureabbau, Citratzyklus und Atmungskettenphosphorylierung in den Mitochondrien lokalisiert (Daniel & Wenzel, 2014a, S. 687–695; Rehner & Daniel, 2010, S. 275–294).

Einen Überblick über die wichtigsten Wege des Energiestoffwechsels gibt die nachfolgende Abbildung. Die detaillierte Beschreibung der einzelnen Stoffwechselwege folgt in den weiteren Kapiteln des Lehrbriefes.

resynthetisiertes ATP abgedeckt. Eine gezielte Vergrößerung der ATP- und Kreatinphosphatvorräte zur Optimierung dieser einmaligen Belastungen ist über die Ernährung nicht zu erreichen (abgesehen von einer eventuellen Kreatinsupplementierung) (Konopka, 2002, S. 40–42; Raschka & Ruf, 2012, S. 35–38).

Die ATP-Vorräte in den Muskelfasern reichen lediglich für ca. 5 Sekunden maximaler Kraftentwicklung. Danach muss ATP in der dem Verbrauch entsprechenden Geschwindigkeit regeneriert werden. Bei kurzzeitigen und entsprechend intensiven Belastungen kommen dafür die ATP-Bildung aus Kreatinphosphat sowie der anaerobe Abbau von Glukose aus Glykogen in Frage (Konopka, 2002, S. 40–42; Raschka & Ruf, 2012, S. 35–38).

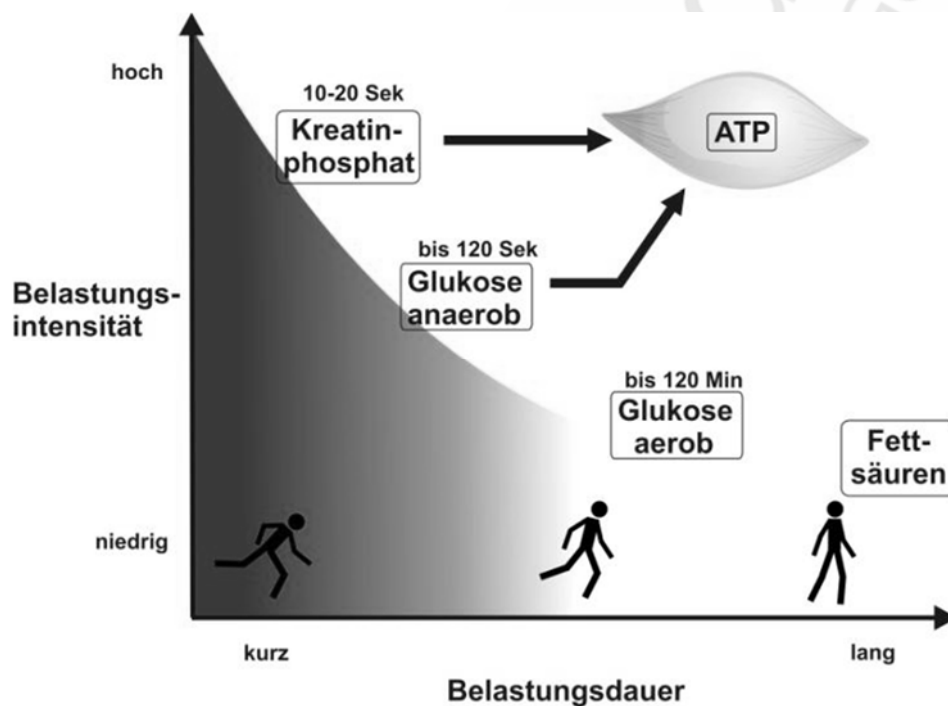


Abb. 48: Die Energiebereitstellung im Kraftsport bzw. bei hochintensiven Belastungen (© BSA/DHfPG)

Es überwiegt die ATP-Bildung aus dem Abbau von Kreatinphosphat und dem anaeroben Abbau von Glukose.

Bei hochintensiven Belastungen mit einer Dauer von 1-5 Minuten tragen mehrere Mechanismen zu einem Rückgang der Kraftentwicklung bei. Wichtigster Auslöser ist das Absinken des intrazellulären pH-Wertes in den arbeitenden Muskeln infolge vermehrter Bildung von Milchsäure (Konopka, 2002, S. 40–42; Raschka & Ruf, 2012, S. 35–38).

7.3 Basisernährung und Muskelaufbau

7.3.1 Trainingsziele in Kraft- und Schnellkraftsportarten

Kraft- und Schnellkraftsportarten erfordern in erster Linie ein hohes Maximalkraftniveau, das der Athlet für die optimale Leistung in seiner Sportart erreichen muss. Über die entsprechend gut entwickelte Maximalkraft realisieren die Sportler ihre eigentliche Wettkampfleistung (z. B. beim Reißen im Gewichtheben) oder aber sie schaffen dadurch die Grundlage für hohe Explosiv- und Schnellkraftfähigkeiten, die sportartspezifisch (z. B. beim 100-m-Sprint) leistungsbestimmend sind.

In der Sportart Bodybuilding ist in erster Linie eine Maximierung der Muskelmasse bei gleichzeitiger Minimierung des Körperfettanteils gefordert. Grundsätzlich ist eine Verbesserung des Maximalkraftniveaus mit einer Vergrößerung des Muskelquerschnitts verbunden, und diese beiden Parameter korrelieren bei den meisten Athleten recht gut miteinander (Kopka, 2002, S. 151–158; Raschka & Ruf, 2012, S. 27–33).

7.3.2 Energie- und Kohlenhydratzufuhr

Die Basisernährung in Kraft- und Schnellkraftsportarten richtet sich nach der Trainingsfrequenz und –intensität. Mit zunehmender Frequenz und Intensität steigt auch der Kohlenhydratbedarf. Empfehlungen für die Kohlenhydratzufuhr in diesem Bereich betragen 4-7 g pro kg Körpergewicht täglich (Raschka & Ruf, 2012, S. 33–34; Slater & Phillips, 2011).

Wird ein Muskelmasseaufbau angestrebt, so muss der Athlet mehr Energie zuführen als er verbraucht (positive Energiebilanz). Dabei reicht ein Energieüberschuss von 200-500 kcal täglich üblicherweise aus, um eine langsame Gewichts- und Muskelmassezunahme zu erreichen. Insbesondere ein Energieüberschuss in Form von Kohlenhydraten fördert durch die resultierende erhöhte Insulinausschüttung anabole Prozesse in der Muskulatur. Gleichzeitig darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, dass das Bauchspeicheldrüsenhormon auch die Körperfettzunahme begünstigt. Ein Neuaufbau von Muskelgewebe bei gleichzeitigem Körperfettabbau ist bei fortgeschrittenen Sportlern nahezu ausgeschlossen (Raschka & Ruf, 2012, S. 73–80).

In den letzten Jahren sind vermehrt Strategien propagiert worden, die im Rahmen einer kohlenhydratreduzierten Kost Muskelzuwächse ohne gleichzeitige Fettgewebszunahme versprechen. Hierbei ist zu beachten, dass die Freisetzung von Insulin als wichtigstes anaboles Hormon hauptsächlich von der Kohlenhydratzufuhr abhängt, erst in zweiter Linie von der Proteinaufnahme (Insulinanstieg durch Aminosäuren wie z. B. Leuzin, Phenylalanin und Arginin). Somit fördert eine hohe Kohlenhydratzufuhr ein optimales anaboles Milieu, das jedoch parallel auch die Zunahme an Kör-

8.3 Basisernährung

8.3.1 Proteinzufuhr

Der Proteinbedarf von Ausdauerathleten richtet sich nach dem Belastungsumfang und den im Training realisierten Belastungsintensitäten. Bei überwiegend niedrigen und moderaten Intensitäten ist von einem Proteinbedarf von 1,2-1,4 g pro kg Körpergewicht täglich auszugehen. Bei sehr hohen Trainingsumfängen kann der Bedarf auf bis zu 1,8 g/kg Körpergewicht pro Tag ansteigen. Der erhöhte Bedarf resultiert aus der erhöhten Verwendung von Protein als Energiequelle und als Substrat für die Glukose- und Ketonkörperbildung während der Belastung. Zudem gibt es Hinweise, dass beim Laufen Erythrozyten in den Blutkapillaren der Fußsohlen zerstört werden. Die Neubildung der Blutzellen bedarf der Zufuhr zusätzlichen Proteins.

8.3.2 Kohlenhydratzufuhr

In den verschiedenen Ausdauersportarten gelten relativ einheitliche Empfehlungen hinsichtlich der Kohlenhydratzufuhr. Dieser Makronährstoff sollte, je nach Trainingsumfang, in einer Menge von 7-12 g pro kg Körpergewicht täglich zugeführt werden. Mengen von mehr als 10 g/kg Körpergewicht und Tag beschränken sich jedoch auf Phasen hoher körperlicher Belastungsbeanspruchung (z. B. im Rahmen von Etappenrennen).

8.3.3 Fett- und Gesamtenergiezufuhr

Nach Sicherstellung einer ausreichenden Protein- und Kohlenhydratzufuhr sollte der Rest der erforderlichen Gesamtenergie über Nahrungsfette gedeckt werden. Ein Großteil der Fette sollte über Quellen reich an einfach ungesättigten Fettsäuren zugeführt werden. Diese sind leichter zu mobilisieren und liefern schneller Energie als langkettige gesättigte Fettsäuren. Aus Studien liegen Hinweise vor, dass die erhöhte Zufuhr der Omega-3-Fettsäuren EPA (Eicosapentaensäure) und DHA (Docosahexaensäure) möglicherweise aerobe Anpassungsprozesse in der Muskelzelle begünstigt. Daher kann es sinnvoll sein, mindestens 1.000 mg – evtl. sogar 3000 mg - dieser beiden Fettsäuren täglich zuzuführen.

8.3.4 Kohlenhydratzufuhr, Fettstoffwechsel und Leistungsvermögen

Ein Schwerpunkt im Ausdauersport liegt in der Entwicklung der Grundlagenausdauer bzw. der Verbesserung des Fettstoffwechsels durch mehrstündige Trainingseinheiten mit einer Intensität unterhalb von 65% der maximalen Sauerstoffaufnahme. Die Grundlagenausdauer hängt sehr eng mit der Fettstoffwechselkapazität eines Athleten zusammen, also mit der Fähigkeit bei gegebener Belastungsintensität anteilmäßig möglichst viele