



Fachbereich  
Ernährung

## **Lehrbrief Berater/in für Sporternährung**

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	3
Wegweiser durch den Lehrbrief.....	11
Übergeordnete Lernziele des Fernlehrgangs .....	14
<b>1 Physiologische und biochemische Grundlagen .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1 Hormonsystem (Endokrines System) .....</b>	<b>15</b>
1.1.1 Definition und Wirkungsweise der Hormone.....	15
1.1.2 Hypothalamus und Hypophyse .....	18
1.1.3 Schilddrüse.....	20
1.1.4 Nebennierenrinde und Nebennierenmark.....	21
1.1.5 Bauchspeicheldrüse.....	21
1.1.6 Keimdrüsen .....	22
<b>1.2 Enzyme.....</b>	<b>23</b>
<b>2 Energiestoffwechsel .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1 Nährstoffabbau und Energiebereitstellung.....</b>	<b>26</b>
2.1.1 Brutto- und Nettoenergiegehalt der Nährstoffe.....	26
2.1.2 Das ATP/ADP-System .....	27
2.1.3 Übersicht über das Stoffwechselgeschehen .....	28
<b>2.2 Kohlenhydratstoffwechsel.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3 Lipidstoffwechsel.....</b>	<b>33</b>
<b>2.4 Proteinstoffwechsel .....</b>	<b>37</b>
<b>2.5 Citratzyklus und Atmungskettenphosphorylierung.....</b>	<b>38</b>
<b>3 Funktionszustände des Organismus.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1 Funktionszustände .....</b>	<b>42</b>
<b>3.2 Nährstoffe und Hormonreaktion.....</b>	<b>44</b>
<b>3.3 Ruhestoffwechsel.....</b>	<b>46</b>
<b>3.4 Absorptive Phase.....</b>	<b>47</b>
3.4.1 Reaktion auf rein kohlenhydrathaltige Mahlzeiten.....	48
3.4.2 Reaktion auf rein proteinhaltige Mahlzeiten .....	49
3.4.3 Reaktion auf gemischte Mahlzeiten .....	50
<b>3.5 Postabsorptive Phase .....</b>	<b>51</b>
<b>3.6 Stoffwechsel im Hungerzustand.....</b>	<b>52</b>
3.6.1 Kurzfristiges Hungern .....	52
3.6.2 Langfristiges Hungern .....	53
<b>3.7 Körperliche Belastung .....</b>	<b>55</b>
3.7.1 Hormone und körperliche Belastung .....	56
3.7.2 Energiebereitstellung bei körperlicher Belastung.....	57
3.7.3 Beispiel zur Erklärung des Belastungsstoffwechsels .....	62
3.7.4 Energiebereitstellung in Abhängigkeit der Muskelfasertypen.....	63
<b>3.8 Definition Kohlenhydratreduktion.....</b>	<b>64</b>
<b>3.9 Stoffwechsel bei isokalorischer, fettproteinbetonter und kohlenhydratarmer Kost.....</b>	<b>65</b>

3.9.1 Umstellung auf fettproteinbetonte Kost.....	65
3.9.2 Hormonelle Situation – Parallelen zum katabolen Stoffwechsel.....	68
<b>4 Low-Carb vs. Low-Fat und körperliche Leistungsfähigkeit.....</b>	<b>73</b>
<b>4.1 Kohlenhydratbetonte Ernährung und Sport .....</b>	<b>73</b>
4.1.1 Leistungsstabilisierung .....	73
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
<b>4.2 Kohlenhydratreduzierte, fettproteinbetonte Ernährung und Sport .....</b>	<b>83</b>
4.2.1 Körperliches Ausdauerleistungsvermögen .....	83
4.2.2 Diskussion der Hintergründe.....	83
4.2.3 Trainingsanpassungen und Glykogenspeicher.....	86
<b>4.3 Wechsel zwischen kohlenhydratbetonter und kohlenhydratreduzierter Kost .....</b>	<b>87</b>
4.3.1 Saltin-Diät .....	88
4.3.2 Train low – Compete high .....	88
<b>5 Allgemeine Ernährungsempfehlungen im Sport.....</b>	<b>92</b>
<b>6 Trainingsphasen und Ernährung.....</b>	<b>95</b>
6.1 Trainingsphasen einer Saison.....	95
6.2 Ernährung und Saison.....	96
<b>7 Ernährung in Kraft- und Schnellkraftsportarten .....</b>	<b>99</b>
7.1 Definition Kraft- und Schnellkraftsportarten .....	99
7.2 Energiebereitstellung bei Kraft- und Schnellkraftbelastungen .....	99
<b>7.3 Basisernährung und Muskelaufbau.....</b>	<b>101</b>
7.3.1 Trainingsziele in Kraft- und Schnellkraftsportarten .....	101
7.3.2 Energie- und Kohlenhydratzufuhr.....	101
7.3.3 Proteinbedarf .....	102
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
<b>7.4 Ernährung in der Wettkampfvorbereitung .....</b>	<b>109</b>
7.4.1 Wettkampfvorbereitung in Kraft- und Schnellkraftsportarten (exklusive Bodybuilding) ....	109
7.4.2 Wettkampfvorbereitung im Bodybuilding .....	110
<b>7.5 Wettkampfernährung.....</b>	<b>112</b>
<b>7.6 Ernährung im Anschluss an Wettkampf und Training.....</b>	<b>113</b>
<b>8 Ernährung in Ausdauersportarten .....</b>	<b>119</b>
8.1 Definition Ausdauersportarten .....	119
8.2 Energiebereitstellung bei Ausdauerbelastungen .....	120
<b>8.3 Basisernährung .....</b>	<b>123</b>
8.3.1 Proteinzufuhr.....	123

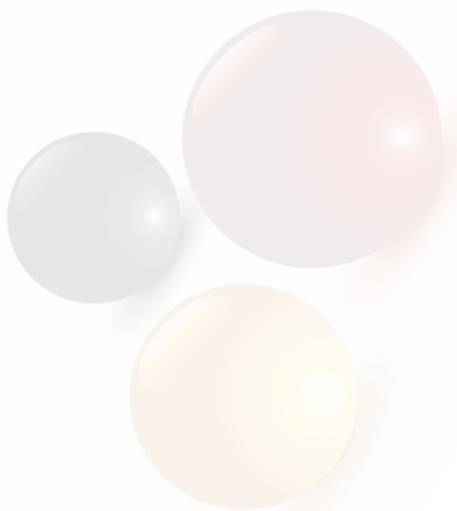
8.3.2 Kohlenhydratzufuhr .....	123
8.3.3 Fett- und Gesamtenergiezufuhr .....	123
8.3.4 Kohlenhydratzufuhr, Fettstoffwechsel und Leistungsvermögen .....	123
8.3.5 Fettzufuhr und intramuskuläre Triglyzeride .....	125
8.3.6 Strategisches Variieren der Kohlenhydratzufuhr im Ausdauersport .....	126
<b>8.4 Ernährung in der Wettkampfvorbereitung.....</b>	<b>126</b>
8.4.1 Glykogensuperkompensation.....	126
8.4.2 „Fat Loading“ mit anschließendem „Carbo Loading“ .....	128
8.4.3 Kohlenhydratzufuhr in den letzten 24 Stunden vor dem Wettkampf .....	128
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 .....	129
8.4.6 Hydratation und Hyperhydratation .....	130
<b>8.5 Wettkampfernährung .....</b>	<b>131</b>
8.5.1 Kohlenhydratzufuhr und Leistungsfähigkeit .....	131
8.5.2 Flüssigkeits- und Elektrolytzufuhr .....	134
8.5.3 Zusammensetzung des Sportlergetränkes .....	134
8.5.4 Temperatur des Sportlergetränkes .....	135
<b>8.6 Ernährung im Anschluss an Wettkampf und Training .....</b>	<b>135</b>
<b>9 Ernährung in Spiel- und Kampfsportarten.....</b>	<b>140</b>
9.1 Definition Spiel- und Kampfsportarten.....	140
9.2 Energiebereitstellung bei Spiel- und Kampfsportbelastungen.....	140
9.3 Basisernährung.....	141
9.4 Ernährung in der Wettkampfvorbereitung.....	142
9.4.1 „Gewicht machen“.....	142
9.4.2 Auffüllung der Glykogenspeicher .....	145
9.5 Wettkampfernährung .....	147
9.6 Ernährung im Anschluss an Wettkampf und Training .....	148
<b>10 Nahrungsergänzungen, diätetische Lebensmittel und Supplements.....</b>	<b>150</b>
10.1 Vor- und Nachteile der Supplementierung .....	150
10.2 Proteinkonzentrate .....	151
10.2.1 Casein und Molkenprotein .....	151
10.2.2 Sojaprotein.....	152
10.2.3 Eiweißprotein.....	152
10.3 Kohlenhydratkonzentrate .....	153
10.4 Weight Gainer .....	153
10.5 Kreatin.....	154
10.6 Aminosäurekonzentrate.....	156
10.7 Verzweigtkettige Aminosäuren (BCAA) .....	157
10.8 Leuzin .....	158
10.9 Glutamin.....	159
10.10 Arginin .....	160
10.11 Citrullin-Malat .....	162
10.12 L-Carnitin .....	163
10.13 Spezielle Pflanzenextrakte.....	163

10.14	Koffein.....	164
10.15	Gelenknährstoffe .....	165
10.16	Basenpräparate (Säurepuffer) .....	166
<b>11</b>	<b>Vegetarische Ernährung im Sport .....</b>	<b>171</b>
11.1	Vor- und Nachteile vegetarischer Ernährung.....	171
11.2	Beeinflussung der sportlichen Leistungsfähigkeit durch vegetarische Ernährung.....	173
11.3	Ernährungsmaßnahmen.....	174
<b>12</b>	<b>Ernährung im Höhenttraining .....</b>	<b>177</b>
12.1	Bedeutung und Effekte des Höhentrainings .....	177
12.2	Einfluss der Hypoxie auf den Hunger-Sättigungs-Mechanismus.....	179
12.3	Einfluss der Hypoxie auf das Redox-System.....	179
12.4	Ernährungsmaßnahmen.....	180
12.4.1	Energieaufnahme .....	180
12.4.2	Kohlenhydrate .....	180
12.4.3	Proteinzufuhr.....	181
12.4.4	Mikronährstoffe.....	181
12.4.5	Antioxidanzien .....	182
12.4.6	Flüssigkeitszufuhr .....	183
<b>13</b>	<b>Sport unter extremen klimatischen Bedingungen .....</b>	<b>185</b>
13.1	Körperliche Belastungen bei Hitze .....	185
13.1.1	Thermoregulation bei Sport unter Hitzebedingungen .....	185
13.1.2	Auswirkung von Hyperthermie und Dehydration auf den Körper.....	186
13.1.3	Ernährungsmaßnahmen bei Sport unter Hitzebedingungen.....	188
13.1.4	Akklimatisierung .....	190
13.1.5	Maßnahmen gezielter Kühlung.....	190
13.2	Körperliche Belastung bei Kälte .....	191
13.2.1	Physiologische Besonderheiten .....	192
13.2.2	Ernährungsmaßnahmen.....	193
13.2.3	Akklimatisierung .....	194
<b>14</b>	<b>Nährstoffdefizite im Sport .....</b>	<b>196</b>
14.1	Das Blutssystem betreffende Nährstoffdefizite.....	196
14.1.1	Eisen.....	196
14.1.2	Folsäure/Folat.....	197
14.1.3	Vitamin B12 .....	198
14.1.4	Eiweiß .....	198
14.2	Das Knochensystem betreffende Nährstoffdefizite .....	199
14.2.1	Energiezufuhr .....	200
14.2.2	Kalzium .....	200
14.2.3	Vitamin D .....	200
14.2.4	Vitamin K.....	201
14.3	Den Energiestoffwechsel betreffende Nährstoffdefizite .....	201
<b>15</b>	<b>Ermüdung im Sport – Ursachen und Gegenmaßnahmen .....</b>	<b>204</b>
15.1	Periphere Ermüdung.....	204
15.1.1	Glykogenverarmung.....	204

15.1.2	Milchsäurebildung .....	205
15.1.3	Dehydration .....	205
15.1.4	Aminosäureabbau und Muskelmikrotraumen .....	206
15.1.5	Aminosäureabbau und Ammoniakankfall .....	206
<b>15.2</b>	<b>Zentrale Ermüdung.....</b>	<b>207</b>
15.2.1	Serotoninanstieg im Gehirn.....	207
15.2.2	Erhöhte Körperkerntemperatur und zentralnervöse Regelung.....	209
<b>16</b>	<b>Übertraining: Bedeutung der Ernährung.....</b>	<b>212</b>
<b>16.1</b>	<b>Übertraining.....</b>	<b>212</b>
16.1.1	Definition, Ursachen und Symptome .....	212
16.1.2	Behandlung.....	213
<b>16.2</b>	<b>Einfluss der Ernährung auf das Übertraining.....</b>	<b>213</b>
16.2.1	Energie- und Makronährstoffzufuhr .....	213
16.2.2	Glutamin und Übertraining.....	213
16.2.3	Mehrfach ungesättigte Fettsäuren und inflammatorische Prozesse.....	214
16.2.4	Antioxidanzen und inflammatorische Prozesse .....	215
<b>17</b>	<b>Infektanfälligkeit im Sport .....</b>	<b>217</b>
<b>17.1</b>	<b>Infektionen bei Athleten .....</b>	<b>217</b>
<b>17.2</b>	<b>Ernährung und Infektionen .....</b>	<b>218</b>
17.2.1	Energie- und Proteinzufuhr .....	218
17.2.2	Kohlenhydrate .....	218
17.2.3	Flüssigkeitszufuhr .....	218
17.2.4	Omega-3-Fettsäuren.....	219
17.2.5	Glutamin .....	219
17.2.6	Beta-Glukane .....	219
17.2.7	Eisen.....	219
17.2.8	Antioxidanzen - Vitamin C, Vitamin E, Zink und Selen .....	219
17.2.9	Probiotika.....	221
17.2.10	Quercetin.....	222
<b>18</b>	<b>Magen-Darm-Störungen vor und während Wettkämpfen.....</b>	<b>224</b>
<b>19</b>	<b>Optimale Ernährung nach Sportverletzungen.....</b>	<b>228</b>
<b>19.1</b>	<b>Phase I – Immobilisation und Atrophie .....</b>	<b>228</b>
19.1.1	Entzündungsreaktion.....	228
19.1.2	Verlust an Muskelmasse, Proteinsynthese und Eiweißzufuhr .....	229
19.1.3	Leuzin .....	229
19.1.4	Glutamin .....	229
19.1.5	Arginin.....	230
19.1.6	Gesamtenergiezufuhr .....	230
19.1.7	Sehnen, Bänder und Knochen .....	230
<b>19.2</b>	<b>Phase II – Rehabilitation und Hypertrophie.....</b>	<b>231</b>
19.2.1	Proteinaufnahme .....	231
19.2.2	Kreatin.....	231
19.2.3	Alkohol und anti-entzündliche Medikamente.....	231
<b>20</b>	<b>Esstörungen im Sport.....</b>	<b>233</b>
<b>20.1</b>	<b>Bedeutung des Körpergewichtes für die Leistungsfähigkeit .....</b>	<b>233</b>
<b>20.2</b>	<b>Formen der sportassoziierten Esstörungen.....</b>	<b>233</b>
20.2.1	Die Triade der sporttreibenden Frau.....	234

20.2.2 Anorexia athletica.....	234
<b>20.3 Risikofaktoren und Ursachen von Essstörungen im Sport .....</b>	<b>234</b>
<b>20.4 Diagnose von Essstörungen im Sport.....</b>	<b>235</b>
20.4.1 Screening und Anamnese.....	235
20.4.2 Diagnose von Anorexia athletica.....	236
<b>20.5 Prävention von Essstörungen.....</b>	<b>237</b>
<b>20.6 Therapie.....</b>	<b>237</b>
<b>Nachwort.....</b>	<b>239</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>241</b>
Lösungen und Kommentare zu den Übungen .....	241
Tabellenverzeichnis.....	250
Abbildungsverzeichnis .....	250
Glossar .....	254
Literaturverzeichnis .....	264

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



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).

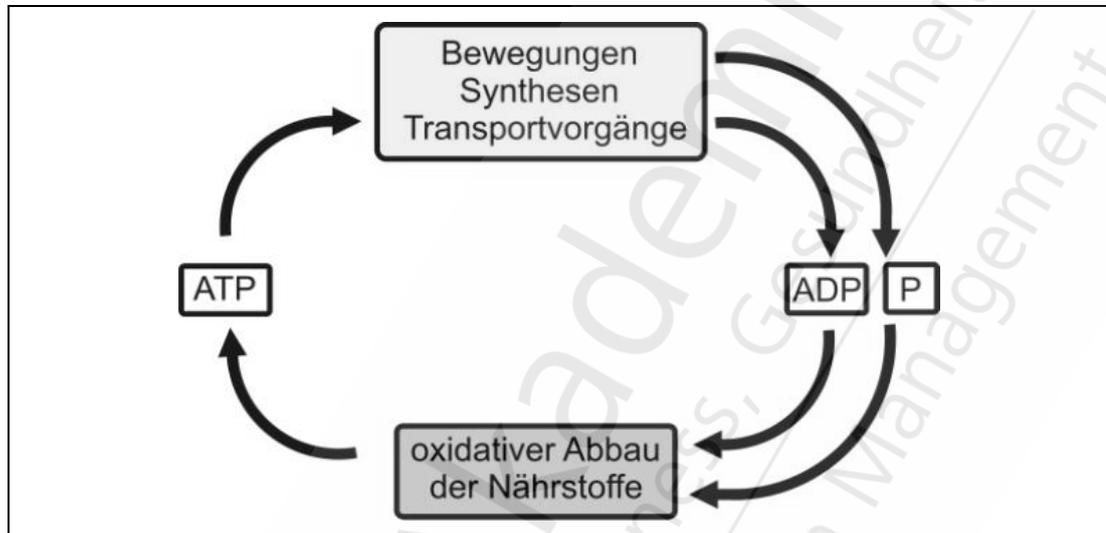


Abb. 8: ATP-Bildung und Resynthese (© BSA/DHfPG)

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  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  abgebaut. Die dabei freiwerdende 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)
<b>Kohlenhydrate</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glykolyse (= Glukoseabbau)</li> <li>• Glykogenolyse (= Glykogenabbau zu Glukose)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glukoneogenese (= Glukosebildung)</li> <li>• Glykogensynthese (= Glykogenbildung aus Glukose)</li> <li>• Pentosephosphatweg (= alternativer Glukoseabbauweg zur Bildung von Ribose)</li> </ul>
<b>Lipide, Fettsäuren und Cholesterol</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lipolyse (= Triglyzeridspaltung zu Glycerol und Fettsäuren)</li> <li>• Beta-Oxidation (= Fettsäureabbau)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fettsäure- und Triglyzeridsynthese (= Aufbau von Fettsäuren und Speicherfetten)</li> <li>• Cholesterolsynthese (= Cholesterolaufbau)</li> </ul>
<b>Ketonkörper</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketonkörperverwertung (= Ketonkörperabbau)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketogenese (= Ketonkörperbildung)</li> </ul>
<b>Proteine und Aminosäuren</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteolyse (= Proteinabbau zu Aminosäuren)</li> <li>• Desaminierung (Abspaltung der Aminogruppe unter Verbleib des Kohlenstoffskelettes der Aminosäure = Ketosäure)</li> <li>• Ketosäureoxidation (Abbau des Kohlenstoffskelettes zur ATP-Gewinnung)</li> <li>• Harnstoffzyklus (Aufbau von Harnstoff aus Aminogruppen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteinbiosynthese (= Proteinaufbau aus Aminosäuren)</li> </ul>
<b>Acetyl-CoA weitere Stoffwechselprodukte des Kohlenhydrat-, Fettsäure- und Aminosäureabbaus</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Citratzyklus und Atmungskettenphosphorylierung (Abbau zu Wasser und Kohlendioxid unter Bildung von ATP)</li> </ul>	

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.

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).

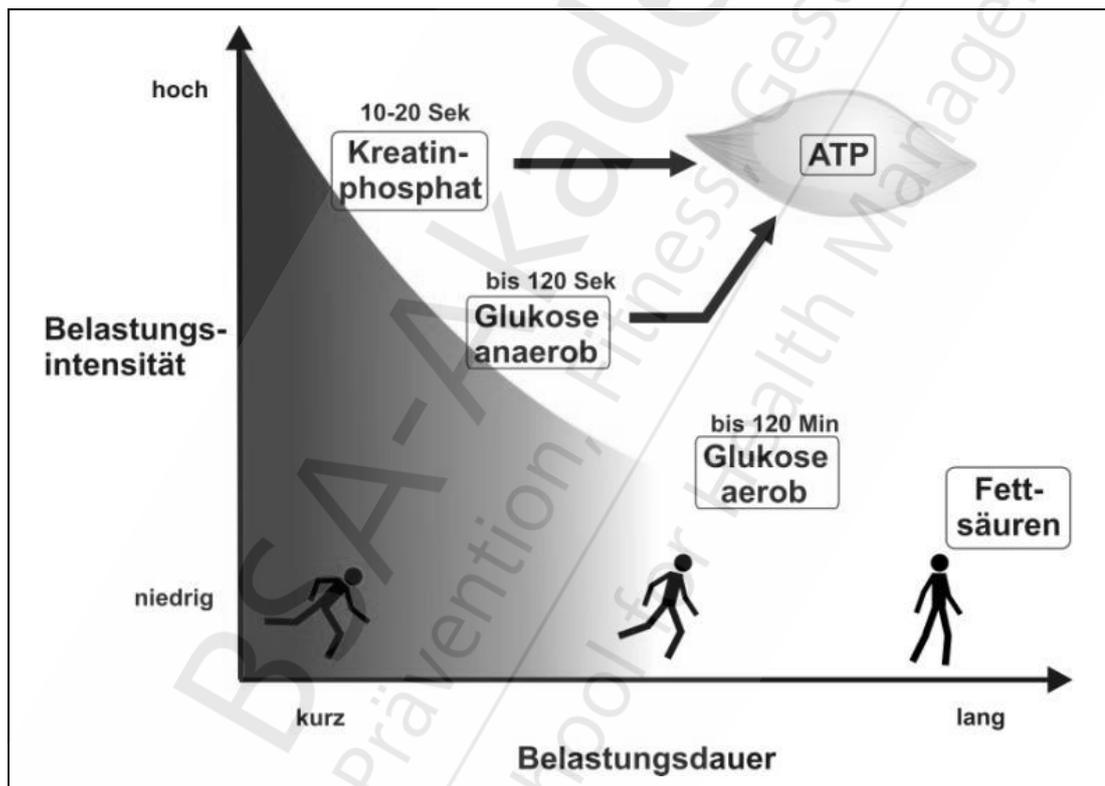


Abb. 48: Die Energiebereitstellung im Kraftsport bzw. bei hochintensiven Belastungen (© BSA/DHfPG)

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 (Konopka, 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 (American College of Sport Nutrition, International Olympic Committee [IOC] & International Society for Sports Nutrition, 2013; 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 Körperfett fördert. Umgekehrt ist die Fettgewebszunahme bei niedrigeren Insulinspiegeln durch weniger Kohlenhydratzufuhr geringer, ebenso jedoch auch die muskelaufbauende Wirkung (Raschka & Ruf, 2012, S. 73–82). In speziellen Strategien wird daher in der Praxis ver-

## 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 Fettsäuren und wenig Glukose zu nutzen. Daher wird überlegt, wie man zelluläre Anpassungsprozesse im Rahmen des Grundlagenausdauertrainings, die zu einer verbesserten aeroben Kapazität führen, durch Ernährungsstrategien unterstützen könnte.