

Josef Tomasits

Paul Haber

# Leistungsphysiologie

Grundlagen für Trainer,  
Physiotherapeuten und Masseure

Zweite, neu bearbeitete Auflage

SpringerWienNewYork

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Grundlagen .....</b>	<b>1</b>
1.1 Woher beziehen wir Energie? .....	1
1.1.1 ATP-Menge und Kreatinphosphatgehalt des Menschen.....	3
1.2 Welche Energiequellen werden im Muskelstoffwechsel genutzt?.....	4
1.2.1 Energiebereitstellung aus Glukose .....	4
1.2.2 Unterschiede der anaeroben und aeroben Energiebereitstellung..	7
1.2.3 Energieversorgung mit Kohlenhydraten aus der Nahrung .....	8
1.2.4 Energiebereitstellung aus Fetten.....	12
1.2.5 Vergleich der Kohlenhydrate mit Fett.....	14
1.2.6 Wunschvorstellung „fat burning“ .....	15
1.2.7 Energiebereitstellung aus Proteinen .....	15
1.3 Was ist Ausdauer? .....	19
1.3.1 Anaerobe Ausdauer .....	19
1.3.2 Aerobe Ausdauer.....	20
1.4 Muskelkraft.....	22
1.4.1 Maximalkraft, Absolutkraft, Relativkraft .....	23
1.4.2 Bedeutung der Muskelkraft .....	24
1.4.3 Ziele des Krafttrainings im Sport .....	27
1.4.4 Wie ist die Muskelzelle aufgebaut? .....	28
1.4.5 Welche Muskelfasertypen gibt es? .....	28
1.4.6 Wie funktioniert die elektromechanische Koppelung?.....	31
1.4.7 Wie arbeitet der Muskel? .....	33
1.4.8 Was ist eine isometrische Kontraktion? .....	34
1.4.9 Was versteht man unter isotonischer Kontraktion?.....	34
1.4.10 Die Unterstützungszuckung .....	35
1.4.11 Die Anschlagszuckung .....	35
1.4.12 Was ist eine auxotonische Kontraktion? .....	35
1.4.13 Intramuskuläre Synchronisation .....	36
1.4.14 Intramuskuläre-Koordination .....	37
1.4.15 Langfristige Anpassungen an das Krafttraining .....	37
1.4.16 Welche Auswirkungen hat Krafttraining auf den passiven Bewegungsapparat? .....	39

2	Wie reagiert der Körper auf Belastungen? .....	41
2.1	Energieumsatz unter Belastung .....	41
2.2	Submaximale Belastung .....	45
2.2.1	Verhalten der Sauerstoffaufnahme bei Belastung .....	46
2.3	Die anaerobe Schwelle .....	47
2.3.1	Produktion und Elimination von Laktat; Nettolaktatproduktion ...	48
2.3.2	Laktatleistungstest, max. Laktat-steady-state MLSS .....	48
2.3.3	Was bedeutet das MLSS und liegt es immer bei 4 mmol/l? .....	50
2.3.4	Was bedeutet eine niedrige ANS? .....	51
2.3.5	Was bedeutet eine hohe ANS? .....	51
2.4	Maximale Belastung .....	52
2.4.1	Die Kreatinphosphatspaltung .....	52
2.4.2	Die Glykolyse .....	53
2.4.3	Die aerobe Leistungsfähigkeit .....	53
2.5	Trainingsanpassung des Energiestoffwechsels .....	54
2.5.1	Die Kreatinphosphatspaltung .....	55
2.5.2	Die Glykolyse .....	55
2.5.3	Die oxidative ATP-Resynthese .....	56
2.5.4	Kennzahlen von Weltklasseathleten im Ausdauersport .....	56
2.5.5	Zusammenhang zwischen Belastungsdauer und Belastungsintensität .....	57
2.5.6	Was passiert bei chronischem Bewegungsmangel? .....	57
2.6	Blutkreislauf .....	58
2.7	„Blut ist ein besonderer Saft“ .....	59
2.7.1	Die Fließeigenschaften des Blutes (Hämo-Rheologie) .....	60
2.7.2	Der Sauerstofftransport .....	62
2.7.3	Der Kohlendioxid-Transport .....	63
2.7.4	Die Pufferung .....	63
2.7.5	Trainingsanpassungen des Blutes .....	64
2.7.6	Höhenanpassung des Blutes .....	64
2.8	Gefäßsystem .....	65
2.8.1	Reaktion der Blutgefäße auf Muskeltätigkeit .....	65
2.8.2	Anpassungen des Gefäßsystems auf Ausdauertraining .....	66
2.9	Das Herz .....	67
2.9.1	Reaktion des Herzens auf Muskeltätigkeit .....	67
2.9.2	Die Herzfrequenz .....	68
2.9.3	Steigerung des Schlagvolumens .....	70
2.9.4	Zunahme des Herzminutenvolumens .....	71
2.9.5	Steigerung des Koronarkreislaufs .....	71
2.9.6	Der Ventilebenenmechanismus .....	72
2.9.7	Langfristige Trainingsanpassungen des Herzens .....	72
2.9.8	Rückbildungen kardialer Anpassungen .....	75

2.10	Lunge.....	75
2.10.1	Bedeutung der Lunge in der Organkette: Lunge – Herz/Kreislauf – Muskel .....	75
2.10.2	Die Ventilation.....	76
2.10.3	Die Diffusion.....	78
2.10.4	Die Perfusion.....	81
2.10.5	Die langfristige Anpassung der Lunge an das Ausdauertraining...	81
2.11	Andere Organe.....	82
2.11.1	Leber.....	83
2.11.2	Nebennieren .....	83
3	Wirkungen des Ausdauertrainings bei Erkrankungen .....	85
3.1	Hypertonie.....	85
3.2	Fettstoffwechselstörungen .....	86
3.3	Koronare Herzerkrankung.....	86
3.4	Insulinresistenz und Diabetes mellitus Typ 2 .....	87
3.5	Depression .....	89
4	Leistungsdiagnostik.....	91
4.1	Begriffserklärung.....	91
4.2	Anwendungsbeispiele.....	92
4.3	Was ist Ergometrie? .....	96
4.4	Die Leistungsfähigkeit .....	96
4.5	Einflussfaktoren auf ergometrische Messergebnisse .....	99
4.5.1	Temperatur und Luftfeuchte.....	99
4.5.2	Tageszeit .....	99
4.5.3	Erholungszustand.....	99
4.5.4	Ernährungszustand .....	99
4.5.5	Menstruationszyklus.....	99
4.6	Verhalten von Messgrößen bei der Ergometrie.....	100
4.6.1	Die Herzfrequenz.....	101
4.6.2	Der Blutdruck.....	103
4.6.3	Arterieller Sauerstoffpartialdruck und Kohlendioxidpartialdruck.....	104
4.6.4	Base Excess, Laktat.....	104
4.6.5	Die Atemgasanalyse.....	105
4.7	Kraftmessung.....	112
5	Training und Regeln der medizinischen Trainingslehre .....	115
5.1	Regel Nr. 1: Es muss eine geeignete Sportart ausgewählt werden .....	115
5.2	Regel Nr. 2: Quantifizierung des Trainings und die Beachtung von Mindestbelastungen.....	116
5.2.1	Ausdauertraining .....	116
5.2.2	Krafttraining .....	118
5.3	Regel Nr. 3: Angemessenheit des Trainings.....	122

5.4	Regel Nr. 4: Systematische Steigerung der Belastung .....	122
5.4.1	Systematisches Krafttraining .....	126
5.5	Regel Nr. 5: Zyklische Gestaltung .....	127
5.6	Regel Nr. 6: Ganzjährigkeit des Trainings.....	128
<b>6</b>	<b>Trainingsmethoden .....</b>	<b>129</b>
6.1	Trainingsmethoden der Ausdauer .....	129
6.1.1	Aerobe Ausdauer.....	129
6.1.2	Anaerobe Ausdauer .....	132
6.2	Trainingsmethoden der Kraft .....	135
6.2.1	Maximalkraft.....	135
6.2.2	Kraftausdauer.....	137
<b>7</b>	<b>Ermüdung .....</b>	<b>139</b>
7.1	Mögliche Ermüdungsursachen.....	139
7.1.1	Aufbrauch von Energiereserven .....	139
7.1.2	Verlust von Wasser und Elektrolyten .....	140
7.1.3	Belastungen über der anaeroben Schwelle mit fortschreitender Änderungen des inneren Zellmilieus.....	141
7.1.4	Zentrale Ermüdung .....	141
7.1.5	Modifizierende Faktoren.....	141
7.1.6	Psychische Folgen der Ermüdung .....	142
<b>8</b>	<b>Übertraining.....</b>	<b>143</b>
8.1	Definition.....	143
8.2	Ursachen .....	143
8.3	Diagnostik .....	144
8.4	Therapie .....	145
<b>9</b>	<b>Regeneration.....</b>	<b>147</b>
<b>10</b>	<b>Training nach Verkühlung bzw. Verletzung.....</b>	<b>149</b>
10.1	Training nach grippalem Infekt .....	149
10.2	Training bei und nach Verletzung.....	149
<b>11</b>	<b>Muskelkrämpfe.....</b>	<b>151</b>
11.1	Ursachen .....	151
11.2	Vorbeugende Maßnahmen .....	151
11.3	Therapie .....	151
<b>12</b>	<b>Dehnen .....</b>	<b>153</b>
12.1	Die Bedeutung des Dehnungsreflexes .....	153
12.2	Sinn und Unsinn des Dehnens im Sport .....	153
12.3	Ausführung des Dehnens .....	154

<b>13 Thermoregulation .....</b>	<b>155</b>
13.1 Thermoregulation bei Wärme .....	156
13.1.1 Drosselung der Wärmeproduktion .....	156
13.1.2 Steigerung der Wärmeabgabe .....	156
13.2 Hitzeschäden .....	160
13.2.1 Sonnenstich .....	160
13.2.2 Sonnenbrand.....	160
13.2.3 Exkurs: Erste-Hilfe-Maßnahmen bei Verbrennungen .....	161
13.2.4 Hitzeerschöpfung .....	162
13.2.5 Hitzeschlag (Hyperthermie) .....	163
13.3 Hitzeakklimatisation .....	164
13.3.1 Exkurs: Schneeblindheit.....	164
13.4 Thermoregulation bei Kälte .....	165
13.4.1 Steigerung der Wärmeproduktion.....	165
13.4.2 Verminderung der Wärmeabgabe .....	166
13.5 Unterkühlung, Hypothermie .....	167
13.5.1 Schweregrade der Unterkühlung.....	167
13.6 Lokale Erfrierungen .....	169
13.6.1 Behandlung von Unterkühlung und Erfrierungen.....	170
<b>14 Höhenexposition .....</b>	<b>173</b>
14.1 Folgen der Höhenexposition .....	175
14.1.1 Hyperventilation mit Auswirkungen auf den Säure-Basen- Haushalt .....	175
14.1.2 Auswirkungen auf das Blut .....	176
14.1.3 Auswirkungen der Höhenexposition auf die Leistungsfähigkeit...	176
14.2 Anpassungen an die Höhe .....	177
14.2.1 Adaptationsphase .....	177
14.2.2 Höhenakklimatisation .....	177
14.3 Lebensgefahren am Berg .....	178
14.3.1 Höhenkrankheit, Lungenödem, Hirnödem .....	179
<b>15 Ernährung .....</b>	<b>181</b>
15.1 Die 5 Ernährungsbilanzen .....	181
15.1.1 Was ist eine Ernährungsbilanz? .....	181
15.1.2 Energiebilanz .....	182
15.1.3 Nährstoffbilanz .....	199
15.1.4 Flüssigkeitsbilanz.....	207
15.1.5 Elektrolytbilanz.....	214
15.1.6 Vitamine- und Spurenelementbilanz.....	217
15.2 Nährstoffzufuhr während und nach der Belastung .....	218
15.2.1 Soll man vor und während des Trainings Energie zuführen?....	218
15.2.2 Wann soll man nach dem Training essen und was? .....	219
15.2.3 Kohlenhydratladen .....	219

16 Anhang .....	223
16.1 Verwendete Abkürzungen .....	223
16.2 Formelsammlung.....	225
16.3 Weiterführende Literatur .....	226
16.4 Stichwortverzeichnis .....	229