

**DIE KRAFTENTWICKLUNG IN ABHÄNGIGKEIT
VON DER SATZZAHL
EINE SPORTMEDIZINISCHE ANALYSE BEI
ANFÄNGERN UND FORTGESCHRITTENEN**

Dissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades
der Philosophischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität
zu Kiel

vorgelegt von

Mario Kraus

Kiel

2006

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Rieckert

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Weisser

Tag der mündlichen Prüfung: 31.05.06

Durch den zweiten Prodekan, Prof. Dr. Nübler

zum Druck genehmigt am: 13.06.06

Vorwort

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. Rieckert für die Vergabe des für die Sportwissenschaft hoch interessanten Themas sowie Herrn Dr. Sievers für die Hilfestellung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Ebenfalls geht mein Dank an die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der Abteilung Sportmedizin des Instituts für Sport und Sportwissenschaften unter der Leitung von Prof. Dr. Weisser, die mir die wissenschaftlichen Untersuchungen am Institut ermöglichten.

Selbstverständlich sei an dieser Stelle auch allen Probanden gedankt, die ein Teil ihrer Freizeit für die Realisierung dieser Arbeit zur Verfügung gestellt haben.

Ein besonders großer Dank gilt meiner Ehefrau Susanne sowie meinen beiden Söhnen Philip und Vincent, die mir die nötige Unterstützung und Motivation gaben, die folgende Arbeit nach einer längeren Krankheit fertig zu stellen.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	I
INHALTSVERZEICHNIS	II
VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN	VI
VERZEICHNIS DER TABELLEN	IX
VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN	XVIII
1. EINLEITUNG	1
2. THEORIE DES KRAFTTRAININGS	5
2.1 Die Kraft als Komponente der konditionellen Fähigkeiten	7
2.1.1 Die Kraft als Fähigkeit des neuromuskulären Funktionssystems	8
2.2 Die Kraft als motorische Eigenschaft und als physikalische Größe	9
2.2.1 Die Kraft als motorische Eigenschaft	9
2.2.2 Die Kontraktionsformen bei statischer und dynami- scher Arbeitsweise	10
2.2.2.1 Konzentrischer und exzentrischer Arbeits- charakter	12
2.2.3 Die Kraft als physikalische Größe	13
2.2.3.1 Die Maximalkraft	16
2.2.3.2 Die Schnellkraft / Explosivkraft	18
2.2.3.3 Die Reaktivkraft	21
2.2.3.4 Die Startkraft	24
2.2.3.5 Die Kraftausdauer	24
2.3 Leistungsbestimmende Faktoren für das Kraftverhalten	26
2.3.1 Extrinsische Faktoren und die Bedeutung des Widerstandes	26
2.3.1.1 Die Widerstandsart als Einfluß auf die Kraft- entwicklung	28

2.3.1.2	Die Zeit als Einfluß auf das Kraftverhalten	30
2.3.1.3	Das Kraft – Geschwindigkeitsverhältnis	31
2.3.1.4	Die Tagesperiodik	33
2.3.1.5	Die Jahreszeit	34
2.3.1.6	Die Ernährung	35
2.3.2	Die intrinsischen Faktoren der Kraft	37
2.3.2.1	Aufbau der Skelettmuskulatur	37
2.3.2.1.1	Agonist und Antagonist	39
2.3.2.1.2	Der Kontraktionsvorgang der Skelettmuskulatur	40
2.3.2.1.3	Muskelfaserquerschnitt, Muskel- hypertrophie und -hyperplasie	41
2.3.2.1.4	Die Muskelfasertypen	44
2.3.2.1.5	Das Muskelvolumen	46
2.3.2.1.6	Die Muskelstruktur	46
2.3.2.1.7	Energiebereitstellung im Kraft- training	46
2.3.2.1.8	Muskelfaserlänge und Gelenk- stellung	49
2.3.2.1.9	Die Muskelfaserzahl	50
2.3.2.2	Das neuromuskuläre Funktionssystem	51
2.3.2.2.1	Die intramuskuläre Koordination	54
2.3.2.2.2	Die intermuskuläre Koordination	56
2.3.2.2.3	Die zeitliche Abfolge der Adap- tionen	57
2.3.3	Motivation	58
2.3.4	Kraft und Geschlecht	60
2.3.5	Kraft und Alter	61
2.4	Die Grundlagen des Trainings	62
2.4.1	Die Trainingsdefinition	62
2.4.1.1	Das Krafttraining	62
2.4.1.2	Anwendungsfelder von Krafttraining	63

2.5	Trainingsprinzipien	63
2.5.1	Das Prinzip der Superkompensation	64
2.5.2	Das Prinzip der optimalen Relation von Belastung und Erholung	66
2.5.3	Das Prinzip der progressiven Belastungs- steigerung	67
2.5.4	Das Prinzip der Belastungsvariation	68
2.5.5	Das Prinzip der Regelmäßigkeit des Trainings	69
2.5.6	Das Prinzip Individualisierung	70
2.6	Die Belastungsnormative im Krafttraining	70
2.6.1	Die Belastungsintensität	71
2.6.2	Die Belastungsdauer	72
2.6.3	Der Belastungsumfang, Trainingsumfang	73
2.6.4	Die Belastungsdichte	74
2.6.5	Die Trainingshäufigkeit	75
2.6.6	Die zeitliche Bewegungsausführung des Trainings	76
2.6.7	Zwei- und dreidimensionale Bewegungsausfüh- rungen	76
2.7	Ein-Satz- versus Mehr-Satz-Training	77
2.7.1	Die Datenbasis	80
2.7.2	Der Faktor Trainingsintensität	82
2.8	Die Forschungshypothesen	86
3.	METHODE	88
3.1	Versuchsplanung	88
3.2	Operationalisierte und statistische Hypothesen	89
3.3	Versuchspersonen	93
3.4	Versuchsinstruktionen, Material, Hilfsmittel, Geräte, Eichung	96
3.4.1	Versuchsinstruktionen	96
3.4.2	Verwendete Materialien	97
3.4.3	Verwendete Hilfsmittel	97

3.4.4	Verwendete Geräte und deren Eichung	98
3.4.5	Darstellung des Sportgerätes	101
3.5	Versuchsdurchführung	103
4.	ERGEBNISSE	114
4.1	Beschreibende Statistik	114
4.2	Schließende Statistik	128
5.	DISKUSSION	131
5.1	Diskussion der Ergebnisse	132
5.2	Kritik an der Methode	139
5.3	Schlussfolgerungen und Ausblick	143
6.	ZUSAMMENFASSUNG	145
	LITERATURVERZEICHNIS	148
Anhang A		167
Anhang B		176
Anhang C		178
Anhang D		182
Anhang E		183
Anhang F		213
Anhang G		217
Anhang H		225
Anhang I		262
Anhang J		263

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Anatomischer Verlauf (schematisch) des zwei- köpfigen Armmuskels (M.biceps brachii)	9
Abb. 2: Die isometrische Kontraktion	11
Abb. 3: Die auxotonische Kontraktion	11
Abb. 4: Die isotonische Kontraktion	12
Abb. 5: Struktur der Kraftfähigkeiten und –komponenten	15
Abb. 6: Impuls als Fläche unter der Kraft-Zeitkurve	19
Abb. 7: Drop-Jump und Countermovement-Jump	22
Abb. 8: Beziehungen zwischen der Maximalkraft bei Beinstreckung und der Körperposition	28
Abb. 9: Kraft – Geschwindigkeitsbeziehung	32
Abb. 10: Die tageszeitliche Veränderung der Leistungs- fähigkeit des Menschen	34
Abb. 11: Durchschnittliche wöchentliche Kraftzunahme in Abhängigkeit von der Jahreszeit	35
Abb. 12: Aufbau der Skelettmuskulatur	38
Abb. 13: Aktin und Myosinfilament	39
Abb. 14: Aufbau einer Myofibrille	39
Abb. 15: Die Energiebereitstellung beim Krafttraining	48
Abb. 16: Die Abhängigkeit der Kraft von den Gelenk- winkeln, dargestellt an der Armbeuge- bzw. Beinstreckkraft	49
Abb. 17: Beziehung zwischen Sarkomerlänge und aktiv entwickelbarer isometrischer Kraft	50
Abb. 18: Aufbau einer Nervenzelle (Neuron)	52
Abb. 19: Aufbau einer motorischen Einheit	54
Abb. 20: Mechanismus des Krafttrainings	58
Abb. 21: Schema der Leistungsbereiche	59
Abb. 22: Das Grundprinzip des Trainings (Modell der Superkompensation)	65

Abb. 23: Unterteilung der Trainingsformen anhand der Trainingsvolumina_____	80
Abb. 24: Organigramm der Verteilung der Versuchspersonen_____	95
Abb. 25: Die Winkelschablone_____	97
Abb. 26: Die Sprungplattform_____	101
Abb. 27: Die Hackenschmidt-Maschine der Firma Gym 80 mit Bewegungsausführung_____	102
Abb. 28: Kraft-Zeit-Registrierung eines Counter-Movement-Jumps_____	107
Abb. 29: Vergleich der Maximalkraftentwicklung des M. quadriceps femoris (beidseitig) zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz _____	114
Abb. 30: Vergleich der Maximalkraftentwicklung des Mm. ischiocrurales (beidseitig) zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz_____	115
Abb. 31: Vergleich der Absprungkraftentwicklung (gesamt) zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz_____	116
Abb. 32: Vergleich der Absprungkraftentwicklung (links bzw. rechts) zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz_____	117
Abb. 33: Vergleich der Veränderung der Trainingsgewichte zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz_____	118
Abb. 34: Vergleich der Veränderung der Trainingsgewichte vom 1. bis zum 12. Trainingstag zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz_____	119
Abb. 35: Zeitreihendarstellung der Trainingsgewichte vom 1. bis zum 12. Trainingstag der Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz_____	120

Abb. 36: Vergleich der Maximalkraftentwicklung des M. quadriceps femoris (beidseitig)_____	121
Abb. 37: Vergleich der Maximalkraftentwicklung des Mm. ischiocrurales beidseitig)_____	122
Abb. 38: Vergleich der Absprungkraftentwicklung (links)_____	123
Abb. 39: Vergleich der Absprungkraftentwicklung (rechts)_____	124
Abb. 40: Vergleich der Absprungkraftentwicklung (gesamt)_____	125
Abb. 41: Vergleich der Veränderung der Trainingsgewichte aller Gruppen vom 1. bis zum 12. Trainingstag_____	126
Abb. 42: Veränderung der Trainingsgewichte aller Gruppen zwischen dem 1. und 12. Trainingstag (Zeitreihe)_____	127
Abb. 43: Kniebeugen an der Hackenschmidt-Maschine_____	178
Abb. 44: Kniebeugen an der Hackenschmidt-Maschine_____	180
Abb. 45: Der Kraftmessstuhl in der Beinstreckerposition_____	262
Abb. 46: Der Kraftmessstuhl in der Beinbeugerposition_____	262
Abb. 47: Die Kraft – Zeitkurve einer isometrischen Kraft- messung_____	263

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1:	Slow-Twitch-Faser und Fast-Twitch-Faser im Vergleich_____	45
Tab. 2:	Kraftverhältnisse und Trainierbarkeit von Mann und Frau_____	61
Tab. 3:	Anthropometrische Mittelwerte der Anfänger- gruppe_____	95
Tab. 4:	Anthropometrische Mittelwerte der Fortge- schrittenengruppe_____	96
Tab. 5:	Vergleich der Absprungkraftverbesserung aller Untergruppen_____	134
Tab. 6:	Vergleich der Maximalkraftverbesserung aller Untergruppen_____	134
Tab. 7:	Trainingsprogramm Hackenschmidt-Maschine Gruppe A Ein-Satz-Training_____	176
Tab. 8:	Trainingsprogramm Hackenschmidt-Maschine Gruppe A Drei-Satz-Training_____	176
Tab. 9:	Trainingsprogramm Hackenschmidt-Maschine Gruppe F Ein-Satz-Training_____	177
Tab. 10:	Trainingsprogramm Hackenschmidt-Maschine Gruppe F Drei-Satz-Training_____	177
Tab. 11:	Anthropometrische Werte Gruppe A Ein-Satz_____	187
Tab. 12:	Anthropometrische Werte Gruppe A Drei-Satz_____	187
Tab. 13:	Anthropometrische Werte Gruppe F Ein-Satz_____	188
Tab. 14:	Anthropometrische Werte Gruppe F Drei-Satz_____	188
Tab. 15:	Rohwerte Frage 1 des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	189
Tab. 16:	Rohwerte Frage 1 des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	189
Tab. 17:	Rohwerte Frage 1 des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	190

Tab. 18:	Rohwerte Frage 1 des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	190
Tab. 19:	Rohwerte Fragen 2 – 5 des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	191
Tab. 20:	Rohwerte Fragen 2 – 5 des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	191
Tab. 21:	Rohwerte Fragen 2 – 5 des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	191
Tab. 22:	Rohwerte Fragen 2 – 5 des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	191
Tab. 23:	Rohwerte Frage 6 a des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	192
Tab. 24:	Rohwerte Frage 6 a des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	192
Tab. 25:	Rohwerte Frage 6 a des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	192
Tab. 26:	Rohwerte Frage 6 a des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	192
Tab. 27:	Rohwerte Frage 6 b des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	193
Tab. 28:	Rohwerte Frage 6 b des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	193
Tab. 29:	Rohwerte Frage 6 b des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	194
Tab. 30:	Rohwerte Frage 6 b des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	194
Tab. 31:	Rohwerte Frage 7 des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	195
Tab. 32:	Rohwerte Frage 7 des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	195
Tab. 33:	Rohwerte Frage 7 des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	196

Tab. 34:	Rohwerte Frage 7 des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	196
Tab. 35:	Rohwerte Frage 8 des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	197
Tab. 36:	Rohwerte Frage 8 des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	197
Tab. 37:	Rohwerte Frage 8 des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	198
Tab. 38:	Rohwerte Frage 8 des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	198
Tab. 39:	Rohwerte Frage 9 des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	199
Tab. 40:	Rohwerte Frage 9 des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	199
Tab. 41:	Rohwerte Frage 9 des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	200
Tab. 42:	Rohwerte Frage 9 des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	200
Tab. 43:	Rohwerte Fragen 9 a-c des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	201
Tab. 44:	Rohwerte Fragen 9 a-c des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	201
Tab. 45:	Rohwerte Fragen 9 a-c des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	201
Tab. 46:	Rohwerte Fragen 9 a-c des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	201
Tab. 47:	Rohwerte Frage 10 des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	202
Tab. 48:	Rohwerte Frage 10 des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	202
Tab. 49:	Rohwerte Frage 10 des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	203

Tab. 50:	Rohwerte Frage 10 des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	203
Tab. 51:	Rohwerte Frage 10 a des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	204
Tab. 52:	Rohwerte Frage 10 a des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	204
Tab. 53:	Rohwerte Frage 10 a des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	205
Tab. 54:	Rohwerte Frage 10 a des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	205
Tab. 55:	Rohwerte Fragen 10 b-d des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	206
Tab. 56:	Rohwerte Fragen 10 b-d des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	206
Tab. 57:	Rohwerte Fragen 10 b-d des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	206
Tab. 58:	Rohwerte Fragen 10 b-d des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	206
Tab. 59:	Rohwerte Frage 11 des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	207
Tab. 60:	Rohwerte Frage 11 des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	207
Tab. 61:	Rohwerte Frage 11 des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	207
Tab. 62:	Rohwerte Frage 11 des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	207
Tab. 63:	Rohwerte Fragen 11a-12 des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	208
Tab. 64:	Rohwerte Fragen 11a -12 des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	208
Tab. 65:	Rohwerte Fragen 11a-12 des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	208

Tab. 66:	Rohwerte Fragen 11a-12 des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	208
Tab. 67:	Rohwerte Fragen 13-13 b des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	209
Tab. 68:	Rohwerte Fragen 13-13 b des Fragebogens Gruppe A Drei- Satz_____	209
Tab. 69:	Rohwerte Fragen 13-13 b des Fragebogens Gruppe F Ein- Satz_____	210
Tab. 70:	Rohwerte Fragen 13-13 b des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	210
Tab. 71:	Rohwerte Fragen 14-14 b des Fragebogens Gruppe A Ein-Satz_____	211
Tab. 72:	Rohwerte Fragen 14-14 b des Fragebogens Gruppe A Drei-Satz_____	211
Tab. 73:	Rohwerte Fragen 14-14 b des Fragebogens Gruppe F Ein-Satz_____	212
Tab. 74:	Rohwerte Fragen 14-14 b des Fragebogens Gruppe F Drei-Satz_____	212
Tab. 75:	Dynamisch-konzentrisches Krafttraining Hackenschmidt-Maschine Gruppe A Ein-Satz_____	213
Tab. 76:	Dynamisch-konzentrisches Krafttraining Hackenschmidt-Maschine Gruppe A Drei-Satz_____	214
Tab. 77:	Dynamisch-konzentrisches Krafttraining Hackenschmidt-Maschine Gruppe F Ein-Satz_____	215
Tab. 78:	Dynamisch-konzentrisches Krafttraining Hackenschmidt-Maschine Gruppe F Drei-Satz_____	216
Tab. 79:	Kraftmessungen Gruppe A Ein-Satz_____	217
Tab. 80:	Kraftmessungen Gruppe A Drei-Satz_____	218
Tab. 81:	Kraftmessungen Gruppe F Ein-Satz_____	219
Tab. 82:	Kraftmessungen Gruppe F Drei-Satz_____	220
Tab. 83:	Differenzen zwischen Pre- und Post-Test in Newton Gruppe A Ein-Satz_____	221

Tab. 84:	Differenzen zwischen Pre- und Post-Test in Newton Gruppe A Drei-Satz_____	222
Tab. 85:	Differenzen zwischen Pre- und Post- Test in Newton Gruppe F Ein-Satz_____	223
Tab. 86:	Differenzen zwischen Pre- und Post- Test in Newton Gruppe F Drei-Satz_____	224
Tab. 87:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Anfänger_____	225
Tab. 88:	Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Anfänger_____	225
Tab. 89:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger_____	226
Tab. 90:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene_____	227
Tab. 91:	Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene_____	227
Tab. 92:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene_____	228
Tab. 93:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden_____	229
Tab. 94:	Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden_____	229
Tab. 95:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden_____	230
Tab. 96:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Ein-Satz-Training_____	231
Tab. 97:	Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Ein-Satz-Training_____	231
Tab. 98:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Ein-Satz-Training_____	232
Tab. 99:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Drei-Satz-Training_____	233

Tab. 100:	Korrelation bei gepaarten Stichproben: Drei-Satz-Training_____	233
Tab. 101:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Drei-Satz-Training_____	234
Tab. 102:	Gruppenstatistiken: Vergleich – Ein-Satz vs. Drei-Satz- Training_____	235
Tab. 103:	T-Test bei unabhängigen Stichproben: Vergleich – Ein-Satz vs. Drei-Satz-Training_____	235
Tab. 104:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden_____	236
Tab. 105:	Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden_____	237
Tab. 106:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden_____	238
Tab. 107:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Anfänger_____	239
Tab. 108:	Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Anfänger_____	240
Tab. 109:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger_____	241
Tab. 110:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene_____	242
Tab. 111:	Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene_____	243
Tab. 112:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene_____	244
Tab. 113:	Gruppenstatistiken: Vergleich – Ein-Satz vs. Drei-Satz-Training_____	245
Tab. 114:	T-Test bei unabhängigen Stichproben: Vergleich – Ein-Satz vs. Drei-Satz-Training_____	246
Tab. 115:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Gesamt- menge aller Probanden_____	247
Tab. 116:	Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden_____	247

Tab. 117:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger_____	248
Tab. 118:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Anfänger_____	249
Tab. 119:	Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Anfänger_____	249
Tab. 120:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger_____	250
Tab. 121:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene_____	251
Tab. 122:	Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene_____	251
Tab. 123:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene_____	252
Tab. 124:	Gruppenstatistiken: Vergleich – Ein-Satz vs. Drei-Satz-Training_____	253
Tab. 125:	T-Test bei unabhängigen Stichproben: Ver- gleich - Ein-Satz vs. Drei-Satz-Training_____	253
Tab. 126:	Gruppenstatistiken: Vergleich - Anfänger vs. Fortgeschrittene im Drei-Satz-Training_____	254
Tab. 127:	T-Test bei unabhängigen Stichproben: Ver- gleich - Anfänger vs. Fortgeschrittene im Drei- Satz-Training_____	255
Tab. 128:	Gruppenstatistiken: Vergleich - Anfänger vs. Fortgeschrittene im Ein-Satz-Training_____	256
Tab. 129:	T-Test bei unabhängigen Stichproben: Ver- gleich - Anfänger vs. Fortgeschrittene im Ein-Satz-Training_____	257
Tab. 130:	Statistik für gepaarte Stichproben: Anfänger Ein-Satz_____	258
Tab. 131:	Korrelation für gepaarte Stichproben: Anfänger Ein-Satz_____	258

Tab. 132:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger Ein-Satz_____	258
Tab. 133:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Anfänger Drei-Satz_____	259
Tab. 134:	Korrelation bei gepaarten Stichproben: Anfänger Drei-Satz_____	259
Tab. 135:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger Drei-Satz_____	259
Tab. 136:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Ein-Satz_____	260
Tab. 137:	Korrelation bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Ein-Satz_____	260
Tab. 138:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Ein-Satz_____	260
Tab. 139:	Statistik bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Drei-Satz_____	261
Tab. 140:	Korrelation bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Drei-Satz_____	261
Tab. 141:	T-Test bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Drei-Satz_____	261

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

Ag:	Ausgangsgewicht
AKL:	Absprungkraft links
AKR:	Absprungkraft rechts
AKG:	Absprungkraft gesamt
aklpr:	Absprungkraft (links) - Pretest
akrpr:	Absprungkraft (rechts) - Pretest
akgpr:	Absprungkraft (gesamt) - Pretest
aklpo:	Absprungkraft (links) - Posttest
akrpo:	Absprungkraft (rechts) - Posttest
akgpo:	Absprungkraft (gesamt) - Posttest
akldif:	Absprungkraftveränderung links zwischen Pre- und Posttest
akrdif:	Absprungkraftveränderung rechts zwischen Pre- und Posttest
akgdif:	Absprungkraftveränderung gesamt zwischen Pre- und Posttest
hosdif:	Maximalkraftveränderung hinterer Oberschenkel zwischen Pre- und Posttest
hospr:	Hinterer Oberschenkel - Pretest
hospo:	Hinterer Oberschenkel – Posttest
tgdif:	Differenz der Trainingsgewichte zwischen 1. und 12 Trainingstag
trgr:	Trainingsgruppe
t1:	Trainingsgewicht - 1. Tag
t2:	Trainingsgewicht - 2. Tag
t3:	Trainingsgewicht - 3. Tag
t4:	Trainingsgewicht - 4. Tag

t5:	Trainingsgewicht - 5. Tag
t6:	Trainingsgewicht - 6. Tag
t7:	Trainingsgewicht - 7. Tag
t8:	Trainingsgewicht - 8. Tag
t9:	Trainingsgewicht - 9. Tag
t10:	Trainingsgewicht - 10.Tag
t11:	Trainingsgewicht - 11.Tag
t12:	Trainingsgewicht - 12.Tag
vosdif:	Maximalkraftveränderung vorderer Oberschenkel zwischen Pre- und Posttest
vospo:	Vorderer Oberschenkel - Posttest
vospr:	Vorderer Oberschenkel – Pretest
leistung:	Leistungsstand
sätze:	Satzzahl im Training

Erläuterungen zu den in den Rohwerttabellen zum Fragebogen verwendeten Abkürzungen befinden sich in Anhang E.

1. EINLEITUNG

Die Industrialisierung und Automatisierung durch die Entwicklung immer neuerer und besserer Technologien und Maschinen hat nicht nur Vorteile für die berufstätige Bevölkerung. Zum einen wird mit Hilfe hoch technisierter Werkzeuge und Maschinen eine Entlastung im physischen Bereich der Arbeitnehmer erzielt, zum anderen kann dies zu massiven einseitigen Belastungen führen, was muskuläre Dysbalancen zur Folge haben kann. Darüber hinaus trägt die generelle Unterbeanspruchung der Muskulatur zum Abbau von Muskelmasse und Muskelkraft bei. Die Folge sind verstärkt auftretende Beschwerden und Erkrankungen im Bereich des Muskel-Skelett-Systems (vgl. Spring, Illi, Kunz, Röthli, Schneider et al., 1992; Ehlenz, Grosser & Zintl, 1995; Siewers, 2000; Hohmann, Lames & Letzelter, 2003; Weineck, 2004).

Längst verfügt der Mensch über Mittel und Wege dagegen anzugehen. Hat man noch vor 15 - 20 Jahren Leute belächelt, die in Fitness-Centern trainierten, kann heute davon keine Rede mehr sein. Fitnessstraining in kommerziellen Sportstudios ist mittlerweile salonfähig geworden (vgl. Hennings, 2002). Die Menschen scheinen inzwischen erkannt zu haben, dass ein Ausgleich zu der heutzutage meist weniger körperlich beanspruchenden beruflichen Tätigkeit vorhanden sein muss. Die Prävention von Erkrankungen durch Muskelkrafttraining mit freien Gewichten oder Maschinen, aber auch Herz-Kreislauf-Training an Ausdauergeräten im Fitness-Center, bietet eine Gelegenheit, die eigene Gesundheit und damit verbunden die Arbeitskraft langfristig zu erhalten (vgl. Atha, 1981; Fleck & Kraemer, 1997; American College of Sport Medicine, 1998; Feigenbaum & Pollock, 1999). Uneinigkeit herrscht nach wie vor darüber, welche Trainingsmethoden für das Erreichen bestimmter Trainingsziele wie z.B. Muskelaufbau oder Kraftzuwachs am effektivsten sind.

Während eigener, über 15 Jahre ausgeübter Trainertätigkeit in Fitness-Studios machte ich die Erfahrung, dass unter Sportlern, Trainern und Fitness-Studiobetreibern die Diskussion über bestimmte Trainingsmethoden anhält. Zum Beispiel gehen die Meinungen darüber weit auseinander, ob man mit einem oder mit mehreren Serien (Sätzen) trainieren muss, um eine maximale Kraft bzw. einen optimalen Muskelaufbau zu erzielen. So haben sich mittlerweile zwei Lager unter Betreibern von Fitness-Studios, Trainern und Sportlern gebildet. Die einen bevorzugen und praktizieren das Ein-Satz-Prinzip, die anderen sind Verfechter eines Mehr-Satz-Prinzips (vgl. Kieser, 2003; Boeckh-Behrens & Buskies, 2005). Dies führt in nicht geringem Umfang zu einer Verunsicherung der nach körperlichem Ausgleich und effektiver Lebensbewältigung strebenden Bevölkerung, die möglichst optimal den Beschwerden und Erkrankungen vorbeugen möchte.

Wer aufgrund dessen eine Fachzeitschrift oder eines der einschlägigen Bücher zu Rate zieht, stellt schnell fest, dass auch dort widersprüchlich und teilweise konträr Empfehlungen für ein effektives Krafttraining gegeben werden (vgl. Hennings, 2002; Gießing, 2004). So reichen die Empfehlungen von ein bis zwei Trainingseinheiten pro Woche bis hin zu zwei Trainingseinheiten pro Tag. Meinungsverschiedenheiten zwischen den Autoren (Sportwissenschaftler, Sportmediziner etc.) gibt es sowohl national als auch international vor allem bei der optimalen Wiederholungs- und Satzzahl (vgl. Philipp, 1999 a; Philipp, 1999 b; Schlumberger & Schmidtbleicher, 1999; Schlumberger, Stec & Schmidtbleicher, 2001; Kieser, 2003; Gießing, 2004; Wolfe, LeMura & Cole, 2004; Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Dementsprechend wurde ich als Trainer mit dieser Problematik konfrontiert. So trat häufig vor allem bei den Sporttreibenden, die gerade das Fitness-Center gewechselt und zuvor nach einer anderen Me-

thode trainiert hatten, die Frage auf, ob die Muskelkraft eben mit der alten oder einer anderen neuen Methode besser gesteigert werden kann. Aus Zeitersparnis beim Training wurde auch nach der möglichst geringsten Satzzahl gefragt. Wie ich bei meinen eigenen, dadurch ausgelösten Recherchen feststellen musste, erzielten verschiedene bisher durchgeführte Untersuchungen zur Frage der optimalen Satzzahl unterschiedliche, z. T. auch gegensätzliche Ergebnisse, so dass es bislang keine eindeutige wissenschaftliche Aussage zur Effektivität von Ein-Satz- und Mehr-Satz-Training gibt (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Mit der vorliegenden Arbeit soll versucht werden, mit Hilfe einer 6 Wochen andauernden Trainingsphase eine wissenschaftlich fundierte Aussage zur optimalen Satzzahl für eine bestmögliche Kraftentwicklung zu geben. Entsprechend der speziellen Thematik der Studie werden in dieser Arbeit die wichtigsten Aspekte der theoretischen Grundlagen zum Training bzw. Krafttraining sehr detailliert dargestellt, andere, weniger wichtige, der Vollständigkeit halber nur kurz mit weiterführenden Literaturhinweisen erwähnt. Beachtung findet dabei besonders die Unterscheidung zwischen Anfängern und Fortgeschrittenen, weil vermutet wird, dass es insbesondere beim Vergleich dieser beiden Gruppen Abweichungen in Bezug auf die optimale Satzzahl für eine bestmögliche Kraftentwicklung gibt (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Es wird davon ausgegangen, dass durch eine größtmögliche Homogenität der Versuchspersonen, eine hinreichende Menge an Teilnehmern sowie eine überaus vielfältige Datenaufnahme ein wissenschaftlich verwendbares Ergebnis erzielt werden kann. Der Zielsetzung und grundlegenden Orientierung entsprechend erfolgt der Aufbau der Arbeit in drei ineinander greifende und sich gegenseitig bedingende Abschnitte.

Im ersten Teil werden die theoretischen Grundlagen, die zur wissenschaftlichen Fundierung der vorliegenden Problematik dienen, dargestellt. Im anschließenden Methodenteil soll erläutert werden, mit welchen Abläufen und Mitteln bei der vorliegenden Untersuchung das Ziel dieser Arbeit, nämlich eine vorher entwickelte wissenschaftliche Hypothese beweisen zu können, erreicht wird. Im letzten Teil der Arbeit werden die statistischen Daten und Versuchsergebnisse ausgewertet und diskutiert. Darüber hinaus soll hier die eindeutige wissenschaftliche Aussage formuliert werden.

Folgende Fragen sollen im Zusammenhang mit der Erforschung der optimalen Satzzahl untersucht und beantwortet werden:

- Hat das für die Untersuchung ausgewählte Krafttraining einen messbaren Einfluss auf die Entwicklung der isometrischen Maximalkraft der im Training vorrangig beanspruchten Muskulatur und der verwendeten Trainingsgewichte?
- Hat das für die Untersuchung ausgewählte Krafttraining einen messbaren Einfluss auf die Entwicklung zusätzlicher Kraftkomponenten (Absprungkraft)?
- Hat die unterschiedliche Satzzahl (ein bzw. drei) entscheidende Auswirkungen auf die Kraftzuwächse der im Training beanspruchten Muskulatur, deren Antagonisten und zusätzlicher Kraftkomponenten?
- Welche Unterschiede in der Kraftentwicklung lassen sich zwischen Anfängern und Fortgeschrittenen feststellen?
- Wie wirkt sich das Krafttraining auf die in der Übung nicht vorrangig beanspruchten Muskeln aus, deren Belastung mit der Übung eigentlich nicht angestrebt wird?

2. THEORIE DES KRAFTTRAININGS

Für jede Bewegung braucht der Mensch Kraft, ob die Bewegungen lang oder kurz sind, ob sie gegen große oder geringe Widerstände ablaufen oder ob sie mit hohem Tempo oder langsam durchgeführt werden (vgl. Letzelter & Letzelter, 1993). Kraft ist demzufolge eine wichtige konditionelle Grundeigenschaft, die ein Mensch benötigt um leistungsfähig zu sein (vgl. Scheid & Prohl, 2004).

Bereits eine allgemeine Beschreibung des Begriffs Kraft verdeutlicht seine Komplexität. Zunächst soll das Phänomen der Kraft aus physikalischer Sicht beschrieben werden. Dabei handelt es sich um eine physikalische Erscheinung mit den Merkmalen eines Vektors; die Kraft als physikalische Größe stellt ein Maß für die mechanischen Einwirkungen von einem Körper auf einen anderen dar. Die Wirkungsweisen von Kräften können dabei verformender und/oder dynamischer (beschleunigender) Natur sein und sind ursächlich für die Umsetzung jeglicher Form menschlicher Bewegung und Körperhaltung zu betrachten (vgl. Röthig, Becker, Carl, Kayser & Prohl, 1992). Kraft gilt damit als Ursache von Formveränderungen oder Bewegungsänderungen an Körpern (vgl. Stemper, 2003).

Die Einheit ist das Newton (vgl. Komi, 1994). Für die Berechnung der Kraft als physikalische Größe gilt Newtons zweites Bewegungsgesetz:

$$\mathbf{F(Kraft)} = \mathbf{m(Masse)} \times \mathbf{a(Beschleunigung)}$$

„Allerdings ist die physikalische Kraftdefinition unzureichend, um die konditionelle Fähigkeit „Kraft“ vollständig zu erfassen“ (Martin, Carl & Lehnertz, 1993, S. 102). Zumal der Begriff Kraft sowohl biomechanisch als auch trainingswissenschaftlich seine Anwendung findet. Die

Trainingslehre spricht erst dann von Kraft, genauer von Kraftfähigkeit, wenn im Unterschied zu den ebenfalls konditionell geprägten Fähigkeiten Ausdauer und Schnelligkeit, Bewegungsvollzüge mit Krafteinsätzen realisiert werden, die deutlich über dem durchschnittlichen Beanspruchungsbereich liegen (vgl. Bührle, 1985). Diese durchschnittliche Beanspruchung liegt nach Hettinger (1964) bei ca. 30% des jeweils realisierbaren Maximalkraftwertes.

Martin, Carl & Lehnertz (1993, S. 102) definieren daran orientiert die „Kraftfähigkeit als die konditionelle Basis für Muskelleistungen mit Krafteinsätzen, deren Werte über ca. 30% der jeweils individuell realisierbaren Maxima liegen“.

In der Sportwissenschaft gilt Kraftfähigkeit nach Hartmann & Tünne-
mann (1988) allgemein als eine energetische Leistungsvorausset-
zung von Sportlern, um Bewegungswiderstände durch Muskeltätig-
keit zu überwinden (dynamischer Aspekt) oder äußere Widerstände
zu halten bzw. ihnen entgegenzuwirken (statischer Aspekt). Es ergibt
sich somit ein Unterschied zum physikalischen Begriff der Kraft, da
hier die Kraft als physikalische Ursache von Bewegung angesehen
wird (vgl. Schnabel, 1994 a).

Die Formulierung einer präzisen Definition von Kraft, die sowohl ihre
physischen als auch psychischen Aspekte erfasst, bereitet im Ge-
gensatz zur rein physikalischen Bestimmung erhebliche Schwierig-
keiten, da die Arten der Kraft bzw. der Muskelarbeit außerordentlich
vielfältig sind und von einer großen Anzahl von Faktoren beeinflusst
werden (vgl. Weineck, 1997; Schnabel, Harre, Krug & Borde, 2003).
Eine weiterführende Differenzierung der Kraftfähigkeit ist deshalb nur
im Zusammenhang mit den nachfolgenden Einstufungen möglich.

2.1 Die Kraft als Komponente der konditionellen Fähigkeiten

Die konditionellen Fähigkeiten bestimmen maßgeblich die körperliche Leistungsfähigkeit (vgl. Kunz, Schneider, Spring, Tritschler & Unold Inauen, 1990). An dieser Stelle sollen in Anlehnung an die energetischen Komponenten der körperlichen Leistungsfähigkeit die konditionellen Fähigkeiten genannt werden. Die Kraftfähigkeit bildet neben solchen Parametern wie Ausdauer und Schnelligkeit den entscheidenden muskulären Antrieb für das Erlernen und Ausführen sportlicher Bewegung. Jede sportliche Leistung ist vom Niveau dieser Fähigkeiten abhängig (vgl. ebenda).

Die Betrachtung der einzelnen Fähigkeiten zeigt die Notwendigkeit ihrer Abgrenzung zueinander. Sie zeigt aber auch, dass Ausdauer, Schnelligkeit und Kraft nicht völlig voneinander trennbar sind, sondern sich in bestimmten Bereichen überschneiden bzw. bedingen. Deutlich wird dies bei der Definition der konditionellen Fähigkeiten.

Ausdauer ist die Fähigkeit, eine vorgegebene Belastung (z. B. Wiederholung von Bewegungshandlungen) ohne nennenswerte Ermüdungsanzeichen über einen möglichst langen Zeitraum aushalten zu können (vgl. Röthig, Becker, Carl, Kayser & Prohl, 1992). „Gleichfalls drückt sich die Ausdauer in der Fähigkeit aus, nach Belastungen schnell wieder erholt zu sein“ (Stemper 2003, S. 121).

Schnelligkeit ist die Fähigkeit, mit dem Körper oder mit einem Teil des Körpers eine Strecke oder einen äußeren Widerstand viel schneller als in normaler Bewegung zu bewältigen bzw. zu überwinden (vgl. Murray, 1990). Physiologische Voraussetzungen für die Schnelligkeit als motorische Eigenschaft ist ein hoher Anteil an „schnellen“ Muskelfasern (s. auch Kapitel 2.3.2.1.4).

Kraft ist - wie schon erwähnt - die konditionelle Fähigkeit zur Überwindung oder Entgegenwirkung von Bewegungswiderständen durch Muskeltätigkeit (vgl. Schnabel, 1994 a).

Sportliche Tätigkeiten bzw. Bewegungsausführungen wie Laufen, das Heben einer Last oder Sprünge lassen sich mit Hilfe von feststehenden sportwissenschaftlichen Definitionen voneinander unterscheiden. Die Einordnung bzw. Zuordnung in Kraft-, Schnelligkeits- oder Ausdauerfähigkeit führt zu einer weiteren Präzision der Begriffe. Das bedeutet z. B., dass das Heben einer Last bei mehr als 30 % des jeweils realisierbaren Maximums der Kraftfähigkeit zugeordnet werden kann (vgl. Martin, Carl & Lehnertz, 1993).

Um die sportliche Leistung, die - wie bereits erwähnt - von den konditionellen Fähigkeiten abhängig ist, zu dokumentieren, bedarf es noch weiterer Begriffe und Zusammenhänge.

2.1.1 Die Kraft als Fähigkeit des neuromuskulären Funktionssystems

Das Erbringen von Kraftleistungen erfordert auch biologische Voraussetzungen. Die Nerven (s. auch Kapitel 2.3.2.2) übertragen den Reiz, der eine muskuläre Tätigkeit auslöst. Bei diesem Reiz handelt es sich um ein elektrochemisches Signal, welches bei einer willkürlichen Bewegung vom Gehirn über das Rückenmark in die Muskulatur übertragen wird. Der Muskel antwortet auf ein solches Signal mit einer Muskelkontraktion (vgl. Scheid & Prohl, 2004).

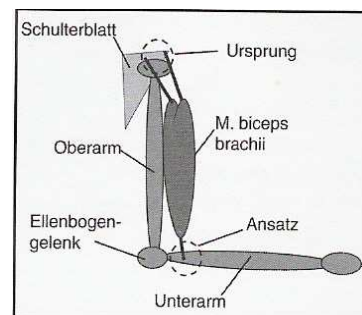
2.2 Die Kraft als motorische Eigenschaft und als physikalische Größe

Schmidtbleicher (1987) unterscheidet den Begriff der Kraft als motorische Eigenschaft bzw. Beanspruchungsform von der Kraft als physikalische Größe. Die erste Begriffseinordnung bezieht sich auf die unterschiedlichen Arbeitsweisen und Kontraktionsformen der Muskulatur. Die Zweite ist gekennzeichnet durch Kraftgrößen bzw. Erscheinungsformen der Kraft. Diese Erscheinungsformen der Kraft sind physikalische Phänomene, da sie sich in Maß- und Zeiteinheiten darstellen lassen. Beide Begriffe sind wichtige Aspekte für die Sportwissenschaft. Sie ergänzen sich und bauen aufeinander auf.

2.2.1 Die Kraft als motorische Eigenschaft

Jede Arbeitsweise der Muskulatur produziert Kraft (vgl. Kunz, Schneider, Spring, Tritschler & Unold Inauen, 1990; Komi 1994). Der Begriff muskuläre Arbeitsweise bezieht sich auf Bewegungen, die zwischen Ansatz und Ursprung der Muskulatur stattfinden. Ansatz und Ursprung bezeichnen die Punkte, an denen die einzelnen Muskeln über die Sehnen am Knochen fixiert sind. Als Ursprung wird das Ende definiert, welches näher an der Körpermitte liegt. Den Ansatz bildet folglich das gegenüberliegende Ende. Der zweiköpfige Oberarmmuskel (M. biceps brachii) beispielsweise hat seinen Ursprung an zwei unterschiedlichen Punkten am Schulterblatt und seinen Ansatz am Unterarmknochen (s. Abb. 1).

Abb. 1:
Anatomischer Verlauf (schematisch) des zweiköpfigen Armmuskels (M. biceps brachii), aus Scheid & Prohl, 2004, S. 88.



Bewegen sich Ansatz und Ursprung aufeinander zu, so spricht man von **dynamischer Arbeitsweise**. Bleiben sie im gleichen Abstand zueinander, obwohl der dazwischen liegende Muskel kontrahiert wird, ist die **Arbeitsweise statisch**. In beiden Fällen kommt es zur Kontraktion der Muskeln (vgl. Scheid & Prohl, 2004). Der statischen Arbeitsweise des Muskels liegt eine isometrische Kontraktion zugrunde, der dynamischen Arbeitsweise liegt eine isotonische, autotonische oder isokinetische Kontraktionsform zugrunde (vgl. Hartmann & Tünnemann, 1988).

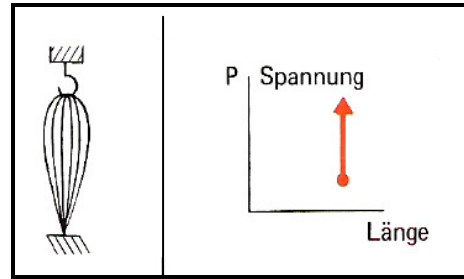
2.2.2 Die Kontraktionsformen bei statischer und dynamischer Arbeitsweise

Die statische Arbeitsweise hat wie bereits erwähnt eine **isometrische** Muskelkontraktion als Grundlage.

A: Die isometrische Kontraktion

Der Muskel ist an beiden Seiten (Ansatz und Ursprung) fest eingespannt. Bei der isometrischen Kontraktion tritt keine äußerlich messbare Längenänderung ein, sondern nur ein Anstieg der mechanischen Spannung (Beispiel: Kreuzhang an den Ringen, Stütz am Barren). Allerdings werden sich auch hier die kontraktilen Elemente im Muskel um einen geringen Betrag verkürzen und die elastischen Elemente zur Übertragung der Kraft auf das knöcherne Skelett gering dehnen. Anzumerken ist, dass bei isometrischer Kontraktion der Muskel durch die statische Belastung (Haltearbeit) schnell ermüdet.

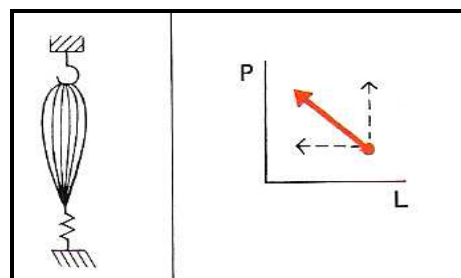
Abb. 2:
Die isometrische Kontraktion aus
De Marées, 1996, S. 39.



Die dynamische Arbeitsweise beruht im Normalfall auf einer **auxotonischen** Kontraktion des Muskels. Der Muskel kontrahiert aufgrund der sich ständig veränderten Gelenkwinkel und Geschwindigkeiten mit stets wachsender und abfallender Spannung. Durch fortgesetzte Zu- und Abschaltung motorischer Einheiten (s. auch Kapitel 2.3.2.2) kommt es zur Anpassung des Muskels an die sich immer wieder ändernden Kraftanforderungen. Allerdings ist auch jede dynamische Arbeitsweise ganz zu Beginn der Muskelbelastung isometrisch geprägt. Denn zunächst muss die Spannung des Muskels soweit erhöht werden, dass die Spannung größer als die des äußeren Widerstandes ist. Diese „isometrische Phase“ dauert allerdings nur wenige Millisekunden. Erst dann kann die dynamische Bewegung erfolgen.

B: Die auxotonische Kontraktion

Abb. 3:
Die auxotonische Kontraktion
aus De Marées, 1996, S. 39.

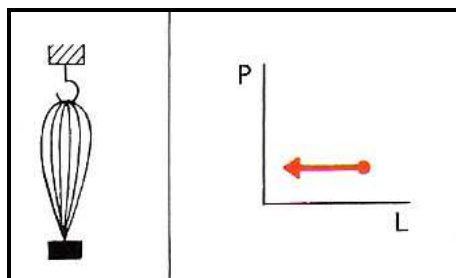


Nur in Ausnahmefällen stützt sich die dynamische Arbeitsweise auf die **isotonische** Kontraktion. Der Muskel ändert seine Länge jedoch nicht seine Spannung. Diese Art der Kontraktion kommt bei reinen sportlichen Bewegungsabläufen nicht vor, da es in den verschie-

denen Gelenkwinkeln immer zu einer Veränderung der Muskelspannung kommt, die sich in einer Kraftkurve darstellt.

C: Die isotonische Kontraktion

Abb. 4:
Die isotonische Kontraktion aus
De Marées, 1996, S. 39.



Eine Kontraktion erfolgt isokinetisch, wenn die äußeren Kräfte so hoch gehalten werden, dass das Nerv-Muskel-System in jeder Phase der Bewegung gegen angepasste hohe Widerstände mit gleichmäßig hoher Geschwindigkeit arbeiten kann. Diese gleichmäßige Geschwindigkeit ist fast nur mit computergesteuerten Geräten zu erzielen. Die apparativen Erfordernisse sind daher sehr kostenintensiv, so dass eine Anschaffung solcher Geräte in erster Linie im Rehabilitationsbereich zum Einsatz kommt. Hier hat sich das isokinetische Training bereits als besonders wirkungsvoll erwiesen. Besonders zu empfehlen ist die isokinetische Trainingsform im Schwimmen, einer Sportart mit geschwindigkeitskonstanten Bewegungen (vgl. Rieckert, 1991; De Marées, 1996; Horn, 1998; Stemper, 2003).

2.2.2.1 Konzentrischer und exzentrischer Arbeitscharakter

Sowohl während der statischen als auch während der dynamischen Arbeitsweise der Muskulatur können die anfallenden Kräfte konzentrischer (überwindendes Kraftverhalten) oder exzentrischer (nachgebendes Kraftverhalten) Natur sein. Ist die Arbeit mit der Verkürzung

der tätigen Muskeln verbunden oder wird eine Verkürzung angestrebt, dann spricht man vom **konzentrischen** Arbeitscharakter. Ist die Arbeit mit der Dehnung des verkürzten Muskels verbunden oder wird die Dehnung angestrebt, und das bei weiterhin bestehender Kontraktion (Anspannung) der Muskeln, dann wird von **exzentrischer** Arbeit gesprochen. Diese ist nicht mit der isolierten Dehnung *ohne* Muskelanspannung, welche häufig auch als „Stretching“ bezeichnet wird, zu verwechseln (vgl. Stemper, 2003).

Aus Sicht der Sportwissenschaft sind diese motorischen Eigenschaften der Kraft unverzichtbare Aspekte, zumal sie ganz wesentlich an den unterschiedlichen Bewegungsabläufen in den einzelnen Sportarten beteiligt sind. Kraft wird in fast allen Sportarten benötigt. So versuchen Sportler, immer abhängig von der jeweils betriebenen Sportart, Gegenstände anzuheben (Gewichtheben), zu beschleunigen (Speerwurf) oder den eigenen Körper in einer bewegungsgünstigen Haltung zu sichern bzw. zu halten (Skispringen, Turnen).

2.2.3 Die Kraft als physikalische Größe

Neben den unterschiedlichen Kontraktionsformen der Muskulatur werden verschiedene Erscheinungsformen der Kraft unterschieden. Diese Subkategorien werden unter dem Begriff „physikalische Größen der Kraft“ geführt, weil sie in Newton bzw. in Newton je Zeiteinheit messbar sind.

Beim derzeitigen Kenntnisstand der Sportwissenschaft ist die Einteilung der Erscheinungsformen der Kraft in **Maximalkraft**, **Schnellkraft**, und **Kraftausdauer** sinnvoll (vgl. Güllich & Schmidtbleicher, 2000). Diese Einteilung stammt aus der Sportpraxis von Toni Nett (1964) und hat sich bis heute bewährt (vgl. Stemper, 2003).

Bevor näher auf die Erscheinungsformen der Kraft als physikalische Größe eingegangen wird, ist auf folgende Zusammenhänge hinzuweisen: Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer können nicht gleichrangig nebeneinander gestellt werden (s. Abb. 5), da sowohl Schnellkraft als auch die Kraftausdauer in hohem Maße vom willkürlich aktivierbaren Kraftpotential – und somit von der Maximalkraft – abhängig sind (vgl. ebenda). Die Maximalkraft stellt demzufolge die reine Form der Kraftfähigkeit (**Grundkraft**) dar. Das bedeutet für das Training, dass eine Verbesserung der Maximalkraft in der Regel auch zu einer Verbesserung bzw. Beeinflussung von Schnellkraft- und Kraftausdauerleistungen führt (vgl. Frey & Hildebrandt, 2002). Innerhalb des Schnellkraft- und des Kraftausdauerhaltens kristallisieren sich wiederum als relativ eigenständige Dimension die Leistungen bei isometrischer (statischer) oder konzentrischer (überwindender) Arbeitsweise gegenüber denen bei exzentrischer-konzentrischer Arbeitsweise (innerhalb einer Kontraktion erst nachgebend, dann überwindend, Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus, DVZ) heraus (vgl. Schmidtbleicher & Gollhofer, 1982; Gollhofer, 1987; Frick, Schmidtbleicher & Wörns, 1991; Frick, 1993; Güllich, Schmidtbleicher, 2000).

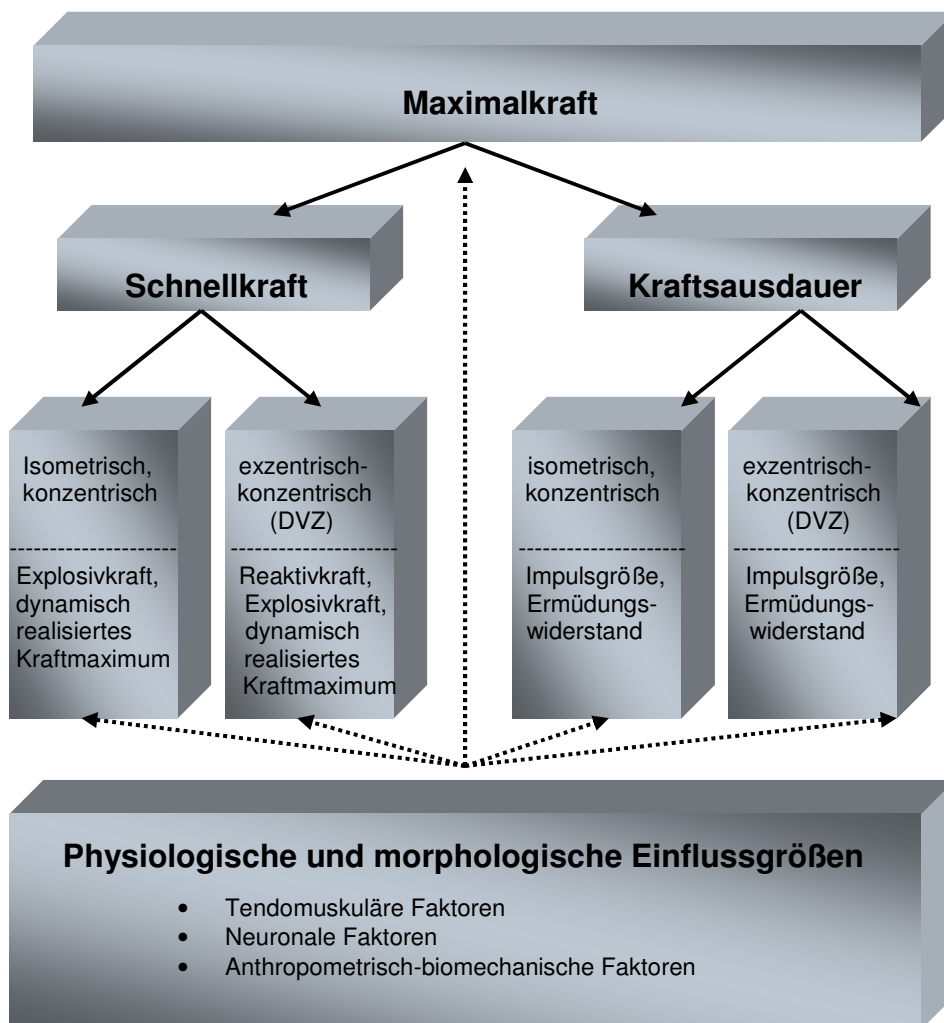


Abb. 5: Struktur der Kraftfähigkeiten und -komponenten (Güllich, Schmidtbleicher, 2000, S. 19)

Aus der Beziehung zwischen der Kraft als konditioneller Fähigkeit und den anderen konditionellen Fähigkeiten Schnelligkeit und Ausdauer ergeben sich die kombinierten Fähigkeiten wie z. B. Schnellkraft und Kraftausdauer.

Dabei kann die Schnellkraft generell der Kraftfähigkeit zugeordnet werden, weil bei sportlichen Disziplinen mit schneller Bewegungscharakteristik die Kraftfähigkeit leistungsbestimmend ist (vgl. Mahlo, 1992). Schwieriger ist die Zuordnung der Kraftausdauer; sie wird als konditionelle Basis für ausdauerorientierte Leistungen eher der Ausdauerfähigkeit zugeordnet (vgl. ebenda).

Folgend werden die Erscheinungsformen der Kraft genannt und so voneinander abgegrenzt. Beachtung finden dabei auch die Komponenten der Erscheinungsformen bzw. Subkategorien der Kraft (**Absolutkraft, Explosivkraft, Startkraft und Reaktivkraft**).

2.2.3.1 Die Maximalkraft

Die **Maximalkraft** stellt die höchstmögliche Kraft dar, die das Nerv-Muskelsystem bei maximaler willkürlicher Kontraktion auszuüben vermag (vgl. Weineck, 1997; Schnabel, Harre, Krug & Borde, 2003). Es kann jedoch stets nur ein Teil der Muskelfasern willkürlich aktiviert werden. Der Aktivierungsgrad von untrainierten Personen liegt bei ca. 70 %, und kann durch gezieltes Training auf rund 95% gesteigert werden (Schmidtbleicher, 1987; Frey & Hildebrandt, 2002).

Die Kraft, welche bei vollständiger 100%-iger Aktivierung, z.B. durch Elektrostimulation entwickelt werden kann, wird als **Absolutkraft** bezeichnet. Die Differenz aus den beiden Kräften Maximalkraft und Absolutkraft bildet die **autonom geschützte Reserve** (s. auch Abb. 21). Diese kann außer durch Elektrostimulation in Laborversuchen nur unwillkürlich während z.B. lebensbedrohlicher Situationen abgerufen werden (Beispiel: „Menschen stemmen in Kriegen für Verschütete unmögliche Lasten“).

„Die Maximalkraft wird ermittelt als höchste Last, die unter definierten Arbeitsbedingungen einmal gehoben werden kann (**1er Maximum**)“ (Stemper, 2003, S.81). Sowohl bei isometrischer als auch bei dynamisch konzentrischer und dynamisch exzentrischer Muskelkontraktion kommt die Maximalkraft zum Ausdruck (vgl. Schnabel, 1994 b; Hohmann, Lames & Letzelter, 2003). Bei einer fähigkeitsbezogenen Unterteilung scheint diese Gliederung jedoch nicht mehr sinnvoll zu

sein, da die Entfaltung der Maximalkraft immer isometrische und isotonische Anteile enthält und zwar in der Form, dass bei Kraftentfaltung die Kontraktion solange isometrisch bleibt, bis die vorhandenen muskulären Kräfte der Last entsprechen. In dem Moment, in welchem durch Kraftentfaltung die zu bewältigende Last überschritten wird (ab jetzt bewegt sich das Gewicht) spricht man von isotonischer Kontraktion (s. Kapitel 2.2.2.1). Der beschleunigungswirksame (dynamisch konzentrische) Anteil der Kraftentfaltung wird im Übrigen umso geringer, je näher die Last an der Maximalkraft liegt. Theoretisch liefere dieser Prozess bei stufenloser Steigerung der Last so lange bis die Beschleunigung bei Null liegt, so dass sich dann folgend die isotonische Kraft mit der isometrischen deckt. Dies erklärt die starke Abhängigkeit von dynamisch-konzentrischer (isotonischer) und statischer (isometrischer) Kraft, die hoch miteinander korrelieren ($r > 0,85$; Leistungssportler $r \geq 0,90$). Demzufolge wäre eine Trennung konzentrischer und isometrischer Maximalkraft weder sinnvoll noch zulässig (vgl. De Marées, 1996; Stemper, 2003).

Eine besondere Betrachtung muss der exzentrischen Maximalkraft zukommen. Bei der exzentrischen Maximalkraft können Gewichte, die konzentrisch-dynamisch nicht mehr überwunden („gestemmt“ bzw. „gezogen“) werden können, dennoch kontrolliert abgebremst werden. Dafür würde die isometrische Kraft allein nicht mehr ausreichen. An der Besonderheit der Arbeitsweise der Muskulatur (während der exzentrischen Belastung) liegt es, dass die hohen Lasten dennoch exzentrisch kontrolliert werden können. Bei exzentrischer Arbeitsweise addieren sich zum willkürlich erreichbaren Kraftwert passive Elastizitätskräfte und eine durch die Dehnung der jeweiligen Muskeln ausgelöste zusätzliche reflektorische Aktivierung von Muskelfasern durch den Dehnungsreflex (vgl. ebenda). Dadurch ist es möglich, dass bei exzentrischen Muskelaktionen Kraftwerte erreicht werden, die bei Sportlern ohne spezielles Krafttraining im Bereich der

Armstrecker um 25 bis 40 %, für die Beinstrecker um 10 bis 25% über den isometrisch ermittelten Höchstwerten liegen. Bei allen bisher untersuchten Gruppen lag der Zusammenhang zwischen den exzentrischen und isometrischen Leistungen im Mittel bei $r > 0,85$, so dass es auch für die exzentrische Maximalkraft nicht gerechtfertigt wäre, von einer eigenständigen Fähigkeit zu sprechen. Abschließend ist festzustellen, dass Kraftwerte, die während maximaler willkürlicher Kontraktionen unter konzentrischen, isometrischen oder exzentrischen Situationen ermittelt werden, jeweils ein und derselben Dimension, der Maximalkraft, zuzuordnen sind (vgl. Siewers, 2000).

Die Maximalkraft bzw. Maximalkraftfähigkeit bildet in dieser Arbeit eine der gemessenen und untersuchten Größen. Sie ist abhängig von extrinsischen und intrinsischen Faktoren, die in den Kapiteln 2.3.1 und 2.3.2 näher erläutert werden.

2.2.3.2 Die Schnellkraft / Explosivkraft

„Schnellkraft ist diejenige Masse pro Zeiteinheit, die willkürlich innerhalb eines gezielten Bewegungsablaufes bewegt werden kann“ (Hollmann & Hettinger, 1980, S. 211). Somit ist Schnellkraft die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, innerhalb einer verfügbaren Zeit und auf einem vorgegebenen Weg einen möglichst hohen Kraftstoß (Impuls) zu entwickeln (vgl. Bührle, 1985; Güllich & Schmidtbleicher, 2000; Frey & Hildebrandt, 2002).

Sportpraktisch gesehen erklärt sich die Schnellkraft nach Weineck (1997) in der Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, den Körper, Teile des Körpers (z. B. Arme oder Beine) oder Gegenstände (z. B. Bälle, Kugeln, Speere) mit maximaler Geschwindigkeit zu bewegen. Schnellkraft definiert sich über den physikalischen Impuls (Kraftstoß). Der Impuls ergibt sich aus der Fläche unter der Kraft-Zeit-Kurve und

ist in Abb. 6 für die durchgezogene Kurve bis zum Zeitpunkt t_1 mittels einer hellgrauen Fläche gekennzeichnet. Die Flächengröße und damit die Höhe des Impulses ergeben sich aus der Steilheit des Kraftanstieges, dem Kraftmaximum und aus der Impulsdauer. Der Impuls bestimmt die Beschleunigung und die daraus resultierende Geschwindigkeit eines physikalischen Körpers (Sportgerät, Sportler). So bestimmt der Impuls z. B. beim Kugelstoßen, welcher durch die Ausstoßbewegung auf die Kugel übertragen wird, die Stärke der Kugelbeschleunigung und die Weite, die bei entsprechender Abflughöhe und entsprechendem Abflugwinkel erreicht wird. Würde die Kugel z. B. bei t_1 in der Abb. 6 die Hand des Sportlers verlassen, wirkt ein Impuls auf die Kugel welcher der hellgrauen Fläche unter der Kurve entspricht.

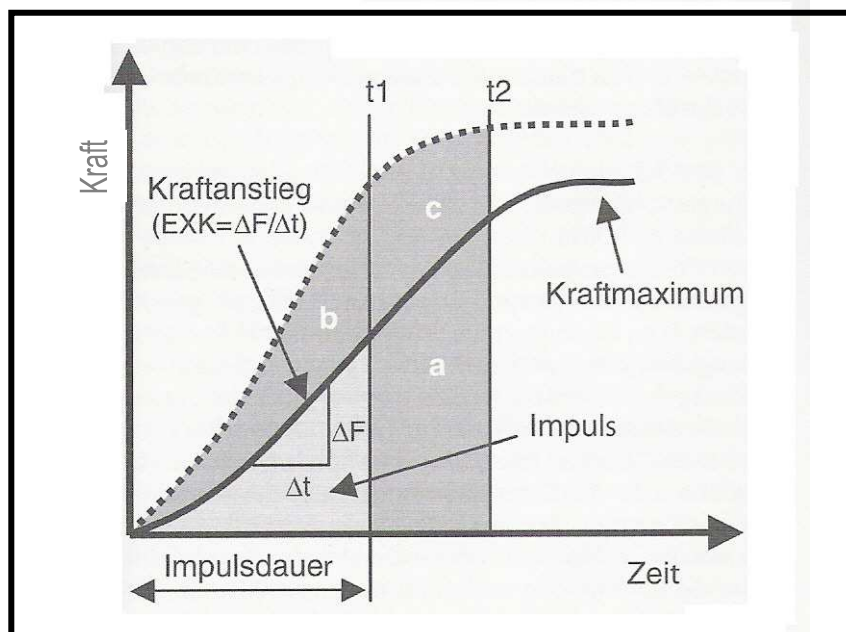


Abb. 6: Impuls als Fläche unter der Kraft-Zeitkurve (t_1 und t_2 sind Beispiele für unterschiedliche Stützzeiten; EXK- Explosivkraftwert). (Scheid & Prohl, 2004, S. 93)

Der Sportler hat nun die Möglichkeit auf drei verschiedenen Arten seinen Impuls und damit die Flugweite der Kugel zu erhöhen bzw. bzw. zu vergrößern:

- Verlässt die Kugel die Hand später (t_2 in Abb.6), weil der Sportler z. B. durch eine andere Technik den Beschleunigungsweg der Kugel erweitert (statt Standwurf die O'Brien-Technik), dann kommt es zur Verlängerung der Impulsdauer. Zu der hellgrauen Fläche in Abb. 6 addiert sich der Anteil a der dunkleren Fläche hinzu.
- Entfaltet der Sportler seine Kraft schneller, dann erzeugt er eine Kraftkurve mit einem steileren Anstieg. Zu der hellgrauen Fläche in der Abb. 6 addiert sich der Anteil b der dunkleren Fläche hinzu. Die Fähigkeit, einen möglichst steilen Kraftanstieg zu erzielen wird als **Explosivkraft** bezeichnet. Die Explosivkraft ergibt sich aus der Kraftzunahme pro Zeit in der Kraft-Zeit-Kurve ($\Delta F / \Delta t$ in Abb.6). Physiologisch gesehen handelt es sich dabei um die Fähigkeit zur schnellen Kontraktion, deren Voraussetzung die Synchronisation der motorischen Einheiten (s. Kapitel 2.3.2.2) ist. Der Sportler verbessert seine Explosivkraftfähigkeiten im Training durch spezielle Übungen (vgl. u. a. Stemper, 2003).
- Mit einer größeren Maximalkraft kann ein höheres Kraftmaximum erreicht werden, was bei gleicher Impulsdauer ebenso zu einer Vergrößerung der Fläche unter der Kurve und damit des Impulses führt (Fläche c in Abb.6).

Ist die Zeit kurz (t_1), dann wird der Kraftanstieg bzw. die Explosivkraft entscheidend für den Impuls, andernfalls (t_2), ist die Maximalkraft bzw. das Kraftmaximum entscheidender Parameter (vgl. Scheid & Prohl, 2004).

Zur Abschätzung des spezifischen Schnellkraftniveaus sind spezielle Sprungtests geeignet, wie z. B. der Jump-and-Reach-Test (vgl. Bös & Tittelbach, 2001). Die gemessene Sprunghöhe während des Testverfahrens ermöglicht Vergleiche zwischen einzelnen Personen in

Bezug auf die Ausprägung der Schnellkraft. So kann man davon ausgehen, dass die Person mit der größten Sprunghöhe auch die bessere Schnellkraft hat (interindividueller Vergleich). Es sind jedoch Unterschiede beim Körpergewicht der an der Messung beteiligten Personen zu berücksichtigen. Die Sprunghöhe muss auf das Körpergewicht relativiert werden.

Ein Maximalkrafttraining und auch das Schnellkrafttraining tragen zur Verbesserung des Niveaus der Schnellkraft bei. Diese Verbesserung wird durch eine größere Sprunghöhe nach einem gezielten Training z. B. der Beinstreckermuskulatur bewiesen (vgl. Hennings, 2002). Bei allen Sprungtests sollten zu Beginn der Messungen die Bewegungsabläufe geübt werden. So kann ausgeschlossen werden, dass Differenzen in der Sprunghöhe beim Pre- und Posttest durch unterschiedliche koordinative Bewegungen zustande kommen (vgl. Scheid & Prohl, 2004).

2.2.3.3 Die Reaktivkraft

In der sportlichen Praxis findet sich sehr häufig die Kombination einer exzentrischen mit einer nachfolgend konzentrischen Arbeitsweise. Diese Kombination wird als Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) bezeichnet, da die Muskulatur in der exzentrischen Phase auseinander gezogen bzw. gedehnt wird und sich in der unmittelbar darauf anschließenden konzentrischen Phase wieder zusammenzieht bzw. verkürzt. Ein Beispiel für einen DVZ ist ein einfacher Strecksprung aus dem Stand mit einer Ausholbewegung in Form einer Kniebeuge (Counter-Movement-Jump) oder ein Niedersprung von einer erhöhten Absprungfläche z.B. einem kleinen Kasten (Drop-Jump).

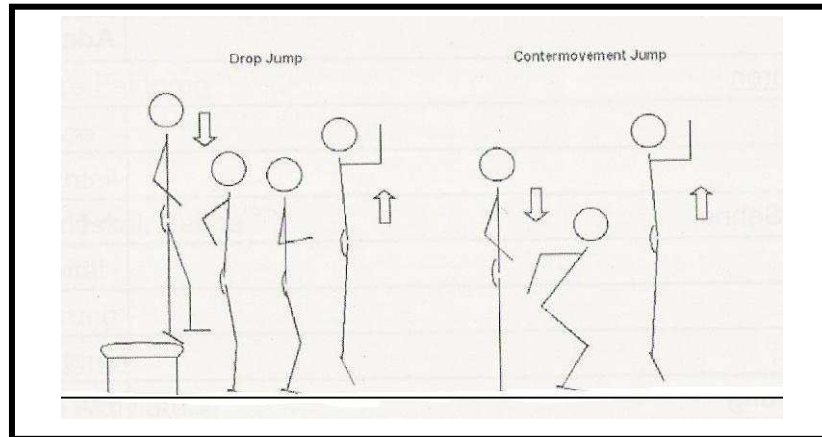


Abb. 7: Drop-Jump und Countermovement-Jump (Güllich & Schmidtbleicher, 2000, S. 51)

Beim DVZ ist zu unterscheiden zwischen eigeninitiierten, langsamen Dehnungen der Muskulatur und fremdinitiierten, schnellen Dehnungen, die durch eine äußere Kraftentwicklung zustande kommen. Ein Beispiel für eine eigeninitiierte langsame Dehnung ist der erwähnte Streck sprung aus dem Stand mit Ausholbewegung (Countermovement-Jump).

Ein Beispiel für eine fremdinitiierte schnelle Dehnung ist der Sprint in der Leichtathletik, bei dem u. a. die Wadenmuskulatur beim Aufsetzen des Fußes durch das Körpergewicht sehr schnell gedehnt wird und sich im Anschluss wieder verkürzt (vgl. Scheid & Prohl, 2004). Bei Sprüngen, denen eine schnelle Dehnung in der exzentrischen Phase vorausgeht, konnten in verschiedenen Untersuchungen deutlich höhere Sprungleistungen gegenüber rein konzentrischen Sprüngen gemessen werden (vgl. Gollhofer, 1987). Folglich kam man zu der Annahme, dass es neben der Maximalkraft und der Schnellkraft eine weitere Krafftähigkeit geben musste, die im DVZ wirksam wird – die **Reaktivkraft**. Wesentliches Merkmal des reaktiven Bewegungsverhaltens ist der leistungspotenzierende Effekt des DVZ im Vergleich zu einer rein konzentrisch ausgerichteten Bewegungsform. Als eine Ursache der Leistungspotenzierung sieht (Neubert, 1999) das elastische Verhalten des Muskels während und kurz nach der ex-

zentrischen Kontraktion. Sowohl das Bindegewebe (Sehnen, Muskelfaszien [Muskelhülle]) als auch die kontraktile Strukturen weisen elastische Grundeigenschaften auf. Kommt es zu einer äußeren Krafteinwirkung, dann verformen sie sich wie ein Gummiband reversibel und geben die in der Verformung gespeicherte Energie wieder ab. Diese Eigenschaft trägt die Bezeichnung „**Muskelstiffness**“. Man versteht darunter die Kraft, welche der Muskel einer von außen verursachten Längenänderung entgegensetzt (vgl. Neubert, 1999). Voraussetzung ist jedoch, dass der Muskel kontrahiert ist und möglichst viele Querbrücken geschlossen sind (s. Kapitel 2.3.2.1.2), damit sich diese wie ein Gummiband spannen können. Trifft die von außen einwirkende Kraft auf einen erschlafften Muskel, kann dieser der Kraft nicht entgegenwirken. Die Eiweißverbindungen Aktin und Myosin (s. auch Kapitel 2.3.2.1) werden durch die äußere Kraft auseinander gezogen, der Muskel wird länger. Dieser Sachverhalt gilt auch für die Sehnen, deren elastische Eigenschaften nur bei einer Muskelkontraktion zur Geltung kommen können. Die Querbrücken bleiben nur Sekundenbruchteile (30-120 msec) geschlossen, so dass nur bei schnellen DVZ's (< ca.200 msec) die **Reaktivkraft** zum Wirken kommt (vgl. Scheid & Prohl 2004). Ein Beispiel sind wie bereits erwähnt die Stützphasen im leichtathletischen Sprint.

Zu einer Verringerung dieses Effektes kommt es in dem Moment, wo der DVZ (> ca.200 msec) zu lang dauert. Beispiele für lange DVZ liegen beim Counter-Movement-Jump sowie bei starker Kniebeugung in den Sportsportarten Volleyball und Basketball vor. Die sportlichen Leistungen bei einem langen DVZ wird überwiegend durch das dynamisch realisierte Kraftmaximum und somit durch die **Maximalkraft** bestimmt (vgl. Siewers, 2000; Scheid & Prohl, 2004). Weineck (2004) hält den Counter-Movement-Jump als den Sprung, mit dem sich einfach und präzise die augenblicklichen Sprungkraftverhältnisse erfassen lassen. Angepasst an die These von Weineck (1997) soll in die-

ser Arbeit mit Hilfe des Counter-Movement-Jumps die dynamisch konzentrische Absprungkraft der Probanden gemessen werden.

2.2.3.4 Die Startkraft

Unter Startkraft versteht man die Fähigkeit, einen möglichst hohen Kraftanstiegsverlauf zu Beginn der muskulären Anspannung realisieren zu können (vgl. Weineck, 2004). Leistungsbestimmend ist die Startkraft bei Bewegungen, die eine hohe Anfangsgeschwindigkeit erfordern (Beispiel: Boxer und Fechter); sie basiert auf der Fähigkeit, zum Kontraktionsbeginn möglichst viele motorische Einheiten und damit eine hohe Anfangsgeschwindigkeit einsetzen zu können (vgl. ebenda). Nach Bührlé (1985) wird zur Bewertung der Startkraft die Kraftentwicklung während der ersten 0,03 sec. des Anstiegs der Kraft – Zeit – Kurve berücksichtigt.

2.2.3.5 Die Kraftausdauer

„Die Kraftausdauer ist die von der Maximalkraft abhängige Ermüdungswiderstandsfähigkeit gegen lang dauernde sich wiederholende Belastungen bei statischer oder dynamischer Muskelarbeitsweise“ (Ehlenz, Grosser, Zimmermann, 1991, S. 67).

Sie ist die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, eine möglichst hohe Impuls- bzw. Kraftstoßsumme in einer gegebenen Zeit gegen höhere Lasten zu produzieren (vgl. Güllich & Schmidtbleicher, 2000). Zur Unterscheidung des Kraftaspekts vom Ausdaueraspekt wird in der Regel als minimale Last 30% des 1er Maximums angegeben, wobei sich in der Trainingspraxis allerdings zeigt, dass für die angestrebten, vorwiegend anaeroben Anpassungen äußere Widerstände von über 50% erforderlich sind. Daraus resultierend muss die „gege-

bene Zeit“ für die Belastungsdauer innerhalb von rund 2 Minuten liegen, damit die Energiebereitstellung überwiegend anaerob erfolgt. Es wurde bereits in Abb. 5 darauf hingewiesen, dass die Maximalkraft als Basis für die Kraftausdauer anzusehen ist. Dies wird auch besonders in der Kraftausdauerdefinition von Güllich und Schmidtbleicher (2000) bedeutsam, die weniger die Ermüdungswiderstandsfähigkeit als die absolut realisierte Summe der Kraftstöße betont. Dieser Aspekt steht vor allem bei Kraftausdauerbelastungen mit hohen äußeren Widerständen nahe dem Maximalkraftniveau im Vordergrund. Vor allem die Maximalkraft bzw. die Explosivkraft bestimmen hierbei die Stärke der Einzelkraftstöße, weshalb die Kraftausdauer hier in erster Linie von der Maximalkraft abhängig ist (vgl. Stemper, 2003).

Die zweite Komponente der Kraftausdauer, die Fähigkeit, die Reduktion der Kraftstöße möglichst gering zu halten („Ermüdungswiderstand“), kommt dagegen eher bei längeren Belastungen mit geringeren Gewichten bzw. Lasten zum Tragen. Die Ermüdungskomponente wird bis zu 10 Sekunden hauptsächlich von der effektiven Übertragung des neuronalen Impulses begrenzt, oberhalb von 10 Sekunden entsteht die Verringerung des Leistungsvermögens durch die Endspeicherung der energiereichen Phosphate in der Muskelzelle (s. auch Kapitel 2.3.2.1.7) und die Übersäuerung (Laktatkonzentration).

Folglich setzt sich Kraftausdauer aus zwei Komponenten zusammen, aus der Größe der Einzelkraftstöße und aus der Fähigkeit, die Reduktion der Kraftstöße möglichst gering zu halten (vgl. Güllich & Schmidtbleicher, 2000). Sie ist eine komplexe motorische Fähigkeit, und stellt eine der leistungsbestimmenden konditionellen Voraussetzungen der meisten Sportarten dar (vgl. Thiess & Schnabel, 1986). Ein entscheidender Parameter ist die Kraftausdauer im Rudern, Ka-

nu und Ringen. Obwohl die Kraftausdauer, wie bereits erwähnt, eine kraftgeprägte Merkmalskomponente als Voraussetzung zur Lastbewältigung und eine muskelstoffwechselbezogene Komponente als Voraussetzung für die Lastbewältigungsdauer beinhaltet (vgl. Nicolaus, 1995), wird sie in der Sportwissenschaft eher der Ausdauerfähigkeit zugeordnet (vgl. Schnabel, 1994 d).

2.3 Leistungsbestimmende Faktoren für das Kraftverhalten

Nachdem die einzelnen Erscheinungsformen der Kraft als konditionelle Fähigkeit näher beschrieben wurden, soll nun gezeigt werden, dass die Entwicklung bzw. die Ausübung einer bestimmten Kraft von verschiedenen leistungsbestimmenden Faktoren abhängig ist. Im Folgenden soll erklärt werden, welche Faktoren die Erscheinungsformen der Kraft und daraus resultierend das Kraftverhalten bzw. die sportliche Leistungsfähigkeit beeinflussen. Diese Einflussgrößen können generell in **extrinsische** und **intrinsische Faktoren** unterteilt werden, auf die in den nächsten Kapiteln näher eingegangen werden soll.

2.3.1 Extrinsische Faktoren und die Bedeutung des Widerstandes

Wenn sich bei verschiedenen Versuchen alle Körperteile auf derselben oder einer sehr ähnlichen Bewegungsbahn bewegen, dann geht man davon aus, dass es sich um dieselben Bewegungen handelt, ungeachtet solcher Elemente wie Zeit und Geschwindigkeit (vgl. Zatsiorsky, 1996). Zatsiorsky weist mit dieser Feststellung darauf hin, dass das Kraftverhalten von verschiedenen Bedingungen abhängig

ist. Will man Bewegungen genau beschreiben, müssen auch die Elemente wie Zeit und Geschwindigkeit berücksichtigt werden, damit sie von ihrer Kinematik oder Kinetik her beschrieben werden können. Die extrinsischen Faktoren beschreiben die vorgefundenen äußeren Bedingungen, die einen leistungsbestimmenden Einfluss auf das jeweilige Kraftverhalten haben. So ist z. B. die Kraft, die ein Sportler auf einen Körper bzw. Gegenstand ausübt (z. B. freies Gewicht) nicht nur vom Sportler selbst, sondern auch noch von äußeren Faktoren abhängig (vgl. ebenda). Um die Bedeutung des äußeren Widerstandes auf das Kraftverhalten beurteilen zu können, soll hier als Beispiel der Vergleich zwischen dem Heben einer Hantel aus der Kniebeuge und einer Beinstreckung bei einer dynamischen Bewegung des Absprungs genannt werden. In diesem Vergleich wurden im ersten Fall die maximalen isometrischen Kraftwerte (F_m) bei unterschiedlichen Kniegelenkwinkeln gemessen (vgl. Zatsiorsky, 1996). Dabei konnte eine positive Korrelation zwischen der Kraft (F_m) und der Beinlänge (Entfernung Becken – Fuß) festgestellt werden. Mit der Streckung der Beine steigt die aufgebrauchte Kraft (vgl. ebenda). Bei Absprüngen sind die Verhältnisse genau umgekehrt. Die größte Kraft wird in diesem Fall in der tiefsten Position erreicht. Es ergibt sich eine negative Korrelation zwischen der Kraft (F_m) und der Beinlänge. Unter beiden experimentellen Bedingungen (Isometrie und Absprung) wurden dem Sportler maximale Krafteinsätze abverlangt. Dementsprechend änderten sich sowohl die Größe (F_m) als auch die Korrelation der Kraft hinsichtlich der Beinlänge (positiv oder negativ). Dieser Vergleich zeigt die Abhängigkeit der Kraft vom extrinsischen Faktor des Widerstandes zum einen als unüberwindbares Hindernis (Isometrie) und zum anderen als die eigene Körpermasse und deren Trägheit (s. Abb. 8).

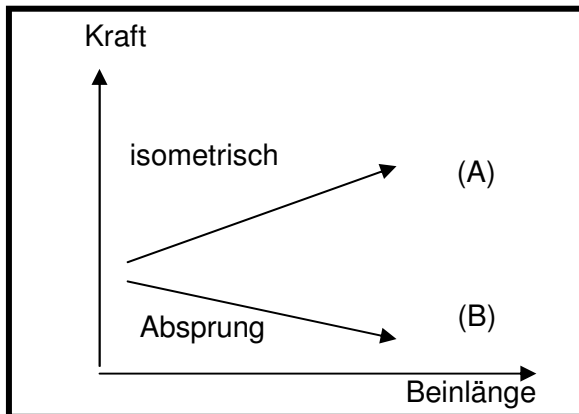


Abb. 8:
 Beziehungen zwischen der Maximalkraft bei Beinstreckung und der Körperposition („Beinlänge“).
 A: Test der Kraft unter isometrischen Bedingungen.
 B: Test der Kraft, die von den Beinen beim Absprung entwickelt wird (vgl. Zatsiorsky, 1996).

2.3.1.1 Die Widerstandsart als Einfluss auf die Kraftentwicklung

Zatsiorsky (1996) teilt alle Krafttrainingsübungen in Abhängigkeit von der Art des Widerstandes ein. Ein entscheidendes Kriterium ist dabei die Widerstandsart mit und ohne mechanische Rückkopplung. Sportliche Bewegungen sind gewöhnlich mit einer mechanischen Rückkopplung verbunden (vgl. ebenda). Das heißt, dass durch die vom Sportler eingeleitete Kraft, die Bewegung und der Widerstand verändert werden. Zum Beispiel ist bei einer Ruderbewegung im Wasser die Wasserwiderstandskraft proportional dem Quadrat der Bewegungsgeschwindigkeit. Durch einsetzende Muskelkraft wird eine höhere Geschwindigkeit des Ruders erreicht, die Folge ist die Zunahme des Wasserwiderstandes. Zur Überwindung dieses gestiegenen Widerstandes erhöht sich die Muskelkraft. Die Erhöhung des Wasserwiderstandes kann daher als eine Wirkung der aufgebrauchten Muskelkraft angesehen werden (mechanische Rückkopplung) (vgl. ebenda).

Ein weiteres Beispiel zeigt den Unterschied zur Muskelkraft ohne mechanische Rückkopplung. Dabei schiebt eine Person einen schweren, sich bereits in Bewegung befindlichen Lastwagen. Trotz

aller durch die Person aufgebrauchten Kräfte kommt es zu keiner Veränderung der Geschwindigkeit (keine mechanische Rückkopplung).

Im Sport fehlt nur bei isometrischen Übungen und bei der Arbeit an isokinetischen Systemen die mechanische Rückkopplung. Die Auswahl der richtigen Widerstandsart hat demzufolge auch im Hinblick auf spezifische Anforderungen von Krafttrainingsübungen eine große Bedeutung für das sportliche Training.

Beim Widerstand, der auf Elastizität beruht (z. B. Doyser-Band) hängt die Größe der Kraft vom Ausmaß der Ortsveränderung ab. Die Formel Zatsiorskys (1996, S. 44) hierfür lautet:

F (Kraft) = $K1D$ (K1 - Steifheitskoeffizient x D - Ortsveränderung bzw. Deformation)

Eine weitere Widerstandsart beruht auf Trägheit. Hier wird Newtons Gleichung $F = m \times a$ für die Berechnung verwendet. Die Kraft ist in dieser Widerstandsart proportional der Masse (m) (Trägheit) und der Beschleunigung (a) des Körpers. Verzichtet man auf die Dokumentation der Reibungswiderstände oder der Gravitationseinflüsse und wählt die Körpermasse als Bewegungsparameter, bestimmt allein die Kraft die Beschleunigung.

Im Bereich der Trainingspraxis wird die Beziehung zwischen Masse und Kraft am Beispiel des Kugelstoßens deutlich. So ist beim Kugelstoßen (Kugeln von 1 – 20 Kg werden im Training benutzt), die bei leichten Kugeln aufgebrauchte Kraft relativ gering und wird im hohen Maße von der Kugelmasse beeinflusst. Dem gegenüber wird die auf schwere Kugeln einwirkende Kraft nur von der Kraft des Sportlers bestimmt. Der Widerstand beruht in diesem Fall auf Gewicht (vgl. Zatsiorsky, 1996). Die Gleichung Zatsiorskys (1996, S. 45) dafür lautet:

$$F = W \text{ (Gewicht)} + m \times a$$

2.3.1.2 Die Zeit als Einfluss auf das Kraftverhalten

„Um bei einer bestimmten Bewegung die maximale Kraft zu entwickeln, wird Zeit benötigt“ (Zatsiorsky, 1996, S. 48). Die Zeitdauer bis ein Sportler sein Kraftmaximum erreicht hat, beträgt in der Regel 0,3 – 0,4 sec. (vgl. ebenda). Bei einigen Sportarten wird infolge einer geringeren Zeitdauer beim Ausführen der für die jeweilige Sportart benötigten Bewegung das Kraftmaximum nicht erreicht.

Als Beispiel dafür dienen die ermittelten Werte aus Untersuchungen bei Spitzensportlern im Bereich der Leichtathletik. Anhand von Abdruckphasen (Abdruck mit den Füßen) beim Sprint (0,08 – 0,10 sec.), im Weitsprung (0,11 – 0,12 sec.) oder auch bei Ausstoß- bzw. Abwurfphasen im Speerwerfen (0,16 – 0,18 sec.) bzw. im Kugelstoßen (0,15 – 0,18 sec.) wird deutlich, dass infolge dieser geringen Zeitdauer die maximal mögliche Kraft nicht erreicht werden kann.

Wenn sich der Widerstand verringert und sich als Folge die Bewegungszeit verkürzt, vergrößert sich das Explosivkraftdefizit (ESD). Das Explosivkraftdefizit stellt dabei die Differenz zwischen F_{mm} (dem höchsten Wert unter den Kraftmaxima innerhalb des getesteten Bereichs) und F_m (dem Kraftmaximum unter den gegebenen Bedingungen) dar.

Es gibt prozentual das Kraftpotential an, welches bei einem Bewegungsversuch nicht ausgenutzt worden ist. Die Formel der Berechnung lautet:

$$\text{ESD (\%)} = 100 (F_{mm} - F_m) / F_{mm}$$

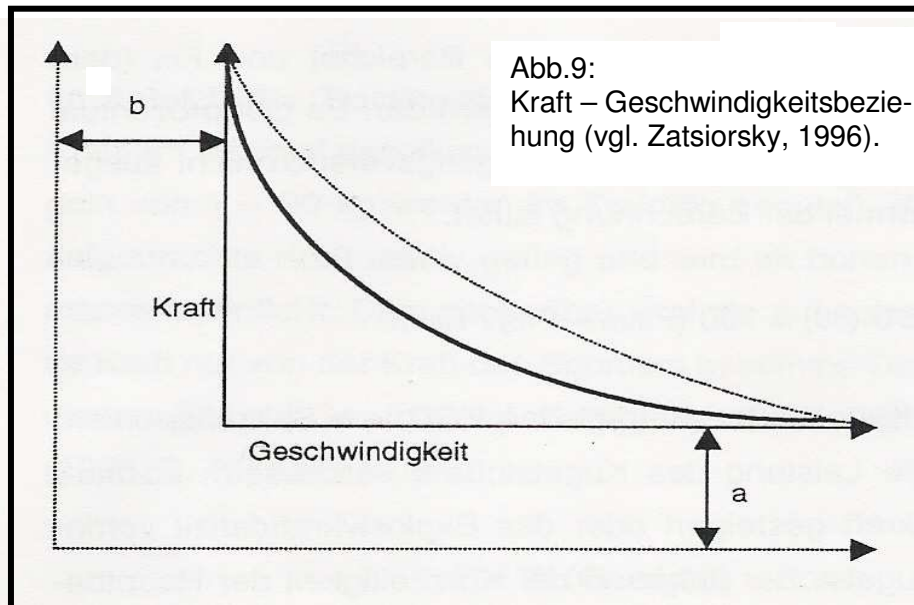
Bei Abwurfphasen im Kugelstoßen beträgt das ESD von Spitzensportlern ca. 50 %. Will man die Leistung des Kugelstoßers verbessern, so muss entweder die Maximalkraft gesteigert oder das Explosivkraftdefizit verringert werden. Da ein Kugelstoßer aufgrund der Kurzzeitigkeit der Hauptbeschleunigungsphase nicht genügend Zeit hat, um die gesamte Kraft in der Abwurfphase einzusetzen, kann trotz aller Anstrengungen im Maximalkrafttraining die Kugelstoßleistung stagnieren. Unter diesen Bedingungen ist die Explosivkraft der entscheidende kritische und leistungsbegrenzende Faktor (vgl. Zatsiorsky, 1996). Der Kugelstoßer muss dementsprechend sein Training gestalten, wenn er nicht auf einem Level stagnieren will (vgl. Stemper, 2003).

2.3.1.3 Das Kraft – Geschwindigkeitsverhältnis

Zwischen der Kraft und der Geschwindigkeit besteht eine parametrische Beziehung. Sobald die zu bewegende Last zunimmt, verringert sich die Bewegungsgeschwindigkeit. Dies wird deutlich beim Kugelstoßen. So ist eine leichte Kugel in ihrer Abfluggeschwindigkeit viel schneller als eine schwere Kugel. Die allgemein bekannte Kraft – Geschwindigkeitsbeziehung (s. Abb.9) kann mit einer hyperbolischen Gleichung beschrieben werden:

$$(F + a) (V + b) = (F_{mm} + a) b = c$$

F = Kraft; V = Geschwindigkeit; F_{mm} = maximale isometrische Kraft; a = Konstante (Dimension: Newton); b = Konstante (Dimension m/s); c = Konstante (Dimension: W).



Die Zeit, welche für die Kraftentwicklung benötigt wird, bildet einen weiteren Einfluss auf die hyperbolische Form der Kraft – Zeit – Kurve. So kann – wie schon im Kapitel 2.3.1.2 beschrieben worden ist – bei Sportarten mit schnellen Bewegungen die Zeit bis zum Erreichen des Kraftmaximums zu kurz sein. Beim Gewichtheben können keine großen Kräfte bei schnellen Bewegungen aufgebracht werden. Zum Beispiel kann eine zu schnelle Startbewegung (beim Heben einer Hantel) verhindern, dass der Gewichtheber in seiner vorteilhaftesten Körperhaltung (s. Kapitel 2.3.1) seine maximale Kraft aufbringt. Das Leistungsmaximum (höchste KW- bzw. PS-Zahl) ist bei einem Drittel der Maximalgeschwindigkeit festzustellen. Dabei ist die Leistung im einfachsten Fall das Produkt aus Kraft und Geschwindigkeit (vgl. Zatsiorsky, 1996).

In den vorangegangenen Kapiteln wurden als extrinsische Faktoren die Art des Widerstandes, die Höhe der Last, die zur Verfügung stehende Zeit zur Bewegungsausführung und die Bewegungsgeschwindigkeit genannt. Abschließend konnte festgestellt werden, dass zwischen der Kraft und der Geschwindigkeit eine parametrische Bezie-

hung besteht. Es wurde ersichtlich, dass die unterschiedlichen Bedingungen zur Kraftentwicklung auch unterschiedliche Auswirkungen auf die Kraftleistung haben. Einige extrinsische Faktoren wie z. B. , Jahreszeit und Ernährung, die in den vorangegangenen Kapiteln noch keine Berücksichtigung gefunden haben, sollen als nächstes näher ausgeführt werden, zumal auch sie einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Kraftentwicklung bzw. Leistungsfähigkeit eines Sportlers haben.

2.3.1.4 Die Tagesperiodik

Die Leistungsfähigkeit des Menschen wird im hohen Maße durch tageszeitliche Veränderungen geprägt (vgl. Hollmann & Hettinger, 2000). Sie ändert sich im Verlauf der Tagesrhythmuskurve und ist abhängig vom Verhalten sämtlicher Körperfunktionen (vgl. Weineck, 1997). Huesch (nach Hettinger, 1966, S. 87) fand heraus, dass innerhalb eines Tages Schwankungen von 5 % möglich sind. Das Kraftmaximum lag am Vormittag, das Minimum lag in der Nacht. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass durch allgemeine Trainingsgewohnheiten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit genommen werden kann (z. B. durch ständiges Training zu ganz bestimmten Tageszeiten). So kann ein kontinuierliches Training in den späten Abendstunden ebenfalls einen leistungssteigernden Effekt in Bezug auf eine optimale Kraftentwicklung erfüllen (vgl. Weineck, 2004). Nachfolgende Tabelle befasst sich mit dem Einfluss des Tagesrhythmus auf die Leistungsfähigkeit eines Menschen.

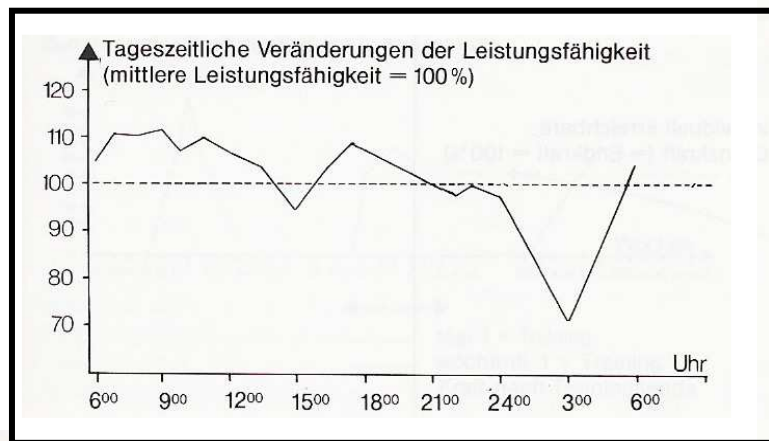
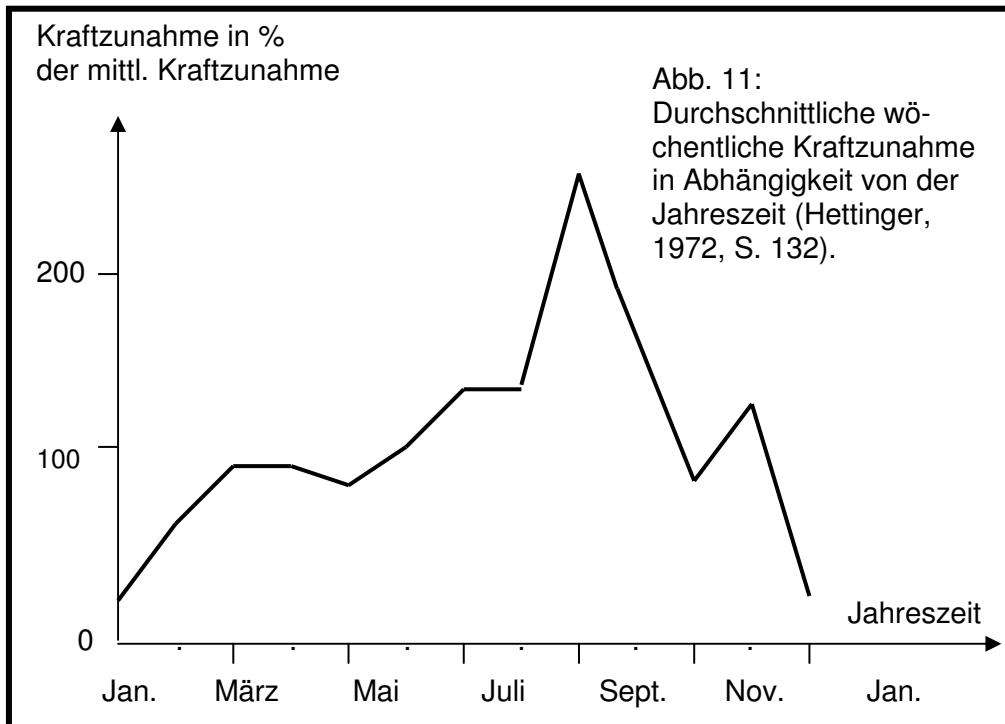


Abb. 10 : Die tageszeitliche Veränderung der Leistungsfähigkeit des Menschen (aus Weineck, 2004, S. 261; nach Graf in Hettinger 1966, S. 86).

2.3.1.5 Die Jahreszeit

Wie aus Abb.11 ersichtlich wird, zeigt die Kraftentwicklung im Laufe des Jahres recht erhebliche Unterschiede. Hettinger (1966) nennt als Ursache die UV-Strahlung, deren Maximum in den Monaten Juli bis August liegt. Der Kraftzuwachs liegt allerdings im September. Hettinger erklärt dieses Phänomen damit, dass die UV-Strahlung einen nachhinkenden Effekt zeigt.

Um auch in den Wintermonaten die Kraftentwicklung positiv zu beeinflussen, empfiehlt Hettinger (1966; Kusnecova, 1979) eine künstliche äußere UV-Bestrahlung bis zur Erythembildung (Hautrötung). Interessant dürfte in diesem Zusammenhang sein, dass bei erythemwirksamer UV-Dosis auch solche psychologischen Faktoren wie Mobilität, Aufmerksamkeit und optimistische Selbsteinschätzung eine Verbesserung erfahren. Faktoren, die nicht unwesentlich die sportliche Leistung und damit die Kraftentwicklung beeinflussen können (vgl. Greiter, Maderthaner, Bauer, Bachl, Prokop et al., 1980).



2.3.1.6 Die Ernährung

„Für den optimalen Kraftgewinn spielt die Ernährung eine wichtige Rolle“ (Weineck, 2004, S. 265). „Bei sportlichen Belastungen muss die Nährstoffzufuhr erhöht werden“ (Rieckert, 1991, S. 106).

Um den Kalorienbedarf, den ein Mensch benötigt, zu decken, stehen drei Substanzen zur Verfügung (vgl. ebenda):

1. Kohlenhydrate
2. Fette
3. Eiweiße

Man ging bis vor wenigen Jahren noch davon aus, dass bei Kraftsportlern vor allem ein erhöhter Eiweißzusatz in der täglichen Ernährung sinnvoll sei (vgl. Weineck, 2004). Empfohlen wurden etwa 3 g Eiweiß pro Kg Körpergewicht (vgl. ebenda). Bei Kraftsportlern sollte

der erhöhte Eiweißbedarf vor allem dem Aufbau von Strukturproteinen in der Muskulatur dienen(vgl. Rieckert, 1991).

Dieser These des erhöhten Eiweißbedarfs wird inzwischen von führenden Ernährungswissenschaftlern widersprochen. Man vertritt heute die Meinung, dass auch wesentlich geringere Mengen an Proteinen ausreichend seien, um den Eiweißbedarf bei Kraftsportlern zu decken. So liegt die notwendige tägliche Aufnahmemenge von Eiweiß beim Kraftsportler nur unwesentlich höher als beim Normalbürger. Empfohlen werden beim Normalbürger ca. 0,8 g pro Kg Körpergewicht. Beim Kraftsportler (wenn er den Kraftsport leistungsorientiert ausführt) liegen die Empfehlungen bei ca. 1,5 g pro Kg Körpergewicht (vgl. Geiß & Hamm, 2000; Konopka, 2001).

Auf die anderen Komponenten der Ernährung soll hier nicht näher eingegangen werden, da sich hierbei der Krafttraining betreibende Sportler nicht sehr von anderen Sportlern unterscheidet. Es soll jedoch darauf verwiesen werden, dass der Energiegehalt der aufgenommenen Nahrung immer im Gleichgewicht zum Verbrauch stehen sollte. Bei nicht ausreichender Versorgung mit Kohlehydraten würde ein länger anhaltendes Training nicht durchführbar sein (vgl. Hick, C., 1997). Für eine ausführliche Behandlung der Ernährung im Kraftsport sei auf folgende Bücher verwiesen: Rieckert, 1991; De Marées, 1996; Zatsiorsky, 1996; Hamm & Geiß, 2000; Konopka, 2001; Weineck, 2004.

Bei Betrachtung aller extrinsischen Einflüsse auf die Kraft wird ersichtlich, dass das Thema Kraft eine sehr komplexe Erscheinung darstellt, welches im Bereich des Sports nicht nur eine mechanische Bewegung beschreibt, sondern auch die damit verbundenen Einflüsse zu berücksichtigen hat.

2.3.2 Die intrinsischen Faktoren der Kraft

Als zweite Gruppe der Einflussgrößen auf die Kraft werden im Folgenden die intrinsischen Faktoren näher erläutert. Die intrinsischen Faktoren beschreiben die vorgefundenen inneren Bedingungen, die einen leistungsbestimmenden Einfluss auf das jeweilige Kraftverhalten haben.

Am Anfang erfolgt ein Exkurs in die Skelettmuskulatur und deren Kontraktionsvorgang. Diese Darstellung, die relativ grob gefasst wird, ist wichtig, um anschließend aufgeführte leistungsbestimmende Faktoren für die Kraftentfaltung besser verstehen und einordnen zu können.

2.3.2.1 Aufbau der Skelettmuskulatur

Die quergestreifte Skelettmuskulatur zählt zum aktiven Bewegungsapparat (vgl. Markworth, 1983; Röthig & Größing, 2003). Ein Muskel besteht aus einer Vielzahl von Muskelsträngen und setzt sich aus einer unterschiedlich großen Zahl von gleichgerichteten, durch Bindegewebe zu Faserbündeln zusammengefassten Muskelfasern (Muskelzellen) zusammen (vgl. ebenda). In den Fasern verlaufen die kontraktilen Fibrillen, welche aus unterschiedlich dicken Eiweißfäden bestehen (s. Abb.12).

Die Muskelfasern sind zylindrische Gebilde (vgl. Rieckert, 1991). Mit einer Länge von 0,1 – 15 cm und einem Durchmesser von 20 – 100 μm (vgl. De Marées, 1996). In der Muskelfaser findet man im Gegensatz zur Körperzelle nicht nur einen sondern mehrere Zellkerne, die am Rande der Zelle liegen. Bestandteile der Muskelfaser sind zahl-

reiche Myofibrillen und das Sarkoplasma (vgl. Kunz, Schneider, Spring, Tritschler & Unold Inauen, 1990; Stemper, 2003).

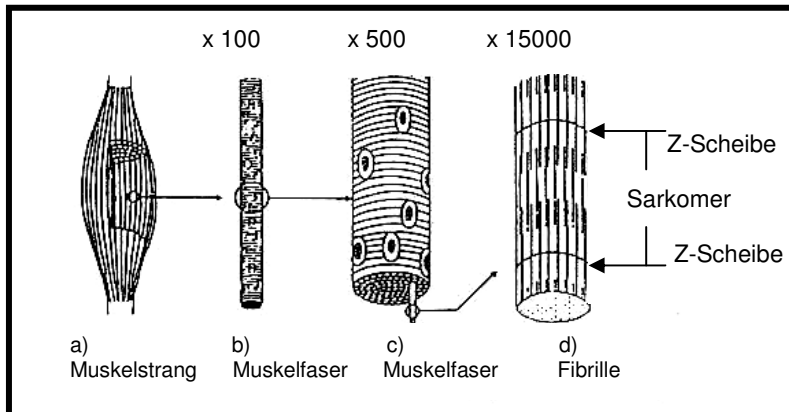
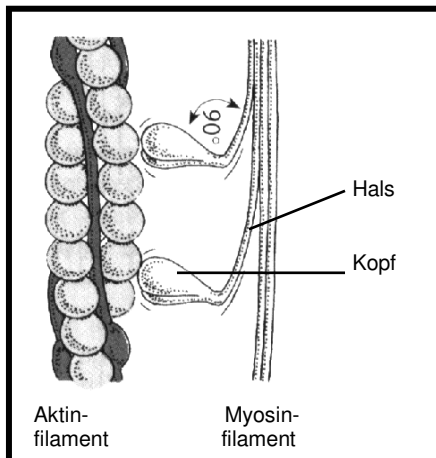


Abb. 12:
Aufbau der Skelettmuskulatur
(De Marées & Mester, 1991, S. 42).

Das Sarkoplasma besteht aus einer protein- und salzhaltigen Flüssigkeit (vgl. De Marées, 1996). Im Sarkoplasma befinden sich die Mitochondrien (Kraftwerke der Zelle), das sarkoplasmatische Retikulum, das Myoglobin und das Glykogen (Ausführliche Funktion bei De Marées, 1996; Hick, A., 1997; Ahonen, Lahtinen, Sandström & Pogliani, 2003; Röthig & Größing, 2003).

Die Myofibrillen (s. Abb. 14) sind in Längsrichtung der Muskelfaser parallel zueinander angeordnet (vgl. De Marées, 1996). Sie bestehen in erster Linie aus dem Eiweiß Aktomyosin und werden aus den kontraktilen Filamenten Myosin (dicke Eiweißverbindung) und dem Aktin (dünne Eiweißverbindung) gebildet (vgl. Weineck, 1997). Unter dem Mikroskop erscheinen die Myofibrillen quergestreift, da sowohl helle als auch dunkle Abschnitte benachbarter Myofibrillen auf gleicher Höhe nebeneinander liegen. Die dunklen Streifen bestehen aus Myosin und bilden den A-Abschnitt. Bestandteil der hellen Streifen ist das Aktin, welches den I-Abschnitt bildet.

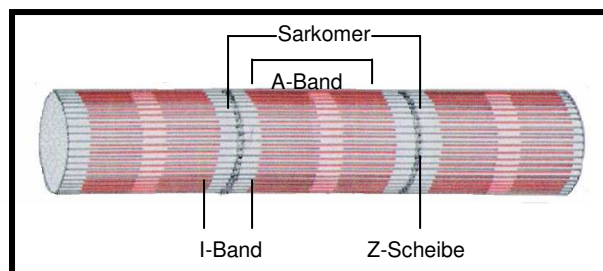


Während die Myosinfilamente (s. Abb.13) je einen Kopf-, Hals- und Schaftteil besitzen, bestehen die Aktinfilamente aus kugelförmigen Eiweißmolekülen (s. Abb.13), die zu einer Doppelspirale angeordnet sind, in deren Längsrinnen Eiweißfäden aus Tropomyosin verlaufen.

Abb. 13: Aktin und Myosinfilament
(Hick, A., 1997, S.285)

Zwischen den Aktinfilamenten verlaufen senkrecht die Z-Streifen (proteinhaltige Haltestrukturen), deren Aufgabe vermutlich in der mechanischen Querstabilisation der Aktin- und Myosinfilamente besteht. Der Bereich zwischen zwei Z-Streifen bildet die kleinste funktionelle Einheit der Muskelzelle und wird als Sarkomer bezeichnet. Die Länge beträgt ca. 2,5 μm . In einer Myofibrille ist eine Vielzahl von Sarkomeren hintereinander geschaltet (vgl. De Marées, 1996). Folgende Abbildung soll den Aufbau einer Myofibrille veranschaulichen.

Abb. 14:
Aufbau einer Myofibrille
(De Marées, 1991, S.46).



2.3.2.1.1 Agonist und Antagonist

Der Muskel arbeitet bei der Ausführung einer Bewegung niemals allein, sondern immer im Zusammenspiel mit einem oder mehreren Muskeln. In der Trainingslehre wird zwischen Agonist und Antagonist

unterschieden. Röthig, Becker, Carl, Kayser & Prohl (1992) kennzeichnen den Agonisten als Muskel, der in Abstimmung mit einem Gegenspieler eine bestimmte Funktion (z. B. Beugen, Strecken in einem Gelenk) übernimmt. Der Gegenspieler wird in der Sportwissenschaft als Antagonist bezeichnet. Als Beispiel soll an dieser Stelle die Beugung des Armes im Ellbogengelenk genannt werden. Bei der Beugung des Armes kommt es zu einer Verkürzung des zweiköpfigen Oberarmmuskels (M. biceps brachii) bei gleichzeitiger Dehnung des dreiköpfigen Armstreckers (M. triceps brachii), welcher über die Rückseite des Ellbogengelenkes zieht. Umgekehrt erfolgt bei Armstreckung durch den M. triceps brachii eine Dehnung des M. biceps brachii. Diese soeben erwähnten sich gegenüberstehenden Muskelpaarungen, welche in einem Gelenk gegensätzliche Bewegungen ausführen, werden als Antagonisten bezeichnet. Die Beugebewegung des Ellbogengelenkes geschieht nicht ausschließlich durch die Kontraktion des M. biceps brachii, sondern auch mittels unterstützender Zusammenarbeit mit dem M. biceps brachialis. Muskeln, die beim Ausführen einer Bewegung zusammenarbeiten und gleiche Bewegungen ausführen, werden in der sportwissenschaftlichen Theorie und Praxis als Agonisten bezeichnet (vgl. Markworth, 1983).

2.3.2.1.2 Der Kontraktionsvorgang der Skelettmuskulatur

Während der Muskelkontraktion verkürzt sich das Sarkomer. Die Aktinfilamente werden in den A-Abschnitt, das sind die Myosinzwischenräume, hineingezogen bzw. gleiten hinein. Es kommt zu einer Verringerung des Abstandes zwischen den Z-Streifen, wobei sich die Filamente selbst nicht verkürzen. Lediglich der Überlappungsgrad der Filamente weist eine Veränderung auf. Mit Hilfe des Querbrückenzyklus bzw. Tauzieh-Prinzips wird die Verbindung der Myosinköpfe mit den kugelförmigen Untereinheiten des Aktinfadens erklärt.

Auf diesen Vorgang, der durch Greif-Loslass-Zyklen gekennzeichnet ist, soll hier jedoch nicht weiter eingegangen werden. Anzumerken ist, dass die Sarkomere in der Muskelzelle hintereinander geschaltet sind und dass sich daher ihre minimalen Verkürzungen zu einer mikroskopisch sichtbaren Bewegung addieren. Eine präzise Beschreibung des Kontraktionsvorganges und die damit verbundene Umsetzung und Bereitstellung von chemischer Energie in mechanische Energie findet sich in De Marées (1996).

2.3.2.1.3 Muskelfaserquerschnitt, Muskelhypertrophie und -hyperplasie

Der Muskelfaserquerschnitt ist abhängig von der Muskelfasergröße, der Muskelfaserzahl und dem interstitiellen (faserarmen und zellreichen) Bindegewebe (vgl. Komi, 1994). Der Muskelfaserquerschnitt der Frau ist geringer als der des Mannes (vgl. Rieckert, 1991). Er beträgt durchschnittlich 75% des Wertes beim Mann (vgl. Weineck, 1996).

Bei einer Muskelhypertrophie durch ein spezielles Krafttraining erhöht sich der Muskelumfang hauptsächlich als Folge einer Verdickung der einzelnen Muskelfasern aufgrund einer Vermehrung der Myofibrillen (vgl. Weineck, 1997). Der adäquate Reiz für die Vermehrung der Myofibrillen ist mit großer Wahrscheinlichkeit die während der Muskelkontraktion entwickelte mechanische Spannung (vgl. De Marées, 1996). Aufgrund der Längsspaltung der Myofibrillen, aufgeteilt in zwei oder drei Untereinheiten, vergrößert sich der Myofibrillenquerschnitt. Diese Zunahme bewirkt eine größere Gesamtoberfläche der Myofibrille und ein gesteigertes Kraftpotential (vgl. Goldspink, 1994).

Die Theorie, dass Sauerstoffmangel (Hypoxie), der während des Trainings entsteht, die Ursache für eine Hypertrophie der Muskelfasern ist, gilt als unwahrscheinlich. Auch die Theorie, dass durch den vermehrten ATP- (Adenosintriphosphat) und KP- (Kreatinphosphat) Abbau, verursacht bei häufigen Kräfteinsätzen, eine gesteigerte Eiweißsynthese in den Eiweißbildungsstätten der Muskelzelle, den Ribosomen, einsetzt, ist umstritten (vgl. Gonyea & Bischoff, 1980, in De Marées, 1996).

Das Phänomen der Muskelhypertrophie ist bis noch nicht im Detail geklärt (vgl. Hollmann & Hettinger, 1980; Zatsiorsky, 1996). Fest steht jedoch, dass jeder Trainingsreiz im Muskel eine Reaktion auslöst bzw. den Muskel verstärkt, um wiederholten erhöhten Belastungen gewachsen zu sein (vgl. Weineck, 1996). Das theoretische Konzept dieser Erkenntnis wird auf den Innsbrucker Anatomen Wilhelm Roux (1895; nach White & Esser, 1989) zurückgeführt, welcher das Phänomen der Trainierbarkeit eines Muskels unter dem Begriff der funktionellen Adaption (Anpassung) an erhöhte Belastungen beschrieb. Dieses Konzept, das in der Trainingslehre als Roux'sches Prinzip bekannt ist, geht davon aus, dass eine bestimmte, individuell unterschiedliche Reizschwelle überschritten werden muss, um einen (messbaren) Trainingserfolg zu erzielen (White & Esser, 1989). Die Faserhypertrophie kann deshalb auch als eine Superkompensation des Muskels angesehen werden (vgl. Zatsiorsky, 1996).

Eine Hyperplasie (Vermehrung von Muskelfasern) ist bis heute sehr umstritten. In einer Vielzahl von Tierversuchen konnte allerdings eindeutig eine Vermehrung von Muskelfasern nachgewiesen werden (vgl. Gonyea, Ericson & Bonde-Peterson, 1977, MacDougall, 1994).

In einigen Untersuchungen wurde festgestellt, dass eine Vergrößerung des Muskelfaserquerschnitts nach entsprechendem Krafttrain-

ning nicht allein auf eine Muskelhypertrophie zurückzuführen ist. Einige Wissenschaftler gehen daher davon aus, dass in geringem Umfang auch eine Hyperplasie stattgefunden haben muss (vgl. MacDougall, 1982; Tesch & Larsson, 1982; MacDougall, 1984; Larsson & Tesch, 1986; White & Esser, 1989; Bischoff, 1990; Zatsiorsky, 1996).

Eine Theorie besagt, dass es durch eine hohe mechanische Beanspruchung – verbunden mit einem starken Dehnungsreiz – nach einer initialen Muskelhypertrophie auch zu einer Muskelfaserneubildung kommt. Als Entstehungsmechanismus nimmt man eine Mikrotraumatisierung der Muskelfaser an – ähnlich wie beim Muskelkaterphänomen – die zur Freisetzung von myogenen Wachstumsfaktoren und nachfolgender Aktivierung von so genannten Satellitenzellen zur Zellneubildung führt (vgl. Bischoff, 1989; Schulz, 1989). Muskelbiopsische Untersuchungen (Entnahme von Muskelmaterial mit Hilfe einer Saugnadel) bei Bodybuildern konnten zeigen, dass hochgradig hypertrophierende Bodybuilder nicht signifikant höhere Einzelmuskelfaserquerschnitte hatten als Normalpersonen. Auch daraus ist zu schlussfolgern, dass neben einer Hypertrophie auch eine Hyperplasie stattgefunden haben muss (vgl. Antonio & Gonyea, 1993; Weineck, 2004).

Abschließend ist festzustellen, dass die Muskelhypertrophie und eventuell auch eine Muskelhyperplasie einen Vorsorgemechanismus darstellen, durch den ungewohnt intensive Spannungsreize auf eine größere Zellmasse verteilt werden und so einen relativen Schutz vor Überlastung bieten, da die Belastung der einzelnen Muskelfaser geringer wird (vgl. Weineck, 2004). Anzumerken sei jedoch, dass die angeführten Theorien zur Existenz der Hyperplasie nicht von allen Sportwissenschaftlern geteilt werden und deshalb das Phänomen Hyperplasie eine noch nicht 100%ig bestätigte Hypothese der Wissenschaft ist (vgl. Grosser, Ehlenz, Griebel & Zimmermann, 1996).

Präziser im wissenschaftlichen Sinne ausgedrückt: das Nichtvorhandensein der Hyperplasie ist bislang nicht eindeutig widerlegt worden. Es soll in dieser Arbeit nicht weiter auf die Muskelfaservermehrung eingegangen werden, denn für das Ergebnis dieser Arbeit spielt es nur eine geringe Rolle, wie der Kraftzuwachs sich biologisch auswirkt.

2.3.2.1.4 Die Muskelfasertypen

Die Trainierbarkeit eines Muskels hängt unter anderem von seiner Muskelfaserzusammensetzung ab. Obwohl prinzipiell alle Muskelfasern hypertrophieren können, haben die einzelnen Muskelfasern, aus denen sich ein Muskel zusammensetzt, unterschiedliche Bedeutung für das sportliche Training (vgl. Weineck, 2004). Grundsätzlich unterscheidet man FT-Fasern (fast-twitch), ST-Fasern (slow-twitch) und intermediäre („Zwischenfasern“) Fasern. Aufgrund ihres unterschiedlichen Gehaltes am Muskelfarbstoff Myoglobin wird in der Wissenschaft auch von roten oder dunklen (St-Faser) und weißen oder hellen (Ft-Fasern) Muskelfasern gesprochen (vgl. Frey & Hildebrandt, 2002).

Die weißen FT-Fasern, auch schnelle Fasern genannt, sind durch einen größeren Faserquerschnitt sowie durch eine kürzere Kontraktionszeit gekennzeichnet und erreichen ihren maximalen Wirkungsgrad bei höheren Kontraktionsgeschwindigkeiten. Krafttraining im anaeroben Bereich wirkt sich somit auf die FT-Fasern aus und hat eine Vergrößerung des Faserquerschnitts zur Folge. Mit diesen Voraussetzungen sind sie insbesondere für Schnellkraft- und Maximalkraftleistungen geeignet (vgl. Edström & Ekblom, 1972; Bührle & Schmidtbleicher, 1977; Goldspink, 1994; Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Die roten ST-Fasern, auch langsame Fasern genannt, haben einen relativ dünnen Faserquerschnitt und tragen daher nur in geringem Maße zur Kraftentwicklung bei. Sie haben vorrangig die Aufgabe, Energie bereit zu stellen. Training im aeroben Bereich bzw. Ausdauertraining wirkt sich auf die ST-Fasern aus und hat zur Folge, dass der Muskel eine höhere Energieversorgung erfährt. Dadurch sind diese Fasern speziell für länger andauernde körperliche Beanspruchungen geeignet (vgl. Howald, 1989; De Marées, 1996).

Nachfolgende Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Unterschiede von ST und FT- Fasern.

Slow-Twitch-Faser	Fast-Twitch-Faser
<ul style="list-style-type: none"> • Dünner 	<ul style="list-style-type: none"> • Dicker
<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Kontraktionsgeschwindigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Schnellere Kontraktionsgeschwindigkeit
<ul style="list-style-type: none"> • Ermüdungsresistenter 	<ul style="list-style-type: none"> • Schneller ermüdbar
<ul style="list-style-type: none"> • Positiv für Ausdauer 	<ul style="list-style-type: none"> • Positiv für Kraft und Schnelkraft

Tabelle 1: Slow-Twitch-Faser und Fast-Twitch-Faser im Vergleich (Boeckh-Behrens & Buskies, 2005, S. 25)

Die intermediären Fasertypen liegen in ihrem Wirkungsbereich zwischen den FT- und den ST-Fasern (vgl. Röthig, Becker, Carl, Kayser & Prohl, 1992; Komi, 1994; Frey & Hildebrandt, 2002)). Die Anzahl und die Verteilung der verschiedenen Fasertypen im Muskel sind genetisch determiniert und können nur in geringem Maße durch Training beeinflusst werden (vgl. Grosser, Ehlenz, Griebel & Zimmermann, 1996; Siewers, 2000; Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

2.3.2.1.5 Das Muskelvolumen

Das Muskelvolumen ergibt sich aus dem Produkt von Muskelquerschnitt mal Muskellänge und begrenzt die maximal mögliche Kontraktionskraft. Es besteht eine enge Korrelation zwischen Maximalkraft und Körpergewicht (bei durchschnittlicher Körperzusammensetzung). Je größer das Körpergewicht, desto größer die Kraft. Dies gilt bei Sportlern mit unterschiedlichem Gewicht und vergleichbarem Trainingszustand (vgl. Weineck, 1997).

2.3.2.1.6 Die Muskelstruktur

Da die maximale statische Kraft vom physiologischen Faserquerschnitt beeinflusst wird (s. Kapitel 2.3.2.3.1), spielt die Struktur des Muskels, z. B. Einfach- bzw. Doppelfiederung für die Kraftentfaltung eine wichtige Rolle. Anzumerken sei jedoch, dass die Struktur des Muskels anatomisch vorgegeben ist und durch Training nicht oder kaum beeinflusst werden kann (vgl. Weineck, 1996). Eine Übersicht und entsprechende Erläuterungen über die Muskelformen und ihre Funktionen finden sich in Markworth (1983); Rauber, Kopsch, Leonhardt, Tillmann, Töndury et al. (1987); Ehlenz, Grosser, Zimmermann & Zintl (1995).

2.3.2.1.7 Energiebereitstellung im Krafttraining

Jede muskuläre Arbeit erfordert Energie, die z. T. direkt in der Muskelzelle in Form primärer Energiespeicher (Adenosintriphosphat [ATP] bzw. Kreatinphosphat [KP]) vorhanden ist bzw. durch verschiedene Stoffwechselprozesse bereitgestellt werden muss (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

„Energetisch spielen bei der Entwicklung der Maximalkraft die energiereichen Phosphate (ATP, KP) die entscheidende Rolle, da der Zeitraum der maximalen Kraftentwicklung nur im Bereich von wenigen Sekunden liegt“ (Weineck 1996, S. 195).

Die Art der Energiebereitstellung im Krafttraining hängt vor allem von den Faktoren Belastungsintensität, Belastungsdauer (s. Kapitel 2.6) und Größe der eingesetzten Muskelmasse ab.

Die für die ersten Kontraktionen im Muskel gespeicherten energiereichen Phosphate (ATP, KP) reichen für ca. fünf bis acht Sekunden maximaler Muskeltätigkeit aus (anaerob alaktazide Energiebereitstellung ohne Sauerstoff und ohne Erhöhung von Milchsäure/Laktat). Diese Form der Energiebereitstellung findet sich in der Praxis vor allem bei einem Training mit hohen Intensitäten und geringen Wiederholungszahlen.

Bei längeren intensiven Belastungen stellt der Organismus die Energie auf anaerob laktazidem Weg bereit (Energiebereitstellung ohne Sauerstoff mit Milchsäureerhöhung). Vor allem bei Trainingsmethoden zur Verbesserung der Kraftausdauer oder auch zum Muskelaufbau kommt es zu einer anaerob laktaziden Energiebereitstellung. Verantwortlich dafür ist die begrenzte Speicherkapazität des Kreatinphosphatspeichers. Daher müssen andere Systeme die arbeitende Muskulatur mit ATP versorgen. Nach Ausschöpfung des Kreatinphosphatspeichers versucht der Körper, seine Leistungsfähigkeit durch die anaerobe Glycolyse aufrecht zu erhalten. Zucker wird dabei zu Milchsäure abgebaut (laktazid).

Abb. 15 zeigt den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Kraftbelastungen und der laktaziden Beanspruchung. So weisen kurzfristige intensive Beanspruchungen von wenigen Sekunden (Serienbelastungen), die nicht bis zur Ermüdung durchgeführt werden, und Beanspruchungen mit langen Pausen zwischen den Trainingssätzen

vergleichsweise geringe Laktatkonzentrationen auf. Länger andauernde Belastungen (ca. 30-45 Sekunden) bis zur muskulären Erschöpfung bewirken dagegen sehr hohe Laktatwerte im Blut (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Weitere Energie liefernde Stoffwechselforgänge sind der aerobe Zucker- und Fettabbau (vgl. Rieckert, 1991; Grosser, Ehlenz, Griehl, Zimmermann, 1996; Gießing, 2004). Die zuletzt genannten Versorgungsmöglichkeiten sollen im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter ausgeführt werden.

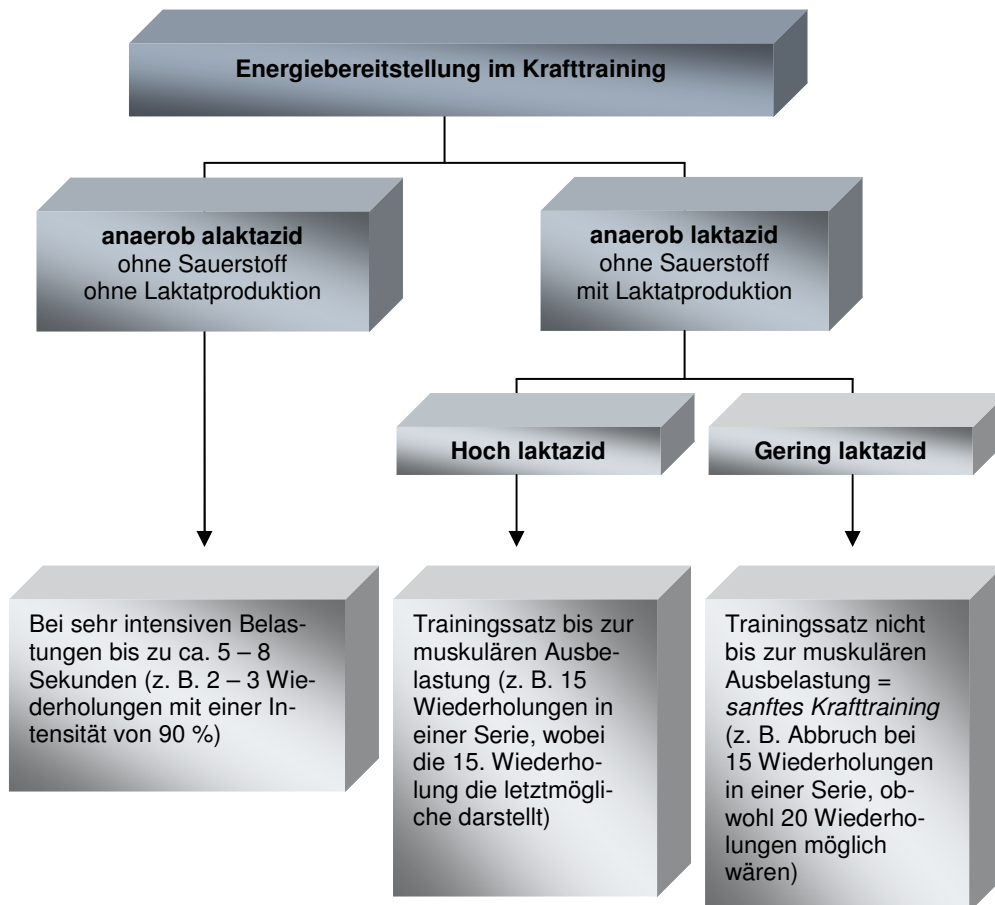


Abb. 15: Die Energiebereitstellung beim Krafttraining (Boeckh-Behrens & Buskies, 2005, S. 88)

2.3.2.1.8 Muskelfaserlänge und Gelenkstellung

Wie in Abbildung 16 ersichtlich wird, ist die Kraft eines Muskels abhängig vom Gelenkwinkel, der die Ausgangslänge des Muskels bzw. seinen Zugwinkel (Gelenkstellung) bestimmt (vgl. Weineck, 1996). So kann z. B. bei einem Gelenkwinkel im Ellenbogen (Ellenbogenbeugung) von 90° durch das günstige Hebelverhältnis die größte Last bewegt werden (vgl. Grosser, Ehlenz, Griehl & Zimmermann, 1996). Bei der Ellenbogenstreckung und der Kniestreckung beträgt der Winkel 120° als Optimalposition für die Kraftentwicklung (vgl. Zatsiorsky, 1996).

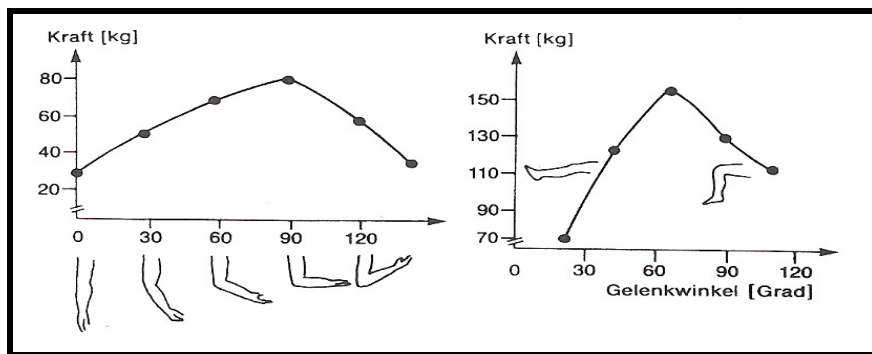


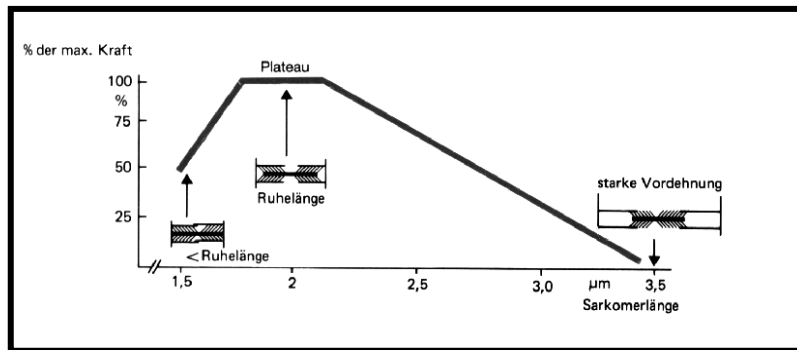
Abb. 16: Die Abhängigkeit der Kraft von den Gelenkwinkeln, dargestellt an der Armbeuge- bzw. Beinstreckkraft (nach Williams & Stutzmann, in Zatsiorsky, 1977, S.33, aus Weineck 1996, S. 196)

Eine veränderte Gelenkstellung bewirkt auch eine Veränderung der Muskelfaserlänge hinsichtlich ihrer Überlappungsfläche der Aktin- und Myosinfilamente (vgl. Zatsiorsky, 1996). Verkürzte Muskeln entwickeln dabei geringere Kräfte als gedehnte Muskeln (vgl. De Mérées, 1996).

Die größte Kraftentwicklung verzeichnet der Muskel im Bereich seiner Ruhelänge. In diesem Bereich ist der Muskel um ca. 20 % gegenüber dem völlig entspannten Zustand verlängert, weil sich die Aktin- und Myosinfilamente so überlappen, dass sich pro Zeiteinheit eine maximale Anzahl von Brückenbildungen ergeben kann (vgl. De

Marées, 1996). In folgender Abbildung wird die Beziehung zwischen Kraft und muskulärer Ausgangslänge deutlich:

Abb. 17: Beziehung zwischen Sarkomerlänge und aktiv entwickelbarer isometrischer Kraft (De Marees,1996, S.89).



Aus diesen Fakten wird ersichtlich, wie wichtig die richtige Gelenkstellung für eine zu entwickelnde Kraftleistung ist. Da in dieser Arbeit (in nächsten Kapiteln wird darauf noch näher eingegangen) zwei Gruppen hinsichtlich ihrer Kraftentwicklung verglichen werden, müssen sowohl im Pre- als auch im Posttest die verwendeten Winkeleinstellungen der jeweils gemessenen Probanden 100 %-ig übereinstimmen.

2.3.2.1.9 Die Muskelfaserzahl

„Die Anzahl der Muskelfasern begrenzt das Maximalkraftpotential“ (Letzelter & Letzelter, 1993, S. 68). In erster Linie hängt bei einer Kraftleistung des Muskels die Zahl der aktivierten Muskelfasern von der zu bewegenden Last ab. Der sportliche Alltag zeigt, dass schwere Gegenstände nur sehr langsam gehoben, bewegt oder geworfen werden können (siehe auch Kapitel 2.3.1.3, parametrische Kraft-Geschwindigkeitsbeziehung). Die Verkürzungsgeschwindigkeit des Muskels ist von der zu bewältigenden Kraft abhängig. Je kleiner die Last ist, desto weniger Querbrücken werden pro Zeiteinheit für das

Halten der Last benötigt. Umgekehrt werden bei höheren Lasten mehr der zwischen Aktin und Myosinfilamenten zu bildenden Querbrücken benötigt. Daraus folgt, dass bei kleinen Lasten viele Querbrücken zur Verfügung stehen und zur Erhöhung der Verkürzungsgeschwindigkeit eingesetzt werden können (vgl. De Marées, 1996).

Ehlenz, Grosser, Zimmermann & Zintl (1995) weisen darauf hin, dass auch der Trainingszustand eines Sportlers die Anzahl der jeweils aktivierten Muskelfasern beeinflusst.

Bevor auf diesen Aspekt jedoch näher eingegangen wird, sollen im Vorfeld die Grundlagen zum Aufbau und zur Funktion des neuromuskulären Funktionssystems allgemein erläutert und dargestellt werden.

2.3.3.2.2 Das neuromuskuläre Funktionssystem

„Das zentrale Nervensystem macht es als übergeordnete Instanz möglich, dass aus dem unbegrenzten Potential an möglichen Einzelbewegungen zielorientierte und aufeinander abgestimmte Bewegungen entstehen können“ (Weineck, 1996, S. 47).

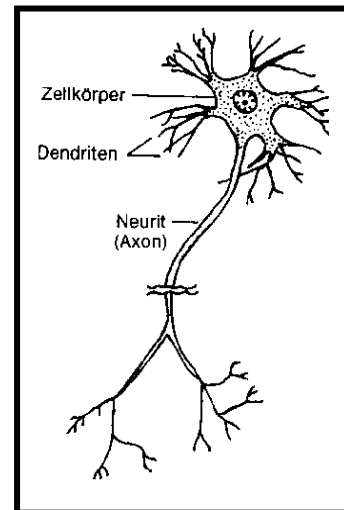
Dabei fungiert das zentrale Nervensystem (ZNS) als die Schaltstelle, die willentlich Agonisten und Antagonisten zu einer zielgerichteten Aktivität (Bewegungskoordination) verbindet (vgl. Hollmann & Hettinger, 1980).

Die gesamte Skelettmuskulatur steht unter der Kontrolle des zentralen Nervensystems (Stemper 2003). Die Grundeinheit des zentralen Nervensystems bildet die Nervenzelle einschließlich der von ihr ausgehenden Nervenfasern (s. Abb. 18). Ein Neuron setzt sich zusammen aus dem Zellkörper, den kurzen Zellfortsätzen (Dendriten) und einem langen Zellfortsatz (Neurit oder Axon). Die Dendriten führen

zur Zelle hin und dienen der Informationsaufnahme aus der Umgebung. Das Axon leitet dagegen die Informationen zu anderen Zellen oder zum Erfolgsorgan, z. B. dem Muskel weiter. Der Neurit lässt sich in markscheidenhaltige (schnell leitende) und in marklose (langsam leitende) Fasern unterteilen. Mehrere Neurite sind in einer bindegewebhaltigen Hülle zu einem Nerv zusammengefasst. Die Dendriten stehen in Verbindung mit der Zelloberfläche, welche von mindestens 1 Million Synapsen bedeckt ist (vgl. Kugler, 1981).

Abb. 18: Aufbau einer Nervenzelle (Neuron) aus Weineck, 1996, S. 48

Als Alpha-Motoneuronen werden die Zellen der motorischen Neuronen zur Innervation der Skelettmuskulatur bezeichnet. Das Nervensystem ist ein wechselseitiger Verbund von Neuronen, welche durch Synapsen miteinander verknüpft sind. Synapsen produzieren je nach Funktion (hemmend oder fördernd) einen unterschiedlichen Übertragungstoff (Transmitter).



Die Synapsen sind in Funktionskreisen miteinander verknüpft. Dabei handelt es sich nicht nur um eine einfache 1:1-Übertragung, sondern um eine vieltausendfache Vermaschung (vgl. Kugler, 1981). Weiterhin bestehen noch zahlreiche Verbindungen zwischen den Axonen und Dendriten sowie zwischen den Dendriten.

Synchronie (Gleichzeitigkeit) und räumliche Summation von Erregungszuflüssen bilden die Grundlage komplexer Informationsübermittlung. Diese Voraussetzungen beeinflussen das kodierte Entladungsmuster des nachgeschalteten Neurons. Die Nervenzellen

(Neuronen) des zentralen Nervensystems übertragen die Bewegungsimpulse über die efferenten Nerven mittels der Pyramidenbahn zu den Alpha-Motoneuronen (Vorderhornzellen des Rückenmarks). Diese innervieren ihrerseits die zugehörige Skelettmuskulatur. In Abb. 19 wird die motorische Endplatte dargestellt; welche das Bindeglied zwischen Nervenfaser und Muskel darstellt (vgl. Weineck, 1996).

Die Gesamtheit der von einer motorischen Vorderhornzelle innervierten Muskelfasern bildet die motorische Einheit (s. Abb. 19). Dabei kann die Größe dieser motorischen Einheit sehr unterschiedlich sein. Je differenzierter bzw. feinabgestufter ein Muskel ist, desto mehr motorische Einheiten besitzt er. So verfügt der äußere Augenmuskel (*M. rectus bulbi lateralis*) über 1740, der zweiköpfige Armmuskel (*M. biceps brachii*) dagegen nur über 774 motorische Einheiten (vgl. Feinstein, Lindegard & Nymen, 1955).

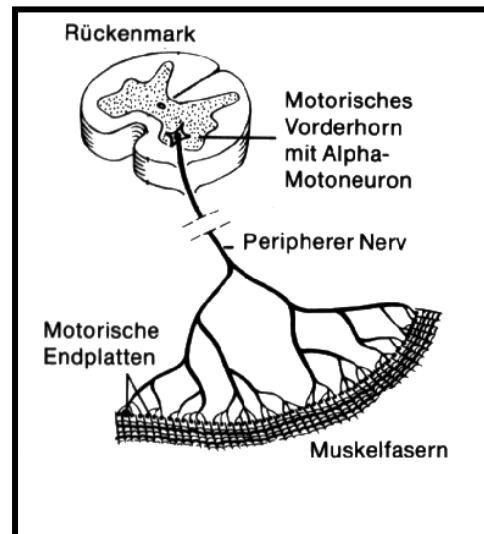
Auch die pro motorische Einheit maximal zu entwickelnde Kraft ist unterschiedlich. Während beispielsweise der äußere Augenmuskel 0,1 Pond je motorischer Einheit erreicht, kann der zweiköpfige Armmuskel 50 Pond je motorischer Einheit erzielen (vgl. ebenda).

Die Feinabstufung der Bewegung erfolgt über die Steigerung der Entladungsfrequenz des zugehörigen Motoneurons. Im Gegensatz dazu wird die Grobabstufung der Bewegung über die Zahl der motorischen Einheiten (vermehrte oder verringerte Rekrutierung) erreicht. Das muskuläre Kraftmaximum kommt durch die Aktivierung aller im Muskel vorhandenen motorischen Einheiten und durch deren synchronisierte Tätigkeit zustande. Eine Variation der Bewegungsgeschwindigkeit erfolgt durch die Aktivierung spezieller motorischer Einheiten aufgrund der unterschiedlichen Reizschwellen der verschiedenen Motoneuronen. Dabei werden die großen Alpha-Motoneuronen mit höherer Impulsfrequenz und geringerer Erregbar-

keit den FT-Fasern zugeordnet und die kleineren mit geringerer Entladungsfrequenz den ST-Fasern (vgl. Burke & Edgerton, 1975). Aufgrund der autonom geschützten Reserven (s. Kapitel 2.3.3) können nicht alle motorischen Einheiten eines Muskels gleichzeitig aktiviert werden.

Abb. 19:
Aufbau einer motorischen Einheit aus
Weineck, 1996, S. 49.

Ein regelmäßig durchgeführtes Training erwirkt beim Sportler die Möglichkeit, mehr motorische Einheiten eines Muskels gleichzeitig aktivieren und kontrahieren zu lassen. Man spricht von einer intramuskulären Koordinationsverbesserung (vgl. Fugunaga, 1976; Stemper, 2003). Im nächsten Punkt soll darauf detaillierter eingegangen werden.



2.3.2.2.1 Die intramuskuläre Koordination

„Die intramuskuläre Koordination bezieht sich auf das Zusammenspiel innerhalb eines Muskels, und so versteht man darunter das synchrone Zusammenwirken der einzelnen Muskelfasern pro Muskel: Je besser die intramuskuläre Koordination, desto mehr Muskelfasern können gleichzeitig innerviert werden und zwar so, dass solche mit unterschiedlichen Kontraktionsgeschwindigkeiten – also langsame und schnelle – zum gleichen Zeitpunkt ihren maximalen Kraftwert erzielen.“ (Letzelter & Letzelter, 1993, S. 38).

So ist beispielsweise ein Untrainierter bestenfalls in der Lage, 40 bis 50 Prozent seiner Muskelfasern gleichzeitig zu aktivieren. Die restli-

chen 50 bis 60 Prozent, die auch bei größter Anstrengung nicht mobilisiert werden können, bilden das so genannte Kraftdefizit des Muskels. Ein Training, welches eine Verbesserung der intramuskulären Koordination zur Folge hat, verringert dieses Kraftdefizit. Oder um es anders auszudrücken: Wer über eine gute intramuskuläre Koordination verfügt, ist in der Lage bis zu 95 % seiner Muskelfasern gleichzeitig anzuspannen bzw. zu aktivieren. Das hat logischerweise einen Anstieg der Kraftfähigkeit (Maximalkraft) zur Folge, ohne dass es zu einer Hypertrophie kommt (vgl. Bredenkamp & Hamm, 1998). Eine Muskelhypertrophie dominiert als leistungssteigernder Faktor erst nach einer Verbesserung der intramuskulären Koordination (vgl. Weineck, 1997).

Vor allem in Sportarten wie Ringen und Gewichtheben, wo es darauf ankommt, bestimmte, festgelegte Gewichtsklassen einzuhalten, erfolgt eine Steigerung der maximalen Leistungsfähigkeit insbesondere über eine Verbesserung der intramuskulären Koordination mit Hilfe eines speziellen Krafttrainings (vgl. Zatsiorsky, 1996).

Kraftdreikämpfer trainieren z.B. mit hohen Gewichten (2 bis 6 Wiederholungen pro Satz) und explosiver Bewegungsausführung. Ein solches Training bewirkt zwar kaum Muskelwachstum. Dafür aber eine verbesserte intramuskuläre Koordination (vgl. Bredenkamp & Hamm, 1998).

Einen weiteren Einfluss auf eine verbesserte intramuskuläre Koordination bildet eine Steigerung der Entladungsfrequenz der Motoneuronen, da diese die motorischen Einheiten stimuliert. Vor allem im Kraftbereich von 80 – 100 % der Maximalkraft erfolgt die Kraftentwicklung fast ausschließlich durch eine Steigerung der Entladungsfrequenz (vgl. Zatsiorsky, 1996).

2.3.2.2 Die intermuskuläre Koordination

Die intermuskuläre Koordination ist genau wie die intramuskuläre Koordination mitentscheidend bei der Entwicklung maximaler Kraftfähigkeiten. Sie meint nicht das Zusammenspiel der Fasern eines einzigen Muskels, sondern das Zusammenspiel verschiedener Muskeln in Form einer Muskelkette (vgl. Bredenkamp & Hamm, 1998).

Helga und Manfred Letzelter (1993) definieren den Begriff wie folgt:

„Die intermuskuläre Koordination ist geprägt durch das Zusammenwirken aller an einer Bewegung beteiligten Muskeln, der Agonisten (Synergisten) wie der Antagonisten. Durch ein wohl abgestimmtes System von Erregung und Hemmung kommt es zu einem typischen Wechsel von Spannung und Entspannung auch im Sinne der ‚Koordination der Teilimpulse‘ “ (S. 38).

Als Beispiel für ein Zusammenspiel unterschiedlicher Muskelgruppen steht die Brust-, Schulter- und Trizepsmuskulatur beim Bankdrücken. Während die intramuskuläre Koordination dafür verantwortlich ist, wie viele Fasern des Brustmuskels gleichzeitig angespannt werden können, bedeutet eine gute intermuskuläre Koordination ein reibungsloses Zusammenwirken der Brust-, Schulter- und Trizepsmuskulatur und deren Antagonisten (vgl. Bredenkamp & Hamm, 1998).

Als Teilaspekte (Impulse) der intermuskulären Koordination bezeichnet Schnabel (1994 c, S. 166):

„Die koordinierte Aktivierung aller Agonisten der spezifischen Wettkampfübungen mit dem Ziel, durch einen optimal schnellen Kraftanstieg zum wirksamsten Zeitpunkt der Bewegung das Kraftmaximum zu erreichen (Timing)... Das abgestimmte Aktivieren von Agonisten und Antagonisten unter Berücksichtigung des Wechselspiels von Anspannung und Entspannung im Bewegungsvollzug, um den schnellen Kraftanstieg zu sichern sowie um Verletzungen insbesondere der Antagonisten durch verspätete Entspannung zu vermeiden und bei zyklischen Übungen die Ermüdung zu begrenzen.“

2.3.2.2.3 Die zeitliche Abfolge der Adaptionen

Wie aus Abb. 20 deutlich wird, ist im ersten Stadium eines Krafttrainings der Kraftzuwachs auf eine verbesserte intramuskuläre Innervation zurückzuführen, d. h. es können bei einer willkürlichen maximalen Kontraktion mehr Muskelfasern zur Anspannung gebracht werden. Vor allem beim Trainingsanfänger ist während der ersten Wochen ein erheblicher Kraftzuwachs festzustellen, ohne dass sich der Muskelfaserquerschnitt vergrößert. Erst in der zweiten Phase (nach drei bis fünf Wochen) bzw. im weiteren Verlauf des Krafttrainings kommt es dann zu einem Anstieg der Kraft durch die Vergrößerung des Muskelfaser – und damit auch des gesamten Muskelfaserquerschnitts (vgl. Moritani, 1994; Friedebold, Nüssgen & Stoboy, 1957 nach Weineck, 1996).

Im gleichen Zusammenhang konnte anhand von Untersuchungen festgestellt werden, dass die Muskulatur des Oberkörpers schneller und im größeren Ausmaß hypertrophiert als die des Unterkörpers. Am Oberkörper konnte eine signifikante Muskelzunahme schon nach 6 Wochen Krafttraining festgestellt werden. Dagegen braucht die Muskulatur des Unterkörpers mehr als 12 Wochen bis zur Muskelzunahme. Erst sehr viel später kommt es zu einer Anpassung des Bindegewebes, der Knorpel und Knochen.

Während die Muskulatur durch Ermüdung vor einer Überlastung relativ gut geschützt ist und sich schnell wieder regenerieren kann bzw. sich der Belastung anpasst, kann es in Sehnen, Bändern, Gelenken und Knochen zu Überlastungsbeschwerden kommen. Diese Tatsache ist bei der Organisation eines Krafttrainings zu berücksichtigen. Besonders bei Trainingsanfängern sollten Belastungssteigerungen (s. Kapitel 2.5.3) innerhalb eines Krafttrainings langsam erfolgen,

um den passiven Bewegungsapparat (z.B. die Knochen) nicht zu überlasten (vgl. Abe, Detfoyos, Pollack, Garzarella, 2000).

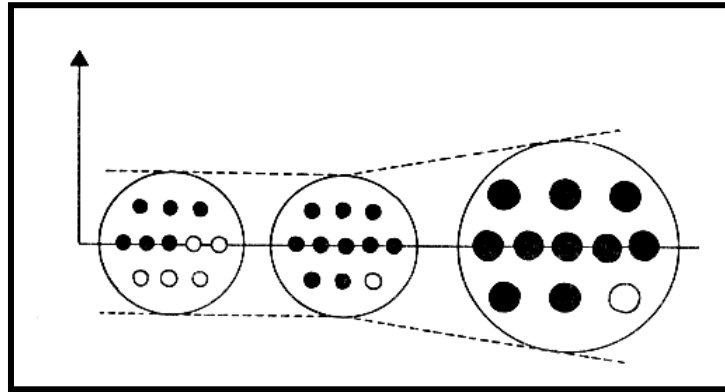


Abb. 20: Mechanismus des Krafttrainings: Zuerst kommt es zu einer verbesserten intramuskulären Innervation, dann erst folgt die Muskelfaserhypertrophie, ●kontrahierte, o nicht kontrahierte Muskelfaser (aus Weineck, 2004, S. 251; verändert nach Fukunaga, 1976, S. 265).

2.3.3 Motivation

Die Leistungskapazität des Menschen lässt sich – wie Abbildung 21 veranschaulicht – in verschiedene Bereiche einstufen, deren Mobilisierung unterschiedliche Willensleistungen verlangt (vgl. Weineck, 1996).

Nach Hettinger (1966) erfordert der Bereich der automatisierten Leistungen (bis 15 % der absoluten Leistungsfähigkeit) und der physiologischen Leistungsbereitschaft (15 – 35 % der absoluten Leistungsfähigkeit) nur geringe bis mittlere Willensanstrengungen. Ausgeprägte Willenskräfte werden bei der Mobilisierung der gewöhnlichen Einsatzreserve (35 – 65 % der absoluten Leistungsfähigkeit) notwendig; sie geht mit einer relativ starken Ermüdung einher. Bei 65 – 100 % der absoluten Leistungsfähigkeit liegt die autonom geschützte Reserve, welche in der Regel nur über eine Enthemmung durch Affekte, Hypnose oder Pharmaka (z. B. Dopingmittel) zugänglich ist.

Als Mobilisationsschwelle wird die Grenze zwischen dem Bereich der gewöhnlichen Einsatzbereitschaft und den autonom geschützten Reserven bezeichnet.

Leistungsbereiche (in % der absoluten Leistungsfähigkeit)



Abb. 21: Schema der Leistungsbereiche (in Anlehnung an Graf, in Hettinger, 1966, S. 31).

Unter bestimmten Motivationsbedingungen und durch ein entsprechendes Training lässt sich die Motivationsschwelle verschieben, so dass ein hoch trainierter bzw. hoch motivierter Sportler im Vergleich zu einer untrainierten kräftigen Person mit gleichem Muskelquerschnitt größere Kräfte entwickeln kann (vgl. Stoboy, 1973). Als Ursache hierfür kann unter anderem die verbesserte intramuskuläre Koordination beim Trainierten gegenüber dem Untrainierten angeführt werden.

Unter Hypnosebedingungen konnte gezeigt werden, dass der Anstieg der Maximalkraft beim Untrainierten etwa 30 % und beim Trainierten bei nur etwa 10 % liegt. Erklärt wird dieses Phänomen dadurch, dass der Trainierte durch regelmäßiges Krafttraining die Mobilisationsschwelle bereits in einem ausgeprägten Maß in den Bereich der autonom geschützten Reserve hinein verschoben hat, so dass diese willkürlich mit zur Kraftanstrengung eingesetzt werden kann. Dies wiederum bewirkt eine geringere Reserve des Trainierten ge-

genüber dem Untrainierten bis zum Erreichen der Maximalkraft (vgl. Hettinger, 1966; Stemper, 2003).

2.3.4 Kraft und Geschlecht

Die maximale Kraftentfaltung eines Muskels ist neben dem Faktor Motivation auch von Geschlecht und Alter abhängig (vgl. Stemper, 2003). Die Kraft der Frau unterscheidet sich von der Kraft des Mannes. Aufgrund ihres geringeren Muskelquerschnitts und ihrer geringeren Muskelmasse beträgt die Kraft der Frau insgesamt nur 70 % der Muskelkraft des Mannes (vgl. Rieckert, 1991; Weineck, 1996). „Während beim Mann 40 – 45 % des Körpergewichtes Muskulatur ist, beträgt der Anteil bei der Frau nur 25 – 35 %“ (Rieckert, 1991, S. 100).

Zum Teil gibt es erhebliche Unterschiede zwischen der Kraft der Frau und der des Mannes in Bezug auf verschiedene Muskelgruppen (insbesondere bei der Muskulatur der Extremitäten) (vgl. Hollmann & Hettinger, 1980).

Unterschiede hinsichtlich der Kraftverhältnisse und Trainierbarkeit von Mann und Frau ergeben sich zum einen aus der verschiedenartigen hormonellen Veranlagung bezüglich des Sexualhormons Testosteron (verantwortlich für die Bildung von Muskelmasse), von dem der weibliche Organismus wesentlich weniger produziert. Zum anderen ist die Tatsache entscheidend, dass die Frau in Relation zum Körpergewicht einen geringeren Muskelanteil besitzt (vgl. Ehlenz, Grosser, Zimmermann & Zintl, 1995). Aus der Tabelle 2 sind wesentliche Vergleichsaspekte zu ersehen.

Kraftverhältnisse Trainierbarkeit	Mann	Frau
Prozentualer Anteil Muskulatur am Körpergewicht	ca. 42 %	ca. 32 – 26 %
Last-Kraft-Verhältnis		ungünstiger als beim Mann
Maximalkraft	100 %	absolut zum Mann 60 – 80 % relativ: gleich (!)
Kraftzuwachs vom 6. – 26. Lebensjahr	ca. 5fach	ca. 3fach
Trainierbarkeit (Quantität)	100 %	absolut: 60 – 80 % relativ: gleich (!)
Trainierbarkeit (Qualität)	100 %	relativ: gleich (!)

Tabelle 2: Kraftverhältnisse und Trainierbarkeit von Mann und Frau (Ehlenz, Grosser, Zimmermann & Zintl, 1995, S. 72)

2.3.5 Kraft und Alter

Bisher ist bekannt, dass die Kraft bei beiden Geschlechtern ab ca. dem 30sten Lebensjahr kontinuierlich abnimmt und mit 60 Jahren bei sportlich Nichtaktiven etwa 40 - 60% der 20- bis 30jährigen entspricht. Bei sportlich aktiven Männern, insbesondere jenen, die regelmäßiges Krafttraining betreiben, liegen die Verlustraten bei nur ca. 10-30%, bei Frauen etwas höher. Der Verlust der Kraft ist dabei nicht in allen Muskelgruppen gleich groß. So lässt die Muskelkraft im Schulter/Rumpfbereich stärker nach als im Bereich der Bein- und Handmuskeln (vgl. Ehlenz, Grosser, Zimmermann & Zintl, 1995). Durch ein adäquates Krafttraining etwa bis zum 50. – 60. Lebensjahr und darüber hinaus, kann der altersbedingte Rückgang der statischen Kraft aufgehalten werden (vgl. Fiatarone, Marcs, Ryan, Meredith & Lipsitz et al., 1990; Komi, 1994; Weineck, 1996).

2.4 Die Grundlagen des Trainings

Nachdem das Phänomen Kraft ausführlich behandelt worden ist, soll im Folgenden und vor allem in Kapiteln 2.5 und 2.6 auf die Grundlagen des sportlichen Trainings und der Trainingsmethoden zur Kraftentwicklung eingegangen werden. Diese Ausführungen sollen dazu beitragen, die im Versuch gewählte Trainingsmethode verständlich zu machen.

2.4.1 Die Trainingsdefinition

Sportliches Training wird folgendermaßen definiert:

„Sportliches Training ist die komplexe planmäßige und sachorientierte Einwirkung auf die sportliche Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft durch Trainingstätigkeit des Sportlers und Führungs- und Lenkungsmaßnahmen von Trainern mit dem Ziel, die Leistungsbereitschaft zu steigern bzw. zu stabilisieren“ (Schnabel & Thieß, 1993, 2. Bd., S. 867).

2.4.1.1 Das Krafttraining

Stemper (2003) bezeichnet das Krafttraining allgemein als eine Form des Fitness-, Gesundheits- oder Leistungstrainings, dass z. B. an Maschinen mit einstellbaren Widerständen absolviert wird. In erster Linie zielt dieses Training auf die Verbesserung der motorischen Grundeigenschaft Kraft (Kraftfähigkeiten) ab, womit auch die Entwicklung der Skelettmuskulatur einhergeht. In Abhängigkeit von der Trainingsgestaltung und Planung sind jedoch ebenfalls die Verbesserung weiterer motorischer Eigenschaften (Ausdauer, Beweglichkeit, Koordination) und die Beeinflussung physischer und anthropometrischer Parameter möglich (vgl. Stemper, 2003).

2.4.1.2 Anwendungsfelder von Krafttraining

Die Formen und Anwendungsbereiche von Krafttraining sind heutzutage sehr vielschichtig. Krafttraining findet seine Anwendung im Breiten- und Leistungssport, in der Prävention (Vorbeugung von Erkrankungen z.B. des Muskel-Skelett-Systems durch eine ausreichend entwickelte Muskulatur) und in der Rehabilitation (Nachbehandlung von Erkrankungen durch einen raschen Wiederaufbau der Muskulatur) oder auch nur zur Ausbildung von Körper und Figur (vgl. Stemper, 2003; Siewers, 2000; Scheid & Prohl 2004).

2.5.1 Trainingsprinzipien

Die Verwirklichung der mit einem Krafttraining verbundenen Trainingsziele ist neben individueller genetischer Voraussetzungen in hohem Maße von einem angemessenen und gut geplanten Training abhängig. Im Folgenden sollen die wichtigsten Trainingsprinzipien (richtungweisende, praktisch orientierte Grundsätze) in Bezug auf das Krafttraining dargestellt werden, welche die trainingsmethodischen Richtlinien festlegen.

Hierzu zählen:

- Das Prinzip der Superkompensation
- Das Prinzip der optimalen Relation von Belastung und Erholung
- Das Prinzip der progressiven Belastungssteigerung
- Das Prinzip der Belastungsvariation
- Das Prinzip der Regelmäßigkeit des Trainings
- Das Prinzip der Individualisierung

2.5.1 Das Prinzip der Superkompensation

Das sportliche Training nutzt bei dem Ziel, die Leistungsbereitschaft zu steigern bzw. zu stabilisieren besonders auch das Prinzip der Superkompensation. Allgemein beschreibt der Begriff „Superkompensation“ die Fähigkeit des Körpers, sich nach erschöpfenden Belastungen den erhöhten Anforderungen anzupassen. Ein gutes Beispiel ist die Hornhautbildung nach mehrmaligem Training mit freien Gewichten (Hanteln) bzw. bei geführten Übungen (Maschinen). Dabei werden durch Reiben an z. B. der Hantel, Hautschichten der Handinnenfläche zerstört. Der erhöhte Verschleiß veranlasst den Organismus, das vernichtete Gewebe nicht nur zu erneuern (zu kompensieren), sondern vorbeugend durch den zusätzlichen Aufbau von Hornhaut zu verstärken (zu superkompensieren). Die Schwielenbildung ist also ganz offensichtlich eine Schutzmaßnahme des Organismus gegenüber erneuten zerstörerischen Belastungen.

Nicht anders sind Kraftzuwachs und Muskelwachstum als biologische Anpassungen an ein Krafttraining zu verstehen (vgl. Bredenkamp & Hamm, 1998). Die Muskelkraft nimmt zu, weil der Körper sich mit den höheren Belastungen entwickelt, um den zukünftig erwarteten Anforderungen standzuhalten (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

In der trainingsmethodischen Literatur wird das so genannte Superkompensationsprinzip besonders über die zeitliche Beziehung zwischen Trainingsbelastung, anschließender Ermüdung und folgender leistungssteigernder Erholung aufgezeigt (vgl. Röthig, Becker, Carl, Kayser & Prohl, 1992). Entsprechend dieses Grundprinzips befindet sich der Körper normaler Weise in einem Zustand des biochemischen Gleichgewichtes, welches als Homöostase bezeichnet wird. Durch Belastung im Training wird dieses Gleichgewicht gestört, es

werden biomechanische Substanzen (z. B. Glykogen) abgebaut. Diese Störung ist der auslösende Reiz für die Anpassung des Organismus mit folgender Leistungssteigerung über das Ausgangsniveau hinaus. Folgende Abbildung veranschaulicht das Modell der Superkompensation (vgl. Bredenkamp & Hamm, 1998).

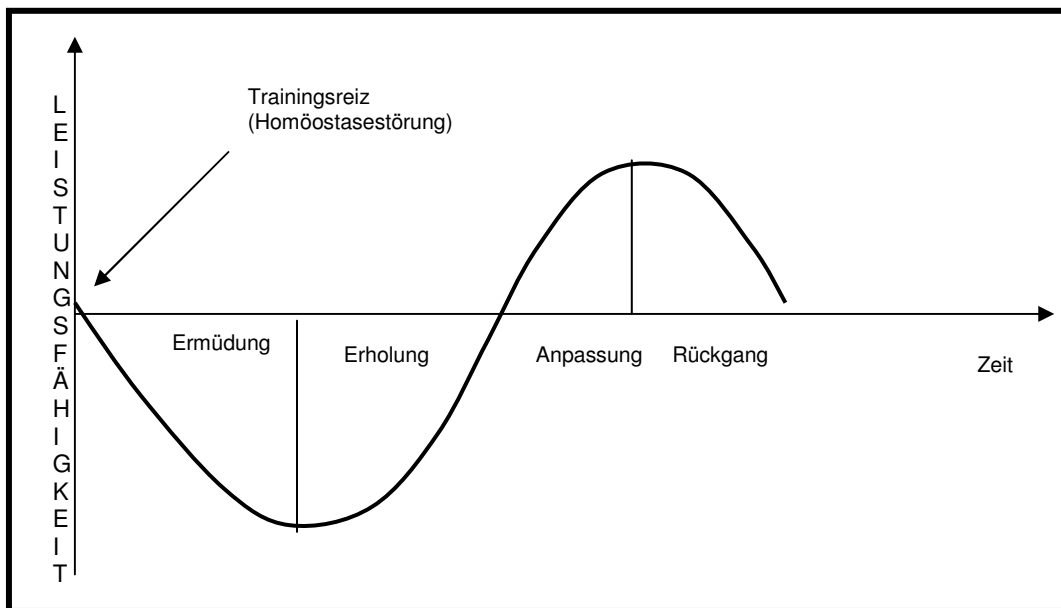


Abb. 22: Das Grundprinzip des Trainings (Modell der Superkompensation) nach Bredenkamp & Hamm, 1998, S. 105

Optimal kann dieser Schutzeffekt des Körpers im Training genutzt werden, wenn ein erneuter Trainingsreiz im höchsten Punkt der Anpassung gesetzt wird. Damit spielen optimale Pausenintervalle zur Anhebung des Leistungsniveaus eine entscheidende Rolle. Zu kurze Pausen können schnell zu Übertraining, also zu einer Stagnation oder einem Abbau der Leistung führen. Bei zu langen Erholungspausen sinkt die Leistungsfähigkeit zurück bis auf das Anfangsniveau, bevor der nächste Trainingsreiz gesetzt wird (vgl. ebenda).

Aus diesem Beispiel wird ersichtlich, dass die Trainingsmethoden zum Erreichen einer verbesserten Leistung recht unterschiedlich sein können. Der Schlüssel zum Erfolg liegt demnach eindeutig im richti-

gen Timing von Belastung und Erholung. Nach einer Belastung sollte also im Optimalfall eine genau terminierte Pause erfolgen.

2.5. 2 Das Prinzip der optimalen Relation von Belastung und Erholung

Im Krafttraining ist die Gestaltung der Belastung und Erholung im besonderen Maße von der individuellen Leistungsfähigkeit (Trainingszustand, Trainingsalter, Belastbarkeit) und von der Trainingsdurchführung abhängig. Der Zusammenhang hinsichtlich der Trainingsauswirkung von Belastung und Erholung spielt sowohl während der Trainingseinheit als auch zwischen den unterschiedlichen Trainingseinheiten eine wichtige Rolle.

In der Fachliteratur findet man mit Ausnahme des reaktiven Trainings keine Untersuchungen mit größeren Probandenzahlen über die angemessene Pausendauer zwischen den Sätzen und Übungen. Je nach Trainingsmethode und Trainingsziel haben sich in der Praxis Pausenzeiten zwischen einer Minute und sechs Minuten herauskristallisiert. Bei statischen Übungen (z.B. Haltearbeit 6-8 Sek.) oder beim Zirkeltraining (z.B. Kraftausdauertraining) oder auch bei Kombinationen von zwei bis drei Übungen (Übungen mit unterschiedlicher muskulärer Beanspruchung) können die Pausen auch kürzer als eine Minute sein. In der Trainingspraxis wird die Pausenlänge in der Regel vom Trainierenden nach den subjektiven Belastungsempfindungen gestaltet, das heißt die neue Serie oder Übung wird normalerweise dann begonnen, wenn der Trainierende das Gefühl hat, das es jetzt sinnvoll ist, das Training fortzuführen (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Auch bei der zeitlichen Verteilung der einzelnen Trainingseinheiten müssen notwendige Regenerationszeiten beachtet werden. Dabei ist die Länge der Pause zwischen den Trainingstagen vor allem von der Trainingsintensität, vom Trainingsumfang und von der trainierten Muskelgruppe abhängig (vgl. Zatsiorsky, 1996; Boeckh-Behrens & Buskies, 2005). Bei ein- bzw. zweimaligem Training pro Woche reicht eine Regenerationszeit von drei bis sieben Tagen zwischen den Trainingstagen aus. Bei dreimaligem Training pro Woche (z. B. montags, mittwochs, freitags) kann bei sehr intensiver Beanspruchung der gleichen Muskelgruppen die Regenerationszeit von zwei Tagen im Einzelfall bei längeren Trainingsphasen schon zu kurz sein. Abhilfe bieten Split-Programme (Training der einzelnen Muskelgruppen wird auf verschiedene Trainingstage verteilt) mit deren Hilfe das Training optimiert werden kann (vgl. ebenda). Zatsiorsky (1996) betrachtet die Regenerationsphasen aus Sicht der Größe der Muskelgruppen. Näheres dazu im Kapitel 2.6.5 „Die Trainingshäufigkeit“.

2.5.3 Das Prinzip der progressiven Belastungssteigerung

Da während eines Krafttrainings in der Regel die Kraft eines Muskels zunimmt, sollten auch die gewählten Gewichte (Widerstände) in Abhängigkeit vom Trainingsziel und der individuellen Belastbarkeit dem neuen Leistungsniveau angepasst werden. Diese Anpassung bzw. Steigerung der Belastung kann kontinuierlich oder sprunghaft erfolgen. Vor allem im gesundheitsorientierten Bereich (Rehabilitation, Prävention, gesundheitsorientiertes Fitnesstraining) und beim Trainingsanfänger erfolgt die Belastungserhöhung kontinuierlich durch eine Erhöhung der Trainingsgewichte in kleinen Schritten mit zunehmender Leistungsverbesserung. Dies ist sinnvoll, um Überlastungen des Bewegungsapparates zu vermeiden. Im Leistungssport

dagegen erfolgt die Steigerung der Belastung zeitweise auch sprunghaft, d.h., die Beanspruchung (z. B. die Belastungsintensität) wird deutlich erhöht, um den Muskel zu „schocken“. Dabei ist zu beachten, dass die Belastungssprünge die Belastbarkeit des Muskels nicht überschreiten (vgl. Fleck & Kraemer, 1997; Gottlob, 2001; Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

2.5.4 Das Prinzip der Belastungsvariation

Gleich bleibende Trainingsanforderungen führen (durch Belastungsanpassung) zu einer immer geringeren Belastung des Organismus und damit zu einer Stagnation der Leistungssteigerung bzw. Kraftentwicklung. Sollen weitere Kraftsteigerungen erreicht werden, muss der Muskel spätestens alle drei Monate „irritiert“ werden. Ziel sollte immer eine systematische Steigerung / Erhöhung der Trainingsbelastung durch neue Trainingsinhalte sein.

Diese Veränderung kann wie folgt ablaufen:

- Steigerung der Trainingseinheiten pro Woche
- Steigerung der Belastungsintensität
- Erhöhung der Serienzahlen pro Übung (z. B. beim Trainingseinsteiger von ein bis zwei Sätzen auf drei Sätze nach vier bis sechs Wochen)
- Veränderung der Wiederholungszahl in Serie
- Veränderung der Übungsauswahl, der Übungsdurchführung oder Ausgangsstellung, Auswahl einer neuen Top-Übung für die jeweilige Muskelgruppe
- Veränderung der Geschwindigkeit bei der Bewegungsausführung (statt ein mittleres ein langsames Bewegungstempo)

- Periodisierung des Trainings bei mehreren Trainingseinheiten in der Woche (z. B. Wechsel zwischen intensivem und weniger intensivem Training)
- Anwendung von speziellen Fortgeschrittenen- und Bodybuildingprinzipien

Eine Belastungsvariation erfolgt in der Regel immer in der Phase, in der sich der Organismus der aktuellen Trainingsbelastung angepasst hat. Hierbei ist zu beachten, dass eine enge Abhängigkeit von Belastungsintensität und Belastungsumfang besteht. So führt eine Steigerung des Belastungsumfangs bei geringer Intensität in der Regel zu einer erhöhten Belastungsverträglichkeit mit hohem Festigkeitsgrad. Die verbesserte Belastungsverträglichkeit wird als notwendige Basis für eine effektive Steigerung der Belastungsintensität angesehen. Bei hoher Trainingsintensität mit geringem Umfang wird ein schneller, aber weniger lang anhaltender Leistungszuwachs erzielt (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

2.5.5 Das Prinzip der Regelmäßigkeit des Trainings

Es ist mittlerweile bekannt, dass ein regelmäßiges Training (möglichst ein Leben lang) notwendig ist, um ein vorhandenes Kraftniveau zu erhalten bzw. zu verbessern.

Leistungsstagnationen treten auf bei:

- Trainingsunterbrechungen
- langen Pausen zwischen den Trainingstagen (z.B. Training nur alle zwei bis drei Wochen)
- unregelmäßigem Training
- gleichförmigem Training (s. Kapitel 2.5.4)

- unterschwelligem Training bzw. zu geringer Belastungsintensität für ein gegebenes Leistungsniveau

2.5.6 Das Prinzip Individualisierung

Ein Ziel im Krafttraining liegt in der individuellen Gestaltung des Trainings unter Beachtung der individuellen Besonderheiten des Trainierenden. Um einen optimalen Trainingserfolg zu erzielen, sind folgende Faktoren mit in die Trainingsplanung einzubeziehen (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005):

- Individuelle Trainingsziele (z. B. Muskelaufbau)
- Individuelle Belastungsverträglichkeit (Auswahl von z. B. Wirbelsäulen schonenden Übungen)
- Biologisches Alter (unterschiedliche Belastungsdosierung)
- Trainingsalter, Trainingsvorerfahrungen, Trainingszustand
- Geschlecht
- Genetische Voraussetzungen

Die soeben näher betrachteten Trainingsprinzipien werden in dieser Arbeit als Orientierungsgrundlage für den im Kapitel 3. beschriebenen Versuch dienen.

2.6 Die Belastungsnormative im Krafttraining

Die Belastungsnormative sind die Beschreibungsgrößen der Trainingsbelastung und damit der Trainingsmethode. Mit der Hilfe von Belastungsnormativen wird bestimmt, wie intensiv, wie umfassend, wie lange, mit welchen Pausen und wie oft Trainingsinhalte realisiert werden. Zu den wichtigsten Belastungsnormativen im Krafttraining zählen:

- Belastungsintensität
- Belastungsdauer
- Belastungsumfang
- Belastungsdichte
- Trainingshäufigkeit

Eine Kombination bzw. Variation dieser Parameter führt zu verschiedenen Trainingsmethoden, mit denen unterschiedliche Trainingsziele (Muskelaufbau, Kraftausdauer) erreicht werden können (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

2.6.1 Die Belastungsintensität

Aus der Anzahl der maximal möglichen Wiederholungen beim Heben eines Gewichtes lässt sich die Belastungsintensität (Trainingsintensität) bestimmen. So arbeitet ein Sportler, der sein Gewicht lediglich einmal zur Hochstrecke bringen kann, im 100 %-Bereich. Auch wenn sich in diesem Punkt alle einig sind, werden die Abstufungen nach unten in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben (vgl. Bührle, 1985; Feser, 1977; Grosser, 1989; Letzelter, 1978; Stemper & Wastel 1995; Weineck, 1997; Stemper & Wastel 1995; Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Die Wiederholungszahl bei einer Belastungshöhe von 80 % schwankt in diesen differierenden Lehrmeinungen zwischen sechs und zehn. Bei maximal 10 – 20 Wiederholungen liegt die Leistungsintensität im Bereich zwischen 60 und 70 %. In der Praxis hat sich jedoch eine Steuerung der Trainingsintensität über Prozentangaben, ausgehend von der Maximalkraft, als problematisch erwiesen (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

So zeigten Untersuchungen bei Sportstudenten, dass bei Vorgaben in Prozent (70%) und daraus resultierender angenommener Wiederholungszahl (10 - 12 Wiederholungen) unterschiedliche Wiederholungsmaxima erreicht wurden. So realisierte beispielsweise ein Proband bei einer Intensität von 70% bei der Übung Beinpressen 13 Wiederholungen, ein anderer erreichte bei gleicher Intensität 61 Wiederholungen. Beim Erfassen des Trainingsgewichtes spielten wahrscheinlich noch Komponenten wie intermuskuläre Koordination, Veränderung der Technik an der Beinpresse bei Übergang von absoluten Höchstwerten (100 %) zu submaximalen Wiederholungszahlen, Trainingserfahrung mit dem Gerät sowie Lern- und Motivationseffekte eine nicht unwichtige Rolle. Ein praxisnaher Weg ist daher die Steuerung der Belastung bei der Mehrzahl der Trainierenden über die Wiederholungszahl in einer Serie. Es ist demzufolge besser und möglicherweise genauer, ein Gewicht (je nach Trainingsziel z.B. 10-12 Wiederholungen), welches für ein Training als Ausgangsgewicht dienen soll, über Ausprobieren mit exakt gleichen Wiederholungszahlen zu ermitteln (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

2.6.2 Die Belastungsdauer

Die Belastungsdauer (Reizdauer) im Krafttraining gibt an, wie lange eine einzelne Kraftübung als Bewegungsreiz auf den Muskel wirkt. Somit bezieht sich die Belastungsdauer auf die Zeitspanne einer Serie (Satz) bzw. einer Wiederholung. Dauert eine Serie mit 15 Wiederholungen z.B. 30 Sekunden, so kennzeichnet dies die Belastungsdauer (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

2.6.3 Der Belastungsumfang, Trainingsumfang

„Der Belastungsumfang (Reizumfang) stellt die Gesamtmenge an Belastungsreizen bzw. der bewältigten Last in Kilogramm bei einer Übung dar, der Trainingsumfang die bei einer Trainingseinheit“ (Boeckh-Behrens & Buskies, 2005, S. 33).

Im Krafttraining wird der Belastungsumfang in der Regel in Kilogramm (Kg) der bewältigten Last (Gewicht) angegeben. So ergibt sich z. B. bei der Übung Bankdrücken mit drei Sätzen zu je 10 Wiederholungen und einem Trainingsgewicht von 50 Kg ein Belastungsumfang von 1500 Kg (3 (Sätze) x 10 (Wiederholungen) x 50 Kg). Der Trainingsumfang errechnet sich aus Satzzahl, Wiederholungszahl und Intensität (in Kg) aller Übungen in einer Trainingseinheit (vgl. ebenda).

Der Trainingsumfang wird nach sportartspezifischen Gesichtspunkten definiert. So ist es im Dauerlauf üblich, den Trainingsumfang durch Angabe der zurückgelegten Kilometer zu quantifizieren, im Wasserspringen durch Angabe der Anzahl der realisierten Sprünge und im dynamischen Krafttraining durch Angabe der gehobenen Lasten (vgl. Röthig, Becker, Carl, Kayser & Prohl, 1992).

Zatsiorsky (1996) nennt Beispiele für Sportler mit dem Ziel der Muskelhypertrophie, um in einer höheren Gewichtsklasse starten zu können, die pro Trainingseinheit 20 bis 30 t und in einigen Fällen sogar über 50 t pro Tag zur Hochstrecke bringen.

Die Anzahl der zu trainierenden Wiederholungen pro Trainingsgerät schwankt in der Trainingslehreliteratur ähnlich stark wie die Anzahl der Sätze bei einer bestimmten Belastungsintensität (vgl. Letzelter, 1978, Bühle, 1985; Grosser, Ehlenz, Griebel & Zimmermann, 1996; Zatsiorsky, 1996; Weineck, 2004).

So schlagen Boeckh-Behrens & Buskies (2005), auf die ich mich in dieser Arbeit gestützt habe, für ein Maximalkrafttraining 1 - 3 (-7) Wiederholungen bei 3 - 7 Sätzen (je nach Leistungsstand) und für einem Hypertrophietraining (Methode submaximaler Krafteinsätze bis zur Erschöpfung) 4 - 8 / 8 - 12 / 12 - 20 Wiederholungen bei 1 - 3 Sätzen (Anfänger) und 3 - 6 Sätzen (Fortgeschrittene) vor. Auf die Hypertrophiemethode mit der Wiederholungshäufigkeit 8 - 12 von Boeckh-Behrens & Buskies wird in dieser Arbeit zurückgegriffen.

2.6.4 Die Belastungsdichte

Die Belastungsdichte (Reizdichte) ergibt sich aus dem zeitlichen Verhältnis von Belastung und Erholung während einer Trainingseinheit. Im Krafttraining wird die Belastungsdichte wesentlich durch die Pausenzeiten zwischen den Sätzen bestimmt. Die Pausenzeiten sind abhängig von der individuellen Leistungs- und Erholungsfähigkeit, der Belastungsdauer und der gewählten Trainingsmethode. Bis auf das Reaktivkrafttraining gibt es momentan keine wissenschaftlich verwertbaren Erkenntnisse in Bezug auf die optimale Pausenlänge (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Die Pausendauer gängiger Trainingsmodelle zur Kraftverbesserung durch Muskelhypertrophietraining liegt bei 2–3 Minuten. Eine superkompensatorische Erholung der Probanden ist nach dieser Pause gewährleistet, so dass der nächste Satz auf einem optimalen Anpassungslevel durchgeführt werden kann (vgl. Bührle, 1985). Boeckh-Behrens & Buskies schlagen für die Hypertrophietrainingsmethode je nach Leistungsniveau, Trainingsziel, Übungsfolge, Trainingsumfang und subjektivem Wohlbefinden eine Pause von 0,5 - 5 Minuten vor. In dem in dieser Arbeit durchgeführten Versuch erfolgt die Orientierung an gängigen Trainingsmodellen zur Muskelhypertrophie (vgl.

Bührle, 1985; Schmidtbleicher, 1987; Letzelter & Letzelter, 1993; Güllich & Schmidtbleicher, 2000). Die Pausendauer zwischen den Sätzen wird daher auf 2 Minuten festgelegt.

2.6.5 Die Trainingshäufigkeit

„Die Trainingshäufigkeit gibt die Anzahl der wöchentlichen Trainingseinheiten an“ (Ehlenz, Grosser, Zimmermann & Zintl, 1995, S. 138). Die Trainingshäufigkeit richtet sich nach der Trainingszielsetzung und dem individuellen Trainingszustand. Bei Untrainierten reicht ein einmaliges Training in der ersten Trainingsphase aus, um eine Leistungsverbesserung zu erreichen. Fortgeschrittene hochtrainierte Sportler brauchen teilweise mehr als drei Trainingstage pro Woche um ihre Leistungsfähigkeit auszubauen (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Die Trainingshäufigkeit ist sehr stark von der Erholungszeit der jeweiligen Muskelgruppen abhängig. Je nach Muskelgröße variiert die Erholungszeit nach Maximalkraftübungen. Da bei kleinen Muskelgruppen wie z. B. der Wadenmuskulatur die Wiederherstellungszeit weniger als 12 Stunden beträgt, können diese Muskeln täglich trainiert werden. Dagegen benötigen große Muskelgruppen (z.B. Rückenmuskulatur) Erholungspausen von bis zu 48 Stunden. Bei Kniebeugen werden sogar 72 – 96 Stunden veranschlagt. Kniebeugen (z.B. an der Hackenschmidt-Maschine) werden deshalb in der Regel nur 2 Mal pro Woche trainiert. Beweise hierfür geben Spitzen-Gewichtheber, die Kniebeugen vorn oder hinten bis zu 2 Mal wöchentlich ausführen (vgl. Zatsiorsky, 1996).

2.6.6 Die zeitliche Bewegungsausführung des Trainings

Um den Muskel optimal trainieren zu können, müssen effektive Bewegungsgeschwindigkeiten gewählt werden. So konnte festgestellt werden, dass ein Training mit schnell ausgeführten Bewegungen zu signifikant höheren Maximalkraftwerten führt als ein Training mit langsameren Bewegungsausführungen (vgl. Krüger, 1996). Will man Bewegungen im Training standardisieren, müssen die Bewegungsgeschwindigkeiten einheitlich sein (s. Kapitel 2.3.1).

2.6.7 Zwei- und dreidimensionale Bewegungsausführungen

Beim Krafttraining werden unterschiedliche Bewegungsvariationen verwendet. Es wird unterschieden zwischen beidseitig, einseitig nacheinander, einseitig alternierend, zwei- oder dreidimensional sowie nachgebend oder überwindend.

Unter zweidimensionalen Bewegungen werden Bewegungsausführungen verstanden, die an speziellen Kraftmaschinen (z.B. Hackenschmidt-Maschine) ausgeführt werden. Bei dreidimensionalen Bewegungsausführungen wird dagegen das Trainieren mit freien Gewichten, z.B. Kniebeugen mit einer Hantelstange vorgenommen (vgl. Strack, 1998).

In eigenen Untersuchungen (Kraus, 1998) konnten keine signifikanten Unterschiede (nach einem 6-wöchigen Training) bei der Gegenüberstellung von zwei Gruppen mit unterschiedlichen (zwei bzw. dreidimensionalen) Bewegungsausführungen im Vergleich der Kraftwerte festgestellt werden.

2.7 Ein-Satz- versus Mehr-Satz- Training

Die Frage der Effektivität eines Ein-Satz-Trainings im Vergleich zur Effektivität eines Mehr-Satz-Trainings ist in der sportwissenschaftlichen Literatur ausführlich und kontrovers behandelt worden (vgl. Wolfe, 2004). Das große Problem ist hierbei die fehlende einheitliche Definition des Ein-Satz-Trainings (vgl. Heiduk, Preuß & Steinhöfer, 2002). Bei der Betrachtung des Ein-Satz-Trainings wird ersichtlich, dass zwei unterschiedliche Definitionsansätze in der Sportwissenschaft existieren (vgl. ebenda).

Eine weniger beanspruchende Form für Anfänger und Fitness-Sportler des so genannten „Ein-Satz-Training“ propagieren Kieser (1998) und Schlumberger & Schmidtbleicher (1999). Eine - im Sinne der muskulären Ausbelastung - hoch intensive Ausprägung des Ein-Satz-Trainings für leistungsorientierte Fitness-Sportler und Bodybuilder wird von Philipp (1999 a, b) und Gießing (2000) vorgeschlagen.

Kieser (1998) gibt keine eindeutige Definition für das Ein-Satz-Training. Er weist lediglich darauf hin, dass es nicht notwendig sei, mehr als einen Satz auszuführen. Ob pro Muskelgruppe oder pro Übung, lässt er offen. Auch Philipp (1999 a, b) bleibt in seinen Beiträgen eine eindeutige Definition des Ein-Satz-Trainings schuldig. Philipp (1999 b) sieht das Einsatztraining als einen Satz bis zur objektiven Ausbelastung mit Hilfe entsprechender Strategien (Teilwiederholungen oder Negativwiederholungen, Intensivwiederholungen, Gewichtsreduktion oder isometrische Kontraktion).

Gießing (2000) betrachtet das Einsatztraining aus der Sicht des Bodybuildings. Er betont, dass der Muskel beim Einsatztraining über den Punkt des momentanen Muskelversagens hinaus belastet werden muss. Gießings Verständnis des Ein-Satz-Trainings beinhaltet

u. a., „dass nicht nur ein Satz pro Übung, aber nicht unbedingt nur eine Übung ausgeführt wird“ (Gießing, 2000, S.23).

Schlumberger & Schmidtbleicher (1999) geben die erste Definition des Ein-Satz-Trainings (vgl. Heiduk, Preuß & Steinhöfer, 2002).

„**Einsatztraining** bedeutet, dass pro Muskelgruppe bei einer bestimmten Übung ein Satz mit 8-12 Wiederholungen bis zur Muskelererschöpfung ausgeführt wird“ (Schlumberger & Schmidtbleicher, 1999, S. 9).

Bei näherer Betrachtung der zuvor aufgeführten Publikationen wird ersichtlich, dass es keine allgemeingültige Definition des Begriffes „Einsatztraining“ gibt (vgl. Heiduk, Preuß & Steinhöfer, 2002).

Es lassen sich zusammenfassend Unterschiede feststellen

- bezüglich des Grades der muskulären Erschöpfung, der am Ende eines Satzes bei einem Einsatztraining erreicht werden soll, und
- hinsichtlich der Anzahl der durchzuführenden Übungen.

Die Ausbelastung als Belastungsabbruchkriterium kann als entscheidender Unterschied zwischen den Konzepten des Ein-Satz-Trainings verstanden werden. Mit der Ausbelastung als Belastungsabbruchkriterium einher geht eine unterschiedliche Muskelfaserrekrutierung und Ausschöpfung der Energiespeicher (vgl. Heiduk, Preuß & Steinhöfer, 2002).

Differenziert wird in den verschiedenen Konzepten zwischen

- a) subjektiver Erschöpfung ohne Ausbelastungsstrategien, d.h. Ein-Satz-Training bis zur Muskelererschöpfung bzw. bis keine vollständige Bewegung mehr möglich ist (vgl. Kieser, 1998; Schlumberger & Schmidtbleicher, 1999) und

- b) objektiver Ausbelastung mit Hilfe von entsprechenden Ausbelastungsstrategien (vgl. Philipp, 1999a, b; Gießing, 2000).

Unterstützt wird diese Differenzierung durch die Anzahl der durchgeführten Übungen pro Muskelgruppen. Folgende Zuordnung erscheint sich nach Heiduk, Preuß & Steinhöfer (2002) als sinnvoll zu erweisen:

1. **Ein-Satz-Training (EST)** – Einen Satz pro Übung und Muskelgruppe bis zur subjektiven Muskelererschöpfung ohne Ausbelastungsstrategien.
2. **Ein Satz** (bis zwei Sätze) pro Übung mit evt. mehreren Übungen pro Muskelgruppe bis zur objektiven Erschöpfung durch entsprechende Strategien ordnen Heiduk, Preuß & Steinhöfer (2002) in Anlehnung an Johnston (2000); Leistner (2000); Piche (2000) und Weingarten (2000) dem **High Intensity Training (HIT)** zu.

Beide Konzepte haben ein deutlich geringeres **Trainingsvolumen** (Satzzahl x Wiederholungszahl x Last) als das klassische Mehrsatztraining. In angloamerikanischen Ländern werden diese beiden zuvor aufgeführten Positionen daher auch unter dem Begriff „**Low volume training**“ (**LVT**) betrachtet (vgl. Carpinelli & Otto, 1998; Harris, 2000).

Ein hohes Trainingsvolumen kennzeichnet hingegen das **Mehr-Satz-Training**, das inzwischen auch als „**High volume training**“ (**HVT**) bezeichnet wird. Es werden mindestens drei Sätze pro Übung bis zur Muskelererschöpfung absolviert. Dabei können sowohl pro Muskelgruppe eine als auch mehrere Übungen mit Hilfe von Ausbelastungsstrategien durchgeführt werden (vgl. Schlumberger & Schmidtbleicher, 1999; Baechle, Earle & Wathen, 2000).

Zwischen den Trainingsformen besteht ein fließender Übergang. Allerdings ist aufgrund der begrifflichen Trennung eine klare Abgrenzung notwendig (vgl. Heiduk, Preuß & Steinhöfer, 2002).

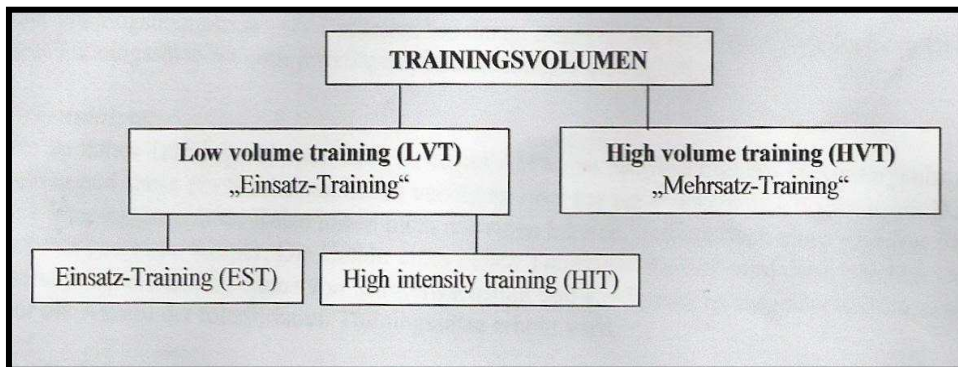


Abb. 23: Unterteilung der Trainingsformen anhand der Trainingsvolumina (Heiduck, Preuß & Steinhöfer, 2002, S. 5).

Die nachfolgende Untersuchung (Kapitel 3.) orientiert sich im Training an das in Abb. 23 und im Vorfeld erwähnte und definierte Einsatz-Training und an dem ebenfalls definierten Mehr-Satz-Training. Da bei dieser Studie neben Fortgeschrittenen auch Anfänger untersucht werden und da bei einem Einsatz von Ausbelastungskriterien noch zusätzliche Helfer erforderlich sind, wird in der an den Theorie-teil anschließenden Studie auf Ausbelastungskriterien verzichtet. Das ausgewählte Training der Untersuchung erfolgt bis zum Punkt der subjektiven Muskelerschöpfung.

2.7.1 Die Datenbasis

Die Frage wie viele Sätze beim Krafttraining zur optimalen Kraftentwicklung führen, beschäftigt die Sportwissenschaft schon seit langem. Auf der Grundlage einiger nachfolgend erwähnter Untersuchungen zu dieser Thematik mit unterschiedlichen Ergebnissen haben sich in der sportlichen Praxis zwei Lager gebildet. Auf der einen Seite stehen die Vertreter des Mehr-Satz-Trainings, auf der anderen die Verfechter des Ein-Satz-Trainings (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Dudley (1991); Granhed, Johnson & Hansson (1991); McGee, Jesse, Stone & Blessing (1992); Gotshalk, Loebel, Nindl, Putukian, Sebastianelli et al. (1997); Marx, Kraemer, Nindl, Gotshalk, Duncan et al. (1998); Sandborn, Boros, Hruby, Schilling, Johnson et al. (2000) sprechen anhand eigener Studien von Vorteilen eines Mehr-Satz gegenüber einem Ein-Satz-Training.

In ihren Untersuchungen ergaben sich folgende Ergebnisse, die laut ihrer Aussage für ein Mehr-Satz-Training sprechen:

- Deutlich höhere Kraftgewinne
- Deutlich höhere Zunahme Muskelquerschnitts
- Längerer Erhalt der erreichten Kraftwerte nach Trainingspausen oder -ende
- Größere hormonelle Auslenkungen bzw. Ausschüttung
- Höhere Schnellkraftwerte
- Vielfältigere Koordinationsreize
- Leistungsfähigere Beweglichkeit
- Wesentlich verbesserte Adaptation der passiven Strukturen, insbesondere ein differenzierterer und umfangreicherer Knochenaufbau
- Verbesserte lokale Kapillarisation
- Schneller Abbau von prozentualem Körperfett

Berger (1962), Stowers (1983), Kraemer (1997) und Kramer (1997) favorisieren ebenfalls ein Mehr-Satz-Training. Rhea, Alvar, Ball & Burgett (2002) sprechen anhand eigener Studien zur Kraftentwicklung von einer Überlegenheit des Drei-Satz-Trainings gegenüber dem Ein-Satz-Training. Im Gesundheitssektor dagegen sind ihrer Meinung nach Trainingsprogramme mit nur einem Satz und entsprechend hohem Level völlig ausreichend.

Auch Gottlob (2001) ist ein Verfechter des Mehr-Satz-Trainings:

„ Es liegt auf der Hand, dass u. a. Trainingsvolumina, Vielfalt an Belastungsgeometrien und die Varianz der Belastungshöhen und-qualitäten beim Ein-Satz-Training einfach zu kurz kommen“ (S. 153).

Gießing (2004) dagegen macht sich in seinen Veröffentlichungen für ein Ein-Satz-Training „stark“.

„Inzwischen liegen mehrere Studien vor, die keine signifikanten Unterschiede zwischen einem Satz oder mehreren Sätzen pro Übung zeigten, d.h. mit nur einem Satz konnten die gleichen Kraft- und Muskelzuwächse erreicht werden wie mit zwei bis drei Sätzen“ (Gießing, 2004, S. 45).

Einen Beweis für die vorangestellte These von Gießing (2004) liefern seiner Meinung nach mehrere Untersuchungen, die im Vergleich zwischen einem Ein- und Mehr-Satz-Training (Muskelaufbau, Kraftverbesserung) keine signifikanten Unterschiede erzielten. Beispielhaft zu nennen sind hier die Untersuchungen von Sylvester, Stiggins, MCGown & Bryce (1982); Westcott (1986); Graves (1991); Welsch, Brechue, Pollock, Starkey, Graves et al. (1994); Starkey, Pollock, Ishida, Welch, Brechue et al. (1996); Feigenbaum & Pollock (1997); Hass, Garzarella, De Hoyos & Pollock (1998); Hass, Garzarella, De Hoyos & Pollock (2000).

2.7.2 Der Faktor Trainingsintensität

Gegner des Ein-Satz-Trainings kritisieren vor allem die nicht genügende Berücksichtigung des Faktors Intensität (vgl. Gottlob, 2001). Das Ein-Satz-Training entspräche bezüglich der Intensität einem klassischen Hypertrophietraining (8 - 12 Wiederholungen bis zur Erschöpfung) (vgl. Scheid & Prohl, 2004). Beim Ein-Satz-Training würde jedoch pro Muskelgruppe nur ein Satz statt z. B. drei Sätze (Mehr-Satz-Training) absolviert. Begründet wird das Ein-Satz-Training damit, dass die während des Trainings erreichten hohen Muskelspannungen als Trainingsreiz für ein Muskeldickenwachstum ausreichen

(vgl. Kieser 1998; Kieser, 2003; Scheid & Prohl, 2004). Da aber neben der Muskelspannung auch der Ausschöpfung der kurzfristigen Energiespeicher ein Trainingsreiz zugeschrieben wird, sei mit einem Ein-Satz-Training nicht das gesamte Adaptationspotential auszuschöpfen (vgl. Schlumberger & Schmidtbleicher, 1999). Auf dieser Grundlage ist das Ein-Satz-Training im leistungssportlichem Bereich dem Mehrsatztraining unterlegen und daher eher als zeitsparende Alternative für den Fitnessbereich geeignet. Das Ein-Satz-Training biete sich als Trainingsmethode ebenfalls für die Aufrechterhaltung von zuvor erzielten Trainingseffekten an und spiele in der Kraftmaximierung (gegenüber dem Mehr-Satz-Training) nur eine untergeordnete Rolle (vgl. Sandborn, Boros, Hruby, Schilling, Johnson et al., 2000; Gottlob, 2001; Scheid & Prohl, 2004).

Gießing (2004) sieht diese Empfehlung als veraltet an, da inzwischen zweifelsfrei festgestellt werden konnte, dass auch ein hochintensives Training mit nur einem Satz Muskel- und Kraftzuwächse bewirkt, die mit denen des Mehr-Satz-Trainings vergleichbar sind. Zwar konnte immer noch nicht geklärt werden mit welcher Trainingsform mehr Muskelkraft entwickelt werden kann und ob dies individuell verschieden ist. Eines lässt sich seiner Meinung nach aber nicht mehr leugnen: wenn bis zum Punkt der momentanen Muskelererschöpfung trainiert würde, ließen sich mit nur einem Satz Trainingserfolge erzielen, die sich kaum vom Mehr-Satz-Training unterscheiden, wie in früheren Studien behauptet wurde.

Heiduk, Preuß & Steinhöfer (2002), die, wie bereits im Kapitel 2. 7 erwähnt, eine Unterteilung der Trainingsformen anhand des Trainingsvolumens vorgenommen haben, erzielten in einer Untersuchung von sechs männlichen fortgeschrittenen Fitnesssportlern zur Wirksamkeit der unterschiedlichen Trainingsvolumina des HIT-

Ein-Satz-Trainings und des HVT-Mehrsatztraining (Drei-Satz) in Bezug auf Muskelhypertrophie und Maximalkraft folgende Ergebnisse: Aus ihren Untersuchungen geht hervor, dass bei hohem Trainingsvolumen keine signifikant besseren Ergebnisse bezüglich der Körperzusammensetzung und Maximalkraftwerte zu erwarten sind (dies gilt für den leistungsorientierten Fitness-Sportler). Weiterhin wird deutlich, dass die Reduktion des Trainingsvolumens mit der Steigerung der **Intensität** durch entsprechende Belastungsstrategien eine effizientere Form des Krafttrainings ist, was für ein HIT oder Ein-Satz-Training spricht. Festgestellt wurde vor allem ein signifikant hoher Zeitvorteil des geringvolumigen Trainings, da dort nur mit einem Satz pro Übung trainiert wird und nicht mit drei wie im HVT. Weitere Angaben zur Auswirkung eines Krafttrainings mit niedrigem gegenüber hohem Volumen auf die Maximalkraft befinden sich auch in Heiduk & Preuß (2001).

Einige Studien endeten nicht nach dem üblichen Untersuchungszeitraum von 12 Wochen, sondern erstreckten sich über einen weitaus längeren Zeitabschnitt. Die Ergebnisse dieser Studien sind von grundlegender Bedeutung für die Trainingsplanung beim Muskelaufbautraining. Bisher wurde immer vermutet, dass ein Ein-Satz-Training für Anfänger ausreichend ist und Fortgeschrittene immer mehrere Sätze pro Übung ausführen sollten, um weiterhin einen Muskelzuwachs erzielen zu können. Langzeitstudien von Pollock aus dem Jahre 1998 kamen zu einem ganz neuen Ergebnis: Selbst nach einem Training von 25 Wochen sind keine Unterschiede bei Anfänger und Fortgeschrittenen im Muskelkraftaufbau zwischen einem Ein- und Mehr-Satz-Training zu verzeichnen. Auch wenn man nach einem Jahr Ein-Satz-Training das Trainingsvolumen auf drei Sätze pro Übung erhöht, lassen sich keine höheren Muskelzuwächse im Vergleich zu einem Training mit weiterhin nur einem Satz erzielen (vgl. Gießing, 2004).

Verdeutlicht wird dies durch eine Studie von Prof. Dr. Pollock (1998) von der Universität of Florida. In seiner Studie trainierten alle Probanden zunächst ein Jahr lang mit nur einem Satz pro Übung. Nach Ende des einen Jahres wurden die Versuchsteilnehmer dann in zwei Gruppen aufgeteilt. Während die eine Gruppe weiter mit einem Satz trainierte, steigerte die andere Gruppe den Trainingsumfang auf drei Sätze pro Trainingsübung. Alle anderen Parameter blieben unverändert. Nach weiteren 13 Wochen konnte festgestellt werden, dass die Einsatzgruppe immer noch die gleichen Trainingsfortschritte erzielte wie die Drei-Satz-Gruppe.

Die Ergebnisse von Pollock (1998); Heiduk, Preuß & Steinhöfer (2001); Heiduk, Preuß & Steinhöfer (2002) lassen die folgende Schlussfolgerung zu: Vermutungen, welche besagen, dass das Trainingvolumen mit zunehmender Trainingserfahrung erhöht werden muss, haben sich nicht bestätigt. Wenn bis zum Punkt der momentanen Muskeler schöpfung trainiert wird, können Fortgeschrittene wie auch Anfänger gleichermaßen von einem Ein-Satz-Training partizipieren. Nicht das Trainingsvolumen sondern die **Trainingsintensität** ist der entscheidende Garant für den Muskel- und Kraftaufbau (vgl. Hass, Garzarella, De Hoyos & Pollock (2000).

Dieser These gegenüber stehen gesundheitliche Vorbehalte. So ist ein Training bis zur muskulären Ausbelastung im Gesundheitsbereich (Prävention, Rehabilitation) sowie beim Trainingsanfänger wenig sinnvoll. Vor allem im Rehabilitationsbereich werden Trainingserfolge mit einer (objektiv) geringeren Trainingsintensität erreicht. So kann der einzelne Trainingssatz durchaus bei dem subjektiven Belastungsempfinden „zu schwer“ abgebrochen werden (vgl. Carpinelli & Otto, 1998; Philipp, 1999a; Schlumberger & Schmidtbleicher, 1999).

Wenn beide Trainingsprinzipien Erfolge zeigen, stellt sich die Frage, welches Prinzip optimaler ist. Gießing (2004); Boeckh-Behrens & Buskies (2005) vertreten nach wie vor die Meinung, dass für eine abschließende Aussage zur optimalen Kraftentwicklung bei der Gestaltung des Satzumfangs vor allem beim Vergleich von Anfängern und Fortgeschrittenen mit mindestens einem Jahr Trainingserfahrung noch ein erheblicher wissenschaftlicher Klärungsbedarf besteht.

In dieser Arbeit sollen Anfänger und Fortgeschrittene hinsichtlich ihrer Kraftentwicklung in Abhängigkeit von der Satzzahl miteinander verglichen werden. Es soll versucht werden, aus den Ergebnissen des in Kapitel 3. beschriebenen Versuches eine wissenschaftlich fundierte Aussage über die Kraftentwicklung in Abhängigkeit von unterschiedlichen Satzzahlen (1 bzw. 3 Sätze) zu treffen. In der Praxis trainieren Fortgeschrittene meist mit höheren Satzzahlen. Deshalb wird hier die Vermutung untersucht, ob sie damit mehr Erfolg erzielen als die Anfänger sowie der Umkehrschluss, dass beim Ein-Satz-Training der Trainingserfolg der beiden Untergruppen annähernd gleich ist. Dabei wird bei der Intensität auf eine maximale Ausschöpfung des momentanen Kraftpotentials bei der Ausführung der Testübungen Wert gelegt.

2.8 Die Forschungshypothesen

Basierend auf den vorherigen theoretischen Überlegungen werden folgende Hypothesen formuliert:

1. Die Maximalkraft eines Muskels steigt durch Maximalkrafttraining.
2. Die Absprungkraft steigt durch ein Maximalkrafttraining der Beine.
3. Drei-Satz-Training erzeugt höhere Steigerungen der Maximalkraft als Ein-Satz-Training.

4. Drei-Satz-Training erzeugt höhere Steigerungen der Absprungkraft als Ein-Satz-Training.
5. Durch Krafttraining eines Agonisten steigt ebenfalls die Maximalkraft des jeweiligen Antagonisten.
6. Die Maximalkraft des jeweiligen Antagonisten steigt stärker nach einem Drei-Satz-Training als nach einem Ein-Satz-Training.
7. Fortgeschrittene haben geringere Kraftzuwächse beim Drei-Satz-Training als Anfänger.
8. Bei einem Ein-Satz-Training gibt es keine nennenswerten Unterschiede zwischen Anfängern und Fortgeschrittenen.

Für alle oben angeführten Hypothesen gilt, dass die Kraftwerte immer von beiden Beinen gemeinsam gemessen (Hyp. 1, 3, 5, 6,7 und 8) oder die Werte von links und rechts addiert (Hyp. 2 und 4) werden sollen.

3. METHODE

3.1 Versuchsplanung

Der in dieser Arbeit beschriebene Versuch wurde mit vier Trainingsgruppen geplant (2 x Anfänger und 2 x Fortgeschrittene), welche über einen Zeitraum von 6 Wochen ein Training mit dem Ziel der Verbesserung der Maximalkraft und der dynamischen Absprungkraft durchführen sollten. Um eventuelle Unterschiede in der Kraftentwicklung bestimmter Muskeln sowie deren Gegenspieler (Antagonisten) in Abhängigkeit von der unterschiedlichen Satzzahl nachweisen zu können, war vor und nach dem Training (genauer: vor der ersten und nach der letzten zum Versuch gehörenden Trainingseinheit) eine Messung der Maximalkraft der im Training vorrangig beanspruchten Muskelgruppe sowie deren Antagonisten notwendig. Außerdem war es erforderlich, die dynamische Absprungkraft der Versuchspersonen zu ermitteln.

Die Versuchspersonen wurden bezüglich des Trainingsalters (Anfänger und Fortgeschrittene) und der Satzzahl unterschieden, mit der das Trainingsprogramm (s. Anhang B u. C) durchgeführt werden sollte. Die Gruppe A (Anfänger) und die Gruppe F (Fortgeschrittene) sollten im Ein-Satz- bzw. Drei-Satz-Training (Hackenschmidt-Maschine) je nach Zuordnung (s. Kapitel 3.3) das Training aufnehmen.

Das Training im Versuch wurde an der geführten Hackenschmidt-Maschine (s. Abb. 27) geplant, um mögliche Störgrößen in Form einer unverhältnismäßigen Kraftsteigerung durch koordinative Lerneffekte auszuschließen, von denen vor allem Anfänger bei einem Training mit freien Gewichten (z.B. Kniebeugen mit einer Hantelstange) profitieren würden.

Das Trainingsprogramm sollte bis auf die eben genannten Unterschiede im Trainingsumfang (Sätze) für alle Probanden in Bezug auf Trainingsintensität, Trainingshäufigkeit, Trainingsmethode etc. identisch sein. Aus der im Versuch gewählten Vorgehensweise beim Vergleich der vier Gruppen wurden unabhängige Variablen bestimmt, die durch die Gruppenzugehörigkeit bzw. die Satzzahl (die Gruppe A mit einem bzw. drei Sätzen trainierend, die Gruppe F ebenfalls mit einem bzw. drei Sätzen trainierend) festgelegt worden sind.

Als abhängige Variable werden folgende Ergebnisse von Kraftmessungen definiert:

- die Maximalkraftdifferenz des M. quadriceps femoris,
- die Maximalkraftdifferenz des Mm. Ischiocrurales,
- die Absprungkraftdifferenz eines Beines (rechts und links getrennt erfasst),
- die Absprungkraftdifferenz beider Beine (durch Addition beider Einzeldifferenzen),
- die Veränderung des Trainingsgewichtes im Laufe des Trainingszyklusses.

3.2 Operationalisierte und statistische Hypothesen

1.

Sowohl bei einem Ein-Satz- als auch bei einem Drei-Satz-Maximalkrafttraining des M. quadriceps femoris steigt die Maximalkraft nach einem sechswöchigen Training. Der Mittelwert der Maximalkraftmessung nach der Trainingsphase (nach Training t12) bei beiden Gruppen (A, F) ist größer als der Mittelwert vor dem Training (vor t1).

$$H_{0,1, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(A,t1)} \geq \mu_{(A,t12)}$$

$$H_{1,1, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(A,t1)} < \mu_{(A,t12)}$$

$$H_{0,2, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(F,t1)} \geq \mu_{(F,t12)}$$

$$H_{1,2, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(F,t1)} < \mu_{(F,t12)}$$

2.

Sowohl bei einem Ein-Satz- als auch bei einem Drei-Satz-Maximalkrafttraining des M. quadriceps femoris steigt die Absprungkraft nach einem sechswöchigen Training. Der Mittelwert der Maximalkraftmessung ist nach der Trainingsphase (nach Training t12) bei beiden Gruppen (A, F) größer als der Mittelwert vor dem Training (vor t1).

$$H_{0,1, \text{quadriceps, AK}}: \mu_{(A,t1)} \geq \mu_{(A,t12)}$$

$$H_{1,1, \text{quadriceps, AK}}: \mu_{(A,t1)} < \mu_{(A,t12)}$$

$$H_{0,2, \text{quadriceps, AK}}: \mu_{(F,t1)} \geq \mu_{(F,t12)}$$

$$H_{1,2, \text{quadriceps, AK}}: \mu_{(F,t1)} < \mu_{(F,t12)}$$

3.

Bei einer Trainingsgruppe, die ein Drei-Satz-Krafttraining (3S) des M. quadriceps femoris (Hackenschmidt-Maschine) durchführt, ergeben sich höhere Steigerungen zwischen einer vorher und nachher vorgenommenen Maximalkraftmessung, als bei einer anderen Gruppe die die gleiche Übung mit einem Satz (1S) durchführt.

$$H_{0,1, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(A,3S)} \leq \mu_{(A,1S)}$$

$$H_{1,1, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(A,3S)} > \mu_{(A,1S)}$$

$$H_{0,1, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(F,3S)} \leq \mu_{(F,1S)}$$

$$H_{1,1, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(F,3S)} > \mu_{(F,1S)}$$

4.

Bei einer Trainingsgruppe, die ein Drei-Satz-Krafttraining (3S) des M. quadriceps femoris (Hackenschmidt-Maschine) durchführt, ergeben sich höhere Steigerungen zwischen einer vorher und nachher vorgenommenen Absprungkraftmessung, als bei einer anderen Gruppe, die die gleiche Übung mit einem Satz (1S) durchführt.

$$H_{0,1, \text{ quadriceps, AK}}: \mu_{(A,3S)} \leq \mu_{(A,1S)}$$

$$H_{1,1, \text{ quadriceps, AK}}: \mu_{(A,3S)} > \mu_{(A,1S)}$$

$$H_{0,1, \text{ quadriceps, AK}}: \mu_{(F,3S)} \leq \mu_{(F,1S)}$$

$$H_{1,1, \text{ quadriceps, AK}}: \mu_{(F,3S)} > \mu_{(F,1S)}$$

5.

Nach einem sechswöchigen Training des M. quadriceps femoris an der Hackenschmidt-Maschine steigt ebenfalls die Maximalkraft des Antagonisten (Mm. ischiocrurales) an.

$$H_{0,1, \text{ MK ischiocrurale}}: \mu_{(A,t1)} \geq \mu_{(A,t12)}$$

$$H_{1,1, \text{ MK ischiocrurale}}: \mu_{(A,t1)} < \mu_{(A,t12)}$$

$$H_{0,2, \text{ MK ischiocrurale}}: \mu_{(F,t1)} \geq \mu_{(F,t12)}$$

$$H_{1,2, \text{ MK ischiocrurale}}: \mu_{(F,t1)} < \mu_{(F,t12)}$$

6.

Nach einem Drei-Satz-Training des M. quadriceps femoris an der Hackenschmidt-Maschine steigt die Maximalkraft des Antagonisten (Mm. ischiocrurales) stärker an als nach einem Ein-Satz-Training.

$$H_{0,1, \text{ MK ischiocrurale}}: \mu_{(A,1S)} \geq \mu_{(A,3S)}$$

$$H_{1,1, \text{ MK ischiocrurale}}: \mu_{(A,1S)} < \mu_{(A,3S)}$$

$$H_{0,1, \text{ MK ischiocrurale}}: \mu_{(F,1S)} \geq \mu_{(F,3S)}$$

$$H_{1,1, \text{ MK ischiocrurale}}: \mu_{(F,1S)} < \mu_{(F,3S)}$$

7.

Die Kraftzuwächse (MK, AK) bei der Fortgeschrittenengruppe fallen beim Drei-Satz-Training über sechs Wochen an der Hackenschmidt-Maschine geringer aus als bei der Anfängergruppe.

$$H_{0,1, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(A,3S)} \leq \mu_{(F,3S)}$$

$$H_{1,1, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(A,3S)} > \mu_{(F,3S)}$$

$$H_{0,1, \text{quadriceps, AK}}: \mu_{(A,3S)} \leq \mu_{(F,3S)}$$

$$H_{1,1, \text{quadriceps, AK}}: \mu_{(A,3S)} > \mu_{(F,3S)}$$

8.

Die Kraftzuwächse (MK, AK) bei der Fortgeschrittenengruppe beim Ein-Satz-Training über sechs Wochen an der Hackenschmidt-Maschine entsprechen den Kraftzuwächsen der Anfängergruppe.

$$H_{0,1, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(F,1S)} \neq \mu_{(A,1S)}$$

$$H_{1,1, \text{quadriceps, MK}}: \mu_{(F,1S)} = \mu_{(A,1S)}$$

$$H_{0,1, \text{quadriceps, AK}}: \mu_{(F,1S)} \neq \mu_{(A,1S)}$$

$$H_{1,1, \text{quadriceps, AK}}: \mu_{(F,1S)} = \mu_{(A,1S)}$$

Zur Gegenüberstellung der Werte der beiden Gruppen werden die jeweiligen Mittelwerte der Merkmalsverteilungen auf statistische Gleich- oder Ungleichheit hin analysiert. Der Vergleich der Mittelwerte wird mit Hilfe von T-Tests auf Signifikanz geprüft. Für die Hypothesen 1, 2 und 5 werden t-Tests für gepaarte Stichproben, für die Hypothesen 3, 4, 6, 7 und 8 T-Tests für unabhängige Stichproben verwandt. Die Signifikanzniveaus werden nach den in der Wissenschaft geltenden Maßstäben (vgl. Bortz, 1999) wie folgt festgelegt:

$p \geq 0,05$ nicht signifikant

$p < 0,05$ signifikant

Die inhaltlichen Anforderungen dieser Arbeit erlauben es, auf ein sehr signifikantes Niveau ($p < 0,01$) zu verzichten, da es sich hier zwar um eine (sport)medizinische, jedoch nicht um eine „lebensbedrohende“ Entscheidung handelt, eine Hypothese anzunehmen oder abzulehnen. Es wird von einer wie auch in der Sozialwissenschaft primär verwandten Irrtumswahrscheinlichkeit von kleiner oder gleich 5 % ausgegangen (vgl. Bortz, 1999).

Bei der Berechnung der Daten wurde mit dem Programmpaket Statistik-Programm-System für Sozialwissenschaften (SPSS) für Windows XP, Version 11.5 (deutsch), gearbeitet.

3.3 Die Versuchspersonen

Das Experiment wurde über einen Zeitraum von 6 Wochen mit 120 männlichen Probanden durchgeführt. Die Versuchspersonen konnten aufgrund eigener Trainertätigkeit des Versuchsleiters und der damit verbundenen Kontakte aus einem Kieler Fitness-Studio gewonnen werden. Es wurden ausschließlich männliche Probanden im Alter zwischen 20 - 30 Jahren ausgewählt, da diese – wie bereits in Kapitel 2.3.4 und 2.3.5 erwähnt – neben dem optimalen Alter (für die Ausprägung von Muskelkraft) über ein größeres Kraftpotential verfügen als weibliche Probanden und demzufolge für den in dieser Arbeit gewählten Versuch geeigneter erschienen.

Alle Versuchsteilnehmer wurden mit Name, Alter, Telefonnummer und Trainingsalter (in Monaten) in eine Liste eingetragen. Auf Grundlage dieser Liste erfolgte die Einteilung der Personen in zwei **Untergruppen** (Anfänger und Fortgeschrittene), wobei die Probanden ohne Trainingserfahrung sowie die Probanden mit einer Trainingserfahrung von weniger als einem Monat der Anfängergruppe zugeordnet

wurden. Testpersonen, die ein höheres Trainingsalter (mehr als 12 Monate Trainingserfahrung) anhand der Eintragung auf der Liste nachwiesen, wurden der Fortgeschrittenengruppe zugeordnet (vgl. Gießing, 2004). Probanden mit einer Trainingserfahrung von 1 - 12 Monaten wurden bei dem Versuch nicht berücksichtigt. Innerhalb dieser beiden entstandenen Untergruppen gab es eine weitere Unterteilung der Probanden in jeweils eine Gruppe, die im Ein-Satz-Training trainieren sollte und jeweils eine Gruppe, die im Drei-Satz-Training trainieren sollte. Die Zuordnung erfolgte anhand der nummerierten Listen, welche für die jeweiligen Untergruppen erstellt worden waren. So wurden alle Probanden, die auf den beiden Listen mit einer geraden Zahl nummeriert waren der **Obergruppe** Ein-Satz-Training zugeordnet. Versuchsteilnehmer mit einer ungeraden Zahl kamen in die Drei-Satz-Gruppe. Die Eintragung auf den Listen wurde so organisiert, dass die Versuchsteilnehmer sich nicht untereinander abstimmen und damit die Verteilung auf die Obergruppen beeinflussen konnten.

Die pro Obergruppe entstandenen zwei Untergruppen setzten sich aus je 30 Personen zusammen. Somit trainierten pro Obergruppe 30 Anfänger und 30 Fortgeschrittene nach der jeweils für die Obergruppe bestimmten Satzzahl.

Zur besseren Übersicht soll das folgende Organigramm dienen:

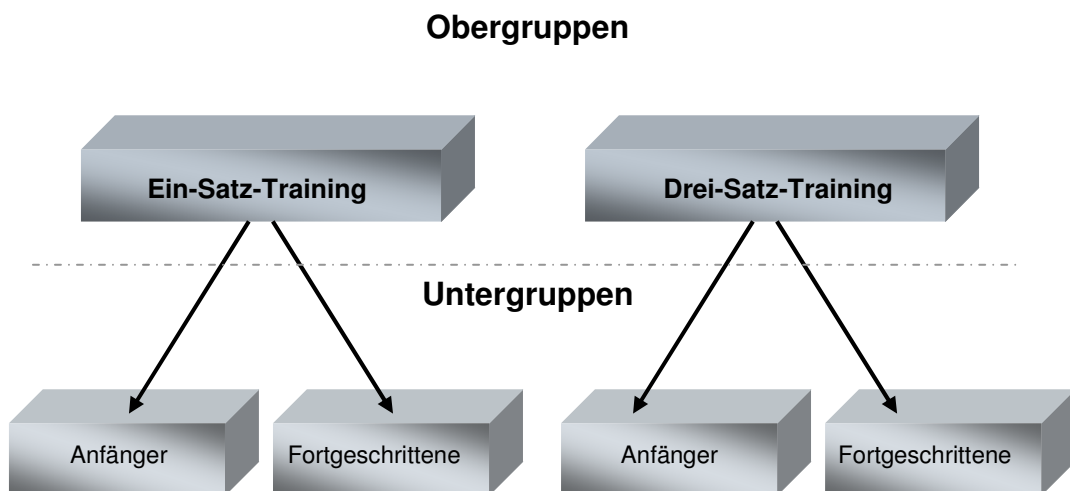


Abb. 24: Organigramm der Verteilung der Versuchspersonen

Die Probanden unterschieden sich neben dem Lebensalter auch in ihren anderweitig ausgeübten Sportarten, in ihrer Trainingshäufigkeit und in der Zeitspanne, über die sie andere Sportarten sowie Krafttraining betrieben. Weitere Informationen über die Versuchspersonen wurden mit Hilfe eines versuchsbegleitenden Fragebogens ermittelt (s. Anhang A). Die Rohwerttabellen (s. Anhang E) enthalten die Angaben zu den Personen. Die anthropometrischen Daten der Probanden befinden sich zusammengefasst in den Tabellen 3 und 4.

Tabelle 3: Anthropometrische Mittelwerte der Anfängergruppe

x = Mittelwerte	Gruppe A Einsatztraining	Gruppe A Dreisatztraining
	x	x
Alter in Jahren	22,70	23,50
Größe in cm	182,20	180,70
Gewicht in Kg	83,15	79,95

Tabelle 4: Anthropometrische Mittelwerte der Fortgeschrittenengruppe

x = Mittelwerte	Gruppe F Einsatztraining	Gruppe F Dreisatztraining
	x	x
Alter in Jahren	26,25	26,65
Größe in cm	181,55	182,40
Gewicht in Kg	82,90	83,10

Einige Probanden mussten die Versuchsreihe aufgrund medizinischer (Rücken- und Knieprobleme) oder persönlicher Gründe abbrechen. Die ausgefallenen Teilnehmer wurden in den Stammdaten, Tabellen und Abbildungen nicht weiter berücksichtigt, zumal sie in das Versuchsergebnis nicht eingegangen sind. Aufgrund dieser Ausfälle reduzierten sich die einzelnen Gruppen auf je 20 Versuchsteilnehmer.

3.4 Versuchsinstruktionen, Material, Hilfsmittel, Geräte, Eichung

3.4.1 Versuchsinstruktionen

Für den zu Beginn des Versuches notwendigen Pretest erhielten die Probanden vom Versuchsleiter eine mündliche Einweisung in den Umgang mit dem Kraftmessstuhl und der Absprungapparatur.

Für das zu absolvierende Trainingsprogramm erhielten die Teilnehmer zusätzlich zu einer mündlichen Einweisung entsprechend ihrer Gruppenzugehörigkeit eine schriftliche Trainingsbeschreibung (s. Anhänge B und C). Zudem wurden diese Beschreibungen am Trainingsgerät (Hackenschmidt-Maschine) befestigt.

3.4.2 Verwendete Materialien

Zur Beschreibung der einzelnen Versuchsteilnehmer erhielt jeder Proband einen Erfassungsfragebogen (s. Anhang A). Die Auswertung dieses Fragebogens befindet sich in Anhang E als Rohwerttabellen.

In Anhang D ist eine Trainingskarte abgebildet, die jeder Versuchsteilnehmer nach Ende der jeweiligen Trainingstage auszufüllen hatte. Die Karte wurde während der Ermittlung der Ausgangstrainingsgewichte (s. Kapitel 3.5) an die Probanden ausgehändigt. Sie enthielt folgende Daten:

- Name des Probanden
- Gruppenzugehörigkeit
- Trainingsgerät
- Ermitteltes Ausgangstrainingsgewicht
- Trainingsgewicht in Kg (an den einzelnen Trainingstagen)

3.4.3 Verwendete Hilfsmittel

Winkelschablone:

Zur Messung der Gelenkwinkel wurde eine Winkelschablone verwendet. Die Winkelschablone hat eine 2°-Unterteilung. Sie ist zweiarmig, durchsichtig und besteht aus Plastik. Die Beweglichkeit der Schablonenarme ermöglicht jegliche gewünschte Winkeleinstellung (s. Abb. 25).

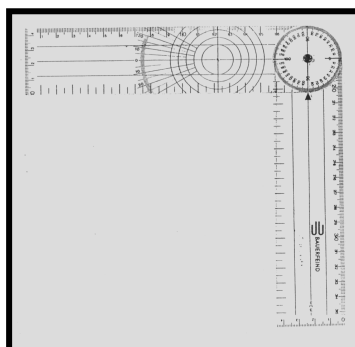


Abb. 25:
Die Winkelschablone

Metronom:

Für eine Standardisierung der im Versuch notwendigen Bewegungsgeschwindigkeit diente ein Metronom, welches den Takt vorgab. Durch ein Verschieben des Metallgewichtes am Zeiger des Metronoms wurde die im Versuch gewählte Taktfrequenz (s. Anhang B) fest eingestellt.

Höhenverstellbarer Hocker:

Zur Einhaltung des geforderten 90°-Winkels bei der Durchführung der Übungen wurde in jeder Gruppe ein höhenverstellbarer Hocker eingesetzt. Durch Drehen der Sitzfläche nach rechts bzw. links konnte der Stuhl in der Höhe jeweils so verändert werden, dass er der Größe des Probanden entsprechend den 90°-Winkel im Kniegelenk gewährleistete.

3.4.4 Verwendete Geräte und deren EichungDer Kraftmessstuhl:

Mit Hilfe eines Kraftmessstuhls wurden die isometrischen Maximalkraftwerte der Probanden ermittelt. Die Methode der Kraftermittlung wird in Kapitel 3.5 eingehend beschrieben.

Folgend soll der Aufbau des Kraftmessstuhls gezeigt werden:

Kraftaufnehmer:	DMS Druckaufnehmer der Firma Burster, Typ 8531 – 5000 N
Messverstärker:	Eigenbau der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Abt. Physiologie
A/D – Wandler:	CIO – DAS 1600
Computer:	PC mit selbstgeschriebenem Programm der Abt. Physiologie der

Funktionsweise des Kraftmessstuhls:

In Anhang I befinden sich in den Abbildungen 36 und 37 die für die Versuchsdurchführung notwendigen Aufbauten des Kraftmessstuhls. Die entwickelte Kraft wird bei der Kraftmessung auf den Hebelarm (Nr. 5, Abb. 45) des Messstuhls übertragen. Ein verschiebbares Polster (Nr. 6, Abb. 45), welches sich an dem Hebelarm befindet, ermöglicht eine der Körpergröße des Probanden entsprechende Einstellung. Der in Nr. 7, Abb. 45 gezeigte zweite Hebel überträgt die Kraft auf den Kraftaufnehmer (Nr. 8, Abb. 45). Danach wandelt ein Messverstärker mit Hilfe eines Analog-Digital-Wandlers die Eingangsspannung um und ordnet sie einer von 256 möglichen Digitalwerten zu. Ein spezielles Programm im Computer (Menspower) rechnet die Werte in Newton um und speichert sie ab. Danach lassen sich die Werte mit Hilfe des HP-Druckers ausdrucken. Der Ausdruck (s. Anhang J) zeigt mittels einer Kraftkurve den grafischen Kraftverlauf der jeweiligen Kraftmessung. Des Weiteren werden die ermittelten Werte Startkraft, Explosivkraft und Maximalkraft angezeigt.

Eichung des Kraftaufnehmers des Kraftmessstuhls:

Als erstes wurde das Gewicht von Hantelscheiben über eine geeichte Personenwaage, welche in der Sportart Ringen zur Messung des exakten Kampfgewichtes verwendet wird, auf 50 g genau überprüft. Nachfolgend wurde durch einmal aufsteigendes und einmal absteigendes Auflegen verschiedener Hantelscheiben auf den Kraftaufnehmerhebel (Nr. 7, Abb. 45) des Kraftmessstuhls die Kraftübertragung kontrolliert. Es wurden Messungen in 10 verschiedenen Gewichtsabstufungen zwischen 1.25 und 40 Kg vorgenommen. Für die erhaltenen Wertepaare Digitalanzeige/Gewichtskraft wurde dann die

Korrelation berechnet. Nach Prüfung der Linearität auf dem 5% Niveau wurde jeweils ein linearer Zusammenhang festgestellt. Der Korrelationskoeffizient (r), welcher die Stärke und Richtung eines Zusammenhangs zwischen zwei Variablen beschreibt, betrug für die aufsteigende Messreihe $r = 0,995$ und für die absteigende Messreihe $r = -0,994$. Diese positiv sowie negativ starken Zusammenhänge besagen, dass die Kraftleistungen der Versuchsteilnehmer in dieser Studie sehr genau in entsprechende Kraftwerte (in Newton) umgesetzt werden können. Leichte, nicht relevante Abweichungen lassen sich auf Spannungsänderungen des Messgerätes zurückführen.

Mechanik der Sprungplattform zur Absprungkraftmessung:

Die Sprungplattform der Firma Mechatronic aus Hamm mit einem Grundriss von 130 cm x 120 cm (s. Abb. 26) besteht aus zwei voneinander unabhängig tätigen Druckplatten. Die Druckplatten liegen auf industriegenormten Dehnungsmessstreifen, so dass bei einer Kompression der Platten durch die Druckkräfte der Probanden (Körpergewicht, Beschleunigungs- und Abbremskräfte beim Sprung) Spannungsänderungen erfolgen. Diese Spannungsänderungen werden umgewandelt in ein Signal, welches in einer Computerregistrierung die vertikalen Kräfte in die Einheit Newton umsetzt. Eine Eichung der Sprungplattform ist nicht erforderlich, da sich das Gerät vor jeder einzelnen Messung eigenständig kalibriert, indem das Körpergewicht des Probanden automatisch ausgeglichen und für die Absprungkraftregistrierung berücksichtigt wird (vgl. Hennings, 2002).



Abb. 26: Die Sprungplattform

3.4.5 Darstellung des Trainingsgerätes

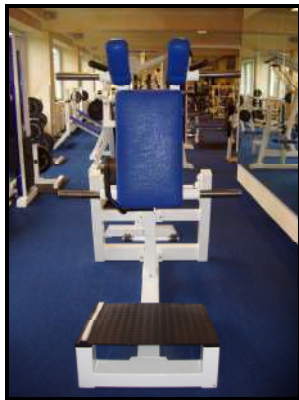
Gerätebeschreibung: Hackenschmidt-Maschine

Die Hackenschmidt-Maschine der Firma Gym 80 hat eine Höhe von 1,70 m, eine Breite von 1,25 m und eine Tiefe von 1,80 m. Sie wird über eine Führungsschiene geführt. Im vorderen unteren Teil befindet sich eine Auflagefläche für die Füße mit einer Größe von 70 x 70 cm. Eine Rückenlehne (Lastschlitten), welche gepolstert ist, dient der Fixierung des Rückens. Schulterpolster zur Gewichts- und Druckentlastung des Schultergürtels befinden sich in Schulterbreite über dem Lastschlitten. An der Seite des Lastschlittens dienen parallel zueinander sich gegenüberstehende verchromte Rohre mit einem Durchmesser von 5 cm zur Hantelscheibenaufnahme. Am rechten unteren Teil der Hackenschmidt-Maschine befindet sich ein Griff zum Entriegeln bzw. Einhaken, mit dessen Hilfe verschiedene Bewegungsspielräume und Ausgangspositionen (durch Verschiebung des über eine Welle geführten Lastschlittens) bei der Arbeit mit der Hackenschmidt-Maschine eingestellt werden können.

Es gibt nur wenige Geräte (z.B. der Beinstrecker), an denen Muskeln relativ isoliert von anderen trainiert werden können. Die Ha-

ckenschmidt-Maschine zählt nicht dazu. Sie trainiert primär die folgenden Oberschenkel- und Gesäßmuskeln: M. quadriceps femoris (vorderer Oberschenkel), M. glutaues maximus (großer Gesäßmuskel). Folgende andere Muskeln werden leicht mit beansprucht: M. biceps femoris, M. semimembranosus, M. semitendinosus (gehören zur hinteren Oberschenkelbeugemuskulatur - Teil der ischiocruralen Muskeln) (vgl. Seibert, 1998; Stemper, 2003). Nähere Angaben zu den trainierten Muskeln finden sich u. a. auch in Weineck (2004).

Abb.27: Die Hackenschmidt-Maschine der Firma Gym 80 mit Bewegungsausführung



a) Hackenschmidt-Maschine



b) Ausgangs- und Endposition



c) Bewegungsausführung
von vorn betrachtet



d) Bewegungsausführung
von der Seite betrachtet

3.5 Die Versuchsdurchführung

Der folgend beschriebene Versuch setzte sich aus sechs aufeinander folgenden Abschnitten zusammen:

- 1. Die Beantwortung des Erfassungsfragebogens**
- 2. Der Pretest**
- 3. Die Trainingseinweisung**
- 4. Die Ermittlung der Ausgangstrainingsgewichte**
- 5. Das Training**
- 6. Der Posttest**

1. Die Beantwortung des Erfassungsfragebogens

Direkt vor Beginn der ersten Messung erhielten die Versuchspersonen einen ausgearbeiteten Fragebogen (s. Anhang A). Dieser Fragebogen wurde – bevor er von den Versuchsteilnehmern ausgefüllt werden sollte – durch den Versuchsleiter näher erläutert, um den Probanden die Möglichkeit zu bieten, Fragen zu stellen.

2. Der Pretest

Der Pretest der Probanden fand nach Absprache mit der jeweiligen Person am Institut für Sport und Sportwissenschaften im Kraftmessraum der sportmedizinischen Abteilung der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel statt. Bedingung für alle Probanden war keinerlei sportliche oder anderweitig körperlich anstrengende Tätigkeit vor Untersuchungsbeginn. Die Untersuchung der Probanden insgesamt konnte aufgrund unterschiedlicher Zeiteinteilungen seitens der Versuchsteilnehmer weder an einem einheitlichen Tag, noch zu einer einheitlichen Tageszeit durchgeführt werden. Um mögliche Störgrößen auszuschließen, wurde die jeweilige Uhrzeit des Pretests registriert, so dass die Voraussetzung gegeben war, den Posttest nach Absprache mit dem Probanden zur gleichen Uhrzeit absolvieren zu können.

In einem eigens für die sportmedizinische Abteilung konstruierten Kraftmessstuhl (s. Anhang I) erfolgte die isometrische Kraftmessung. Bei Vorversuchen zeigten die Beobachtungen und auch die Messwerte, dass einige Versuchsteilnehmer Probleme bei der Ausführung mit den vor Messbeginn genau erklärten Messabläufen hatten. So gab es vor allem Probleme in der Start- und in der Endphase der Messung. Die Teilnehmer fingen teilweise zu spät an oder hörten zu früh auf. Aus diesem Grunde wurden jeweils drei isometrische Messungen registriert, von denen der Maximalkraftwert des besten Versuches zur Auswertung kam. Daraus resultierend erfolgten pro Person insgesamt 6 Messungen. Gemessen wurde jeweils die Streck- und Beugemuskulatur des Kniegelenkes. Die Messungen erfolgten für die einzelnen Muskelgruppen hintereinander, lediglich beim Umbau des Kraftmessstuhls für die zweite Muskelgruppenmessung, kam es zu einer kleinen Unterbrechung. Während des Versuches wurden alle Probanden durch laute Zurufe des Versuchsleiters animiert, optimale Werte zu erreichen.

Zur Ermittlung der Maximalkraft des Beinstreckers (M. quadriceps femoris) beidseitig saß der Proband auf dem Kraftmessstuhl. Die Rückenlehne war so eingestellt, dass die Knie gerade über das Ende des Stuhls hinausragten. Die Unterschenkel hingen senkrecht herab und bildeten mit dem Oberschenkel einen Winkel von 90° . Dabei befand sich das Druckpolster jeweils über dem oberen Sprunggelenk. Die Einstellung des Druckpolsters wurde für den Posttest notiert, um gleiche Bedingungen zu gewährleisten. Durch ein akustisches Signal (welches der Rechner erzeugte) wurde der Versuchsteilnehmer aufgefordert, 3 Sekunden lang gegen das Druckpolster zu drücken. Um dabei genügend Stabilität zu haben, durfte der Proband sich während der Kontraktion mit beiden Händen seitlich des Sitzes festhalten.

Bei der Messung der Beinbeuger (Mm. ischiocrurales) siehe dazu Abb.46, betrug der Kniegelenkwinkel ebenfalls 90° . Der Hüftgelenkwinkel dagegen war durch das Gerät vorgegeben. Der Versuchsteilnehmer lag auf dem Bauch, die Kniegelenke waren frei bzw. ragten gerade über das Ende der Liegefläche hinaus und befanden sich mit den Unterschenkeln im vorgegebenen Winkel. Die Stellung des Polsters wurde notiert und die Messung erfolgte durch das Auslösen der Akustik 3 Sekunden lang mittels Druck gegen das Polster.

Bei allen Messungen diente die in Abbildung 25 gezeigte Winkelschablone als Hilfsmittel zur Überprüfung der Gelenkwinkeleinstellung (90°). Diese Winkeldefinition war angeordnet worden, um eine größtmögliche Bewegungsgleichwertigkeit zwischen Trainings- und Messbewegung zu erzielen, wodurch der Transferverlust an Kraft zwischen Trainingsgerät und Messgerät minimiert und somit der bestmögliche Leistungszuwachs dokumentiert werden konnte (Thepaut-Mathieu, von Hoecke & Maton, 1988).

Die Messung der dynamisch konzentrischen Absprungkraft der Probanden wurde direkt nach den isometrischen Kraftmessungen mittels der Counter-Movement-Jumps (siehe Abb.7) an einer dynamometrisch arbeitenden Sprungplattform ermittelt (siehe Abb.26). Während des Counter-Movement-Jumps trugen die Versuchsteilnehmer jedes Mal die gleichen Sportschuhe um zu gewährleisten, dass die gleichen Dämpfungseigenschaften der Schuhe die Messung immer unter gleichen Voraussetzungen ermöglichen (vgl. Schmidtbleicher, 1987; Potthast & Klimt, 1988).

Der Counter-Movement-Jump wird von Frick; Schmidtbleicher & Wörn (1991) folgendermaßen erklärt: Ausgangsstellung ist der aufrechte Stand mit einem Kniegelenkwinkel von annähernd 180° . Unmittelbar nach einer schnellen Ausholbewegung nach unten bis zu

einem Knie- und Hüftwinkel von 90 Grad erfolgt eine explosive maximale Streckbewegung mit der Maxime, möglichst hoch zu springen (Frick, Schmidtbleicher & Wörn, 1991).

Die Ausholbewegung und die daraus resultierende Vorspannung in der Sprungmuskulatur führt im unteren Umkehrpunkt der Bewegung bereits zu einer positiven Kraft, die größer ist als die Kraft durch das eigene Körpergewicht (biomechanisches Prinzip der Anfangskraft) (vgl. Hochmuth, 1981; Potthast & Klimt, 1988). Dieses Prinzip wurde den Probanden erläutert, damit sie die Kniebeuge als Absprungvorbereitung optimal nutzen konnten.

Die Absprungkräfte wurden nach der Einweisung der Probanden (in den Ablauf des Sprunges) über die im Kapitel 3.4.4 beschriebene Sprungplattform, welche mit einem Computer verbunden war, ermittelt. Die Probanden mussten sich mit beiden Beinen auf die Sprungplattform stellen. Kurz davor machten die Versuchsteilnehmer Angaben zu Körpergröße, Körpergewicht sowie Vorname und Nachname. Diese Daten wurden im Computer registriert. Darauf folgte der Gewichtsausgleich (siehe auch Kapitel 3.4.4).

Um eine korrekte Durchführung des Sprunges zu gewährleisten bzw. mögliche Fehler auszuschließen oder zu korrigieren, wurden den Versuchspersonen vor Beginn der ersten Messung Probesprünge genehmigt. Nach den Probesprüngen erfolgten drei Counter-Movement-Jumps, wobei der beste Sprung registriert wurde. Erfasst wurden folgende Werte: 1. beidbeiniger Absprung (Absprungkraft gesamt), 2. linksbeiniger Absprung (Absprungkraft links), 3. rechtsbeiniger Absprung (Absprungkraft rechts). Um die Analyse der Hypothesen zu vereinfachen, wurden dort (siehe Kap. 4.2) nur die Absprungwerte berücksichtigt, die sich aus der Summe von rechtem und linkem Bein ergaben, also die Absprungkraft gesamt. Damit

wurden die Verfälschungen, die durch ungleichmäßig starke Beine entstehen, aus den Berechnungen eliminiert. Wie bei der Unterscheidung von Rechts- oder Linkshändern gibt es auch bei den Beinen unterschiedlich gute Seiten in koordinativer und kraftbezogener Hinsicht. Werden die schwächere und die stärkere Seite addiert, gleichen sich die Unterschiede wieder aus und die Probanden werden vergleichbar, egal welche Seite bei ihnen die bessere ist.

Nachfolgende Abbildung zeigt eine Kraft-Zeit-Registrierung eines Counter-Movement-Jumps exemplarisch. Auf dieser Abbildung wird der 1. Sprung einer Messung demonstriert. Angezeigt werden neben den für diese Arbeit wichtigen Absprungkräften auch die für die Untersuchung nicht relevanten Werte wie z.B. Sprunghöhe, Sprungzeit, Anfangskraft etc.

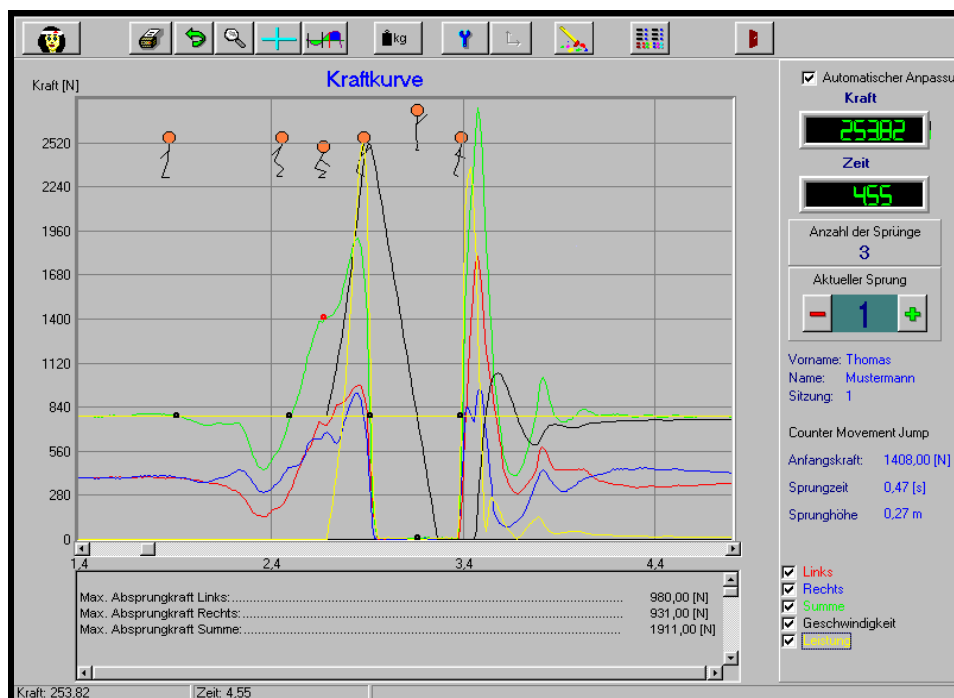


Abb.28: Kraft-Zeit-Registrierung eines Counter-Movement-Jumps (Mechatronic, 1999, S. 21).

Nach dem Pretest wurden Termine mit den Probanden für eine Trainingseinweisung am Trainingsgerät Hackenschmidt-Maschine vereinbart.

3. Die Trainingseinweisung

Entsprechend der Terminabsprache erfolgte nach dem Pretest eine Trainingsunterweisung der einzelnen Testpersonen. Am Beginn der Trainingseinweisung erfuhren die Versuchsteilnehmer anhand einer im Trainingsraum aushängenden namentlichen Liste, welcher Gruppe sie zugeordnet waren. Danach bekam jeder Proband einen Einweisungsbogen (siehe Anhang B und C). Mit Hilfe dieses Einweisungsbogens erhielten die Versuchsteilnehmer nähere Informationen über Trainingsumfang, Hilfsmittel (siehe Kapitel 3.4.3) und den Umgang mit dem Trainingsgerät. Die Zeit für das Durchlesen des Einweisungsbogens wurde auf ca. 3 Minuten festgesetzt.

Im Anschluss daran konnten die Versuchsteilnehmer Fragen zum Training stellen. Es folgte eine praktische Einweisung der Probanden an dem für die Untersuchung ausgewählten Gerät durch den Versuchsleiter, mit dem Hinweis auf den bereits erwähnten Einweisungsbogen, welcher zusätzlich am Trainingsgerät positioniert war. So sollte es den Versuchspersonen ermöglicht werden, selbständig ein fehlerfreies Training auszuführen.

4. Die Ermittlung der Ausgangstrainingsgewichte

Hierfür wurde ein extra Termin mit den Probanden vereinbart. Nachdem die Trainingseinweisung beendet war, erfolgte unter Aufsicht des Versuchsleiters die Ermittlung der Ausgangstrainingsgewichte für das dynamisch-konzentrische Krafttraining an der Hackenschmidt-Maschine.

Den Anfang bildete ein Warm-up-Programm auf einem Fahrradergometer über 6 Minuten zur Erreichung einer Herzfrequenz von 130 Schlägen pro Minute als Vorgabe. Zur Kontrolle der Herzfrequenz wurde ein spezieller Gürtel unterhalb des Herzens der Versuchspersonen angelegt. Dieser Gürtel sendete über Funk die Herzfrequenzen auf das Display des Fahrrades, so dass jeder Proband eine Kontrollmöglichkeit hatte. Nach der sechsminütigen Vorbereitung auf dem Ergometer erfolgte eine Dehnung der im Training zu beanspruchenden Muskulatur. Danach wurden Aufwärmätze mit einer Intensität durchgeführt, die noch keine Belastung waren (max. 50 %), sondern nur zum koordinativen Kennen lernen des Gerätes und einer lokalen Muskelerwärmung dienten.

Die Ermittlung der Ausgangsgewichte an der Hackenschmidt-Maschine erfolgte durch mehrmaliges Ausprobieren (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005). Erst wenn der Proband das Gewicht 10 – 12 Mal zur Hochstrecke bringen konnte, wurde dieses als Ausgangsgewicht akzeptiert. Konnte der Proband höhere Wiederholungszahlen leisten, erfolgte eine Korrektur des Gewichtes nach oben. Niedrigere Wiederholungszahlen hatten die Gewichtskorrektur nach unten zur Folge.

Die so ermittelten Daten wurden in eine eigens dafür angefertigte Trainingskarte (s. Anhang D) eingetragen. In einem Hefter legten die Probanden ihre Trainingskarten getrennt nach der jeweiligen Gruppenzugehörigkeit ab. Dieser Hefter lag immer am gleichen Ort beim diensthabenden Trainer des Fitness-Studios unter Verschluss und lieferte damit die Sicherheit, dass die Karten nicht verloren gingen und nicht von fremden Personen eingesehen oder verändert werden konnten.

5. Das Training

Das Training der beiden Gruppen fand nach den vorgegebenen Trainingsformen zur Maximalkraftentwicklung mit anschließender Muskelhypertrophie statt, welche im Kapitel 2.6 „Die Belastungsnormativen im Krafttraining“ bereits vorgestellt worden sind. Das Trainingsprogramm der jeweiligen Gruppe befindet sich in Anhang B, die Trainingsausführung der ausgewählten Geräte wird in Anhang C beschrieben.

Wie aus Anhang E zu ersehen ist, führten die Probanden weitere Sportarten neben dem Training im Fitness-Center aus. Dabei handelte es sich in der Regel um Ausdauersportarten. Die Versuchspersonen mussten das im Experiment gewählte Trainingsprogramm vor den anderen Sportarten ausführen, d. h. Krafttraining vor dem Ausüben anderer sportlicher Betätigungen, um eine zusätzliche Vorer-müdung der Oberschenkelmuskulatur zu vermeiden. Des Weiteren sollten die Probanden die im Versuch beanspruchten Muskelgruppen nicht zusätzlich trainieren, d.h. nicht noch zusätzliche Knie beugende Belastungsübungen im Krafttraining ausführen. Darüber hinaus sollten sie ihren normalen Trainingsablauf nicht verändern, um eventuelle Störgrößen konstant zu halten.

Als strukturelle Trainingseinheit wurde der Mesozyklus gewählt. Das Training wurde über eine Dauer von 6 Wochen durchgeführt und entsprach damit einem Trainingsabschnitt mittlerer Länge. Alle Probanden trainierten an zwei Tagen pro Woche mit mindestens drei Tagen Pause zwischen den Trainingstagen. Diese Trainingshäufigkeit wurde auf Grund der beanspruchten Muskeln und in Anbetracht der im Training vorkommenden Kniebeugeübung (s. dazu auch Kapitel 2.6.5) angeordnet. Aufgrund der persönlichen Zeiteinteilungen der Probanden und der in Kapitel 2.3.1.4 ersichtlichen allgemeinen ta-

geszeitlichen Leistungsfähigkeit wurde die Trainingszeit auf 17.00 – 19.00 Uhr festgelegt.

Vor Beginn des gruppenabhängigen Trainings an der Maschine musste ein für alle Teilnehmer gleiches Aufwärmprogramm absolviert werden. Dieses Programm bestand aus einer allgemeinen, sich steigenden Erwärmung des gesamten Körpers mit Hilfe des Fahrradergometers und hatte eine Dauer von 6 Minuten bei einer Zielherzfrequenz von ca. 130 Schlägen pro Minute. Die Probanden sollten dabei ihre auf dem Display des Fahrrades angezeigte Herzfrequenz durchgehend kontrollieren und gegebenenfalls ihre Geschwindigkeit reduzieren oder erhöhen. Darauf folgte eine Dehnung der im Training zu innervierenden Muskeln (ca. 2 Minuten).

Vor der Aufnahme des eigentlichen Trainings stellte sich jeder Proband das Trainingsgerät gemäß seiner Körpergröße ein, wobei die korrekte Winkeleinstellung mit Hilfe des Versuchsleiters (VL) überprüft wurde. Trainiert wurde von den Versuchspersonen beider Gruppen mit der jeweils vorgegebenen Satzzahl und 10 – 12 Wiederholungen pro Satz. Die Trainingsintensität entsprach damit auf der Grundlage des individuell ermittelten Ausgangstrainingsgewichtes (s. Kapitel 2.6.1 und 3.5) einer Leistungsintensität von 65 – 85 % (s. Kapitel 2.6.3) der maximalen Kraftleistung jedes Probanden (vgl. Bührle, 1985; Boeckh-Behrens & Buskies, 2005).

Innerhalb dieses Leistungsbereiches war der jeweils höchste Gesamtumfang erreicht, wenn es der Versuchsperson gerade noch gelang, die letzten technisch einwandfreien Wiederholungen eines Satzes durchzuführen (maximal 12 Wiederholungen) und nach jedem Satz ein derartiger Erschöpfungszustand erreicht wurde, dass unmittelbar danach keine Wiederholung mehr möglich war. Das Trainingsgewicht blieb zunächst konstant und wurde erst im Rahmen einer

progressiven Trainingsanpassung (s. Kapitel 2.5.3) zum nächsten Training erhöht, wenn der Proband das Trainingsgewicht über 12 Mal zur Hochstrecke bringen konnte. Bei einigen Probanden beim Mehr-Satz-Training führte diese Trainingsmethode dazu, dass sie bei erhöhtem Gewicht z. B. den ersten Satz noch mit 12, die letzten beiden Sätze dagegen nur noch mit 10 oder 11 Wiederholungen trainieren konnten. Das entspricht der im praktischen Trainingsalltag üblichen Verwendung von Wiederholungsspannen (und nicht einzelnen Wiederholungszahlen), was auch mit den meisten neueren Angaben der Fachliteratur übereinstimmt (vgl. Boeckh-Behrens & Buskies, 2005; Gießing, 2004). Diese Probanden handelten demnach im Sinne dieser Arbeit, die die maximale Erschöpfung wichtiger erachtet als die Einhaltung exakter Wiederholungszahlen (vgl. Gießing, 2004).

Bei den in das Mehr-Satz-Training eingeteilten Probanden wurde nach jedem Satz eine Pause von 2 Minuten eingelegt. Die Pausen des Trainingsprogramms orientierten sich dabei an den in Kapitel 2.6.4 erwähnten gängigen Trainingsmodellen zur Muskelhypertrophie.

Die Trainierenden beider Gruppen richteten ihre Bewegungsgeschwindigkeit nach einem Metronom (s. Kapitel 3.4.3), das vom Versuchsleiter auf 48 Schläge pro Minute eingestellt worden war und neben dem jeweiligen Trainingsgerät in Hörweite aufgebaut werden sollte. Für beide Gruppen galt: Ein Takt entspricht einer Beugung bzw. Streckung der Beine.

Nach jeder Trainingseinheit trug jeder Proband die verwendeten Trainingsgewichte (s. Anhang F) in seine Trainingskarte ein, die im Trainingsraum beim diensthabenden Trainer verblieb, damit gewährleistet war, dass sie bei der nächsten Trainingseinheit zur Verfügung stand. Außer den Vorgaben zur unterschiedlichen Satzzahl war damit der Ablauf der Trainingseinheit für alle Probanden gleich.

6. Der Posttest

Der Posttest entspricht im Wesentlichen der Vorgehensweise des Pretests und muss daher an dieser Stelle nicht noch einmal genau beschrieben werden. Es sei lediglich noch einmal darauf hingewiesen, dass diese abschließenden isometrischen Kraftmessungen und dynamischen Absprungkraftmessungen zur annähernd gleichen Tageszeit wie der Pretest durchgeführt wurden. Auf die im Pretest notierten anthropometrischen Daten sowie auf die Daten der Einstellung des Kraftmessstuhls konnte jeweils zurückgegriffen werden.

4. ERGEBNISSE

4.1 Beschreibende Statistik

Nach den statistischen Mittelwerten zu urteilen, sind die Kraftwerte der beiden Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz der vorrangig trainierten Muskelgruppen (M. quadriceps femoris) und deren Antagonisten (Mm. Ischiocrurales) im Vergleich zwischen Pre- und Posttest gestiegen. Bei der gemessenen Absprungkraft konnte ebenfalls eine Steigerung erzielt werden. Auch die den beiden Obergruppen jeweils untergeordneten Anfänger- und Fortgeschrittenen-Gruppen (A, F) konnten sich in ihren gesamten Kraftwerten steigern. Die vollständige Liste aller Messwerte befindet sich in den Anhängen F, G und H.

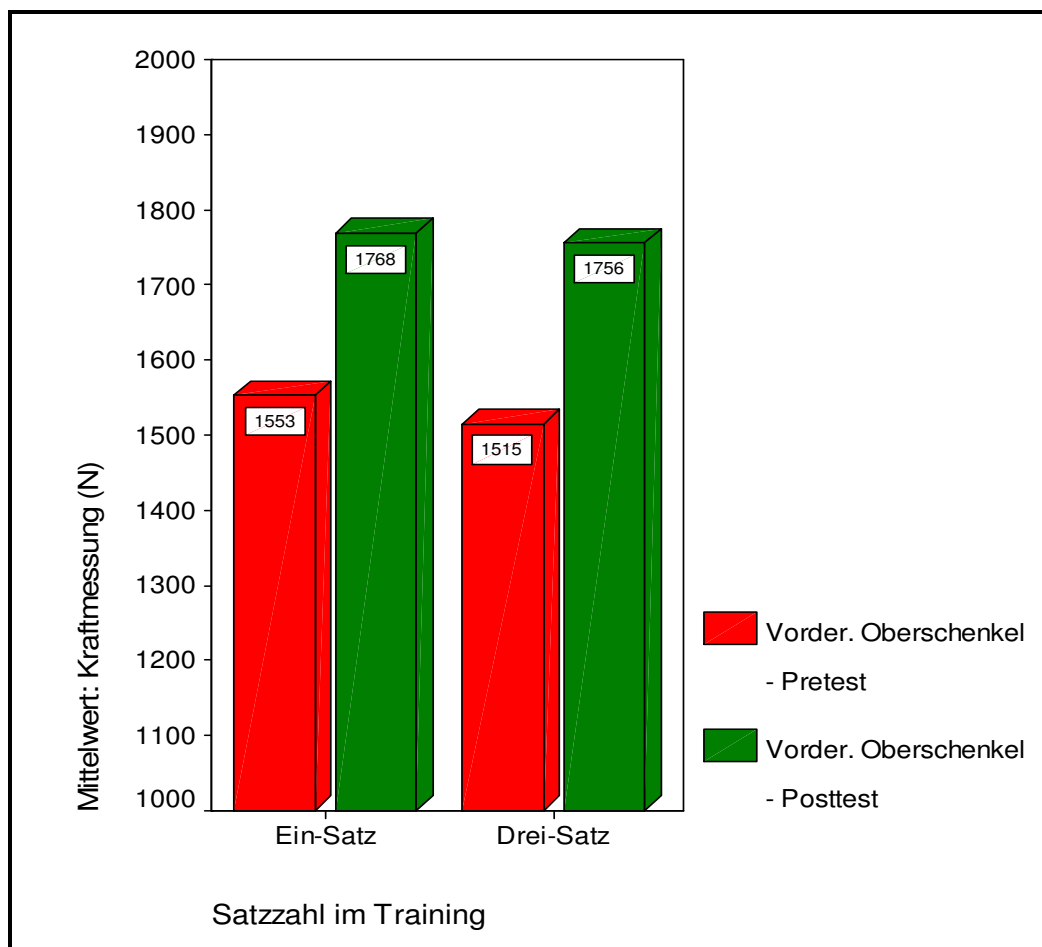


Abb. 29: Vergleich der Maximalkraftentwicklung des M. quadriceps femoris (beidseitig) zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz

Beim vorderen Oberschenkel der nach dem Ein-Satz-Training trainierenden Gruppen erhöhte sich der Wert nach dem Training um 215 Newton bzw. um 13,8 %. Die nach dem Mehr-Satz-Prinzip (Drei-Satz) trainierenden Gruppen konnten eine Kraftsteigerung von 241 Newton (15,9 %) erreichen. Vergleicht man die Steigerungswerte der beiden Gruppen miteinander, so kann festgestellt werden, dass die Drei-Satz-Gruppe einen geringen „Vorteil“ von 26 Newton gegenüber der Ein-Satz-Gruppe aufweist (s. Abb. 29).

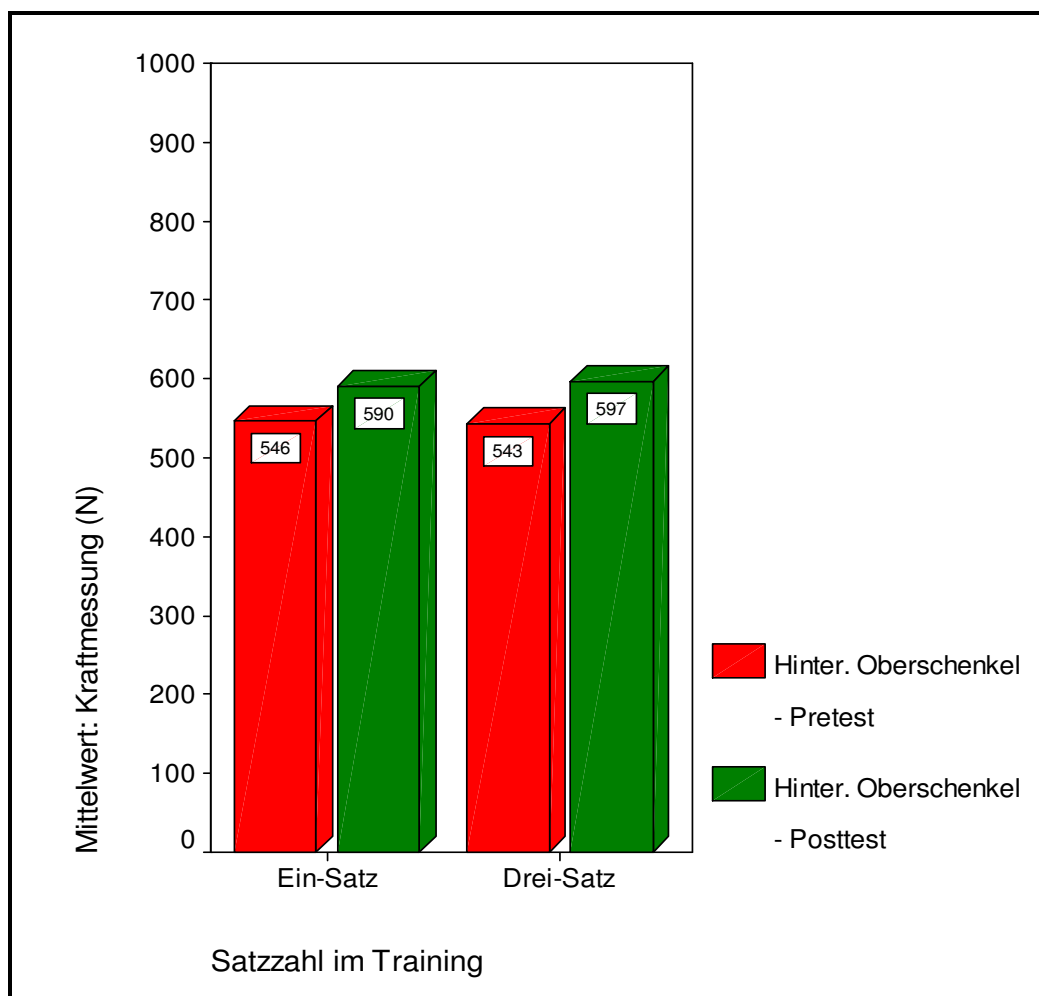


Abb. 30: Vergleich der Maximalkraftentwicklung des Mm. ischiocrurale (beidseitig) zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz

Bei Betrachtung der Kraftentwicklung des Antagonisten der Einsatztrainingsgruppen ist eine Verbesserung um 44 Newton bzw. 8,1 %

nachzuweisen. Bei den Mehrsatztrainingsgruppen steigerte sich der Wert um 54 Newton bzw. um 9,9 %. Vergleicht man die Steigerungswerte der beiden Obergruppen miteinander, so kann festgestellt werden, dass diese nur gering voneinander abweichen (10 Newton). In der Abb. 30 ist dieses Ergebnis graphisch dargestellt.

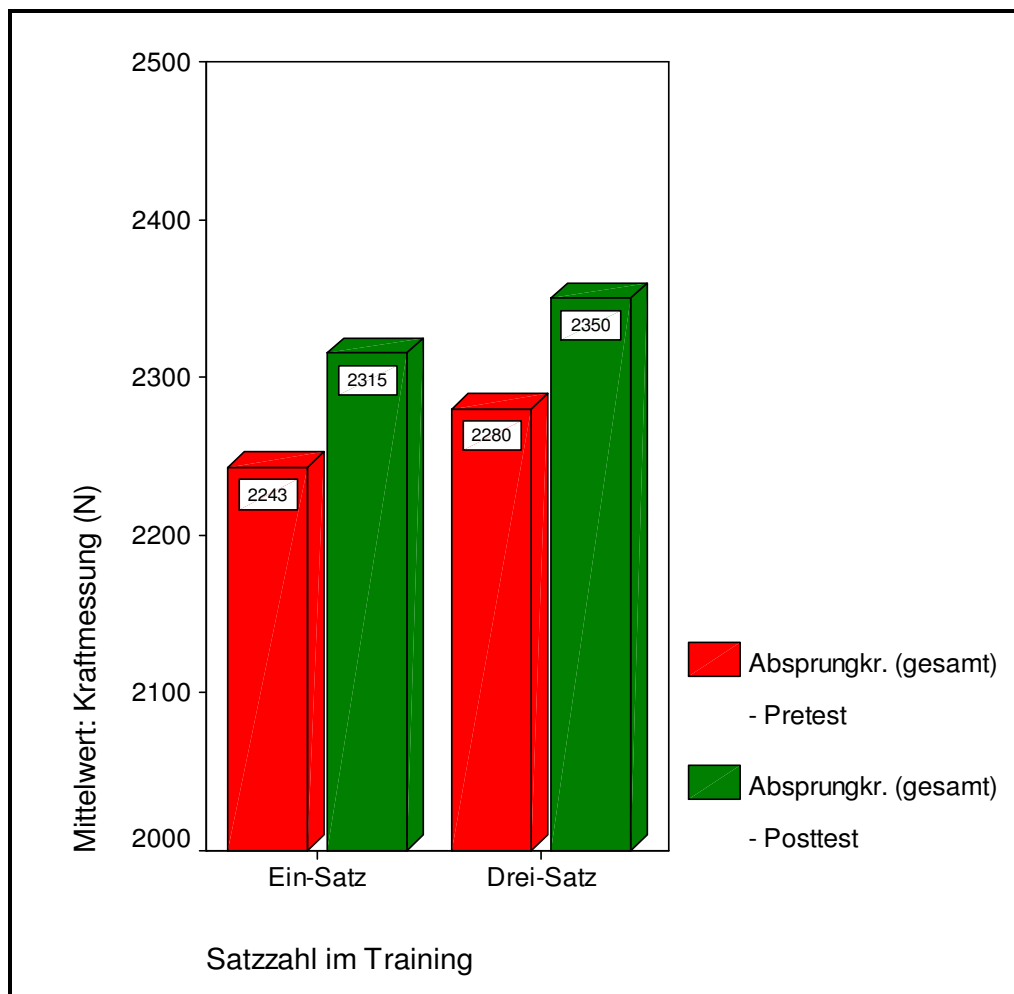


Abb. 31: Vergleich der Absprungkraftentwicklung (gesamt) zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz

Bei beiden Obergruppen wurde nach dem sechswöchigen Training eine Erhöhung der zusätzlich gemessenen dynamischen Absprungkraft (gesamt), welche sich wie bereits im Kapitel 3.1 erwähnt aus der Addition von Absprungkraft rechts- und links ergibt, erzielt. Die Einsatzgruppen steigerten ihre Absprungkraft um insgesamt 72 New-

ton bzw. um 3,2 %. Bei den Mehr-Satz-Gruppen erhöhte sich der Wert im Posttest um 70 Newton bzw. um 3,1 %. Vergleicht man die Steigerungswerte der beiden Obergruppen miteinander, so kann hier, von nur geringen Unterschieden (2 Newton) zu Gunsten der Ein-Satz-Gruppe gesprochen werden (s. Abb. 31).

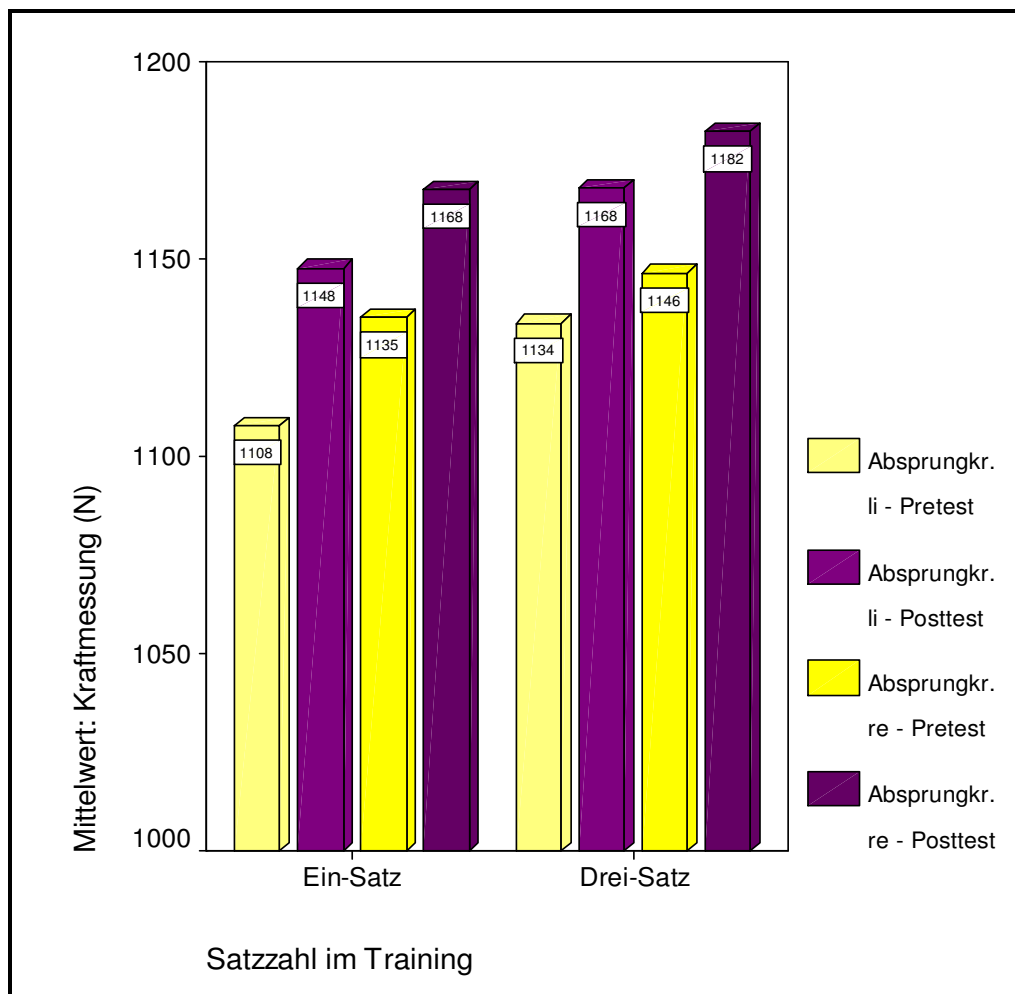


Abb. 32: Vergleich der Absprungkraftentwicklung (links bzw. rechts) zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz

Wie schon zuvor bei der Absprungkraft „gesamt“ konnte auch eine Erhöhung der Absprungkräfte der Beine jeweils links bzw. rechts in beiden Obergruppen im Posttest erzielt werden. Die Ein-Satz-Gruppen steigerten den Wert links um 40 Newton (3,6 %) und rechts um 23 Newton (2,0 %). Die Drei-Satz-Gruppen steigerten den Wert links um 34 (3,0 %) und rechts um 36 Newton (3,1 %). Beim Ver-

gleich der beiden Obergruppen sind nur geringe Unterschiede zu erkennen (s. Abb. 32).

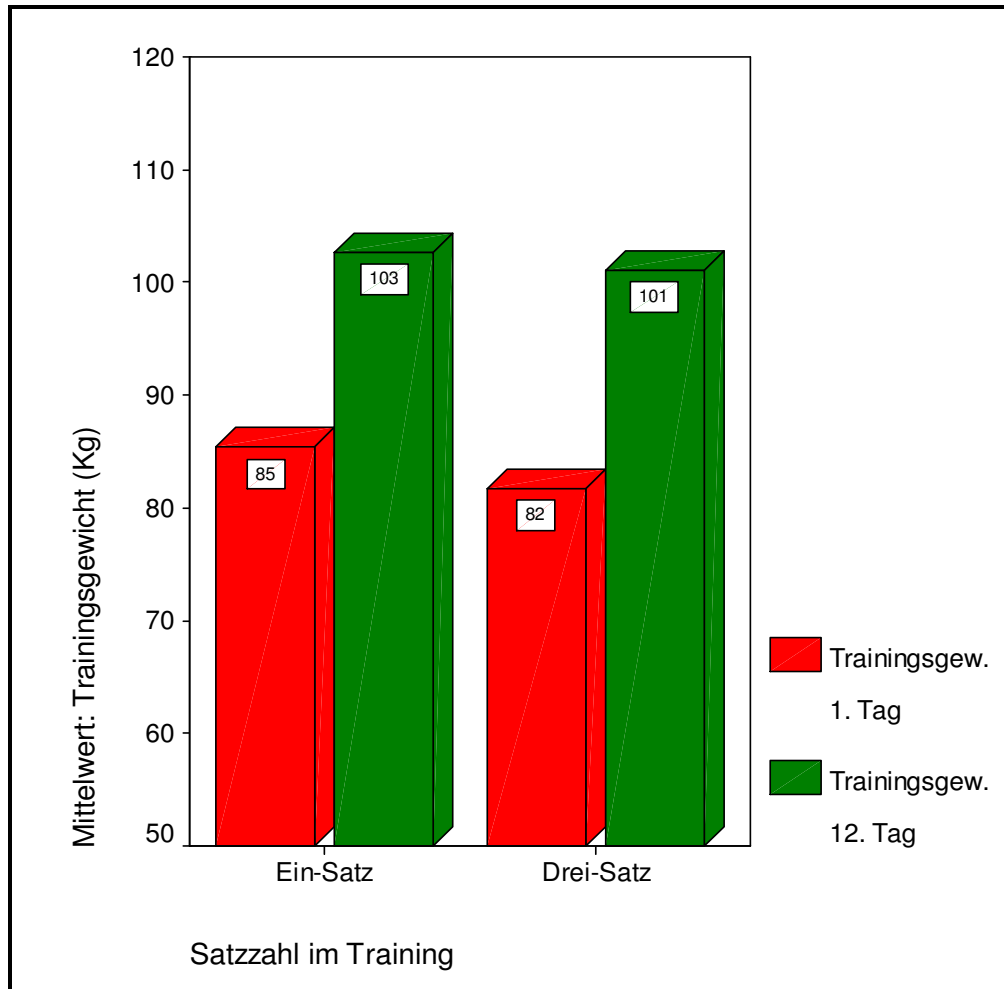


Abb. 33: Vergleich der Veränderung der Trainingsgewichte zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz

Die Trainingsgewichte konnten bei beiden Obergruppen gesteigert werden. Die Ein-Satz-Gruppe erreichte insgesamt eine Verbesserung um 18 Kilogramm (Kg) bzw. 21,2 %, bei den in der Drei-Satz-Gruppe zusammengefassten Probanden wurde eine Steigerung um 19 Kg (23,2 %) im Posttest erreicht. Die Unterschiede sind im Vergleich der beiden Gruppen mit 1 Kg zu Gunsten der Drei-Satz-Gruppe wiederum sehr gering (s. Abb. 33).

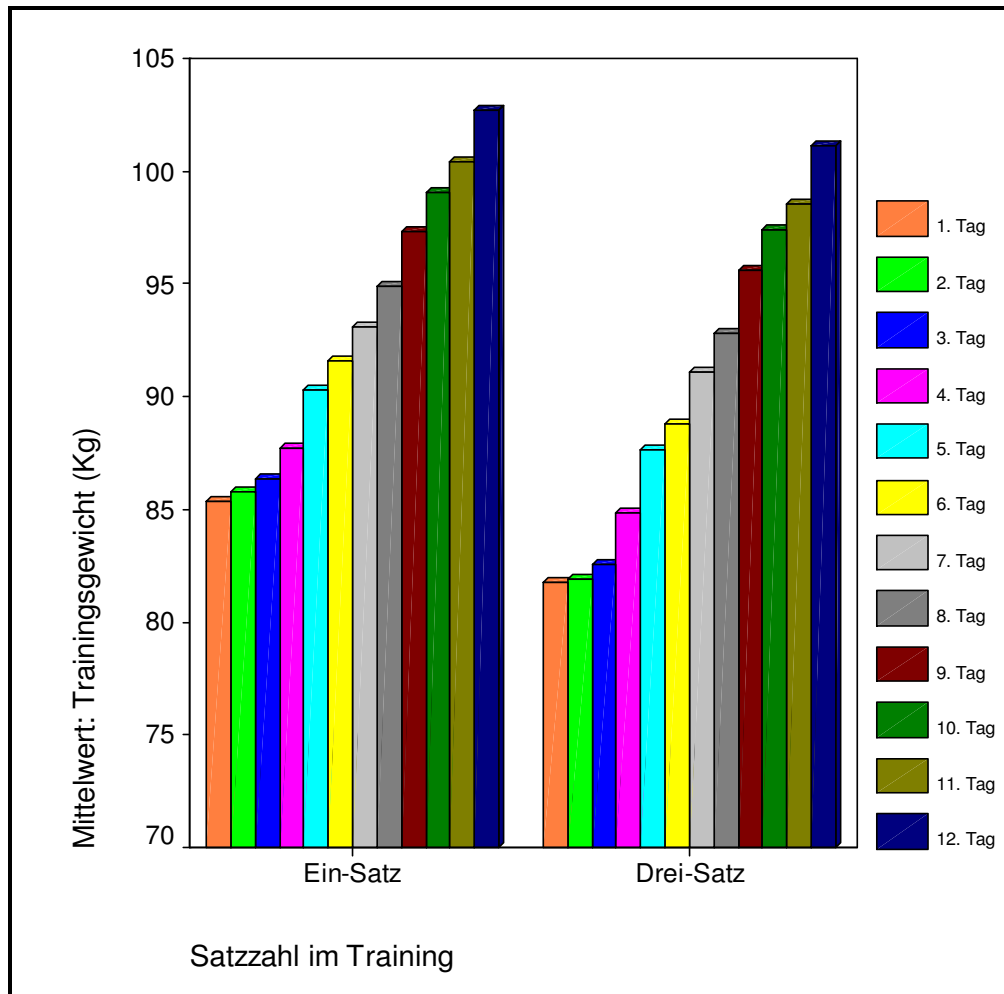


Abb. 34: Vergleich der Veränderung der Trainingsgewichte vom 1. bis zum 12. Trainingstag zwischen den Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz

Bei den Trainingsgewichten kommt es zu einer kontinuierlichen Steigerung. Die Trainingsgewichte erhöhen sich auffallend bei beiden Obergruppen nach einer „Eingewöhnungsphase“ ab dem dritten Trainingstag. Danach verbessern sie sich konstant bis zum Ende der Trainingsphase. Die Steigerungsraten sind beim Vergleich der Gruppen und der einzelnen Tage fast identisch. Auffallend ist, dass die Obergruppe Ein-Satz gegenüber der in der Mehr-Satz-Gruppe zusammengefassten Probanden mit einem etwas höheren Trainingsgewichtslevel anfängt und diesen Vorteil auch am 12. Trainingstag noch verzeichnen kann (s. Abb. 34).

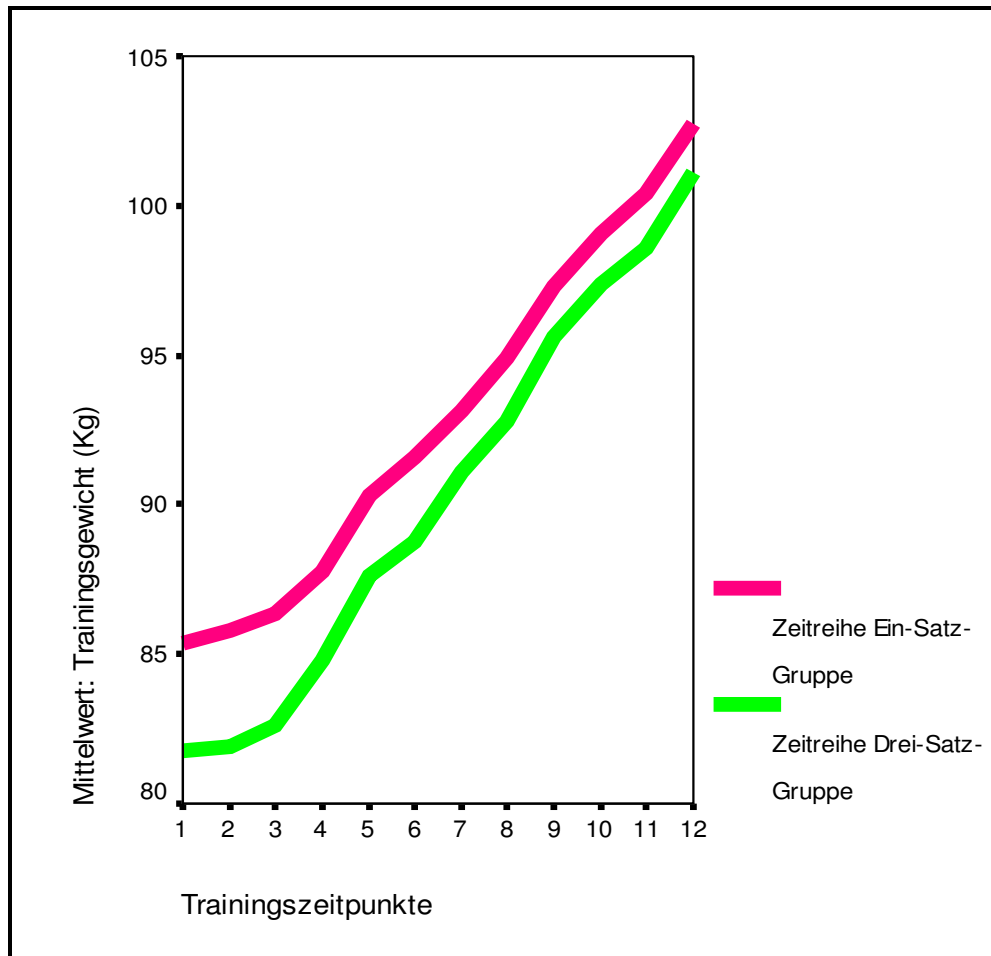


Abb. 35: Zeitreihendarstellung der Trainingsgewichte vom 1. bis zum 12. Trainingstag der Obergruppen Ein-Satz und Drei-Satz

Auch die Zeitreihendarstellung verdeutlicht, dass die Steigerungen der Trainingsgewichte nach einer kurzen „Eingewöhnungsphase“ nahezu parallel verlaufen. Die gleichmäßige kontinuierliche Zunahme der Belastung durch höhere Trainingsgewichte bestätigt, dass insgesamt betrachtet eine hohe Intensität stabil über die sechs Trainingswochen gehalten wurde (s. Abb. 35).

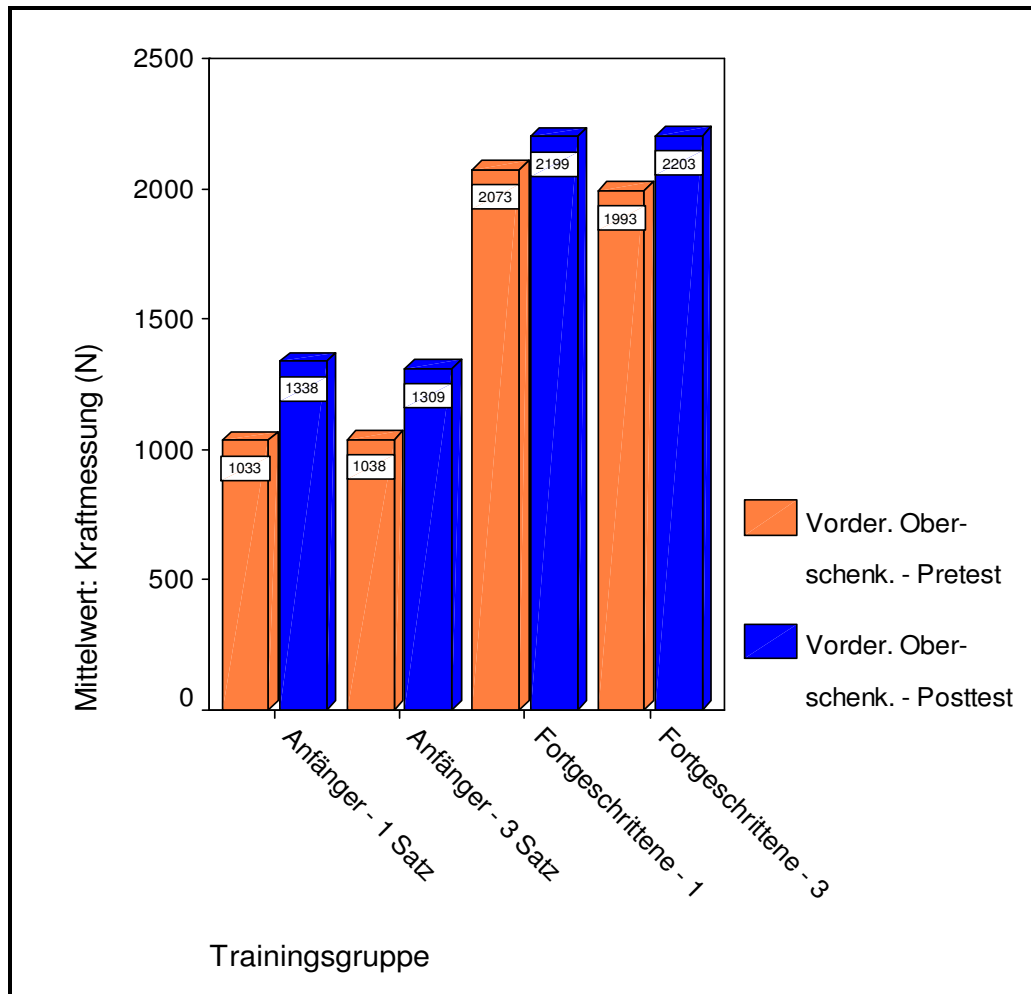


Abb. 36: Vergleich der Maximalkraftentwicklung des M. quadriceps femoris (beidseitig) der Untergruppen

Beim vorderen Oberschenkel (M. quadriceps femoris) der Gruppe A (1-Satz) erhöhte sich der Kraftwert nach dem sechswöchigen Training an der Hackenschmidt-Maschine um 305 Newton (N), d.h. um 29,5 %. Die Gruppe A (3-Satz) konnte eine Steigerung um 271 N (26,1 %) erreichen. Bei der Gruppe F (1-Satz) erhöhte sich der Wert im Posttest um 126 N (6,1 %) und bei Gruppe F (3-Satz) schließlich um 210 N (10,5 %). Auffällig ist bei der Betrachtung der statistischen Werte die hohe Steigerung der Anfänger im Ein-Satz-Training gegenüber den Fortgeschrittenen mit gleicher Satzvorgabe (s. Abb. 36).

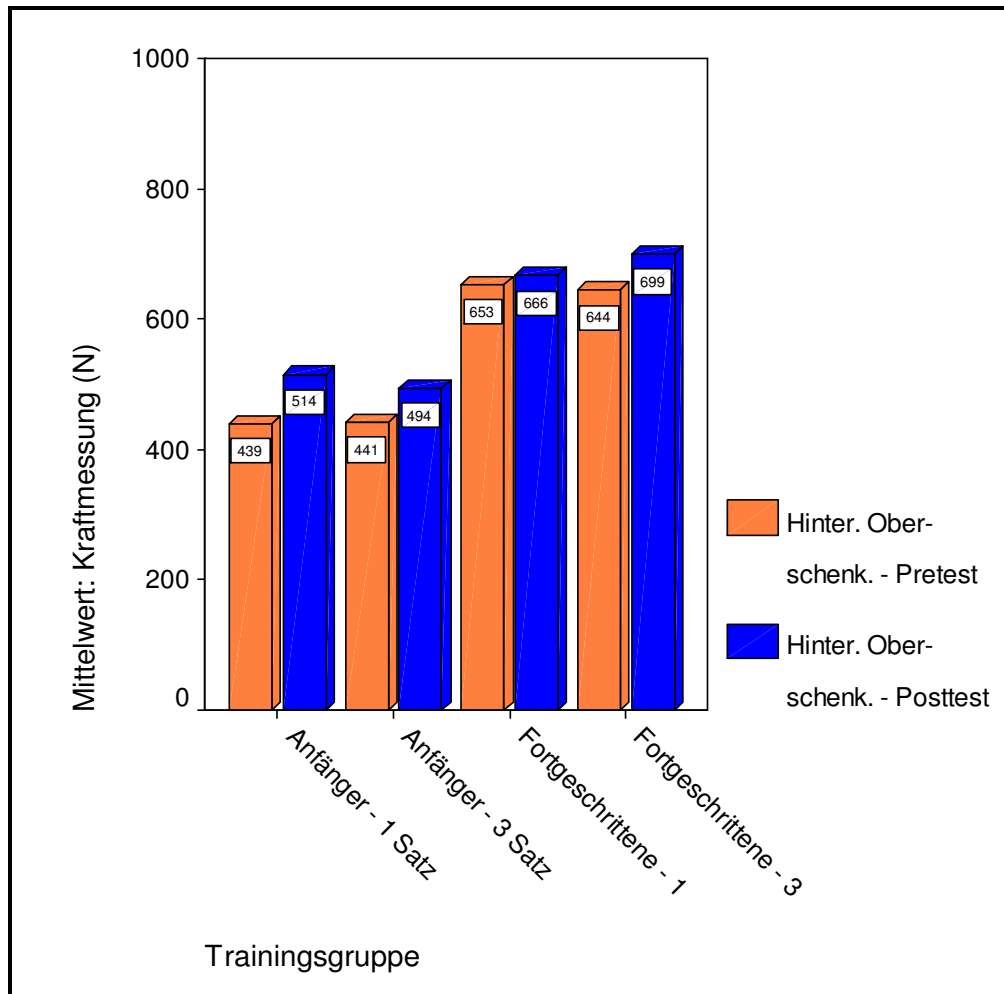


Abb. 37: Vergleich der Maximalkraftentwicklung des Mm. ischiocrurale (beidseitig) der Untergruppen

Die hintere Oberschenkelmuskulatur (Mm. ischiocrurale) zeigte einen Zuwachs bei Gruppe A (1-Satz) von 75 N (17,1 %) und bei Gruppe A (3-Satz) von 53 N (12,0 %), beim hinteren Oberschenkel der Gruppe F (1-Satz) erhöhte sich der Wert um 13 N (2 %) und bei Gruppe F (3-Satz) um 55 N (8,5 %). Bei näherer Betrachtung der hier erzielten statistischen Ergebnisse kann nur bei der Einsatzgruppe der Anfänger von einem leichten Vorteil von 62 Newton gegenüber der fortgeschrittenen Einsatztrainingsgruppe gesprochen werden (s. Abb. 37).

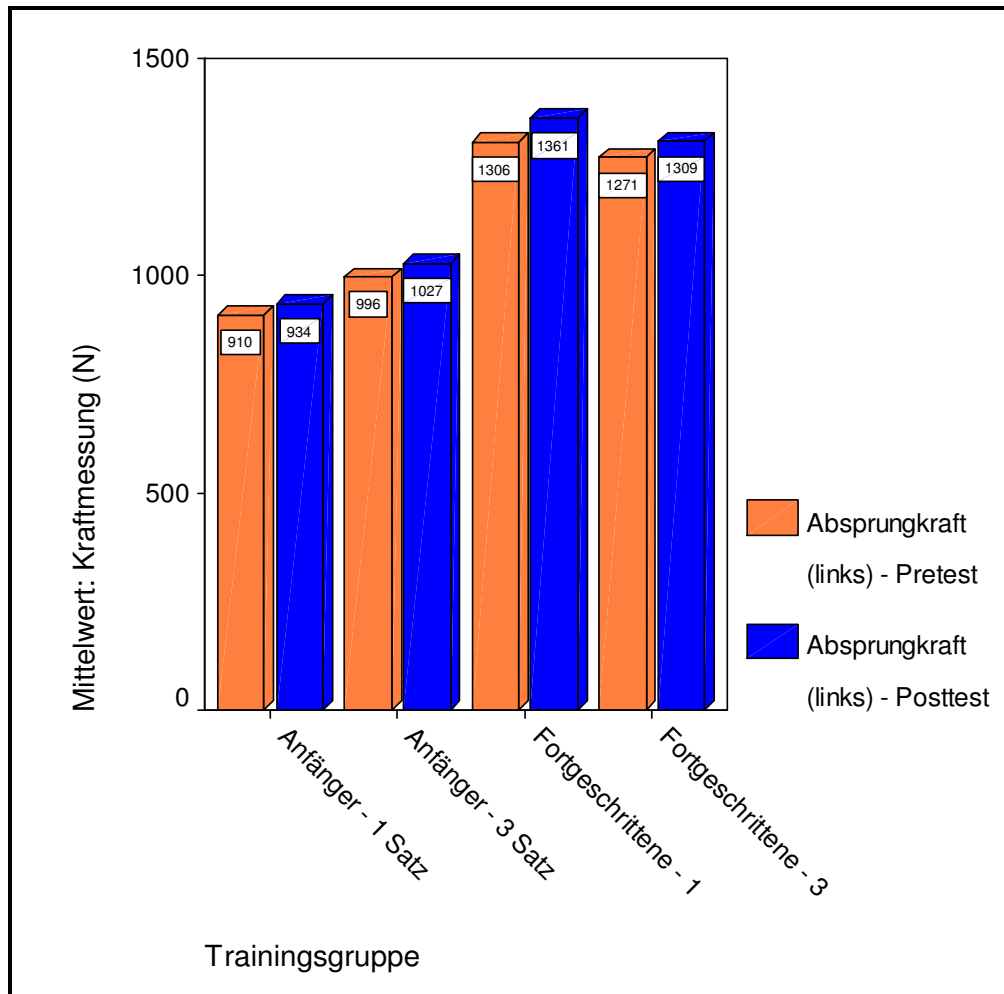


Abb. 38: Vergleich der Absprungkraftentwicklung (links) der Untergruppen

Auch die gemessenen Absprungkräfte zeigten bei allen Gruppen eine Steigerung der Mittelwerte zwischen Pre- und Posttest. Die Absprungkraft (links) zeigte einen Zuwachs der Mittelwerte bei Gruppe A (1-Satz) von 24 N (2,6 %) und bei Gruppe A (3-Satz) von 31 N (3,1 %), bei der Gruppe F (1-Satz) erhöhte sich der Wert um 55 N (4,2 %) und bei Gruppe F (3-Satz) um 37 N (2,9 %). Bei allen Gruppen sind im Vergleich nur geringe Unterschiede in Bezug auf die Absprungkraftentwicklung des linken Beines zu erkennen (s. Abb.38).

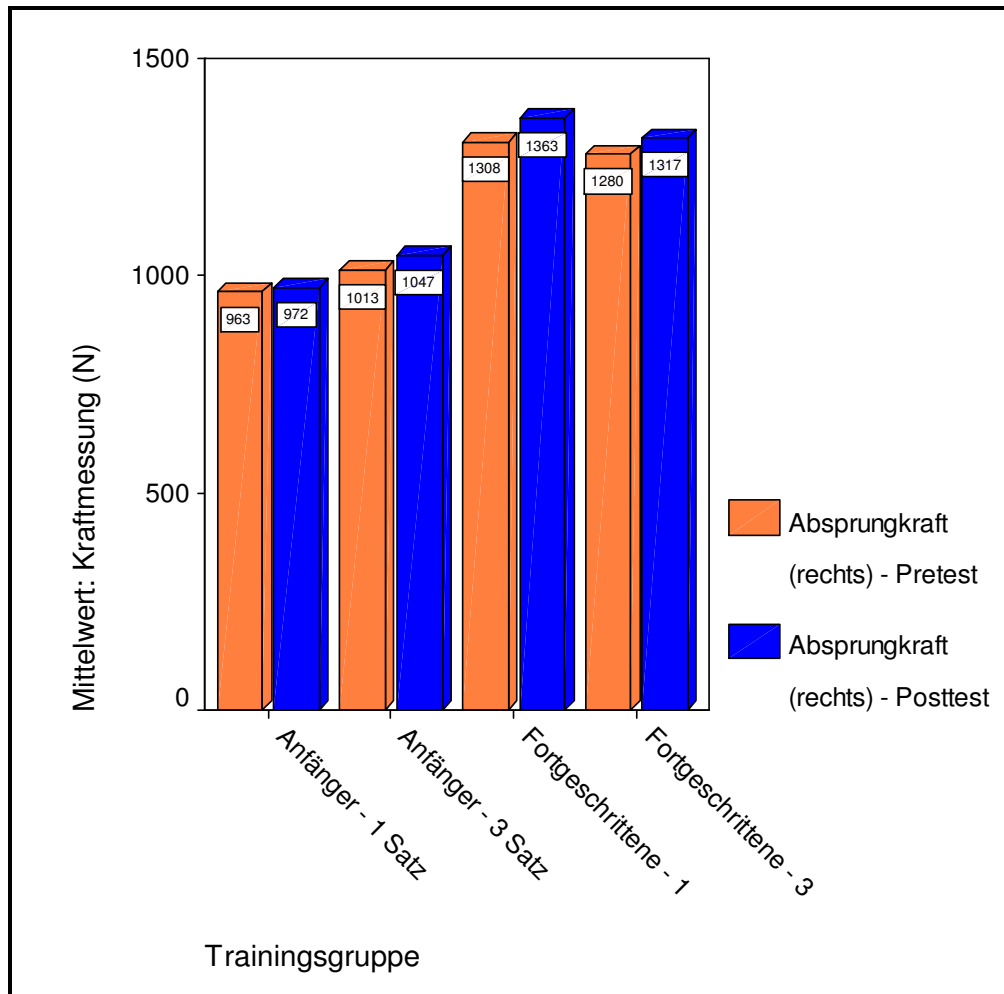


Abb. 39: Vergleich der Absprungkraftentwicklung (rechts) der Untergruppen

Bei der Absprungkraft (rechts) konnte ein Zuwachs der Mittelwerte in der Gruppe A (1-Satz) von 9 N (0,9 %) und in der Gruppe A (3-Satz) von 34 N (3,4 %) erreicht werden, bei der Gruppe F (1-Satz) erhöhte sich der Wert um 55 N (4,2 %) und bei Gruppe F (3-Satz) um 37 N (2,9 %). Auffällig ist der vergleichsweise hohe Wert der Fortgeschrittenen im Ein-Satz-Training gegenüber den Anfängern mit gleicher Trainingsweise (s. Abb. 39).

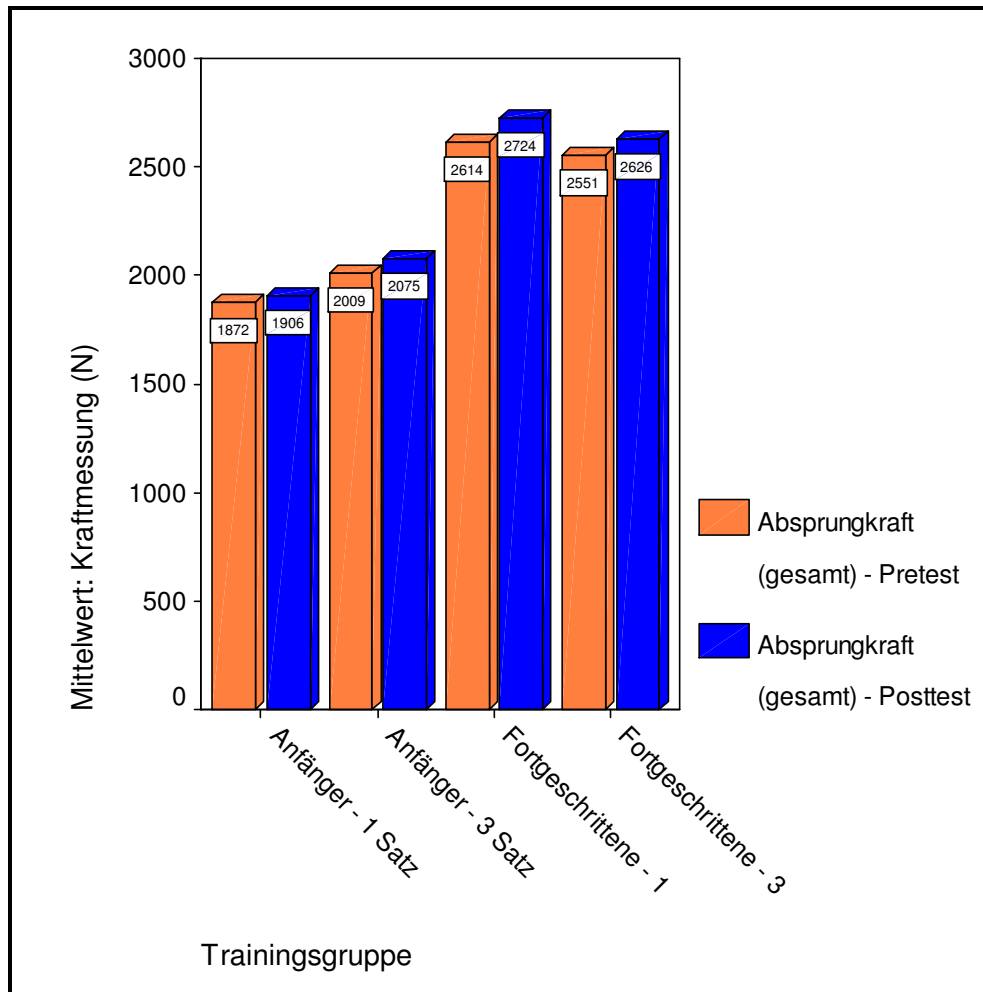


Abb. 40: Vergleich der Absprungkraftentwicklung (gesamt) der Untergruppen

Bei der Absprungkraft (gesamt) konnte ein Zuwachs der Mittelwerte in der Gruppe A (1-Satz) von 32 N (1,7 %) und bei Gruppe A (3-Satz) von 66 N (3,3 %) erreicht werden, bei der Gruppe F (1-Satz) erhöhte sich der Wert um 110 N (4,2 %) und bei Gruppe F (3-Satz) um 75 N (2,9 %). Die statistischen Werte der beiden Drei-Satz-Gruppen unterscheiden sich auch bei der gemessenen Absprungkraft (gesamt) nur unwesentlich voneinander. Auffällige Unterschiede sind jedoch beim Vergleich der Ein-Satz-Gruppen festzustellen. Bei erster näherer Betrachtung kann von einem bedeutenden Vorteil der Fortgeschrittenen, welche nach dem Ein-Satz-Prinzip trainiert haben, ausgegangen werden (s. Abb. 40).

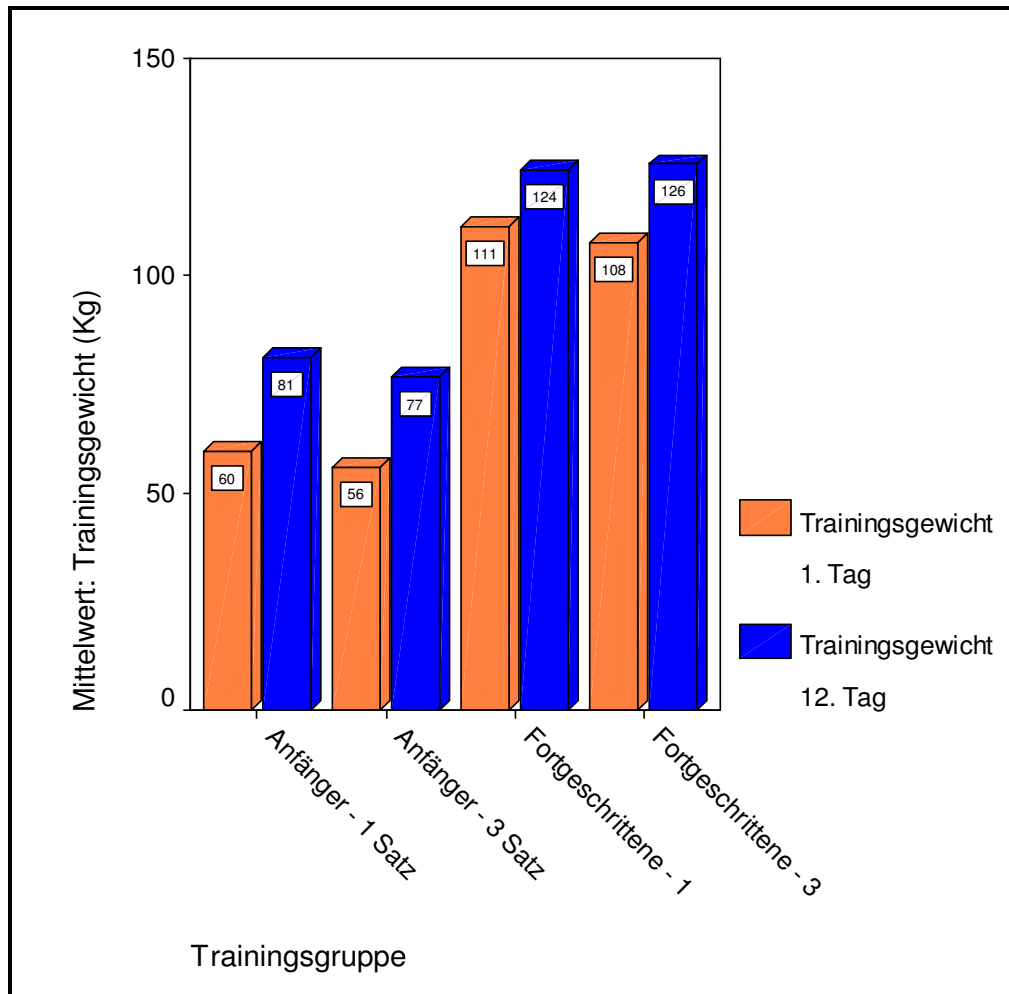


Abb. 41: Vergleich der Veränderung der Trainingsgewichte aller Untergruppen vom 1. bis zum 12. Trainingstag

Auch bei den Trainingsgewichten konnte in allen Gruppen nach einem sechswöchigen Training eine Steigerung registriert werden. Die Anfänger im Ein-Satz-Training steigerten ihr Trainingsgewicht um 21 Kg (35,0 %). Bei den Anfängern im Drei-Satz-Training konnte eine Gewichtssteigerung um 21 Kg (37,5 %) erzielt werden. Auch die Fortgeschrittenen steigerten die Trainingsgewichte im Ein-Satz-Training um 13 Kg (11,7 %) und im Drei-Satz-Training um 18 Kg (16,7%). Bei detaillierter Betrachtung der Grafik wird deutlich, dass es augenfällig absolute Unterschiede gibt bei den Lasten, die ein Fortgeschrittener gegenüber einem Einsteiger bewältigen kann. Die Endwerte am 12. Trainingstag der Anfänger liegen nach sechs Wochen Training noch immer deutlich unter den Werten der Fortge-

schriftlichen zu Beginn der Untersuchung. Ein Anfänger erreicht demnach nicht innerhalb dieser Zeitspanne den Level des Fortgeschrittenen. Es bleibt also auch nach der Trainingsphase eine deutliche Unterscheidung zwischen diesen beiden Trainingsgruppen (s. Abb. 41).

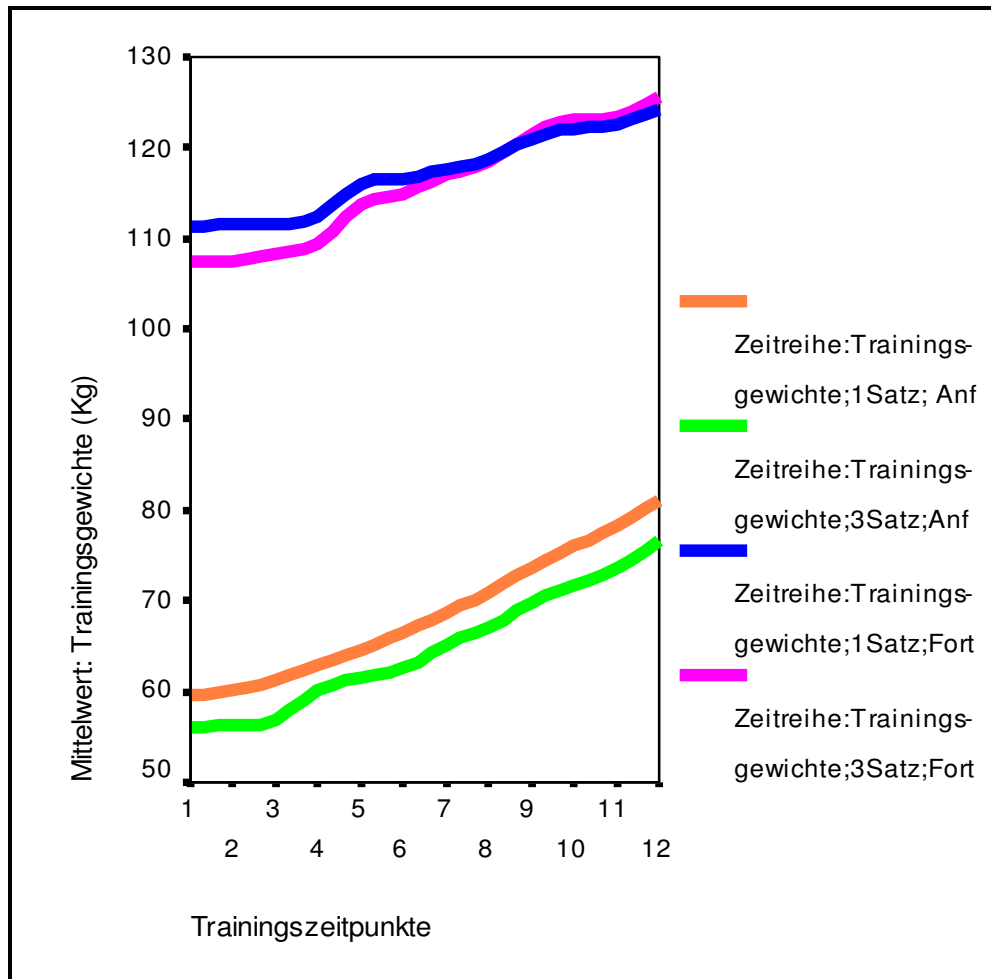


Abb. 42: Veränderung der Trainingsgewichte aller Untergruppen zwischen dem 1. und 12. Trainingstag (Zeitreihe)

Die Zeitreihendarstellung der Trainingsgewichte (s. Abb. 42) der Anfänger- und Fortgeschrittenen-Gruppen macht deutlich, dass eine kontinuierliche Steigerung erreicht wurde. Es wird ersichtlich, dass in den ersten Trainingstagen bei allen Gruppen geringfügige Steigerungen zu verzeichnen sind. Ab dem 5. Trainingstag (3 Woche) erfolgt dann ein steiler Anstieg der Kurve nach oben. Damit wird die im Kapitel 2.3.2.2.3 erwähnte These bestätigt, dass es vor allem in der zweiten Phase eines Krafttrainings (nach drei bis fünf Wochen) zu

einem Anstieg der Kraft kommt. Möglicherweise spielen aber auch anfänglich stärker ausgeprägte Gewöhnungsanforderungen des Trainings eine wichtige Rolle bei der geringeren Zunahme der Trainingsgewichte in den ersten Trainingswochen. Die vollständigen Datensätze der Entwicklung der Trainingsgewichte befinden sich im Anhang F.

4.2 Schließende Statistik

Die Mittelwertsunterschiede zwischen Pre- und Posttest wurden mit Hilfe von T-Tests aufgrund eines Signifikanzniveaus von 5 % bestätigt bzw. widerlegt. Je nach Hypothese (H) wurden dabei T-Tests (s. Tabellen im Anhang H) für gepaarte Stichproben (H1, H2, H5) oder T-Tests für unabhängige Stichproben (H3, H4, H6, H7, H8) verwandt.

Hypothese 1:

Bei allen 80 Personen, die an der Studie teilgenommen haben, kommt es zu einer signifikanten Steigerung der Kraftwerte und Trainingsgewichte nach 12 Trainingstagen. So wie im Anhang H, Tab. 94 ersichtlich, kommt es zu einer durchschnittlichen Verbesserung der Kraftwerte in Höhe von 228,20 Newton (N) und des Trainingsgewichts um 18,35 Kilogramm (Kg). Die Anfängergruppe (1- und 3-Satz) hat daran einen Anteil von 287,97 N bzw. 21,138 Kg, die Fortgeschrittenengruppe (1- und 3-Satz) von 168,42 N sowie 15,563 Kg (s. Tab. 87 bis 95).

Hypothese 2:

Das Gleiche gilt für die Steigerung der Absprungkraft (gesamt) bei allen 80 Teilnehmern an der Untersuchung mit 71,17 N. Die Anfänger (1- und 3-Satz) hatten durchschnittliche Verbesserungen von

49,60 N, die Fortgeschrittenen (1- und 3-Satz) von 92,75 N (s. Tab. 104 bis 112).

Hypothese 3:

Die Obergruppe, die mit dem Ein-Satz-Training (Anfänger und Fortgeschrittene) nach Verbesserung strebte, hatte für sich genommen eine durchschnittlich signifikante Verbesserung in Höhe von 215,60 N sowie eine Zunahme der Gewichte um 17,325 Kg; die andere Obergruppe mit dem Drei-Satz-Training (Anfänger und Fortgeschrittene) ebenfalls in Höhe von 240,80 N sowie bei den Gewichten um 19,375 Kg (s. Tab. 96 bis 101).

Wenn es heißt, für sich genommen zeigen die Werte jeder einzelnen Gruppe einen signifikanten Unterschied zwischen vor und nach dem Training, bedeutet es nicht, dass das auch für einen Vergleich der beiden Obergruppen gilt. Ein Vergleich der beiden Obergruppen „Ein-Satz“ und „Drei-Satz“ mit Hilfe eines T-Tests für unabhängige Stichproben zeigt nämlich, dass die Hypothese eines Unterschiedes zwischen den Trainingserfolgen der beiden Gruppen abgelehnt werden muss (s. Tab. 102 und 103).

Hypothese 4:

Bei der Absprungkraft gilt die gleiche Erklärung. Hierbei wird es nur anhand des Vergleichs zwischen den Werten der Ein-Satz-Trainingsgruppe (Anfänger und Fortgeschrittene) und der Drei-Satz-Trainingsgruppe (Anfänger und Fortgeschrittene) deutlicher, denn 72,28 N und 70,08 N sind zwar für sich genommen signifikante Verbesserungen, aber auch absolut gesehen ungefähr gleich (s. Tab. 112). Die Hypothese, dass die Satzzahl die Kraftentwicklung bestimmt, muss demzufolge ebenfalls abgelehnt werden, weil die o. a. Werte (statistisch mit einem T-Test für unabhängige Stichproben geprüft) nicht signifikant unterschiedlich sind (s. Tab. 114).

Hypothese 5:

Die Hypothese wird angenommen und zwar für die gesamte Menge der Versuchsteilnehmer sowie auch für alle Untergruppen. Insgesamt wird durch die Trainingsmaßnahme eine signifikante Verbesserung von 49,18 N bei der ischiocruralen Muskulatur erzielt, bei den Anfängern 64,20 N, bei den Fortgeschrittenen 34,15 N (s. Tab. 115 bis 123).

Hypothese 6:

Diese Hypothese ist abzulehnen, da der Unterschied in der Entwicklung der Antagonistenkräfte zwischen 44,18 (Ein-Satz) und 54,18 (Drei-Satz) statistisch als nicht signifikant bezeichnet werden kann (s. Tab. 124 u. 125).

Hypothese 7:

Auch wenn es anhand der absoluten Werte von 271,40 N bzw. 65,25 N (Anfänger) und 210,20 N bzw. 74,90 N (Fortgeschrittene) nicht so erscheint, besteht doch kein signifikanter Unterschied in den Zuwachsraten der Kraft zwischen Anfängern und Fortgeschrittenen bei beiden Kraftkomponenten (Maximal- bzw. Absprungkraft) (s. Tab. 126 und 127).

Hypothese 8:

Für die Kraftwerte der Anfänger und Fortgeschrittenen kann beim Ein-Satz-Training von einem statistisch signifikanten Unterschied ausgegangen werden. Das sieht dabei so aus, dass bei der Maximalkraft (304,55 N zu 126,65 N) die Anfänger mehr vom Ein-Satz-Training profitieren während es bei der Absprungkraft (33,95 N zu 110,60 N) genau umgekehrt ist (s. Tab. 128 und 129).

5. DISKUSSION

5.1 Diskussion der Ergebnisse

Nach einem sechswöchigen Krafttraining mit 12 Trainingseinheiten kommt es, wie in den graphisch und tabellarisch aufgeführten Ergebnissen (s. Kapitel 4. und Anhänge E, F, G und H) ersichtlich ist, bei allen Versuchsgruppen zu einer Steigerung der Kraftwerte. Damit wird bestätigt, dass – wie in Kapitel 2.3.2.2.3 erklärt – ein sechswöchiges Training ausreichend ist, um eine Verbesserung der einzelnen hier gemessenen Komponenten Maximalkraft und Absprungkraft zu erreichen.

Vergleicht man die Mittelwerte der jeweiligen Gruppen hinsichtlich der gemessenen Maximal- und Absprungkraft in den durchgeführten Pretests miteinander, so ist festzustellen, dass die Ein-Satz-Gruppe-Anfänger und die Drei-Satz-Gruppe-Anfänger mit nahezu gleichen Trainingsvoraussetzungen ihr Programm begonnen haben. Auch bei der Gegenüberstellung der beiden Gruppen „Fortgeschrittene“ (Ein- und Drei-Satz) wird an Hand der Pretests ersichtlich, dass auch diese beiden Gruppen annähernd die gleichen Voraussetzungen mitbrachten. Deutliche Unterschiede gab es im Vergleich zwischen den Anfänger- und den Fortgeschrittenen-Gruppen in den Pretests und bei den Ausgangstrainingsgewichten. So sind bedingt durch das unterschiedliche Trainingsalter die Ausgangswerte bei den Fortgeschrittenen-Gruppen deutlich höher als bei den Anfänger-Gruppen. Die Einteilung der Versuchspersonen in Anfänger und Fortgeschrittene wurde dadurch unterstützt und findet seine Rechtfertigung.

Die Trainingsgewichte, die während des dynamisch-konzentrischen Krafttrainings an der Hackenschmidt-Maschine erreicht wurden, lagen bei den Anfängern nach sechs Wochen Training noch immer

deutlich unter den Werten der Fortgeschrittenen zu Beginn der Untersuchung. Das bestätigt die Annahme, dass ein Anfänger nicht innerhalb dieser Zeitspanne den Level des Fortgeschrittenen erreichen kann, es also weiterhin eine deutliche Unterscheidung zwischen diesen beiden Gruppen gibt.

Bei detaillierter Betrachtung der Trainingsgewichte nach dem sechswöchigen Training aller Versuchsgruppen und den Ergebnissen, welche bei den Posttests erreicht worden sind, wird ebenfalls bestätigt: Unabhängig vom ursprünglichen Fitness-Level der Gruppen und der Anzahl der Trainingssätze kommt es zu einer Verbesserung der Kraftfähigkeiten bei allen Probanden. Anfänger und Fortgeschrittene haben sich sowohl bei der Maximal- und der Absprungkraft als auch bei den Trainingsgewichten gesteigert (s. Kapitel 4. und Anhänge F u. G). Daraus kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass sowohl die Anfänger als auch die Fortgeschrittenen von dem in diesem Versuch durchgeführten Krafttraining profitiert haben.

Betrachtet man die Ergebnisse der Zeitreihendarstellung (vgl. Abb. 35 und 42) unter dem Aspekt der beiden Anfänger-(Ein-Satz / Drei-Satz) und Fortgeschrittenen-Gruppen (Ein-Satz / Drei-Satz) so wird ebenso ersichtlich, dass die Probanden in allen vier Gruppen kontinuierlich ihre Gewichtsbelastungen erhöht haben. Allen Gruppen ist es gelungen, den vorgegebenen Trainingsplan (s. Anhang B u. C) so umzusetzen, dass eine gleichmäßige Trainingsgewichtssteigerung erzielt wurde.

Die Behauptung, dass nun das Ein- oder das Drei-Satz-Training effektiver ist, kann mit der vorliegenden Untersuchung nicht eindeutig bestätigt werden. Die statistischen Ergebnisse zeigen in dieser Unterscheidung keine signifikanten Werte. Dadurch erhalten die Untersuchungsergebnisse (s. Kapitel 2.7.1) der Studien von Hass, Garzarella, De Hoyos & Pollock (1998) und Hass, Garzarella, De Hoyos &

Pollock (2000) mit der in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchung eine Bestätigung, zumal auch in diesen Untersuchungen keine signifikanten Unterschiede in der Kraftentwicklung zwischen Ein- und Mehr-Satz-Training zu verzeichnen waren.

Die vorliegende Arbeit kann sich aufgrund der erzielten Ergebnisse weder der einen Gruppe von Sportwissenschaftlern, Trainern und Sportmedizinern, die das Ein-Satz-Training favorisieren, noch der anderen Partei, die eine Drei-Satz-Methode befürwortet, anschließen. Es stellt sich allerdings die Frage, *warum* aus dem Unterschied bei der ausgeübten Satzanzahl kein nennenswerter Unterschied im Ergebnis der Kraftentwicklung folgt. Basierend auf den vorliegenden Versuchsergebnissen muss davon ausgegangen werden, dass von dem in der Studie absolvierten Training mit hoher Trainingsintensität die Ein-Satz-Gruppe in gleicher Weise profitiert wie die Mehr-Satz-Gruppe.

Die Intensität der Bewegungsausführung stellt die nahe liegende Erklärung dar. So wurde während der Studie dieser Arbeit beim Training in den Sätzen bis zum Punkt der „**subjektiven Erschöpfung**“ trainiert. Ausbelastungskriterien (Intensivwiederholungen, Gewichtsreduktion, Teilwiederholungen etc.), wie im Kapitel 2.7 erwähnt, kamen nicht zum Einsatz. Die Ein-Satz-Gruppen könnten dem Punkt „*subjektive Erschöpfung*“ möglicherweise eine höhere Gewichtung gegeben haben, was die statistisch nicht signifikanten Unterschiede bei der Kraftentwicklung im Vergleich mit den Mehr-Satz-Gruppen erklären würde.

Zudem scheinen die Ein-Satz-Gruppen während des sechswöchigen Trainings „alle Muskelkraft“ auf den einen ihnen während des jeweiligen Trainings möglichen Satz konzentriert zu haben. Die Möglichkeit, sich nur ein Mal pro Training anstrengen zu müssen, könnte eine

erhöhte Belastungsmotivation bewirkt haben. Wenn bis zum Punkt der „*subjektiven Erschöpfung*“ und „darüber hinaus“ trainiert wird, lassen sich dann unter diesen Bedingungen mit nur einem Satz Trainingserfolge erzielen, die sich nicht mehr bedeutend vom Mehrsatztraining unterscheiden (vgl. Gießing, 2004). Auch höhere Trainingsvolumina, wie sie bei einem Mehr-Satz-Training vorhanden sind, bringen dann keine Vorteile mehr (Heiduk, Preuß & Steinhöfer, 2002).

Nachfolgende Tabellen sollen speziell an dieser Stelle der Arbeit den Überblick und die Diskussionen über die erzielten Versuchsergebnisse (s. Kapitel 4.) erleichtern. Betrachtet werden die Anfänger und Fortgeschrittenen, weil es insbesondere bei diesen Untergruppen signifikante Unterschiede in einigen Bereichen zu verzeichnen gibt.

Tabelle 5: Vergleich der Absprungkraftverbesserung in Newton (N) aller Untergruppen

Untergruppe	Obergruppe 1-Satz	Obergruppe 3-Satz
Fortgeschrittene	110 N	75 N
Anfänger	32 N	66 N

Tabelle 6: Vergleich der Maximalkraftverbesserung (M. quadriceps femoris) in Newton (N) aller Untergruppen

Untergruppe	Obergruppe 1-Satz	Obergruppe 3-Satz
Fortgeschrittene	126 N	210 N
Anfänger	305 N	271 N

Bei der Betrachtung der Absprungkraft werden signifikante Unterschiede beim Vergleich zwischen Anfängern und Fortgeschrittenen (s. Ergebnis-Kapitel u. Tab. 5) lediglich im Ein-Satz-Training ersichtlich. Fortgeschrittene haben gegenüber Anfängern den Vorteil, stär-

ker beim Ein-Satz-Training ihre Absprungkraft zu verbessern. In der Literatur lassen sich bezüglich dieser soeben erwähnten Feststellung keine adäquaten Lösungsansätze finden. Daher sollen und müssen eigene Theorien zur Klärung des Sachverhaltes beitragen. Hält man sich die Tatsache vor Augen, dass die Gruppe der Fortgeschrittenen vor Beginn des Versuchs größtenteils schon über mehrere Jahre nach einem eigenen Trainingsplan mit z. T. viel höherem Trainingsvolumen und höherer Trainingsintensität trainiert haben, kann daraus die Schlussfolgerung gezogen werden, dass die Ursache für das signifikante Ergebnis in einer Umstellung der Satzzahl liegt. Die Fortgeschrittenen im Ein-Satz-Training haben, wie aus der Tabelle 57 ersichtlich ist, vor der Teilnahme am Versuch dieser Arbeit (während des Trainings) meist 3 - 5 Sätze ausgeführt. Die Minderung der Satzzahl und damit verbunden des Trainingsvolumens führen bei Fortgeschrittenen zu einer schnelleren Erholung nach dem Training, welche sich insbesondere in einer verbesserten superkompensatorischen Wirkung (s. Kapitel 2.5.1) niederschlägt. Auf diese begründet sich wiederum die Entwicklung einer deutlich höheren Absprungkraft.

Bei der Diskussion über die Maximalkraftentwicklung der im Training durch die Hackenschmidt-Maschine beanspruchten Hauptmuskelgruppen (M. quadriceps femoris) wird aus Tabelle 6 ersichtlich, dass es zwischen Anfängern (1-Satz) und Anfängern (3-Satz) vergleichbare Werte zu verzeichnen gibt. Auch die Werte Anfänger/Fortgeschrittene im Vergleich (3-Satz) unterscheiden sich kaum voneinander. Erst bei einem Vergleich zwischen den Fortgeschrittenen (3-Satz) und den Fortgeschrittenen (1-Satz) sind, wie aus den Ergebnissen im Kapitel 4. und der vorangestellten Tabelle 6 ersichtlich, nennenswerte Unterschiede hinsichtlich der Kraftentwicklung zu registrieren. Diese Unterschiede sind jedoch statistisch gesehen nicht signifikant, obwohl man bei der ersten Betrachtung davon ausgehen könnte. So kann in diesem speziellen Fall von einem Vorteil

der Drei-Satz-Gruppe/Fortgeschrittene gegenüber dem Ein-Satz-Gruppe/Fortgeschrittenen gesprochen werden, bzw. von einem Nachteil der Fortgeschrittenen Ein-Satz-Gruppe gegenüber der Fortgeschrittenen Drei-Satz-Gruppe. Vergleicht man die Kraftzuwachsrate der Anfänger der Ein-Satz-Gruppe mit denen der Fortgeschrittenen der Ein-Satz-Gruppe, so lässt sich schon bei reiner Betrachtung der Zahlen ein bedeutender Vorteil für die Ein-Satz-Gruppe der Anfänger feststellen. Bei diesem Vergleich liegt sogar eine statistisch signifikante Unterscheidung vor. Bei der Betrachtung der Maximalkraft aller vier Gruppen, fällt somit der Wert der Fortgeschrittenen im Ein-Satz-Training negativ auf. Zwar ist auch hier eine Kraftzuwachsrate zu verzeichnen, aber auf niedrigerem Niveau als bei den anderen Gruppen. Zum einen erklärt sich dies aus der Tatsache, dass ein regelmäßiges und kontinuierlich durchgeführtes Training bei Anfängern schon nach kurzer Zeit zu deutlichen Fortschritten in der Muskelkraftentwicklung führt. Zu Beginn eines Trainings werden die größten Zuwachsraten an maximaler Kraft entwickelt. Bei Fortgeschrittenen sind diese Kraftzuwachsrate weitgehend geringer (vgl. Weineck, 2004). Eine weitere Ursache für das erreichte Ergebnis bilden die zeitlichen Adaptationen (s. Kapitel 2.3.2.2). So ist vor allem beim Trainingsanfänger ein erhöhter Kraftzuwachs in den ersten Trainingswochen festzustellen. Diese Aussage trifft natürlich ebenso auf die Anfänger der Drei-Satz-Gruppe zu, in der keine signifikanten Unterschiede zwischen den Werten der Anfänger und der Fortgeschrittenen zu verzeichnen waren. Für sich allein genommen kann diese Erläuterung nicht die vorliegende Auffälligkeit begründen und bedarf daher eines ergänzenden Faktors.

Der Trainingsreiz muss generell als ein Schwellenprozess bezeichnet werden (vgl. Gottlob, 2001). Nur wenn der optimale Reiz für den Muskelkraftaufbau gesetzt ist, dann kann die Reizantwort, hier also

die signifikante Muskelkraftentwicklung, erreicht werden. Das subjektive Empfinden in Bezug auf die Ausbelastung kann bei den Fortgeschrittenen einer „Fehleinschätzung“ unterlegen sein. Die Ein-Satz-Gruppe/Fortgeschrittene hat, obwohl sie auch mit hoher Intensität trainierte, die Reizschwelle nicht in dem Maße erreicht wie die Anfänger es geschafft haben. Die geringe Satzzahl mit denen die Fortgeschrittenen im Versuch trainierten, hat sich in diesem Fall nicht als Vorteil erwiesen. Vor allem dann, wenn der Fortgeschrittene zuvor über mehrere Monate und Jahre (s. Tabellen 21 und 57) mehrere Sätze trainiert hat. Man muss bei Betrachtung der Kraftwerte in der Tabelle 6 davon ausgehen, dass es ein Nachteil für einen Fortgeschrittenen ist, wenn er für eine Muskelkraftverbesserung nur einen Satz anstrebt.

Fitnessstudiobetreiber, die es oft mit Anfängern zu tun haben, können demnach mit einem größeren Muskelkraftfortschritt dieser Sportler werben, wenn sie generell zu Beginn eines Fitness-Trainings ein Ein-Satz-Training empfehlen. Dieser Vorteil hebt sich auf, wenn die Anfänger im Laufe ihrer Trainingskarriere zu Fortgeschrittenen werden.

Betrachtet man die Ergebnisse in Kapitel 4. und vergleicht die Kraftzuwachsrate des Antagonisten (Mm. ischiocrurales) so kann auch hier von einer Verbesserung der Kraftwerte aller 4 Gruppen gesprochen werden. Zwischen den einzelnen Gruppen im Vergleich sind jedoch keine bedeutenden Unterschiede bei der Kraftentwicklung des Mm. Ischiocrurales zu verzeichnen. Die Frage, die in diesem Zusammenhang einer Klärung bedarf, liegt in den generellen Kraftzuwachsen der Antagonisten und das, obwohl die antagonistische Muskulatur nicht vorrangig trainiert worden ist. Die Kraftzuwachsrate können primär auf zwei Effekte zurückgeführt werden. Zum einen

wird während der exzentrischen Phase der Bewegung (ab Beginn der Beugung der Beine) an der Hackenschmidt-Maschine mittels Kontraktion der hinteren Oberschenkelmuskulatur ein abbremsender Effekt erreicht (vgl. Gottlob, 2001). Ohne diese abbremsende Phase würde der Proband ungebremst zu „Boden“ sinken. Während dieses Teils der Bewegungsausführung belastet die Versuchsperson den Antagonisten, obwohl eigentlich vorrangig nur der Agonist trainiert werden soll. Diese Belastung führt zwangsläufig zu einem Trainingsreiz, auf den der antagonistische Muskel mit Muskelkraftverbesserung reagiert. Daraus wird ersichtlich, dass es bei einem Krafttraining an der im Versuch verwendeten Hackenschmidt-Maschine, generell nicht möglich ist, Muskeln absolut individuell bzw. isoliert zu innervieren, und gleichzeitig Hilfs- und Unterstützungsmuskeln völlig auszuschalten (vgl. Stemper, 2003).

In Addition kann eine weitere Ursache für die Muskelkraftverbesserung der Antagonisten beim Training an der Hackenschmidt-Maschine in der kontralateralen Trainingswirkung liegen. Wird durch ein Krafttraining nur eine Extremität trainiert, so kommt es auch auf der Gegenseite zu einer Kraftzunahme (vgl. Coleman, 1969; Ikai & Fukunaga, 1970; Moritani & de Vries, 1979, 1980). Dieses Phänomen könnte als ein Ergebnis neuraler Adaptionsvorgänge, die auf verschiedenen Ebenen des Nervensystems (s. Kapitel 2.3.3.2.2) zu einer Steigerung des maximal möglichen muskulären Aktivierungsgrades führen, angesehen werden (vgl. Moritani, 1994). Eine Grundlage des Trainings ist, dass spezifische Reize stets spezifische Adaptionserscheinungen zur Folge haben. Das heißt, der Organismus versucht, mit einem Minimum an Aufwand ein Maximum an Effekt zu erreichen (vgl. Hollmann & Hettinger, 1980). Obwohl sich diese Erkenntnisse auf den Vergleich zweier Extremitäten beziehen, könnten diese analog ebenfalls auf die Kraftentwicklung der Gegenspieler der im Versuch trainierten Muskeln zutreffen.

Rückblickend muss angenommen werden, dass es, wenn wie in dieser Untersuchung bewiesen, statistisch keine signifikante Rolle spielt, ob mit einem oder mehreren Sätzen trainiert wird, ein Ein-Satz-Training als Trainingsalternative (aus Zeitgründen) gelten kann. Zu analogen Feststellungen kamen auch Heiduk, Preuß & Steinhöfer (2002) in ihren Untersuchungen.

Retrospektiv kann über die zuvor aufgeführten Diskussionen zu den Ergebnissen weiterhin festgestellt werden, dass Fortgeschrittene, die vorher ein Mehr-Satz-Training durchgeführt haben, mittels eines nachfolgend durchgeführten Ein-Satz-Trainings in ihrer Kraftentwicklung gehemmt bzw. eingeschränkt sind. Des Weiteren wird ersichtlich, dass Fortgeschrittene im Ein-Satz-Training, wenn sie zuvor immer ein Mehr-Satz-Training ausgeübt haben, besonders stark ihre Absprungkraftentwicklung steigern können.

5.2 Kritik an der Methode

Um die erhobenen Daten im Rahmen einer wissenschaftlichen Betrachtung beurteilen zu können, aber auch, um Grenzen ihrer Aussagekraft zu erkennen, ist es notwendig, alle das Ergebnis der Untersuchung beeinflussenden Parameter kritisch zu durchleuchten.

Die Qualität eines jeden wissenschaftlichen Versuchs ist von der Validität der Versuchsdurchführung abhängig (vgl. Bortz & Döring, 1995). So wurde auch bei diesem Versuch viel Zeit darauf verwendet, mögliche Störgrößen auszuschließen, bzw. gering zu halten.

Obwohl mit insgesamt 80 Versuchspersonen eine relativ große Gruppe zur Verfügung stand, ist davon auszugehen, dass eine noch größere Gruppe die Ergebnisse statistisch noch besser untermauern

könnte. Allerdings muss hier gesagt werden, dass es sehr schwierig war, schon diese Anzahl an Personen für die Teilnahme an einem Versuch zu gewinnen, da das geforderte Training für jeden Einzelnen immens hohen Aufwand bedeutete. Besonders die fortgeschrittenen Probanden mussten für den Versuch ihr bisheriges Trainingsprogramm umstellen. Bei ihnen und den Anfängern musste darauf geachtet werden, dass sie den untersuchten Muskel nicht durch andere Übungen zusätzlich belasteten.

Eine ständige Kontrolle der Probanden bei der Trainingsdurchführung erwies sich als schwer. Nicht jeder Satz eines Probanden konnte kontrolliert werden. Dennoch wurde ein gleicher Ablauf der Bewegungsausführungen vom Versuchsleiter ständig angemahnt und bei Überprüfungen auch festgestellt. Trotzdem waren bei vorheriger genauester Trainingseinweisung und ständiger Präsenz der Trainingsbeschreibungen an den im Training verwendeten Geräten geringfügig fehlerhafte Ausführungen möglich, die das Versuchsergebnis beeinflussen haben könnten.

Während der Versuchsleiter bei den Pre- und Posttests den jeweiligen Probanden gegebenenfalls motivieren konnte, war die Durchführungsdisziplin der Testpersonen für die Dauer des Trainings nicht immer beeinflussbar. Es konnte beobachtet werden, dass sich einige Teilnehmer anhand der in der Trainingskarte (Anhang D) eingetragenen Trainingsgewichte anderer Teilnehmer motiviert fühlten, höhere Leistungen anzustreben. Das Bekannt werden der Daten besserer Athleten könnte aber möglicherweise auch bei einem Teil der Probanden zur Demotivation geführt haben.

Einige Probanden empfanden die vorgegebene Körperposition in der Kraftmessanlage als unangenehm, was sich auf die Messung hätte auswirken können. Des Weiteren entsprach die Messvorrichtung

aufgrund ihrer Statik nicht der üblichen dynamischen Trainingsweise und könnte somit das Ergebnis der Kraftmessung ebenso beeinflusst haben. Der Messvorgang auf der Sprungplattform zur Erfassung der Absprungkraft hat einen hohen technischen Anspruch sowohl an die Bewegungsausführung als auch an die Messmechanik. Nicht jeder Proband wird mit dieser Herausforderung des Springens koordinativ einwandfrei zurechtgekommen sein.

Auch das subjektiv empfundene Belastungsempfinden jedes einzelnen Probanden während des Trainings könnte sich störend auf die Versuchsergebnisse ausgewirkt haben. So ist nicht auszuschließen, dass die einzelnen Versuchsteilnehmer die Belastung unterschiedlich schwer im Vergleich mit anderen Vergleichspersonen empfunden haben.

Eventuell vorhandene Körperschmerzen stellen eine weitere Störgröße dar. So klagten einige Teilnehmer vor dem Training über Kopfschmerzen. Dieses Schmerzempfinden könnte im Training den „Belastungsschmerz“ überdeckt und somit störend das Belastungsempfinden beeinflusst haben.

Schließlich muss auch der unterschiedliche Trainingseinfluss in Abhängigkeit der jeweiligen Tages- und Jahreszeit (s. Kapitel 2.3.1.4 und 2.3.1.5) auf den Probanden berücksichtigt werden (vgl. Weineck, 2004). Da die Versuchspersonen verständlicherweise nicht alle zur exakt gleichen Tageszeit ihr Training absolvierten und die Untersuchung im Zeitraum von Anfang Mai bis Ende September durchgeführt wurde, muss auch hier von einem gewissen Einfluss auf die erzielten Werte ausgegangen werden.

Es war leider auch nicht möglich, die Ernährungsgewohnheiten oder das Verhalten der Versuchsteilnehmer während der Regenerations-

phase zwischen den beiden Trainingseinheiten zu beeinflussen. Beide Faktoren, sowohl die Ernährung (s. Kapitel 2.3.1.6) als auch die Regeneration, haben einen Einfluss auf die sportliche Leistungsfähigkeit (vgl. Rieckert, 1991; Philipp 1999 a).

Es lässt sich deutlich aus den zuvor erwähnten möglichen Störgrößen hervorheben, dass bei den Versuchspersonen nicht alle Parameter konstant gehalten und kontrolliert werden konnten.

Die hier genannten Störgrößen haben sicherlich Einfluss auf das Versuchsergebnis gehabt. Es hätte durch den Einsatz einer großen Zahl weiterer Versuchsleiter und der damit einhergehenden Verminderung oder Vermeidung einiger dieser Störgrößen optimiert werden können. Es ist aber zu fragen, ob der dann deutlich höhere (finanzielle) Aufwand zu wesentlich anderen Ergebnissen geführt hätte. Trotz der genannten möglichen Störgrößen erscheinen die Versuchsergebnisse wissenschaftlich aussagekräftig. Zumal es in dieser Studie gelungen ist, mit einer verhältnismäßig großen Probandenzahl (n=20 pro Gruppe) zu arbeiten. Zum Vergleich: Bei dem finnischen Autor Häkkinen finden sich in zahlreichen Publikationen aus den Jahren 1990 und 1993 Gruppenstärken von unter 10. Zum anderen bestanden im Gegensatz zu anderen Krafttrainingsstudien relativ scharfe Definitionen hinsichtlich der Probandenzusammensetzung (männlich zwischen 20 und 30 Jahren) und des Trainingslevels (Anfänger/Fortgeschrittene). Insgesamt betrachtet tragen diese Faktoren zu einer Stärkung der Aussagekraft der in dieser Studie erzielten Ergebnisse bei.

5.3 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die einleitend gestellten Fragen lassen sich folgendermaßen beantworten:

- Das durchgeführte sechswöchige Muskeltraining führt zu einer Verbesserung der isometrischen Maximalkraft der trainierten Muskeln und zu einer Steigerung der Trainingsgewichte.
- Das für die Untersuchung ausgewählte Krafttraining hat einen messbaren positiven Einfluss auf die Entwicklung zusätzlicher Kraftkomponenten (Absprungkraft).
- Die Satzzahl (ein bzw. drei) beim Krafttraining hat keine entscheidende Auswirkung auf die Kraftzuwächse. So gibt es insgesamt gesehen (alle Gruppen) zwischen einem Ein- und einem Mehr-Satz-Training keine signifikanten Unterschiede der Zuwächse bei der im Training beanspruchten Muskulatur, deren Antagonisten und zusätzlicher Kraftkomponenten.
- Anfänger und Fortgeschrittene unterscheiden sich vor allem in ihren absoluten Kraftwerten. Die Anfänger haben bedingt durch das geringere Trainingsalter durchgehend geringere Kraftwerte als die Fortgeschrittenen. Signifikante Unterschiede zwischen Anfängern und Fortgeschrittenen gibt es nur beim Ein-Satz-Training. Bei einem Ein-Satz-Training haben die Fortgeschrittenen bei der im Training vorrangig beanspruchten Muskulatur (M. quadriceps femoris) gegenüber den Anfängern signifikant niedrigere Kraftzuwachsrate zu verzeichnen. Bei der Absprungkraft als zusätzlich gemessene Komponente profitieren die Fortgeschrittenen signifikant mehr vom Ein-Satz-Training. Bei den Antagonisten sind keine signifikanten Unter-

schiede zwischen Anfängern und Fortgeschrittenen zu registrieren.

- Das für das Trainingsprogramm ausgewählte Krafttraining bewirkt generell auch eine Steigerung der isometrischen Maximalkraft der im Training nicht unmittelbar beanspruchten Antagonisten.

Man kann schlussfolgern, dass die optimale Trainingsgestaltung für eine maximale Kraftentwicklung nicht von der Entscheidung für die Ein- oder Drei-Satz-Methode abhängt. Beide führen zu statistisch gleichen Trainingserfolgen.

Aus dem Vergleich zwischen Anfängern und Fortgeschrittenen ist zu schlussfolgern, dass resultierend aus den Unterschieden, die beim Ein-Satz-Training ersichtlich werden, für Anfänger ein Ein-Satz-Training mit dem Ziel einer optimalen Kraftentwicklung ausreichend ist. Fortgeschrittene können sowohl ein Ein-Satz als auch ein Mehr-Satz-Training durchführen, um eine Kraftsteigerung zu erzielen. Die Kraftsteigerungsraten der Fortgeschrittenen fallen allerdings beim Ein-Satz-Training geringer aus, wenn der Fortgeschrittene seinen Trainingszustand im Vorfeld durch ein kontinuierliches Mehr-Satz-Training gewonnen hat (s. Tabelle 6 u. 57). Aus diesem Grund ist dieser Personengruppe ein Ein-Satz-Training nur bedingt zu empfehlen.

Bei der Absprungkraft profitieren Fortgeschrittene von einem Ein-Satz-Training. Die Schlussfolgerung ist, dass für ein Trainingziel – Verbesserung der Absprungkraft – Fortgeschrittenen ein Ein-Satz-Training angeboten werden kann. Anfängern dagegen bietet das Ein-Satz-Training (s. Tabelle 5) die geringfügigsten Zuwachsraten an

Absprungkraftverbesserung. Sie sollten daher versuchen, ihre Sätze zu steigern, um daraus folgend einen Trainingsvorteil zu erreichen.

Für die Zukunft wären Längsschnittuntersuchungen über z. B. 3, 6, 9, 12 oder mehr Wochen zu begrüßen, die sich auf den Unterschied von Ein- und Mehr-Satz-Training im Vergleich konzentrieren. So könnten bei Anfängern und Fortgeschrittenen möglicherweise unterschiedliche Verläufe der Kraftentwicklung in den unterschiedlichen Trainingsphasen festgestellt werden. Auch die Rolle der Intensität eines Trainings sollte in zukünftigen Untersuchungen als Differenzierungsfaktor noch stärker einbezogen werden.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit untersucht die Maximalkraft- und Absprungkraftentwicklung bei einem Ein- und Mehr-Satz-Training bei Anfängern und Fortgeschrittenen. Die Untersuchung soll klären, ob nach einem sechswöchigen Training eine Verbesserung dieser Kraftkomponenten zu verzeichnen ist und es dabei Unterschiede in der Kraftentwicklung bei unterschiedlichen Satzzahlen gibt. Dabei sollen nicht nur die Agonisten, sondern auch die jeweiligen Antagonisten überprüft werden.

Vier Versuchsgruppen von je 20 männlichen Personen absolvierten ein sechswöchiges Kniebeugetraining mit der Hackenschmidt-Maschine. Das Training der vier Gruppen (2x Anfänger, 2x Fortgeschrittene) unterschied sich jeweils im Faktor der unterschiedlichen Satzzahl (Anfänger/Fortgeschrittene ein u. drei). Die anderen Faktoren, wie Wiederholungszahl, Bewegungsgeschwindigkeit, Pausendauer, Trainingsmethode etc., waren während des Trainings an der Hackenschmidt-Maschine identisch.

Vor und nach den für die Untersuchung gewählten 12 Trainingseinheiten wurden mit Hilfe eines Kraftmessstuhls die isometrischen Maximalkraftwerte des vorderen und hinteren Oberschenkels (Antagonist) der einzelnen Probanden ermittelt (Pre- und Posttest). Des Weiteren wurde als zusätzliche Komponente die dynamische Absprungkraft gemessen. Die jeweiligen Trainingsgewichte, mit denen die Probanden während der 12 Trainingstage das Training absolvierten, wurden ebenfalls bei der Erforschung der Versuchsgruppen ausgewertet und analysiert.

Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass sich nach einem sechswöchigen Training bei jeder einzelnen Gruppe die Maximalkraft des vorderen Oberschenkels (*M. quadriceps femoris*) und die Absprungkraft signifikant erhöht hat. Gleichzeitig ist bei allen Versuchsgruppen bei der Maximalkraftentwicklung der nicht vorrangig trainierten Antagonisten (*Mm. ischiocrurales*) eine signifikante Verbesserung zu verzeichnen. Ebenfalls konnte bei allen Gruppen eine signifikante Steigerung der Trainingsgewichte im Vergleich der Zeiträume 1. bis 12. Trainingstag erreicht werden.

Darüber hinaus zeigt die Auswertung der Messungen, dass bei den vorrangig trainierten Muskeln (*M. quadriceps femoris*) im Vergleich zwischen einem Ein- bzw. Drei-Satz-Training (alle Gruppen) keine signifikanten Unterschiede in den Kraftwerten feststellbar sind. Diese Aussage trifft ebenfalls auf die zusätzlich in der Untersuchung gemessene Komponente (Absprungkraft), die Trainingsgewichte, sowie die im Training nicht primär beanspruchten Antagonisten zu.

Lediglich bei den am Ende der Untersuchung gemessenen Maximalkraftwerten (*M. quadriceps femoris*) kann beim Ein-Satz-Training der Anfänger im Vergleich zu den Fortgeschrittenen von einem statistisch signifikanten Vorteil gesprochen werden.

Bei den Absprungkraftmessungen ist es genau umgekehrt. Dort erreichten die Fortgeschrittenen im Ein-Satz-Training im Vergleich zu den Anfängern statistisch signifikant bessere Ergebnisse.

LITERATURVERZEICHNIS

- Abe, T., De Hoyos, D.V., Pollock, M.L. & Garzarella, L. (2000). Time Course for strength and muscle thickness changes following upper and lower body resistance training in men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 174-180.
- Ahonen, J., Lahtinen, T., Sandström, M. & Pogliani, G. (2003). *Sportmedizin und Trainingslehre*. Stuttgart, New York: Schattauer Verlag.
- American College of Sports Medicine. (1998). Position Stand: The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardio respiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 975-991.
- Antonio, J. & Gonyea, W. (1993). *Skeletal muscle fibre hyperplasia*, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25, 1333-1345.
- Atha, J. (1981). Strengthening muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 9, 1-73.
- Baechle, T. R., Earle, R. W. & Wathen, D. (2000). Resistance Training. In T. R. Baechle & R. W. Earle (Hrsg.), *Essentials of strength training and conditioning* (S. 395-425) Champaign, IL: Human Kinetics.
- Berger, R. (1962). Effect of varied weight training programs on strength. *The Research Quarterly*, 33, 169-181.

- Bischoff, R. (1989). Analysis of muscle regeneration using single myofibers in culture. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 164-172.
- Bischoff, R. (1990). Cell cycle commitment of rat muscle satellite cells. *J. Cell Biol.*, 111, 201-207.
- Boeckh-Behrens, W.-U. & Buskies, W. (2005). *Fitness-Krafttraining: Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Verlag.
- Bös, K. & Tittlbach, S. (2001), In V. Scheid & R. Prohl (Hrsg.), *Kursbuch Sport 3. Bewegungslehre* (S. 123-154). Wiebelsheim: Bärenreiter-Verlag.
- Bortz, J. & Döring, N. (1995), 2. Auflage. *Forschungsmethoden und Evaluation*. Berlin: Springer-Verlag.
- Bortz, J. (1999), 5. Auflage. *Statistik für Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer-Verlag.
- Bredenkamp, A. & Hamm, M. (1998), 2. Auflage. *Trainieren im Sportstudio*. Rödinghausen: Fitness-Contur-Verlag.
- Bührle, M. & Schmidtbleicher, D. (1977). Der Einfluss von Maximalkrafttraining auf die Bewegungsschnelligkeit. *Leistungssport*, 7, 3-10.
- Bührle, M. & Schmidtbleicher, D. (1981). Komponenten der Maximal- und Schnellkraft. *Sportwissenschaft*, 1, 11-27.

- Bührlé, M. (1985). Dimensionen des Kraftverhaltens und ihre spezifischen Trainingsmethoden. In M. Bührlé (Hrsg.), *Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings* (S. 82-111). Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Bührlé, M. (1989). Maximalkraft, Schnellkraft, Reaktivkraft. *Sportwissenschaft, 19*, 311-325.
- Burke, R. E. & Edgerton, R. V. (1975). Motor unit properties and selective involvement in movement. *Exercise and Sport Sciences Reviews, 3*, 31-69.
- Carpinelli, R. N. & Otto, R. M. (1998). Strength Training - Single versus Multiple Sets. *Sports Med., 2*, 73-84.
- Coleman, E. A. (1969). Effect of unilateral isometric and isotonic contractions on the strength of the contralateral limb. *Research Quarterly, 40*, 490-495.
- De Marées, H. & Mester, J. (1981). *Sportphysiologie I*. Frankfurt am Main: Diesterweg-Verlag.
- De Marées, H. (1996). *Sportphysiologie*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Dudley, G. A., Tesch, P. A., Miller, B. J. & Buchanan, P. (1991). Importance of eccentric actions in performance adaptations to resistance training. *Aviation Space and Environmental Medicine, 62*, 543-550.

- Edström, L. & Ekblom, B. (1972). Differences in sizes of red and white muscle fibers in vastus lateralis of musculus quadriceps femoris of normal individuals and athletes. Relation to physical performance. *Scand. J. of Clin. Lab. Invest.*, 30, 175-181.
- Ehlenz, H., Grosser, M., Zimmermann, E. & Zintl, F. (1995), 5. Auflage. *Krafttraining – Grundlagen, Methoden, Übungen, Leistungssteuerung, Trainingsprogramme*. München: BLV-Verlag.
- Feigenbaum, M.S. & Pollock, M. J. (1997). Strength training. *The Physican and Sportmedicine*, 25, (2 (Feb)), 44-64.
- Feigenbaum, M.S. & Pollock, M. J. (1999). Prescription of resistance training for health and disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31, 38-45.
- Feinstein, B., Lindegard, B. & Nyman, E. (1955). Morphologic studies of motor units in normal human muscle. *Acta Anat.*, 23, 127-142.
- Feser, R. (1977). Die Entwicklung der motorischen Kraft qualifizierter Gewichtheber. *Leistungssport*, 7, 4.
- Fiatrone, M.A., Marcs, E.C., Ryan, N.D., Meredith, C.N., Lipsitz, L.A. & Evans, W.J. (1990). High intensity strength training in nonagenarians. *J Am Med Assoc*, 263, 3029-3034.
- Fleck, S. & Kraemer, W.J. (1997). *Designing Resistance Training Programs*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Frey, G. & Hildebrandt, E. (2004), 2. Auflage. *Einführung in die Trainingslehre*. Schorndorf: Hoffmann Verlag.

- Frick, U., Schmidtbleicher, D. & Wörn, C. (1991). Vergleich biomechanischer Messverfahren zur Bestimmung der Sprunghöhe bei Vertikalsprüngen. *Leistungssport*, 2, 48-50.
- Frick, U. (1993). *Kraftausdauerverhalten im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus*. Köln: Sport und Buch Strauß
- Friedebold, G., Nüssgen, W. & Stoboy, H. (1957). Die Veränderungen der elektrischen Aktivität der Skelettmuskulatur unter den Bedingungen eines isometrischen Trainings. *Z. ges. exp. Med.*, 129, 401.
- Fukunaga, T. (1976). Die absolute Muskelkraft und das Muskelkrafttraining. *Sportarzt und Sportmed.*, 27, 255-265.
- Geiß, K. R. & Hamm, M. (2000). *Handbuch Sportler-Ernährung*. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt.
- Gießing, J. (2000). Das Heavy-Duty-Konzept. *Leistungssport*, 30, 19-23.
- Gießing, J. (2004). *Ein-Satz Training - Ein wissenschaftliches Konzept für schnellstmöglichen Muskelaufbau im Bodybuilding*. A-rensberg: Novagenics-Verlag.
- Goldspink, G. (1994). Zelluläre und molekulare Aspekte der Trainingsadaption des Skelettmuskels. In P. V. Komi (Hrsg.), *Kraft und Schnellkraft im Sport* (S. 213-231). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.

- Gollhofer, A. (1987). *Komponenten der Schnellkraftleistung im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus*. Erlensee: o.V.
- Gonyea, W., Ericson, G. C. & Bonde-Peterson, F. (1977). Skeletal muscle fiber splitting induced by weightlifting exercise in cats. *Acta physiol. Scand.*, 99, 105.
- Gotshalk, L.A., Loebel, C.C., Nindl, B.C., Putukian, M., Sebastianelli, W.J., Newton, R.U., Häkkinen, K., & Kraemer, W.J. (1997). Hormonal responses of multiple-set versus single-set heavy-resistance exercise protocols. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22 (3), 244-255.
- Gottlob, A. (2001). *Differenziertes Krafttraining*. München-Jena: Urban & Fischer.
- Granhed, H., Jonson, R. & Hansson, T. (1991). The loads on the lumbar spine during extreme weight lifting. *Spine*, 12, 146-149.
- Graves, J. E. (1991). Single versus multiple set dynamic and isometric lumbar extension strength training. Proceedings, Book III. World Confederation for Physical Therapy, 11 th International Congress, London. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1311-1320.
- Greiter, F., Maderthaner, R., Bauer, H., Bachl, N., Prokop, L. & Guttmann, G. (1980). Die Wirkung künstlichen und natürlichen Sonnenlichts auf einige psychosomatische Parameter des menschlichen Organismus. *Medizin und Sport*, 20, 333-337.

- Grosser, M. (1989). *Training der konditionellen Fähigkeiten. Studienbrief der Trainerakademie des Deutschen Sportbundes*. Schorn-dorf: Hofmann-Verlag.
- Grosser, M., Ehlenz, H., Griebel, R. & Zimmermann, E. (1996). *Richtig Muskeltraining*. München: BLV Verlag.
- Güllich, A. & Schmidtbleicher, D. (2000). Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. In M. Siewers (Hrsg.), *Muskelkrafttraining. Band 1: Ausgewählte Themen – Alter, Dehnung, Ernährung, Methodik* (S. 17-71). Kiel.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Kyroläinen, H., Cheng, S., Kim, D. H. & Komi, P. V. (1990). Neuromuscular adaptations and serum hormones in females during prolonged power training. *International Journal of Sports Medicine*, 11, 91-98.
- Häkkinen, K. (1993). Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 14, No 2, 53-59.
- Harre, D. (1994). Trainingsinhalt, Trainingsübungen, -mittel und -methoden. In G. Schnabel, D. Harre & A. Borde (Hrsg.), *Trainingswissenschaft* (S. 247-252). Berlin: Sportverlag.
- Hartmann, N. J. & Tünnemann, H. (1988). *Modernes Krafttraining*. Berlin (Ost): Sportverlag.
- Hass, C. J., Garzarella, L., De Hoyos, D. V. & Pollock, M. L. (1998). Effects of training volume on strength and endurance in experienced resistance trained adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30 (5), 115-163.

- Hass, C. J., Garzarella, L., De Hoyos, D. V. & Pollock, M. L. (2000). Single versus multiple sets in long-term recreational weightlifters. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32 (1), 235-242.
- Heiduk, R. & Preuß, P. (2001). *Vergleich der Auswirkungen eines Krafttrainings mit niedrigem gegenüber hohem Volumen auf die Maximalkraft bei Fortgeschrittenen männlichen Fitness-Sportlern*. Unveröff. Diplomarbeit, Fakultät für Sportwissenschaften, Ruhr-Universität Bochum.
- Heiduk, R., Preuß, P. & Steinhöfer, D. (2002). Die optimale Satzzahl im Krafttraining. Einsatz- versus Mehrsatz-Training. *Leistungssport*, 4, 4-13.
- Hennings, J. (2002). *Longitudinalstudie an Kraftsportlern: Korrelation des isometrischen Kraftmaximums des Musculus quadriceps femoris mit der vertikalen Sprunghöhe bei submaximalem Quadricepstraining an Knieextensor und Beinpresse*. Unveröff. Inauguraldissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Hettinger, T. (1964), 1. Auflage. *Isometrisches Muskeltraining*. Stuttgart: Thieme-Verlag.
- Hettinger, T. (1965). Das isometrische Training der Muskelkraft. *Sportarzt und Sportmed.*, 16, 66-69.
- Hettinger, T. (1966), 2. Auflage. *Isometrisches Muskeltraining*. Stuttgart: Thieme-Verlag.
- Hettinger, T. (1968), 3. Auflage. *Isometrisches Muskeltraining*. Stuttgart: Thieme-Verlag.

- Hettinger, T. (1972), 4. Auflage. *Isometrisches Muskeltraining*. Stuttgart: Thieme-Verlag.
- Hick, A. (1997). Feinbau der Skelettmuskelfasern. In C. Hick & A. Hick (Hrsg.), *Physiologie* (S. 284-287). Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Gustav- Fischer- Verlag.
- Hick, C. (1997). Nahrungsmittel. In C. Hick & A. Hick (Hrsg.), *Physiologie* (S.157-163). Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Gustav-Fischer-Verlag.
- Hochmuth, G. (1981). *Biomechanik sportlicher Bewegungen*. Berlin: Sportverlag.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2003), 3. Auflage. *Einführung in die Trainingswissenschaft*. Wiebelsheim: Limbert-Verlag.
- Hollmann, W. & Hettinger, T. (1980), 2. Auflage. *Sportmedizin – Arbeits- und Trainingsgrundlagen*. Stuttgart, New York: Schattauer.
- Hollmann, W. (1993). Definitionen und Grundlagen zur Trainingslehre. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 44, 383-389.
- Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000), 4. Auflage. *Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventionsmedizin*. Stuttgart, New York: Schattauer.
- Horn, H. G. (1998). *Medizinisches Aufbautraining*. Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Gustav Fischer.
- Howald, H. (1989). Veränderung der Muskelfasern durch Training. *Leistungssport*, 19 (2), 18-24.

- Ikai, M. & Fukunaga, T. (1970). A study on training effect on strength per unit cross-sectional area of muscle by means of ultrasonic measurement. *Int. Z. f. angewandte Physiologie*, 28, 173-180.
- Johnston, B. D. (2000). High intensity versus high volume. In: Brzycki, M. (Hrsg.), *Maximize your training: insights from leading strength and fitness professionals* (S.125-143). Lincolnwood: o.V.
- Kieser, W. (1998). Wie viele Sätze beim Krafttraining? *Leistungssport*, 28, 50-51.
- Kieser, W. (2003). *Ein starker Körper kennt keinen Schmerz*. München: Heyne-Verlag.
- Komi, P. V. (1985). Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus bei Bewegungen mit sportlicher Leistung. In M. Bührle (Hrsg.), *Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings* (S. 254-269). Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Komi, P. V. (Hrsg.). (1994). *Kraft und Schnellkraft im Sport*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Konopka, P. (2001), 8 Auflage. *Sporternährung*. München: BLV Verlagsgesellschaft.
- Kraemer, W.J. (1997). A series of studies: the physiological basis for strength training in American football: fact over philosophy. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11 (3), 131-142.

- Kramer, J. B., Stone, M. H., O'Bryant, H.S., Conley, M.S., Johnson, R. L., et al. (1997). Effects of single vs. multiple sets of weight training: impact of volume, intensity and variation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11 (3), 143-147.
- Kraus, M. (1998). *Die Kraftentwicklung in Abhängigkeit von zwei- und dreidimensionalen Bewegungsausführungen*. Unveröff. Magisterarbeit, Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.
- Krüger, A. (1996). *Auswirkung der Bewegungsgeschwindigkeit im Krafttraining*. Unveröff. Magisterarbeit, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Kugler, J. (1981). Gedächtnis und Gedächtnisleistung neurophysiologisch beurteilt. *Sandorama*, 4, 5-9.
- Kunz, H.-R., Schneider, W., Spring, H., Tritschler, Th. & Unold Inauen, E. (1990). *Krafttraining*. Stuttgart, New York: Thieme-Verlag.
- Kusnecova, S. I. (1979). Die Differenzierung der Körpererziehung und Wege zur Erhöhung des Bewegungsvermögens der Kinder im jüngeren Schulalter. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 28, 23-26.
- Larsson, L. & Tesch, P. A. (1986). Motor unit fiber density in extremely hypertrophied skeletal muscles in man. *Europ. J. appl. Physiol.*, 55, 130-136.
- Letzelter, M. (1978). *Trainingsgrundlagen*. Reinbek: Rowohlt-Verlag.
- Letzelter, H. & Letzelter, M. (1993). *Krafttraining – Theorie, Methoden, Praxis*. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt-Verlag.

- MacDougall, J.D. (1982). Muscle ultra structural characteristics of elite power lifters and bodybuilders. *Europ. J. appl. Physiol.*, 48, 117-126.
- MacDougall, J.D. (1984). Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects. *J. of appl. Physiol.*, 57, 1399-1403.
- MacDougall, J.D. (1994). Hypertrophie und/oder Hyperplasie. In P.V. Komi (Hrsg.), *Kraft und Schnellkraft im Sport* (S. 232-239). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Mahlo, F. (1992). Die Struktur konditioneller Leistungsvoraussetzungen und das Krafttraining von Rudersportler/innen der Weltspitze. *Leistungssport*, 3, 25-28.
- Markworth, P. (1983). *Sportmedizin*. Reinbeck: Rowohlt-Verlag.
- Martin, D., Carl, K., Lehnertz, K. (1993), 2. Auflage. *Handbuch der Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Marx, J.O., Kraemer, W.J., Nindl, B.C., Gotshalk, L.A., Duncan, N.D., et al. (1998). The effect of per iodization and volume of resistance training in women. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 30 (5), Supplement abstract 935.
- Max, M. (1989). *Eine experimentelle Studie über die isometrischen Schnellkrafteigenschaften an Leistungsturnerinnen und –turnern im Kindes- und Erwachsenenalter*. Unveröff. Inauguraldissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

- McGee, D.S., Jesse, T.C., Stone, M.H. & Blessing, D. (1992). Leg and hip endurance adaptations to three different weight-training programs. *Journal of Applied Sports Science Research*, 6 (2), 92-95.
- MechaTronic (1999). *Digimax Sprungsoftware V 2.0 B. Bedienungsanleitung*. Hamm: MechaTronic.
- Moritani, T. & de Vries, H. (1979). Neural factors versus hypertrophy in time course of muscle strength gain. *American J. of Physical Med.*, 58, 115-130.
- Moritani, T. & de Vries, H. (1980). Potential for gross muscle hypertrophy in older men. *J. of Gerontology*, 35, 672-682.
- Moritani, T. (1994). Die zeitliche Abfolge der Trainingsanpassungen im Verlaufe eines Krafttrainings. In P.V. Komi (Hrsg.), *Kraft und Schnellkraft im Sport* (S. 266-276). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Murray, A. (1990). *Krafttraining – Gewichtheben für Fitneß und Leistungssport*. Berlin: Verlag Weinmann.
- Nett, T. (1964). Leichtathletisches Muskeltraining. In Stemper, Th., 4. Auflage. *Lehrbuch Lizenziierter Fitness-Trainer*. (S.80-83). Hamburg: SSV-Verlag.
- Neubert, A. (1999). *Zur Diagnostik und Trainierbarkeit des reaktiven Bewegungsverhaltens*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Nicolaus, J. (1995). *Kraftausdauer als Erscheinungsform des Kraftverhaltens*. Köln: Sport und Buch Strauß.

- Philipp, M. (1999a). Einsatz genügt! - Erfahrungen mit Mehrsatz- und Einsatztrainingsmethoden im Krafttraining. *Leistungssport*, 29 (1), 25-28.
- Philipp, M. (1999b). Einsatz-Training versus Mehrsatz-Training. *Leistungssport*, 29 (4), 27-34.
- Piche, B. (2000). Power lifting HIT. In M. Brzycki (Hrsg.), *Maximize your training: insights from leading strength and fitness professionals*. (S. 335-343). Lincolnwood: Master Press.
- Pollock, M.L., Graves, J.E. & Bamman, M.M. (1993). Frequency and volume of resistance training, effect of cervical extension strength, *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 74, 1080-1086.
- Pollock, M.L., Abe, T., De Hoyos, D.V., Garzarella, L., Hass, C.J. & Werber, G. (1998). Muscular hypertrophy responses to 6 months of high- or low -volume resistance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 5, 116.
- Potthast, J.M. & Klimt, F. (1988). Vertikalkraftmessungen bei ausgewählten Sprungkraftübungen mit kapazitiven Methoden. *Dt. Zt. für Sportmedizin*, 8, 300 ff.
- Rauber, A., Kopsch, F.; Leonhardt, H., Tillmann, B, Töndury, G. & Zillas, K. (Hrsg.). (1987). *Anatomie des Menschen-Lehrbuch und Atlas*. Stuttgart: Thieme - Verlag.
- Rhea, M.R., Alvar, B.A., Ball, S.D. & Burgett, L.N. (2002). Three sets of weight training superior to 1 set with equal intensity for eliciting strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16 (4), 525-529.

- Rieckert, H. (1991). *Leistungsphysiologie*. Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Röthig, P., Becker, H., Carl, K., Kayser, D. & Prohl, R. (Hrsg.). (1992), 6. Auflage. *Sportwissenschaftliches Lexikon*. Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Röthig, P & Größing, S. (2003), 5. Auflage. *Sportbiologie*. Wiebelsheim: Limpert-Verlag.
- Sandborn, K., Boros, R., Hruby, J., Schilling, B., O'Bryant, H.S., Johnson, R.L. et al. (2000). Multiple sets not to failure vs. a single set to failure in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14 (3), 328-331.
- Scheid, V. & Prohl, R. (2004), 9. Auflage. *Trainingslehre*. Wiebelsheim: Limpert-Verlag.
- Schlumberger, A. & Schmidtbleicher, D. (1999). Einsatz-Training als trainingsmethodische Alternative - Möglichkeiten und Grenzen. *Leistungssport*, 3, 9-11.
- Schlumberger, A., Stec, J. & Schmidtbleicher, D. (2001). Single- vs. multiple-set strength training in women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15 (3), 284-289.
- Schmidtbleicher, D. & Gollhofer, A (1982). Neuromuskuläre Untersuchungen zur Bestimmung individueller Belastungsgrößen für ein Tiefsprungtraining. *Leistungssport*, 12 (4), 298-307.

- Schmidtbleicher, D. (1987). Motorische Beanspruchungsform Kraft. Struktur- und Einflußgrößen, Adaptation, Trainingsmethoden, Diagnose und Trainingssteuerung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 9, 356–376.
- Schnabel, G. & Thieß, G. (Hrsg.). (1993). *Leistung, Training, Wettkampf. Lexikon Sportwissenschaft*. Berlin: Sport und Gesundheit.
- Schnabel, G. (1994 a). Krafftähigkeiten: Charakteristik der Krafftähigkeit. In G. Schnabel, D. Harre & A. Borde (Hrsg.), *Trainingswissenschaft* (S. 159-160). Berlin: Sportverlag.
- Schnabel, G. (1994b). Maximalkrafftähigkeit: Statische und dynamische Krafftähigkeit. In G. Schnabel, D. Harre & A. Borde (Hrsg.), *Trainingswissenschaft* (S. 160-161). Berlin: Sportverlag.
- Schnabel, G. (1994c). Intermuskuläre Koordination. In G. Schnabel, D. Harre & A. Borde (Hrsg.), *Trainingswissenschaft* (S. 166). Berlin: Sportverlag.
- Schnabel, G. (1994d). Kraftausdauer: Differenzierung der Kraftausdauer. In G. Schnabel, D. Harre & A. Borde (Hrsg.), *Trainingswissenschaft* (S. 194-197). Berlin: Sportverlag.
- Schnabel, G., Harre, D. Krug, J & Borde, A. (Hrsg.). (2003), 3. Auflage. *Trainingswissenschaft*. Berlin: Sportverlag.
- Schultz, E. (1989). Satellite cell behaviour during skeletal muscle-growth and -regeneration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 181-186.

- Seibert, W. (1998), 7. Auflage. *Perfektes Körpertraining – Ein Leitfa-
den für modernes Krafttraining*. München: Copress-Verlag.
- Siewers, M. (2000). *Muskelkrafttraining. Band 1: Ausgewählte The-
men-Alter, Dehnung, Ernährung, Methodik*. Kiel.
- Silvester, L., Stiggins, C., McGown, C. & Bryce (1982). The effect of
variable resistance and free weight programs on strength and
vertical jump. *Nat. Strength Condit. J.*, 3, 30-33.
- Spring, H., Illi, U., Kunz H.R., Röthlin, Karl., Schneider, W. &
Tritschler, T. (Hrsg.). (1992), 4. Auflage. *Dehn-und Kräftigungs-
gymnastik*. Stuttgart: Thieme-Verlag.
- Starkey, D.B., Pollock, M.L., Ishida, Y., Welch, M.A., Brechue, W.F.,
et al. (1996). Effect of resistance training volume on strength and
muscle thickness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*,
28 (10), 1311-1320.
- Stemper, Th. (2003), 4. Auflage. *Lehrbuch Lizenziertes Fitness-
Trainer DSSV*. Hamburg: SSV-Verlag.
- Stoboy, H. (1973). Theoretische Grundlagen zum Krafttraining.
Schweiz. Z. für Sportmedizin, 21, 149-162.
- Stowers, T. (1983). The short term effects of three different strength-
power training methods. *National Strength & Conditioning Asso-
ciation Journal*, 5, 24-27.
- Strack, A. (1998). Optimale Übungsauswahl. *Trainer*, 5, 24-26.

- Tesch, P. A. & Larsson, L. (1982). Muscle hypertrophy in bodybuilders. *Europ. J. appl. Physiol.*, 49, 301-306.
- Thepaut-Mathieu, C., Van Hoecke, J. & Maton, B. (1988). Myoelectrical and mechanical change linked to length specificity during isometric training. *J. Appl. Physiol.*, 64, 1500-1505.
- Thiess, G. & Schnabel, G. (1986). *Grundbegriffe des Trainings*. Berlin: Sportverlag.
- Thorstensson, A., Sjödin, B., Karlsson, J. (1975). Enzyme activities and muscle strength after „sprint training“ in man. *Acta Phys. Scand.*, 94, 313-318.
- Weineck, J. (1996). *Sportbiologie*. Balingen: Spitta Verlag.
- Weineck, J. (1997), 10. Auflage. *Optimales Training. Leistungspsychologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Balingen: Spitta Verlag.
- Weineck, J. (1997), 12. Auflage. *Sportanatomie*. Balingen: Spitta Verlag.
- Weineck, J. (2004), 14. Auflage. *Optimales Training: Leistungspsychologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Balingen: Spitta Verlag.
- Weingarten, B. A. (2000). Bodybuilding HIT. In M. Brzycki (Hrsg.), *Maximize your training: insights from leading strength and fitness professionals*. (S. 319-334). Lincolnwood: Master Press.

- Westcott, W.L. (1986). Four key factors in building a strength program. *Scholastic Coach*, 55, 104-105.
- White, T.P. & Esser, K.A. (1989). Satellite cell and growth factor involvement in skeletal muscle growth. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21, 158-163.
- Wolfe, B.L., LeMura L.M., & Cole, P.J. (2004). Quantitative analysis of single- vs. multiple-set programs in resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (1), 35-47.
- Zatsiorsky, V.M. (1977), 3. Auflage. *Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers*. Berlin, Frankfurt, München: Bartels & Wernitz Verlag.
- Zatsiorsky, V.M. (1996). *Krafttraining – Praxis und Wissenschaft*. Aachen: Meyer und Meyer Verlag.

Die Kraftentwicklung in Abhängigkeit von der Satzzahl - Eine sportmedizinische Analyse bei Anfängern und Fortgeschrittenen

Fragebogen

Datum:		Adresse:	
Name:		Telefonnummer:	
Alter:	Größe:	Gewicht:	

1. Welche sportlichen Beweggründe sind für Sie zutreffend, um in einem Fitneßstudio zu trainieren?

- Muskelhypertrophie (Muskelaufbau)
- Rehabilitationsmaßnahmen (z. B. nach einer Verletzung, bei allg. Haltungsschwäche)
- Allg. Gesundheits- und Fitneßtraining (z. B. Fitbleiben, körperliches Wohlbefinden)
- Konditionstraining (Aerobic, Step, Fahrrad- Ergometer)
- Figurtraining
- Maximalkrafttraining (Verbesserung der intramuskulären Koordination zur Verringerung des Kraftdefizites – Beispiel: max. Gewichte und 1–3 Wiederholungen)
- Zur Ergänzung anderer Sportarten
- Sonstiges: _____

2.a Üben Sie zusätzlich zum Krafttraining weitere Sportarten aus?

- Nein
- Ja, welche _____

6.a Bitte kreuzen Sie die Aussagen an, die für Ihre Trainingsweise zutreffend sind.

- Ich trainiere nach einem bestimmten Programm.
- Ich trainiere nie nach einem bestimmten Programm.
- Ich trainiere zeitweise mit einem Programm.
- Ich trainiere mit einem Programm, das alle Körperpartien angemessen und gleichmäßig trainiert.
- Ich arbeite in Mesozyklen und wechsele die Programme und Schwerpunkte

mein momentaner Mesozyklus: _____

mit Schwerpunkt: _____

6.b Ich trainiere schwerpunktmäßig eine oder mehrere der folgenden Muskelgruppen:

- Brust Rücken Schultern
 - Bauch
 - Waden Gesäß vordere Oberschenkel
 - Arme hintere Oberschenkel
 - sonstiges: _____
-

**7. Wie lange dauert Ihr Trainingsprogramm gewöhnlich an den Geräten?
Gefragt ist die Trainingskernzeit. Diese enthält nicht die Duschzeit und auch nicht die Aufwärm- oder Cool-down-Phasen.**

- < 30 min. 30 – 45 min. 45 – 60 min. 60 – 75 min.
 75 – 90 min. 90 – 120 min. > 120 min.
-

8. Mit welchen Geräten/Übungen trainieren Sie Ihre Beinmuskulatur?

- Beinpresse Beinstrecker Beincurler
 Adduktoren Abduktoren Glutaeusmaschine
 Kniebeugen frei Kniebeugen in Führung (Multipresse)
 Hackenschmidtmaschine
 sonstige _____
-

9. Mit welchen Bewegungsausführungen trainieren Sie Ihre Oberschenkelmuskulatur?

- beidbeinig einbeinig alternierend
 einbeinig im Wechsel geführt frei
-

9.a Wie viel verschiedene Geräte/Übungen verwenden Sie durchschnittlich je Trainingseinheit für Ihre Oberschenkelmuskulatur?

- 1 2 3 4 5 > 5
-

9.b Wie viel Sätze/Serien machen Sie durchschnittlich pro Gerät für Ihre Beinmuskulatur?

- 1 2 3 4 5
6 7 8 9 10 > 10
-

9.c Wie viel Wiederholungen machen Sie dabei in der Regel pro Satz?

- 1 – 6 7 – 15 > 15
-

10. Mit welchen Geräten/Übungen trainieren Sie Ihre Arme?

- Bizepsmaschine Kabelzug Langhantel
Kurzhandtel Trizepsmaschine SZ-Stange
-

11. Wie hoch schätzen Sie die Intensität Ihres Krafttrainings ein?

- Nach einem Satz verspüre ich kaum eine Erschöpfung.
 - Nach einem Satz bin ich erschöpft, könnte aber noch mehrere Wiederholungen durchführen.
 - Nach einem Satz bin ich erschöpft, könnte aber noch 1 – 3 abgefälschte Wiederholungen durchführen.
 - Nach einem Satz bin ich stark erschöpft – jetzt geht nichts mehr.
-

11. a Wie lang sind Ihre Pausen nach einem Satz?

- < 1 min. 1 – 5 min. > 5 min.
-

11. b Wie lang sind Ihre Pausen nach einem Gerätewechsel?

- < 1 min . 1 – 5 min. > 5 min.
-

**12. Trainieren Sie nach einer bestimmten Methode?
(Beispiel: Pyramidentraining)**

13. Führen Sie ein Aufwärmprogramm durch?

Ja Nein

13.a Wie lange dauert Ihr Aufwärmprogramm?

< 5 min. 5 – 10 min. 10 – 15 min. > 15 min.

13.b Welche der folgenden Inhalte gehören zu Ihrem Aufwärmprogramm?

- | | |
|---|--------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Fahrradergometer | <input type="checkbox"/> Gymnastik |
| <input type="checkbox"/> Stepp-Ergometer | <input type="checkbox"/> Dehnung |
| <input type="checkbox"/> Rudermaschine | <input type="checkbox"/> Aufwärmätze |
| <input type="checkbox"/> Laufen | <input type="checkbox"/> Sonstiges |
-

**14. Führen Sie nach dem Training ein Cool-down (Entmü-
dungsphase) durch?**

Ja Nein

14.a Wie lange dauert Ihr Cool-down?

- < 5 min. 5 – 10 min. 10 –15 min. > 15 min.
-

14.b Welche der folgenden Inhalte gehören zu Ihrem Cool-down?

- | | |
|---|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Fahrradergometer | <input type="checkbox"/> Gymnastik |
| <input type="checkbox"/> Stepp-Ergometer | <input type="checkbox"/> Dehnung |
| <input type="checkbox"/> Rudermaschine | <input type="checkbox"/> Auslaufen |
| <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ | |
-

15. Anmerkungen zum Fragebogen

Gruppe A: Ein-Satz-Training

Tabelle 7:
Trainingsprogramm Hackenschmidt-Maschine

Trainingsdauer	Trainingshäufigkeit	Trainingsintensität	Sätze	Wiederholungen
Mesozyklus 6 Wochen	Wöchentlich zwei Trainingseinheiten mit drei Tagen Pau- se	65 – 80 %	Einen Satz je Einheit	10 – 12 je Satz

Pausendauer zwischen den Sätzen	Zeitliche Bewe- gungsausführung	Winkeleinstellung	Methode	Gerät
entfällt	Ca. 1 – 2 sec. für jede Wiederholung (Metronom-Vorgabe)	Ausgangsstellung nahe 180°; Beuge- stellung 90° (Win- kelschablone, Hocker)	Wiederholte Krafteinsätze, progressive Steigerung ab 12 Wdh.	Hackenschmidt- Maschine der Firma Gym 80

Gruppe A: Drei-Satz-Training

Tabelle 8:
Trainingsprogramm Hackenschmidt-Maschine

Trainingsdauer	Trainingshäufigkeit	Trainingsintensität	Sätze	Wiederholungen
Mesozyklus 6 Wochen	Wöchentlich zwei Trainingseinheiten mit je drei Tagen Pause	65 – 80 %	Drei Sätze je Einheit	10 – 12 je Satz

Pausendauer zwischen den Sätzen	Zeitliche Bewe- gungsausführung	Winkeleinstellung	Methode	Gerät
2 Minuten nach jedem Satz	Ca. 1 – 2 sec. für jede Wiederholung (Metronom-Vorgabe)	Ausgangsstellung nahe 180°; Beugestel- lung 90° (Winkel- schablone, Hocker)	Wiederholte Krafteinsätze, progressive Steigerung ab 12 Wdh.	Ha- ckenschmidt- Maschine der Firma Gym 80

Gruppe F: Ein-Satz-Training

Tabelle 9:
Trainingsprogramm Hackenschmidt-Maschine

Trainingsdauer	Trainingshäufigkeit	Trainingsintensität	Sätze	Wiederholungen
Mesozyklus 6 Wochen	Wöchentlich zwei Trainingseinheiten mit drei Tagen Pau- se	65 – 85 %	Einen Satz je Einheit	10 – 12 je Satz

Pausendauer zwischen den Sätzen	Zeitliche Bewe- gungsausführung	Winkeleinstellung	Methode	Gerät
entfällt	Ca. 1 – 2 sec. für jede Wiederholung (Metronom-Vorgabe)	Ausgangsstellung nahe 180°; Beuge- stellung 90° (Win- kelschablone, Hocker)	Wiederholte Krafteinsätze, progressive Steigerung ab 12 Wdh.	Hackenschmidt- Maschine der Firma Gym 80

Gruppe F: Drei-Satz-Training

Tabelle 10:
Trainingsprogramm Hackenschmidt-Maschine

Trainingsdauer	Trainingshäufigkeit	Trainingsintensität	Sätze	Wiederholungen
Mesozyklus 6 Wochen	Wöchentlich zwei Trainingseinheiten mit je drei Tagen Pause	65 – 85 %	Drei Sätze je Einheit	10 – 12 je Satz

Pausendauer	Zeitliche Bewe- gungsausführung	Winkeleinstellung	Methode	Gerät
2 Minuten nach jedem Satz	Ca. 1 – 2 sec. für jede Wiederholung (Metronom-Vorgabe)	Ausgangsstellung nahe 180°; Beugestel- lung 90° (Winkel- schablone, Hocker)	Wiederholte Krafteinsätze, progressive Steigerung ab 12 Wdh.	Ha- ckenschmidt- Maschine der Firma Gym 80

Gruppe A und F:**Ein-Satz-Training**

Hinweise zur zweidimensionalen Bewegungsausführung Kniebeugen an der Hackenschmidt-Maschine

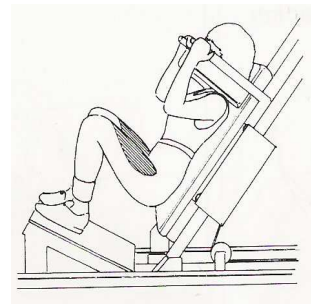
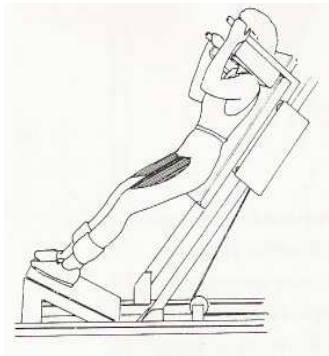


Abb. 43
Kniebeugen an der Hackenschmidt-Maschine (vgl. Seibert, 1998).

Trainingshinweise:

2 x wöchentlich mit 3 Tagen Pause zwischen den Trainingstagen.
6 Minuten Erwärmung auf dem Fahrradergometer (Herzfrequenz 130), danach ca. 2 Minuten Dehnung der beanspruchten Muskelgruppen. Das erste Training erfolgt mit dem Ausgangstrainingsgewicht, 10 – 12 Wiederholungen.

Gewichtsbestimmung:

Das Gewicht wird so gewählt, dass bei einem Satz 10 – 12 Wiederholungen (Wdh.) möglich sind. Bei Trainingsfortschritt (mehr als 12 Wdh.) ist das Gewicht zum nächsten Training zu erhöhen.

Hilfsmittel:

Metronom (auf Trainingsgeschwindigkeit fest eingestellt), höhenverstellbarer Hocker und Winkelschablone sind grundsätzlich beim Trainer erhältlich.

Ausgangsposition:

Nach hinten geneigter Stand mit Rückenlage auf der Polsterauflage des Lastschlittens. Die Füße werden in hüftbreiter Fußstellung und leicht nach außen gedrehten Fußspitzen, mit vollem Sohlenkontakt auf die Fußplatte aufgesetzt. Die Schultern werden gegen die dafür vorgesehenen Polster gepresst, Rücken und Kopf sind gerade auf der Unterlage fixiert. Durch Anspannung der Bauch- und Gesäßmuskulatur wird das Becken stabilisiert. Die Hände umfassen die seitlichen Haltegriffe neben dem Kopf. Die Knie befinden sich in einer Linie mit den Fußspitzen. Der Ausgangswinkel entspricht annähernd 180°.

Bewegungsausführung:

Zuerst wird mit dem seitlichen Haltegriff der Lastschlitten entriegelt. Danach werden die Beine gegen den auf dem Lastenschlitten wirkenden Gewichtswiderstand in Hüft- und Kniegelenk bis zu einem Kniewinkel von 90° kontrolliert abbremsend nach unten gebeugt. Anschließend werden die Beine wieder bis zu einer annähernden Streckung der Kniegelenke gestreckt.

Der Oberkörper bleibt dabei eng mit der Auflage fixiert. Die Kniegelenke dürfen nicht über die Zehenspitzen ragen. Nach dem Ende der Übung wird der Lastschlitten wieder verriegelt.

Atmung:

Bei Beugung wird eingeatmet, und bei Streckung wird ausgeatmet.

Hinweise:

Der Oberkörper bleibt bei der Bewegungsdurchführung eng mit der Auflage fixiert. Die Kniegelenke dürfen bei der kompletten Übungsausführung nicht über die Zehenspitzen ragen. Während der gesamten Bewegung sind Gesäß, Bauch, Rücken und Schultern anzuspannen. Der Kopf, ist aufrecht zu halten.

Gruppe A und F:

Drei-Satz-Training

Hinweise zur zweidimensionalen Bewegungsausführung Kniebeugen an der Hackenschmidt-Maschine

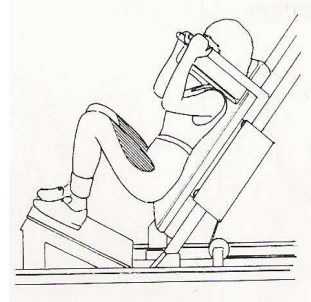
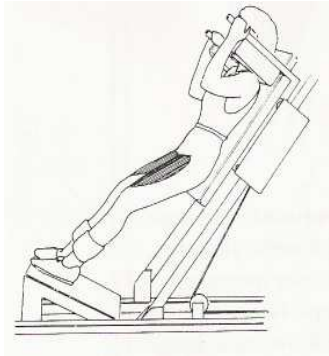


Abb. 44
Kniebeugen an der Hackenschmidt-Maschine (vgl. Seibert, 1998).

Trainingshinweise:

2 x wöchentlich mit 3 Tagen Pause zwischen den Trainingstagen.
6 Minuten Erwärmung auf dem Fahrradergometer (Herzfrequenz 130), danach ca. 2 Minuten Dehnung der beanspruchten Muskelgruppen. Das erste Training erfolgt mit dem Ausgangstrainingsgewicht, 10 – 12 Wiederholungen und 2 Minuten Pause bis zum nächsten Satz.

Gewichtsbestimmung:

Das Gewicht wird so gewählt, dass bei jeweils drei Sätzen 10 – 12 Wiederholungen (Wdh.) möglich sind. Bei Trainingsfortschritt (mehr als 12 Wdh. im dritten Satz) ist das Ausgangsgewicht zum nächsten Training zu erhöhen.

Hilfsmittel:

Metronom (auf Trainingsgeschwindigkeit fest eingestellt), höhenverstellbarer Hocker und Winkelschablone sind grundsätzlich beim Trainer erhältlich.

Ausgangsposition:

Nach hinten geneigter Stand mit Rückenlage auf der Polsterauflage des Lastschlittens. Die Füße werden in hüftbreiter Fußstellung und leicht nach außen gedrehten Fußspitzen mit vollem Sohlenkontakt auf die Fußplatte aufgesetzt. Die Schultern werden gegen die dafür vorgesehenen Polster gepresst, Rücken und Kopf sind gerade auf der Unterlage fixiert. Durch Anspannung der Bauch- und Gesäßmuskulatur wird das Becken stabilisiert. Die Hände umfassen die seitlichen Haltegriffe neben dem Kopf. Die Knie befinden sich in einer Linie mit den Fußspitzen. Der Ausgangswinkel entspricht annähernd 180°.

Bewegungsausführung:

Zuerst wird mit dem seitlichen Haltegriff der Lastschlitten entriegelt. Danach werden die Beine gegen den auf dem Lastenschlitten wirkenden Gewichtswiderstand in Hüft- und Kniegelenk bis zu einem Kniewinkel von 90° kontrolliert abbremsend nach unten gebeugt. Anschließend werden die Beine wieder bis zu einer annähernden Streckung der Kniegelenke gestreckt.

Der Oberkörper bleibt dabei eng mit der Auflage fixiert. Die Kniegelenke dürfen nicht über die Zehenspitzen ragen. Nach dem Ende der Übung wird der Lastschlitten wieder verriegelt.

Atmung:

Bei Beugung wird eingeatmet, und bei Streckung wird ausgeatmet.

Hinweise:

Der Oberkörper bleibt bei der Bewegungsdurchführung eng mit der Auflage fixiert. Die Kniegelenke dürfen bei der kompletten Übungsausführung nicht über die Zehenspitzen ragen. Während der gesamten Bewegung sind Gesäß, Bauch, Rücken und Schultern anzuspannen. Der Kopf ist aufrecht zu halten.

Trainingskarte

Name: _____

Gruppenzugehörigkeit: _____

Satzzahl: Ein-Satz Drei-Satz

Ermitteltes Ausgangstrainingsgewicht: _____

Trainingsbeginn: _____

Trainingsgewicht in Kg am Trainingsende: _____

Erläuterung zu den in den Rohwerttabellen zum Fragebogen verwendeten Abkürzungen

Jede Rohwerttabelle ist zunächst einer Versuchsgruppe zugeordnet. Die nächste Zeile gibt an, welcher Frage des Fragebogens die Angaben entsprechen. Der Wortlaut der Fragestellung ist jeweils Anhang A zu entnehmen.

Grundsätzlich gelten für alle Rohwerttabellen:

FB = Fragebogen

VP = Versuchsperson

G = Gesamt

M = Mittelwert

Zu Tab. 14, 15, 16, 17; Frage 1

MA = Muskelaufbau

Fig = Figurtraining

Reha = Rehabilitation

Max = Maximalkraft

Fit = Fitness und Gesundheit

Erg = Ergänzung

K = Kondition

Zu Tab. 18, 19, 20, 21; Frage 2-5

WS = Weitere ausgeübte Sportarten (ja = 1; nein = 0)

HWS = Häufigkeit dieser Sportarten (in Std./Woche)

HTFS = Häufigkeit des Trainings im Fitness-Studio (in Std./Woche)

DKB = Dauer des Krafttrainings seit Beginn (in Monaten)

HTK = Häufigkeit des Trainings an Kraftgeräten (in Wochen)

Sais = Saisonal

Zu Tab. 22, 23, 23, 25; Frage 6a

FP = Festes Programm

KP = Kein Programm

ZWP = Zeitweise Programm
 PaK = Programm für alle Körperpartien
 MZ = Mesozyklus

Zu Tab. 26, 27, 28, 29; Frage 6 b

Br	=	Brust	Wa	=	Waden
Rü	=	Rücken	Ge	=	Gesäß
Sch	=	Schulter	Os	=	Oberschenkel
Ba	=	Bauch	Ar	=	Arme

Zu Tab. 30, 31, 32, 33; Frage 7

Angaben in Minuten

Zu Tab. 34, 35, 36, 37; Frage 8

BP	=	Beinpresse	G	=	Glutaeusmaschine
BST	=	Beinstrecker	KB Fr	=	Kniebeugen frei
BC	=	Beincurler	Fü	=	Kniebeugen in Führung
Add	=	Adduktoren	HS	=	Hackenschmidtmaschine
Abd	=	Abduktoren			

Zu Tab. 38, 39, 40, 41; Frage 9

Bb	=	Beidbeinig	Ebw	=	Einbeinig wechselnd
Eb	=	Einbeinig	Fü	=	in Führung
Al	=	Alternierend	Fr	=	Frei

Zu Tab. 42, 43, 44, 45; Fragen 9 a-c

G/T = Geräte je Trainingseinheit
 S/G = Sätze pro Gerät
 W/S = Wiederholungen pro Satz

Zu Tab. 46, 47, 48, 49; Frage 10

BM	=	Bizepsmaschine	KH	=	Kurzhandel
----	---	----------------	----	---	------------

Rm = Rudermaschine AG = Aufwärmätze
L = Laufen am Gerät

Zu Tab. 70, 71, 72, 73; Frage 14 – 14 b

Cd = Cool-down A = Auslaufen
D = Dauer des Cool-down Gy = Gymnastik
Fe = Fahrradergometer De = Dehnung
Se = Steppergometer
Rm = Rudermaschine

Tabelle 11: Anthropometrische Werte
Gruppe A: Ein-Satz

VP.	Alter in Jahren	Größe in cm	Gewicht in Kg
01.	23	177	75
02.	22	182	79
03.	23	175	76
04.	20	182	81
05.	21	180	82
06.	20	185	87
07.	21	178	80
08.	25	186	84
09.	24	183	79
10.	22	188	87
11.	24	182	83
12.	22	178	78
13.	24	190	91
14.	22	187	86
15.	23	181	79
16.	25	182	88
17.	22	175	77
18.	25	176	79
19.	22	187	90
20.	24	190	92
M.	22,7	182.20	83,15

Tabelle 12: Anthropometrische Werte
Gruppe A: Drei-Satz

VP.	Alter in Jahren	Größe in cm	Gewicht in Kg
01.	21	177	77
02.	23	185	84
03.	22	182	79
04.	19	179	78
05.	26	184	85
06.	24	178	76
07.	27	182	77
08.	24	178	78
09.	26	174	76
10.	24	185	84
11.	22	188	87
12.	21	182	81
13.	23	184	82
14.	22	181	81
15.	23	175	73
16.	23	179	77
17.	26	177	75
18.	24	178	79
19.	25	182	83
20.	25	184	87
M.	23,50	180,70	79,95

Tabelle 13: Anthropometrische Werte
Gruppe F: Ein-Satz

VP.	Alter in Jahren	Größe in cm	Gewicht in Kg
01.	28	180	82
02.	29	182	83
03.	28	186	87
04.	29	185	86
05.	27	177	80
06.	21	182	84
07.	22	181	84
08.	27	186	87
09.	28	183	83
10.	28	190	91
11.	27	188	87
12.	24	181	79
13.	26	177	81
14.	25	175	79
15.	28	187	86
16.	27	181	83
17.	26	175	77
18.	24	174	76
19.	27	182	82
20.	24	179	81
M.	26,25	181,55	82,90

Tabelle 14: Anthropometrische Werte
Gruppe F: Drei-Satz

VP.	Alter in Jahren	Größe in cm	Gewicht in Kg
01.	27	179	81
02.	26	181	82
03.	28	185	87
04.	24	181	83
05.	24	182	84
06.	27	178	80
07.	29	182	81
08.	28	178	79
09.	25	188	89
10.	28	193	92
11.	24	175	77
12.	25	183	81
13.	25	192	90
14.	27	176	78
15.	26	187	89
16.	27	183	81
17.	29	181	83
18.	28	177	79
19.	27	185	85
20.	29	182	81
M.	26.65	182,40	83,10

Tabelle 15:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 1 des FB

VP	MA	Reha	Fit	K	Fig	Max	Erg
01.	X	-	X	X	X	-	-
02.	-	X	X	X	X	-	-
03.	X	-	X	-	-	X	-
04.	X	-	-	X	X	-	X
05.	X	-	X	X	X	-	X
06.	X	-	X	-	X	X	-
07.	X	-	X	-	-	-	X
08.	X	-	X	-	-	-	-
09.	X	-	X	X	X	-	X
10.	X	-	X	-	-	-	-
11.	X	X	X	-	-	-	X
12.	X	-	X	X	X	-	-
13.	X	-	X	-	-	-	-
14.	X	X	X	-	-	-	-
15.	X	-	X		X	X	-
16.	-	-	X	X	X	-	X
17.	X	-	X	-	-	-	-
18.	X	-	X	-	-	-	-
19.	X	-	X	X	X	-	X
20.	X	X	X	X	-	-	-
G	18	4	19	8	10	3	7

Tabelle 16:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 1 des FB

VP	MA	Reha	Fit	K	Fig	Max	Erg
01.	X	-	-	-	X	X	-
02.	X	-	-	-	X	-	-
03.	X	-	-	-	X	X	X
04.	X	-	X	X	-	X	X
05.	X	-	X	-	X	-	-
06.	X	-	X	X	-	X	-
07.	X	X	-	-	-	-	-
08.	X	-	-	-	X	X	-
09.	X	-	X	X	X	-	X
10.	X	-	-	-	X	X	-
11.	X	-	-	-	x	-	X
12.	X	X	X	-	X	-	-
13.	X	-	X	-	X	-	X
14.	X	-	X	X	X	-	-
15.	X	-	X	-	X	-	-
16.	X	-	X	X	-	-	-
17.	X	-	-	-	X	X	-
18.	X	-	X		X	X	-
19.	X	X	X	X	X	-	X
20.	X	X	-	-	-	-	-
G.	20	4	11	8	16	8	6

Tabelle 17:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 1 des FB

VP	MA	Reha	Fit	K	Fig	Max	Erg
01.	X	-	X	X	X	-	-
02.	X	X	X	X	X	-	-
03.	-	-	X	X	-	X	X
04.	X	-	X	X	-	-	-
05.	X	-	X	X	X	-	-
06.	X	-	X	-	X	-	X
07.	X	-		-	X	X	-
08.	-	X	X	-	-	-	-
09.	X	-	X	X	X	-	X
10.	X	X	X	-	X	-	X
11.	X	-	X	-	-	-	-
12.	X	X	-	X	-	X	-
13.		-	X	-	-	-	-
14.	X	-	X	X	X	-	X
15.	X	X	X	-	X	-	-
16.	-	-	X	X	X	-	X
17.	X	-	-	X	X	-	-
18.	X	-	X	-	-	-	-
9.	X	-	X	-	X	-	-
20.	X	-	X	-	X	-	-
G.	16	5	17	10	13	3	6

Tabelle 18:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 1 des FB

VP	MA	Reha	Fit	K	Fig	Max	Erg
01.	X	-	X	-	X	-	-
02.	-	X		-	X	-	X
03.	X	-	-	X	X	X	-
04.	X	-	X	X	-	-	X
05.	X	-	X	-	X	-	-
06.	X	-	X	X	-	X	-
07.	X	-	-	-	-	-	X
08.	X	-	-	X	X	X	-
09.	X	-	X	-	X	-	-
10.	X	-	-	X	X	-	-
11.	X	-	X	-	-	-	-
12.	-	X	-	-	X	-	-
13.	X	-	-	-	-	-	-
14.	X	-	X	X	X	X	-
15.	X	-	X	-	-	-	X
16.	X	-	X	-	X	-	-
17.	X	-	-	-	X	-	X
18.	X	-	X	-	X	-	-
19.	-	X	X	X	X	-	X
20.	X	-	X	-	-	-	-
G.	17	3	12	7	14	4	7

Tabelle 19:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 2 – 5 des FB

VP	WS	HWS	HTFS	DKB	HTK
01.	1	1 x	3 x	< 1	2-3x
02.	0	-	3 x	< 1	2
03.	0	-	3 x	< 1	2
04.	1	2 x	3 x	< 1	2-3x
05.	0	-	2 x	< 1	2-3x
06.	0	-	3 x	< 1	2x
07.	1	2x	4 x	< 1	2-3
08.	1	1 x	3 x	< 1	2x
09.	0	-	3 x	< 1	3 x
10.	0	-	3 x	< 1	3 x
11.	1	1x	3 x	< 1	3 x
12.	1	2x	3 x	< 1	3 x
13.	1	2x	2-3 x	< 1	3 x
14.	1	2x	3 x	< 1	2-3 x
15.	1	2 x	2 x	< 1	2 x
16.	0	-	4 x	< 1	3 x
17.	0	-	3 x	< 1	3 x
18.	0	-	4 x	< 1	4 x
19.	1	1x	3 x	< 1	3 x
20.	1	2x	3 x	< 1	3 x

Tabelle 20:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 2 –5 des FB

VP	WS	HWS	HTFS	DKB	HTK
01.	1	1x	2 x	< 1	2 x
02.	1	1x	2 x	< 1	2 x
03.	1	2x	2 x	< 1	2 x
04.	1	1x	3 x	< 1	2 x
05.	1	1x	2 x	< 1	2 x
06.	1	1x	2 x	< 1	2 x
07.	1	1x	3 x	< 1	2 x
08.	1	1x	2 x	< 1	2 x
09.	0	-	4 x	< 1	4 x
10.	0	-	4 x	< 1	3 x
11.	1	1x	2 x	< 1	1 x
12.	0	-	3 x	< 1	3 x
13.	0	-	3 x	< 1	2-3 x
14.	1	1x	2 x	< 1	2-3 x
15.	1	2x	2 x	< 1	2 x
16.	0	-	3 x	< 1	2-3 x
17.	1	2x	2 x	< 1	3 x
18.	0	-	3 x	< 1	3 x
19.	0	-	3x	< 1	3 x
20.	1	2x	2 x	< 1	2 x

Tabelle 21:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 2 – 5 des FB

VP	WS	HWS	HTFS	DKB	HTK
01.	1	1 x	3 x	> 36	2-3x
02.	0	-	3 x	> 36	2
03.	0	-	3 x	13- 36	2
04.	1	2 x	3 x	> 36	2-3x
05.	0	-	2 x	> 36	2-3x
06.	0	-	3 x	13- 36	2x
07.	1	2x	4 x	> 36	2-3
08.	1	1 x	3 x	> 36	2x
09.	0	-	3 x	> 36	3 x
10.	0	-	3 x	> 36	3 x
11.	1	1x	3 x	13- 36	3 x
12.	1	2x	3 x	> 36	3 x
13.	1	2x	2-3 x	> 36	3 x
14.	1	2x	3 x	> 36	2-3 x
15.	1	2 x	2 x	13- 36	2 x
16.	0	-	4 x	> 36	3 x
17.	0	-	3 x	13- 36	3 x
18.	0	-	4 x	> 36	4 x
19.	1	1x	3 x	> 36	3 x
20.	1	2x	3 x	> 36	3 x

Tabelle 22:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 2 –5 des FB

VP	WS	HWS	HTFS	DKB	HTK
01.	1	1x	2 x	> 36	2 x
02.	1	1x	2 x	13-36	2 x
03.	1	2x	2 x	> 36	2 x
04.	1	1x	3 x	13- 36	2 x
05.	1	1x	2 x	> 36	2 x
06.	1	1x	2 x	> 36	2 x
07.	1	1x	3 x	13- 36	2 x
08.	1	1x	2 x	> 36	2 x
09.	0	-	4 x	13- 36	4 x
10.	0	-	4 x	> 36	3 x
11.	1	1x	2 x	> 36	1 x
12.	0	-	3 x	13- 36	3 x
13.	0	-	3 x	> 36	2-3 x
14.	1	1x	2 x	> 36	2-3 x
15.	1	2x	2 x	> 36	2 x
16.	0	-	3 x	> 36	2-3 x
17.	1	2x	2 x	> 36	3 x
18.	0	-	3 x	13- 36	3 x
19.	0	-	3x	> 36	3 x
20.	1	2x	2 x	13- 36	2 x

Tabelle 23:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 6 a des FB

VP	FP	KP	ZWP	PaK	MZ
01.	X	-	-	X	-
02.	X	-	-	X	-
03.	X	-	-	X	-
04.	X	-	-	X	-
05.	X	-	-	X	-
06.	X	-	-	X	-
07.	X	-	-	X	-
08.	X	-	-	X	-
09.	X	-	-	X	-
10.	X	-	-	X	-
11.	X	-	-	X	-
12.	X	-	-	X	-
13.	X	-	-	X	-
14.	X	-	-	X	-
15.	X	-	-	X	-
16.	X	-	-	X	-
17.	X	-	-	X	-
18.	X	-	-	X	-
19.	X	-	-	X	-
20.	X	-	-	X	-
G.	20	0	0	20	0

Tabelle 24:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 6 a des FB

VP	FP	KP	ZWP	PaK	MZ
01.	X	-	-	X	-
02.	X	-	-	X	-
03.	X	-	-	X	-
04.	X	-	-	X	-
05.	X	-	-	X	-
06.	X	-	-	X	-
07.	X	-	-	X	-
08.	X	-	-	X	-
09.	X	-	-	X	-
10.	X	-	-	X	-
11.	X	-	-	X	-
12.	X	-	-	X	-
13.	X	-	-	X	-
14.	X	-	-	X	-
15.	X	-	-	X	-
16.	X	-	-	X	-
17.	X	-	-	X	-
18.	X	-	-	X	-
19.	X	-	-	X	-
20.	X	-	-	X	-
G.	11	0	0	20	0

Tabelle 25:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 6 a des FB

VP	FP	KP	ZWP	PaK	MZ
01.	X	-	-	-	-
02.	X	-	-	-	-
03.	X	-	-	-	-
04.	-	X	X	X	X
05.	X	-	-	-	-
06.	-	X	X	-	-
07.	-	X	X	-	-
08.	X	-	-	-	X
09.	X	-	-	-	X
10.	X	-	-	-	X
11.	X	-	-	-	X
12.	X	-	-	X	X
13.	-	X	X	X	-
14.	X	-	-	-	-
15.	-	X	X	X	-
16.	-	X	X	-	-
17.	X	-	-	-	X
18.	X	-	-	X	X
19.	X	-	-	-	-
20.	X	-	-	X	-
G.	14	6	6	6	8

Tabelle 26:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 6 a des FB

VP	FP	KP	ZWP	PaK	MZ
01.	X	-	-	X	X
02.	X	-	-	-	-
03.	X	-	-	X	X
04.	X	-	-	X	X
05.	-	X	X	X	-
06.	-	X	X	X	-
07.	-	X	-	-	-
08.	-	X	X	X	-
09.	-	X	-	-	-
10.	X	-	-	-	-
11.	-	X	X	-	-
12.	X	-	-	X	X
13.	X	-	-	-	-
14.	X	-	-	X	X
15.	-	X	X	-	-
16.	X	-	-	-	X
17.	-	X	X	-	-
18.	X	-	-	X	X
19.	-	X	-	-	-
20.	-	X	-	-	-
G.	10	10	6	9	7

Tabelle 27:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 6 b des FB

VP	Br.	Rü.	Sch.	Ba.	Wa.	Ge.	Os.	A.
01.	X	-	X	X	-	-	X	X
02.	X	X	-	X	-	-	X	X
03.	X	X	-	X	-	-	X	X
04.	-	X	X	X	-	-	X	X
05.	X	X	X	X	-	-	-	X
06.	X	X	X	X	-	-	-	X
07.	X	X	X	X	-	-	X	X
08.	-	X	X	X	-	-	-	X
09.	X	-	X	X	-	-	-	X
10.	X	X	X	X	-	-	X	X
11.	X	X	-	X	-	-	X	X
12.	X	X	X	X	-	-	-	X
13.	-	X	X	X	-	-	X	X
14.	X	X	-	X	X	-	-	X
15.	-	X	X	X	-	-	X	X
16.	X	-	X	X	X	-	-	X
17.	X	X	X	X	-	-	X	X
18.	-	X	X	-	X	X	X	X
19.	-	X	X	-	-	-	-	X
20.	X	X	X	X	X	X	X	X
G.	14	17	16	19	4	2	12	20

Tabelle 28
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 6 b des FB

VP	Br.	Rü.	Sch.	Ba.	Wa.	Ge.	Os.	A.
01.	X	X	X	X	-	-	X	X
02.	X	X	X	X	-	X	X	X
03.	X	X	X	X	-	X	-	X
04.	X	X	X	X	-	-	X	X
05.	X	X	X	X	-	-	X	X
06.	X	X	-	X	-	-	-	X
07.	X	X	X	X	-	-	X	X
08.	X	X	X	X	X	X	X	X
09.	X	X	X	X	-	-	-	X
10.	X	X	X	X	-	-	X	X
11.	X	X	-	X	-	-	X	X
12.	X	-	X	X	-	-	-	X
13.	X	X	X	X	-	-	X	X
14.	X	-	-	X	X	-	-	X
15.	-	X	-	X	X	-	X	X
16.	x	X	-	X	X	-	-	X
17.	X	X	-	X	-	-	X	X
18.	-	X	X	X	X	-	X	X
19.	X	X	X	x	-	-	-	X
20.	X	X	-	X	X	-	X	X
G.	18	18	13	20	6	3	13	20

Tabelle 29:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 6 b des FB

VP	Br.	Rü.	Sch.	Ba.	Wa.	Ge.	Os.	A.
01.	X	X	X	X	X	X	X	-
02.	X	X	-	X	X	-	-	X
03.	X	X	X	X	-	-	X	X
04.	-	X	X	X	X	X	X	-
05.	X	X	-	X	X	-	X	X
06.	X	X	X	X	-	-	-	X
07.	-	X	X	-	X	X	X	-
08.	X	-	-	X	X	-	-	X
09.	X	X	X	X	-	-	-	X
10.	X	X	X	X	X	-	-	X
11.	-	X	X	-	X	X	X	-
12.	X	X	X	X	-	-	-	X
13.	X	-	X	X	X	X	X	-
14.	X	X	X	X	X	X	X	X
15.	X	X	X	-	-	X	X	X
16.	X	X	X	X	X	-	-	X
17.	X	X	X	X	-	-	-	X
18.	X	X	X	X	X	-	-	X
19.	X	X	X	X	-	X	X	X
20.	X	X	X	X	X	X	X	X
G.	17	18	17	17	13	9	11	15

Tabelle 30:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 6 b des FB

VP	Br.	Rü.	Sch.	Ba.	Wa.	Ge.	Os.	A.
01.	-	X	X	X	X	-	X	X
02.	X	X	X	X	X	-	X	X
03.	X	X	-	X	-	X	X	X
04.	X	-	X	-	X	-	X	-
05.	X	X	-	X	-	-	-	X
06.	X	X	X	X	-	-	-	X
07.	X	-	X	X	X		X	X
08.	-	X	X	X	-	X	X	X
09.	X	X	-	X	-	-	-	X
10.	-	X	X	-	X	-	X	-
11.	X	-	-	X	X	-	X	X
12.	X	X	X	X	X	-	-	X
13.	-	X	X	X	-	X	X	X
14.	X	-	-	X	-	X	X	X
15.	X	X	X	-	-	X	X	-
16.	X	X	-	X	X	-	-	X
17.	-	X	X	X	-	-	X	X
18.	X	-	X	X	X	X	X	-
19.	X	-	X	X	-	-	-	X
20.	X	X	-	X	X	X	X	X
G.	15	14	13	17	10	7	14	16

Tabelle 31:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 7 des FB

VP	< 30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-120	> 120
01.	-	-	X	-	-	-	-
02.	-	-	X	-	-	-	-
03.	-	-	-	X	-	-	-
04.	-	-	-	X	-	-	-
05.	-	-	X	-	-	-	-
06.	-	-	X	-	-	-	-
07.	-	-	X	-	-	-	-
08.	-	-	X	-	-	-	-
09.	-	-	-	-	X	-	-
10.	-	-	X	-	-	-	-
11.	-	-	-	X	-	-	-
12.	-	-	-	X	-	-	-
13.	-	-	X	-	-	-	-
14.	-	-	X	-	-	-	-
15.	-	-	-	X	-	-	-
16.	-	-	X	-	-	-	-
17.	-	-	X	-	-	-	-
18.	-	-	-	X	-	-	-
19.	-	-	X	-	-	-	-
20.	-	-	X	-	-	-	-
G.	0	0	13	6	1	0	0

Tabelle 32:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 7 des FB

VP	< 30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-120	> 120
01.	-	-	X	-	-	-	-
02.	-	-	-	-	X	-	-
03.	-	-	-	-	X	-	-
04.	-	-	X	-	-	-	-
05.	-	-	X	-	-	-	-
06.	-	-	X	-	-	-	-
07.	-	-	X	-	-	-	-
08.	-	-	X	-	-	-	-
09.	-	-	X	-	-	-	-
10.	-	-	X	-	-	-	-
11.	-	-	X	-	-	-	-
12.	-	-	-	X	-	-	-
13.	-	-	-	X	-	-	-
14.	-	-	X	-	-	-	-
15.	-	-	X	-	-	-	-
16.	-	-	X	-	-	-	-
17.	-	-	X	-	-	-	-
18.	-	-	-	X	-	-	-
19.	-	-	X	-	-	-	-
20.	-	-	X	-	-	-	-
G.	0	0	15	3	2	0	0

Tabelle 33:

Gruppe F: Ein-Satz

Rohwerte Frage 7 des FB

VP	< 30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-120	> 120
01.	-	-	X	-	-	-	-
02.	-	-	-	X	-	-	-
03.	-	-	-	-	X	-	-
04.	-	-	X	-	-	-	-
05.	-	-	-	-	X	-	-
06.	-	-	-	-	-	X	-
07.	-	-	-	-	-	-	X
08.	-	-	-	X	-	-	-
09.	-	-	-	-	X	-	-
10.	-	-	-	-	-	X	-
11.	-	-	-	-	X	-	-
12.	-	-	-	-	-	X	-
13.	-	-	-	X	-	-	-
14.	-	-	-	-	X	-	-
15.	-	-	-	-	X	-	-
16.	-	-	-	-	X	-	-
17.	-	-	-	-	-	X	-
18.	-	-	-	-	-	-	X
19.	-	-	-	-	X	-	-
20.	-	-	-	X	-	-	-
G.	0	0	2	4	8	4	2

Tabelle 34:

Gruppe F: Drei-Satz

Rohwerte Frage 7 des FB

VP	< 30	30-45	45-60	60-75	75-90	90-120	> 120
01.	-	-	-	X	-	-	-
02.	-	-	-	X	-	-	-
03.	-	-	-	-	-	X	-
04.	-	-	-	X	-	-	-
05.	-	-	-	X	-	-	-
06.	-	-	-	-	-	-	-
07.	-	-	X	-	X	-	-
08.	-	-	-	-	X	-	-
09.	-	-	X	-	-	-	-
10.	-	-	X	-	-	-	-
11.	-	-	-	X	-	-	-
12.	-	-	-	X	-	-	-
13.	-	-	-	-	X	-	-
14.	-	-	-	-	X	-	-
15.	-	-	-	-	X	-	-
16.	-	-	-	-	-	X	-
17.	-	-	X	-	-	-	-
18.	-	-	-	-	-	X	-
19.	-	-	-	-	X	-	-
20.	-	-	-	-	-	-	X
G.	0	0	4	6	6	3	1

Tabelle 37:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 8 des FB

VP	BP.	BST.	BC.	Add.	Abd.	G.	KB Fr.	KB Fü.	HS.
01.	X	X	X	-	X	X	-	X	-
02.	X	X	X	-	-	-	-	-	-
03.	X	X	-	-	-	-	-	-	-
04.	X	X	X	-	X	X	X	-	-
05.	-	X	X	-	-	-	-	-	-
06.	-	X	X	-	-	-	-	-	-
07.	X	X	X	-	-	X	-	-	-
08.	X	X	X	-	-	-	-	-	-
09.	-	X	X	-	-	-	-	-	X
10.	X	-	X	-	-	-	-	-	-
11.	X	X	X	-	-	X	X	X	-
12.	X	-	X	-	-	-	-	-	-
13.	X	X	-	-	X	X	X	-	-
14.	X	X	X	-	-	-	X	-	X
15.	-	-	X	-	-	X	X	X	-
16.	-	X	X	-	-	-	X	-	-
17.	X	-	X	-	-	-	X	-	-
18.	-	X	X	-	-	-	-	-	-
19.	-	X	X	-	-	-	X	-	X
20.	X	X	X	-	-	-	X	X	X
G.	13	16	18	0	17	14	11	4	4

Tabelle 38:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 8 des FB

VP	BP.	BST.	BC.	ADD.	ABD.	G.	KB FR.	KB FÜ.	HS.
01.	X	X	X	-	-	-	-	-	-
02.	-	X	X	-	-	-	-	-	-
03.	X	X	X	-	-	X	-	X	-
04.	-	X	X	-	-	-	-	-	X
05.	-	X	X	-	-	-	X	X	-
06.	X	X	X	-	-	-	-	-	-
07.	X	X	-	X	-	-	X	-	-
08.	-	X	X	-	-	-	-	X	-
09.	-	X	X	-	-	-	-	-	-
10.	X	X	X	-	-	-	-	-	-
11.	X	X	X	-	-	-	-	-	-
12.	-	X	X	-	-	-	-	-	-
13.	X	X	-	-	-	-	X	X	-
14.	X	X	X	-	X	-	-	X	-
15.	X	X	X	-	-	-	X	-	-
16.	-	X	X	-	-	-	-	-	-
17.	X	X	X	-	-	-	-	-	-
18.	X	X	X	X	X	X	X	-	X
19.	X	X	X	-	-	-	-	-	-
20.	X	X	X	-	-	X	X	-	-
G.	13	20	18	2	2	3	5	5	2

Tabelle 39:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 9 des FB

VP	Bb.	Eb.	Al.	Ebw.	Fü.	Fr.
01.	X	-	-	-	X	-
02.	X	-	-	-	X	-
03.	X	-	-	-	X	-
04.	X	-	-	-	X	-
05.	X	-	-	-	X	-
06.	X	-	-	-	X	-
07.	X	-	-	-	X	-
08.	X	-	-	-	X	-
09.	X	-	-	-	X	-
10.	X	-	-	-	X	-
11.	X	-	-	-	X	-
12.	X	-	-	-	X	-
13.	X	-	-	-	X	-
14.	X	-	-	-	X	-
15.	X	-	-	-	X	-
16.	X	-	-	-	X	-
17.	X	-	-	-	X	-
18.	X	-	-	-	X	-
19.	X	-	-	-	X	-
20.	X	-	-	-	X	-
G.	20	0	0	0	20	0

Tabelle 40:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 9 des FB

VP	Bb.	Eb.	Al.	Ebw.	Fü.	Fr.
01.	X	-	-	-	X	-
02.	X	-	-	-	X	-
03.	X	-	-	-	X	-
04.	X	-	-	-	X	-
05.	X	-	-	-	X	-
06.	X	-	-	-	X	-
07.	X	-	-	-	X	-
08.	X	-	-	-	X	-
09.	X	-	-	-	X	-
10.	X	-	-	-	X	-
11.	X	-	-	-	X	-
12.	X	-	-	-	X	-
13.	X	-	-	-	X	-
14.	X	-	-	-	X	-
15.	X	-	-	-	X	-
16.	X	-	-	-	X	-
17.	X	-	-	-	X	-
18.	X	-	-	-	X	-
19.	X	-	-	-	X	-
20.	X	-	-	-	X	-
G.	20	0	0	0	20	0

Tabelle 41:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 9 des FB

VP	Bb.	Eb.	Al.	Ebw.	Fü.	Fr.
01.	X	-	-	-	X	-
02.	X	-	-	-	X	-
03.	X	-	-	-	X	-
04.	X	-	-	-	X	X
05.	X	-	-	-	X	-
06.	X	-	-	-	X	-
07.	X	-	-	-	X	-
08.	X	-	-	-	X	-
09.	X	-	-	-	X	-
10.	X	-	-	-	X	-
11.	X	-	-	-	X	X
12.	X	-	-	-	X	-
13.	X	-	-	-	X	-
14.	X	-	-	-	X	-
15.	X	-	-	-	X	-
16.	X	-	-	-	X	X
17.	X	-	-	-	X	-
18.	X	-	-	-	X	-
19.	X	-	-	-	X	-
20.	X	-	-	-	X	X
G.	20	0	0	0	20	4

Tabelle 42:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 9 des FB

VP	Bb.	Eb.	Al.	Ebw.	Fü.	Fr.
01.	X	-	-	-	X	-
02.	X	-	-	-	X	-
03.	X	-	-	-	X	-
04.	X	-	-	-	X	-
05.	X	-	-	-	X	X
06.	X	-	-	-	X	-
07.	X	-	-	-	X	X
08.	X	-	-	-	X	X
09.	X	-	-	-	X	-
10.	X	-	-	-	X	-
11.	X	-	-	-	X	-
12.	X	-	-	-	X	-
13.	X	-	-	-	X	X
14.	X	-	-	-	X	X
15.	X	-	-	-	X	-
16.	X	-	-	-	X	-
17.	X	X	-	-	X	-
18.	X	X	-	-	X	-
19.	X	-	-	-	X	-
20.	X	-	-	-	X	-
G.	18	2	-	-	15	5

Tabelle 43:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 9a-c des FB

VP	G/T	S/G	W/S
01.	2	2	7-15
02.	2	2	7-15
03.	2	2	7-15
04.	2	2	7-15
05.	2	2	7-15
06.	2	2	7-15
07.	2	2	7-15
08.	2	2	7-15
09.	2	2	7-15
10.	2	2	7-15
11.	2	2	7-15
12.	2	2	7-15
13.	2	2	7-15
14.	2	2	7-15
15.	2	2	7-15
16.	2	2	7-15
17.	2	2	7-15
18.	2	2	7-15
19.	2	2	7-15
20.	2	2	7-15

Tabelle 44:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 9a-c des FB

VP	G/T	S/G	W/S
01.	7-15	7-15	7-15
02.	7-15	7-15	7-15
03.	7-15	7-15	7-15
04.	7-15	7-15	7-15
05.	7-15	7-15	7-15
06.	7-15	7-15	7-15
07.	7-15	7-15	7-15
08.	7-15	7-15	7-15
09.	7-15	7-15	7-15
10.	7-15	7-15	7-15
11.	7-15	7-15	7-15
12.	7-15	7-15	7-15
13.	7-15	7-15	7-15
14.	7-15	7-15	7-15
15.	7-15	7-15	7-15
16.	7-15	7-15	7-15
17.	7-15	7-15	7-15
18.	7-15	7-15	7-15
19.	7-15	7-15	7-15
20.	7-15	7-15	7-15

Tabelle 45:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 9a-c des FB

VP	G/T	S/G	W/S
01.	4	4	7-15
02.	3	3	7-15
03.	2	4	7-15
04.	3	3	7-15
05.	2	5	7-15
06.	2	3	7-15
07.	3	4	7-15
08.	3	3	-7-15
09.	3	4	7-15
10.	2	4	7-15
11.	3	3	7-15
12.	2	4	7-15
13.	4	3	7-15
14.	3	4	7-15
15.	3	4	7-15
16.	3	3	7-15
17.	3	3	7-15
18.	2	4	7-15
19.	3	3	7-15
20.	4	4	7-15

Tabelle 46:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 9a-c des FB

VP	G/T	S/G	W/S
01.	3	4	7-15
02.	2	5	7-15
03.	4	4	7-15
04.	3	4	7-15
05.	3	4	7-15
06.	3	4	7-15
07.	3	3	7-15
08.	3	3	-7-15
09.	2	3	7-15
10.	3	3	7-15
11.	3	4	7-15
12.	2	3	7-15
13.	4	3	7-15
14.	3	3	7-15
15.	3	3	7-15
16.	2	3	7-15
17.	3	3	7-15
18.	4	3	7-15
19.	3	4	7-15
20.	3	3	7-15

Tabelle 47:

Gruppe A: Ein-Satz

Rohwerte Frage 10 des FB

VP	BM	KZ	LH	KH	TM	SZ
01.	X	-	-	-	X	-
02.	X	-	-	-	X	-
03.	X	-	-	-	X	-
04.	X	-	-	-	X	-
05.	X	-	-	-	X	-
06.	X	-	-	-	X	-
07.	X	-	-	-	X	-
08.	X	-	-	-	X	-
09.	X	-	-	-	X	-
10.	X	-	-	-	X	-
11.	X	-	-	-	X	-
12.	X	-	-	-	X	-
13.	X	-	-	-	X	-
14.	X	-	-	-	X	-
15.	X	-	-	-	X	-
16.	X	-	-	-	X	-
17.	X	-	-	-	X	-
18.	X	-	-	-	X	-
19.	X	-	-	-	X	-
20.	X	-	-	-	X	-
G.	20	0	0	0	20	0

Tabelle 48:

Gruppe A: Drei-Satz

Rohwerte Frage 10 des FB

VP	BM	KZ	LH	KH	TM	SZ
01.	X	-	-	-	X	-
02.	X	-	-	-	X	-
03.	X	-	-	-	X	-
04.	X	-	-	-	X	-
05.	X	-	-	-	X	-
06.	X	-	-	-	X	-
07.	X	-	-	-	X	-
08.	X	-	-	-	X	-
09.	X	-	-	-	X	-
10.	X	-	-	-	X	-
11.	X	-	-	-	X	-
12.	X	-	-	-	X	-
13.	X	-	-	-	X	-
14.	X	-	-	-	X	-
15.	X	-	-	-	X	-
16.	X	-	-	-	X	-
17.	X	-	-	-	X	-
18.	X	-	-	-	X	-
19.	X	-	-	-	X	-
20.	X	-	-	-	X	-
G.	20	0	0	0	20	0

Tabelle 49:

Gruppe F: Ein-Satz

Rohwerte Frage 10 des FB

VP	BM	KZ	LH	KH	TM	SZ
01.	X	-	X	X	X	-
02.	-	X	X	X	X	-
03.	X	-	-	-	X	-
04.	X	-	X	X	-	-
05.	-	X	X	-	-	X
06.	X	X	X	X	X	-
07.	-	-	X	X	X	X
08.	-	-	X	-	-	-
09.	X	X	-	X	X	X
10.	-	X	X	X	-	X
11.	X	X	X	X	X	-
12.	X	-	X	-	X	-
13.	X	X	-	X	X	-
14.	-	X	X	X	X	-
15.	X	-	-	-	X	-
16.	-	X	X	X	-	X
17.	-	X	-	X	-	X
18.	X	-	X	X	-	-
19.	-	X	X	-	X	X
20.	X	X	X	X	X	-
G.	11	12	15	14	13	7

Tabelle 50:

Gruppe F: Drei-Satz

Rohwerte Frage 10 des FB

VP	BM	KZ	LH	KH	TM	SZ
01.	-	-	X	X	-	X
02.	-	-	X	X	X	-
03.	-	X	X	X	X	X
04.	-	X	X	X	X	-
05.	X	X	-	X	-	X
06.	X	X	X	X	X	-
07.	X	X	-	-	X	X
08.	-	-	X	X	X	-
09.	X	X	X	X	X	-
10.		-	-	X	X	-
11.	X	-	X	-	X	-
12.	-	X	X	X	X	-
13.	X	-	X	X	X	-
14.	-	X	X	X	-	-
15.	X	-	X	X	X	-
16.	-	-	X	-	X	-
17.	X	-	X	-	X	X
18.	X	-	X	-	X	-
19.	X	X	X	X	X	X
20.	-	-	-	X	-	-
G.	10	9	16	15	16	6

Tabelle 51:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 10a des FB

VP	Ba.	Ea.	Eaw.	Fü.	Fr.
01.	X	-	-	X	-
02.	X	-	-	X	-
03.	X	-	-	X	-
04.	X	-	-	X	-
05.	X	-	-	X	-
06.	X	-	-	X	-
07.	X	-	-	X	-
08.	X	-	-	X	-
09.	X	-	-	X	-
10.	X	-	-	X	-
11.	X	-	-	X	-
12.	X	-	-	X	-
13.	X	-	-	X	-
14.	X	-	-	X	-
15.	X	-	-	X	-
16.	X	-	-	X	-
17.	X	-	-	X	-
18.	X	-	-	X	-
19.	X	-	-	X	-
20.	X	-	-	X	-
G.	20	0	0	20	0

Tabelle 52:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 10a des FB

VP	Ba.	Ea.	Eaw.	Fü.	Fr.
01.	X	-	-	X	-
02.	X	-	-	X	-
03.	X	-	-	X	-
04.	X	-	-	X	-
05.	X	-	-	X	-
06.	X	-	-	X	-
07.	X	-	-	X	-
08.	X	-	-	X	-
09.	X	-	-	X	-
10.	X	-	-	X	-
11.	X	-	-	X	-
12.	X	-	-	X	-
13.	X	-	-	X	-
14.	X	-	-	X	-
15.	X	-	-	X	-
16.	X	-	-	X	-
17.	X	-	-	X	-
18.	X	-	-	X	-
19.	X	-	-	X	-
20.	X	-	-	X	-
G.	20	0	0	20	0

Tabelle 53:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 10a des FB

VP	Ba.	Ea.	Eaw.	Fü.	Fr.
01.	X	X	-	X	X
02.	X	X	-	X	X
03.	X	-	-	X	-
04.	X	X	X	X	X
05.	X	-	X	X	X
06.	X	X	X	X	X
07.	X	-	X	X	X
08.	X	-	-	-	X
09.	X	X	X	X	X
10.	X	X	X	X	X
11.	X	-	X	X	X
12.	X	X	X	X	X
13.	X	X	X	X	X
14.	X	X	X	X	X
15.	X	-	-	X	-
16.	X	X	X	X	X
17.	X	-	X	X	X
18.	X	X	X	X	X
19.	X	X	X	X	X
20.	X	X	X	X	X
G.	20	13	15	19	18

Tabelle 54:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 10a des FB

VP	Ba.	Ea.	Eaw.	Fü.	Fr.
01.	X	X	-	-	X
02.	X	X	X	X	-
03.	X	X	X	X	X
04.	X	X	-	X	X
05.	X	X	X	X	X
06.	X	X	-	X	X
07.	X	-	-	X	-
08.	X	-	X	X	X
09.	X	X	-	X	X
10.	X	-	X	X	X
11.	X	-	-	X	X
12.	X	-	X	X	X
13.	X	X	X	X	X
14.	X	X	-	X	X
15.	X	X	-	X	X
16.	X	-	-	X	X
17.	X	-	-	X	X
18.	X	-	-	X	X
19.	X	X	X	X	X
20.	X	X	X	-	X
G.	20	12	9	18	18

Tabelle 55:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 10b-d des FB

VP	A/G	A/S	W/S
01.	2	2	7-15
02.	2	2	7-15
03.	2	2	7-15
04.	2	2	7-15
05.	2	2	7-15
06.	2	2	7-15
07.	2	2	7-15
08.	2	2	7-15
09.	2	2	7-15
10.	2	2	7-15
11.	2	2	7-15
12.	2	2	7-15
13.	2	2	7-15
14.	2	2	7-15
15.	2	2	7-15
16.	2	2	7-15
17.	2	2	7-15
18.	2	2	7-15
19.	2	2	7-15
20.	2	2	7-15

Tabelle 56:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 10b-d des FB

VP	A/G	A/S	W/S
01.	2	2	7-15
02.	2	2	7-15
03.	2	2	7-15
04.	2	2	7-15
05.	2	2	7-15
06.	2	2	7-15
07.	2	2	7-15
08.	2	2	7-15
09.	2	2	7-15
10.	2	2	7-15
11.	2	2	7-15
12.	2	2	7-15
13.	2	2	7-15
14.	2	2	7-15
15.	2	2	7-15
16.	2	2	7-15
17.	2	2	7-15
18.	2	2	7-15
19.	2	2	7-15
20.	2	2	7-15

Tabelle 57:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 10b-d des FB

VP	A/G	A/S	W/S
01.	3	5	7-15
02.	4	3	7-15
03.	3	3	7-15
04.	3	3	7-15
05.	3	3	7-15
06.	3	4	7-15
07.	3	4	7-15
08.	3	3	7-15
09.	4	4	7-15
10.	3	4	7-15
11.	4	3	7-15
12.	3	4	7-15
13.	4	3	7-15
14.	4	5	7-15
15.	3	4	7-15
16.	4	5	7-15
17.	3	4	7-15
18.	3	4	7-15
19.	3	3	7-15
20.	4	3	7-15

Tabelle 58:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 10b-d des FB

VP	A/G	A/S	W/S
01.	4	3	7-15
02.	4	5	7-15
03.	3	4	7-15
04.	3	4	7-15
05.	4	4	7-15
06.	4	3	7-15
07.	3	4	7-15
08.	4	4	7-15
09.	3	3	7-15
10.	4	3	7-15
11.	4	3	7-15
12.	3	3	7-15
13.	3	4	7-15
14.	4	4	7-15
15.	3	3	7-15
16.	4	3	7-15
17.	3	4	7-15
18.	3	4	7-15
19.	3	4	7-15
20.	4	3	7-15

Tabelle 59:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 11 des FB

VP	Ke	Ewm	EaWm	EkW
01.	-	-	X	-
02.	-	X	-	-
03.	-	X	-	-
04.	-	-	X	-
05.	-	-	X	-
06.	-	-	X	-
07.	-	X	-	-
08.	-	-	X	-
09.	-	-	-	X
10.	-	X	-	-
11.	-	-	-	X
12.	-	X	-	-
13.	-	X	-	-
14.	-	-	X	-
15.	-	-	X	-
16.	-	-	X	-
17.	-	-	-	X
18.	-	X	-	-
19.	-	-	X	-
20.	-	X	-	-
G.	0	8	9	3

Tabelle 60:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 11 des FB

VP	Ke	Ewm	EaWm	EkW
01.	-	X	-	-
02.	-	-	-	X
03.	-	X	-	-
04.	X	-	-	-
05.	-	X	-	-
06.	-	X	-	-
07.	-	-	X	-
08.	-	-	X	-
09.	-	-	X	-
10.	-	X	-	-
11.	-	-	-	-
12.	-	X	-	-
13.	-	X	-	-
14.	-	-	X	-
15.	-	X	-	X
16.	-	-	-	X
17.	-	X	-	-
18.	-	X	-	-
19.	-	-	X	-
20.	-	-	X	-
G.	1	10	6	3

Tabelle 61:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Frage 11 des FB

VP	Ke	Ewm	EaWm	EkW
01.	-	-	X	-
02.	-	X	-	-
03.	-	-	X	-
04.	-	-	X	-
05.	-	X	-	-
06.	-	-	X	-
07.	-	-	X	-
08.	-	-	-	X
09.	-	-	X	-
10.	-	-	-	X
11.	-	-	X	-
12.	-	-	-	X
13.	-	-	-	X
14.	-	-	X	-
15.	-	-	-	X
16.	-	-	X	-
17.	-	-	-	X
18.	-	X	-	-
19.	-	-	X	-
20.	-	X	-	-
G.	0	4	10	6

Tabelle 62:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Frage 11 des FB

VP	Ke	Ewm	EaWm	EkW
01.	-	X	-	-
02.	-	X	-	-
03.	-	-	X	-
04.	-	-	X	-
05.	-	-	X	-
06.	-	X	-	-
07.	-	X	-	-
08.	-	X	-	-
09.	-	-	X	-
10.	-	-	X	-
11.	-	-	X	-
12.	-	-	-	X
13.	-	-	-	X
14.	-	-	-	X
15.	-	-	X	-
16.	-	-	-	X
17.	-	-	X	-
18.	-	-	X	-
19.	-	-	X	-
20.	-	-	X	-
G.	0	5	11	4

Tabelle 63:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 11a-12

VP	PD/S	PD/G	T
01.	1-5	1-5	MZ
02.	1-5	1-5	MZ
03.	1-5	1-5	MZ
04.	1-5	1-5	MZ
05.	1-5	1-5	MZ
06.	1-5	1-5	MZ
07.	1-5	1-5	MZ
08.	1-5	1-5	MZ
09.	1-5	1-5	MZ
10.	1-5	1-5	MZ
11.	1-5	1-5	MZ
12.	1-5	1-5	MZ
13.	1-5	1-5	MZ
14.	1-5	1-5	MZ
15.	1-5	1-5	MZ
16.	1-5	1-5	MZ
17.	1-5	1-5	MZ
18.	1-5	1-5	MZ
19.	1-5	1-5	MZ
20.	1-5	1-5	MZ

Tabelle 64:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 11a-12

VP	PD/S	PD/G	T
01.	1-5	1-5	MZ
02.	1-5	1-5	MZ
03.	1-5	1-5	MZ
04.	1-5	1-5	MZ
05.	1-5	1-5	MZ
06.	1-5	1-5	MZ
07.	1-5	1-5	MZ
08.	1-5	1-5	MZ
09.	1-5	1-5	MZ
10.	1-5	1-5	MZ
11.	1-5	1-5	MZ
12.	1-5	1-5	MZ
13.	1-5	1-5	MZ
14.	1-5	1-5	MZ
15.	1-5	1-5	MZ
16.	1-5	1-5	MZ
17.	1-5	1-5	MZ
18.	1-5	1-5	MZ
19.	1-5	1-5	MZ
20.	1-5	1-5	MZ

Tabelle 65:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 11a-12

VP	PD/S	PD/G	T
01.	1-5	1-5	PT
02.	1-5	1-5	-
03.	1-5	1-5	PT
04.	1-5	1-5	-
05.	1-5	1-5	-
06.	1-5	1-5	PT
07.	1-5	1-5	PT
08.	1-5	1-5	-
09.	1-5	1-5	-
10.	1-5	1-5	PT
11.	1-5	1-5	-
12.	1-5	1-5	-
13.	1-5	1-5	-
14.	1-5	1-5	MZ
15.	1-5	1-5	-
16.	1-5	1-5	-
17.	1-5	1-5	-
18.	1-5	1-5	PT
19.	1-5	1-5	-
20.	1-5	1-5	-

Tabelle 66:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 11a-12

VP	PD/S	PD/G	T
01.	1-5	1-5	PT
02.	1-5	1-5	-
03.	1-5	1-5	MZ
04.	1-5	1-5	-
05.	1-5	1-5	PT
06.	1-5	1-5	-
07.	1-5	1-5	PT
08.	1-5	1-5	-
09.	1-5	1-5	PT
10.	1-5	1-5	-
11.	1-5	1-5	-
12.	1-5	1-5	MZ
13.	1-5	1-5	MZ
14.	1-5	1-5	-
15.	1-5	1-5	-
16.	1-5	1-5	-
17.	1-5	1-5	ZT
18.	1-5	1-5	PT
19.	1-5	1-5	PT
20.	1-5	1-5	-

Tabelle 69:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 13-13b

VP	AP	D	Fe	Se	Rm	L	Gy	De	AG
01.	X	10-15	-	-	-	-	X	-	X
02.	X	5-10	X	-	-	-	-	X	-
03.	X	> 15	X	-	-	-	-	-	X
04.	X	10-15	X	-	-	-	-	-	X
05.	X	10-15	X	-	-	-	X	X	X
06.	X	> 15	-	-	-	X	-	-	X
07.	X	5-10	-	-	-	X	-	X	X
08.	X	> 15	-	-	-	X	-	-	X
09.	X	10-15	-	X	-	-	-	-	-
10.	X	< 5	-	-	-	-	-	X	X
11.	X	> 15	X	-	-	X	-	-	-
12.	X	10-15	X	-	-	-	X	-	X
13.	X	5-10	-	-	X	-	-	-	X
14.	X	> 15	X	X	-	-	-	-	-
15.	X	5-10	-	-	X	-	X	-	-
16.	X	> 15	X	X	-	X	-	-	-
17.	X	10-15	-	-	-	-	-	-	-
18.	X	> 15	X	-	-	-	X	-	X
19.	X	10-15	-	X	-	-	-	-	-
20.	X	> 15	-	-	-	X	-	-	X
G.	20	-	9	4	2	6	5	4	12

Tabelle 70:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 13-13b

VP	AP	D	Fe	Se	Rm	L	Gy	De	AG
01.	X	5-10	X	-	-	-	-	-	X
02.	X	5-10	X	-	-	-	-	X	-
03.	X	10-15	X	-	-	-	-	-	X
04.	X	10-15	X	-	-	X	-	X	-
05.	X	< 5	-	-	-	-	-	X	X
06.	X	5-10	-	-	-	-	-	X	-
07.	X	5-10	-	-	X	-	-	-	X
08.	X	> 15	-	-	-	X	X	-	-
09.	X	< 5	-	-	-	-	-	-	X
10.	X	5-10	X	-	-	-	-	-	-
11.	X	> 15	X	-	-	-	-	-	-
12.	X	5-10	X	-	-	-	-	-	X
13.	X	5-10	-	-	-	X	-	-	-
14.	X	< 5	-	-	-	-	-	X	X
15.	X	10-15	-	-	X	-	X	X	-
16.	X	5-10	X	-	-	-	-	-	X
17.	X	> 15	-	X	-	-	-	-	X
18.	X	10-15	X	-	-	-	-	-	X
19.	X	5-10	X	-	-	-	X	-	X
20.	X	10-15	-	X	-	-	-	-	X
G.	20	-	10	2	2	3	3	7	12

Tabelle 71:
Gruppe A: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 14-14b

VP	Cd	D	Fe	Se	Rm	A	Gy	De
01.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
02.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
03.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
04.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
05.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
06.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
07.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
08.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
09.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
10.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
11.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
12.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
13.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
14.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
15.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
16.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
17.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
18.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
19.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
20.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
G.	20	-	20	-	-	-	-	-

Tabelle 72:
Gruppe A: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 14-14b

VP	Cd	D	Fe	Se	Rm	A	Gy	De
01.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
02.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
03.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
04.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
05.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
06.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
07.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
08.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
09.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
10.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
11.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
12.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
13.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
14.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
15.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
16.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
17.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
18.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
19.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
20.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
G.	20	-	20	-	-	-	-	-

Tabelle 73:
Gruppe F: Ein-Satz
 Rohwerte Fragen 14-14b

VP	Cd	D	Fe	Se	Rm	A	Gy	De
01.	X	> 15	X	-	-	-	-	X
02.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
03.	-	-	-	-	-	-	-	-
04.	-	-	-	-	-	-	-	-
05.	X	5-10	-	-	-	-	X	-
06.	X	> 15	-	-	-	X	-	-
07.	X	> 15	X	-	-	-	-	-
08.	-	-	-	-	-	-	-	-
09.	X	5-10	-	X	X	-	-	-
10.	-	-	-	-	-	-	-	-
11.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
12.	-	-	-	-	-	-	-	-
13.	X	5-10	X	-	X	-	-	-
14.	-	-	-	-	-	-	-	-
15.	-	-	-	-	-	-	-	-
16.	X	> 15	X	-	X	X	-	X
17.	-	-	-	-	-	-	-	-
18.	-	-	-	-	-	-	-	-
19.	X	10-15	-	X	-	-	-	-
20.	X	5-10	X	-	-	-	X	-
G.	11	-	7	2	3	2	2	2

Tabelle 74:
Gruppe F: Drei-Satz
 Rohwerte Fragen 14-14b

VP	Cd	D	Fe	Se	Rm	A	Gy	De
01.	X	10-15	-	-	-	-	-	-
02.	-	-	-	-	-	-	-	-
03.	X	< 5	-	-	-	-	-	X
04.	X	10-15	X	-	X	-	-	-
05.	-	-	-	-	-	-	-	-
06.	-	-	-	-	-	-	-	-
07.	X	10-15	-	-	-	X	-	-
08.	X	> 15	X	-	X	-	-	-
09.	-	-	-	-	-	-	-	-
10.	X	< 5	-	-	-	-	-	X
11.	X	5-10	X	X	-	-	-	-
12.	X	5-10	X	-	-	-	-	X
13.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
14.	X	5-10	X	-	X	-	-	X
15.	X	5-10	X	-	-	-	-	-
16.	X	5-10	X	-	X	-	-	-
17.	-	-	-	-	-	-	-	-
18.	X	-	-	-	-	-	-	-
19.	X	> 15	-	-	X	X	-	-
20.	X	10-15	-	-	X	X	-	-
G.	15	-	9	1	6	3	-	4

Tabelle 75: **Gruppe A: Ein-Satz**

Dynamisch-konzentrisches Krafttraining Hackenschmidt-Maschine (alle Angaben in KG)

VP	A.G.	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	11. Tag	12. Tag
01.	65	65	65	65	65	65	70	70	75	80	85	85	90
02.	80	80	80	80	80	85	85	87,5	87,5	90	90	95	95
03.	75	75	75	75	75	80	80	82,5	85	85	87,5	87,5	92,5
04.	65	65	65	65	70	70	72,5	75	75	80	82,5	82,5	85
05.	40	40	40	42,5	45	45	50	50	55	55	60	62,5	67,5
06.	70	70	70	70	72,5	72,5	75	75	77,5	80	80	82,5	85,5
07.	50	50	50	50	55	55	57,5	60	65	65	67,5	67,5	72,5
08.	45	45	50	50	52,5	55	55	60	62,5	65	65	67,5	70
09.	65	65	65	70	70	72,5	72,5	72,5	75	75	77,5	77,5	80
10.	65	65	65	65	67,5	70	75	75	77,5	80	80	82,5	85
11.	55	55	55	55	57,5	57,5	60	65	65	70	70	72,5	75
12.	50	50	55	57,5	57,5	60	62,5	62,5	62,5	67,5	67,5	72,5	72,5
13.	60	60	62,5	62,5	65	65	67,5	67,5	72,5	75	77,5	80	85
14.	50	50	50	50	50	52,5	55	55	57,5	60	65	67,5	70
15.	55	55	55	55	57,5	57,5	60	65	67,5	70	75	80	82,5
16.	50	50	50	50	55	55	57,5	60	65	67,5	70	72,5	75
17.	70	70	70	70	72,5	72,5	72,5	75	75	75	77,5	80	80
18.	35	35	35	40	40	42,5	42,5	45	50	55	57,5	62,5	65
19.	70	70	70	72,5	72,5	75	75	80	80	85	90	92,5	95
20.	75	75	75	80	80	85	85	90	90	92,5	95	95	100

Tabelle 76:

Gruppe A: Drei-Satz

Dynamisch-konzentrisches Krafttraining Hackenschmidt-Maschine (alle Angaben in KG)

VP	A.G.	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	11. Tag	12. Tag
01.	60	60	60	60	65	67,5	67,5	67,5	70	72,5	72,5	75	75
02.	65	65	65	65	67,5	67,5	70	70	72,5	75	77,5	80	85
03.	60	60	65	65	70	70	80	80	85	90	95	100	105
04.	50	50	50	50	50	55	55	60	60	65	67,5	67,5	70
05.	50	50	50	50	52,5	52,5	55	55	57,5	57,5	60	62,5	65
06.	55	55	55	55	60	60	60	65	65	67,5	67,5	70	70
07.	50	50	50	50	57,5	57,5	60	60	62,5	65	65	67,5	70
08.	70	70	70	70	75	75	75	75	77,5	77,5	80	80	82,5
09.	65	65	65	65	70	70	72,5	72,5	75	75	77,5	77,5	77,5
10.	45	45	45	50	50	55	55	60	65	65	70	72,5	75
11.	60	60	60	62,5	62,5	65	65	70	72,5	75	77,5	80	85
12.	40	40	40	40	40	45	45	47,5	50	52,5	55	57,5	62,5
13.	35	35	35	35	40	40	45	50	50	55	57,5	62,5	65
14.	45	45	45	45	50	50	50	50	55	57,5	57,5	60	60
15.	55	55	55	55	60	60	65	70	70	75	75	75	82,5
16.	55	55	55	60	60	65	56	65	67,5	67,5	72,5	75	77,5
17.	65	65	65	65	67,5	67,5	67,5	70	70	72,5	72,5	72,5	75
18.	65	65	65	65	70	70	70	72,5	72,5	75	77,5	77,5	82,5
19.	70	70	70	70	75	75	75	77,5	80	85	87,5	90	95
20.	60	60	60	60	60	62,5	62,5	65	65	70	70	70	72,5

Tabelle 77:

Gruppe F: Ein-Satz

Dynamisch-konzentrisches Krafttraining Hackenschmidt-Maschine (alle Angaben in KG)

VP	A.G.	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	11. Tag	12. Tag
01.	95	95	95	95	95	100	100	105	105	105	110	110	110
02.	100	100	100	100	100	105	105	105	110	110	112,5	112,5	112,5
03.	105	105	105	105	105	105	105	110	110	110	110	110	110
04.	110	110	110	110	110	115	115	115	115	115	115	115	120
05.	100	100	100	100	100	115	115	115	120	120	120	125	127,5
06.	95	95	95	95	95	100	100	100	100	105	105	105	105
07.	125	125	125	125	125	130	130	130	130	130	135	135	135
08.	110	110	110	110	115	115	115	115	115	120	120	120	120
09.	105	105	105	105	105	110	110	110	110	115	115	115	117,5
10.	100	100	100	100	100	115	115	115	115	115	115	120	120
11.	135	135	135	135	135	135	140	140	145	145	145	145	147,5
12.	130	130	135	135	135	135	140	140	140	140	145	145	145
13.	110	110	110	110	110	110	110	110	115	115	115	115	120
14.	105	105	105	105	105	110	110	110	110	115	115	115	115
15.	100	100	100	100	100	100	100	105	105	115	115	115	120
16.	95	95	95	95	105	105	105	105	105	110	110	110	110
17.	110	110	110	110	110	110	110	115	115	120	120	120	125
18.	125	125	125	125	125	125	127,5	127,5	130	130	130	130	130
19.	140	140	140	140	145	145	145	145	145	145	150	150	150
20.	130	130	130	130	130	135	135	135	135	140	140	140	145

Tabelle 78:

Gruppe F: Drei-Satz

Dynamisch-konzentrisches Krafttraining Hackenschmidt-Maschine (alle Angaben in KG)

VP	A.G.	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	5. Tag	6. Tag	7. Tag	8. Tag	9. Tag	10. Tag	11. Tag	12. Tag
01.	105	105	105	105	105	115	115	115	125	125	130	130	135
02.	95	95	95	95	100	100	105	110	110	115	115	115	115
03.	100	100	100	100	100	110	110	115	115	120	120	120	122,5
04.	120	120	120	120	120	120	125	125	125	125	130	130	135
05.	110	110	110	115	115	115	115	115	120	120	120	125	125
06.	105	105	105	105	105	110	110	110	115	115	115	115	115
07.	110	110	110	110	110	115	115	115	120	125	125	125	127,5
08.	115	115	115	115	115	115	120	120	120	120	125	125	125
09.	85	85	85	85	85	95	95	105	105	110	115	115	120
10.	105	105	105	105	115	115	115	115	115	120	120	120	120
11.	100	100	100	100	100	105	105	105	110	110	110	110	115
12.	130	130	130	130	130	135	135	135	135	140	140	140	142,5
13.	90	90	90	100	100	100	100	110	110	115	115	115	120
14.	90	90	90	90	90	95	95	105	105	110	110	115	115
15.	105	105	105	105	110	110	115	115	115	120	120	120	125
16.	110	110	110	110	115	115	115	115	115	120	120	120	120
17.	110	110	110	110	110	120	120	120	120	125	125	125	130
18.	120	120	120	120	120	130	130	130	130	130	135	135	135
19.	115	115	115	115	115	115	120	120	120	120	125	125	125
20.	130	130	130	130	130	140	140	140	140	145	145	145	145

Tabelle 79:

Kraftmessungen Gruppe A: Ein-Satz

Pre-Test (statisch isometrische Kraftmessung
und dynamische Absprungkraftmessung in Newton)

Post-Test (statisch isometrische Kraftmessung
und dynamische Absprungkraftmessung in Newton)

VP	VOS	HOS	AKL	AKR	AKG		VOS	HOS	AKL	AKR	AKG
01.	1032	465	915	939	1854		1185	511	938	945	1883
02.	1095	585	977	1175	2152		1347	603	998	1177	2175
03.	1035	480	901	1007	1908		1296	588	918	1015	1933
04.	1088	365	945	968	1913		1364	475	975	987	1962
05.	882	467	758	838	1596		1255	535	780	855	1635
06.	1098	545	875	903	1778		1344	495	895	929	1824
07.	1015	415	858	915	1773		1405	575	878	925	1803
08.	975	454	934	965	1899		1398	525	955	970	1925
09.	998	377	895	885	1780		1268	455	907	899	1806
10.	1177	496	979	1008	1987		1325	535	995	1012	2007
11.	1045	288	910	925	1835		1296	479	915	920	1835
12.	850	249	885	905	1790		1295	348	903	912	1815
13.	884	479	887	885	1772		1411	567	912	906	1818
14.	1098	505	947	1023	1970		1435	625	995	1030	2025
15.	1115	485	1001	995	1996		1398	538	1015	1008	2023
16.	935	328	917	964	1881		1379	505	938	974	1912
17.	1191	492	833	965	1798		1396	424	895	960	1855
18.	939	415	941	1016	1957		1318	525	989	1035	2024
19.	1198	495	901	1027	1928		1326	445	931	1025	1956
20.	1010	401	935	945	1880		1310	534	946	964	1910
M.	1033	439	909,70	962,65	1872,35		1337,55	514,35	933,90	972,40	1906,30

Tabelle 80:

Kraftmessungen Gruppe A: Drei-Satz

Pre-Test (statisch isometrische Kraftmessung
und dynamische Absprungkraftmessung in Newton)

Post-Test (statisch isometrische Kraftmessung
und dynamische Absprungkraftmessung in Newton)

VP	VOS	HOS	AKL	AKR	AKG		VOS	HOS	AKL	AKR	AKG
01.	829	439	924	935	1859		1355	595	965	970	1935
02.	1017	595	993	1004	1997		1120	598	1024	1065	2089
03.	1010	401	996	1051	2047		1236	485	1045	1088	2133
04.	997	385	950	1058	2008		1322	416	984	1060	2044
05.	985	480	967	1004	1971		1234	511	997	1112	2109
06.	1001	445	1007	998	2005		1325	515	1037	1019	2056
07.	979	410	978	927	1905		1324	495	1024	1025	2049
08.	1078	455	1014	995	2009		1277	505	1020	1025	2045
09.	1055	417	1031	1045	2076		1229	487	1044	1055	2099
10.	1235	508	1115	1234	2349		1326	525	1120	1210	2330
11.	1135	437	1021	1045	2066		1331	487	1035	1055	2090
12.	936	449	934	925	1859		1415	413	954	965	1919
13.	795	359	895	903	1798		1312	487	915	912	1827
14.	1106	515	1018	1028	2046		1218	566	1027	1035	2062
15.	985	385	1023	998	2021		1339	423	1045	1034	2079
16.	998	375	927	953	1880		1425	419	1038	1033	2071
17.	1082	392	933	932	1865		1211	425	1015	1013	2028
18.	1138	536	1033	1045	2078		1455	557	1054	1058	2112
19.	1250	415	1143	1150	2293		1434	464	1158	1165	2323
20.	1144	419	1024	1032	2056		1295	511	1045	1048	2093
M.	1037,75	440,85	996,30	1013,10	2009,40		1309,15	494,20	1027,30	1047,35	2074,65

Tabelle 81:

Kraftmessungen Gruppe F: Ein-Satz

Pre-Test (statisch isometrische Kraftmessung
und dynamische Absprungkraftmessung in Newton)

Post-Test (statisch isometrische Kraftmessung
und dynamische Absprungkraftmessung in Newton)

VP	VOS	HOS	AKL	AKR	AKG		VOS	HOS	AKL	AKR	AKG
01.	1758	547	1354	1365	2719		1955	669	1360	1384	2744
02.	1935	715	1256	1258	2514		2235	755	1306	1303	2609
03.	2105	699	1435	1429	2864		2205	715	1450	1455	2905
04.	2112	658	1325	1334	2659		2312	705	1375	1385	2760
05.	1978	634	1123	1125	2248		2120	645	1185	1193	2378
06.	2118	643	1342	1352	2694		2225	654	1350	1365	2715
07.	2331	754	1389	1391	2780		2432	776	1425	1423	2848
08.	2181	658	1435	1430	2865		2281	660	1485	1496	2981
09.	1889	623	1243	1254	2497		2112	625	1305	1295	2600
10.	2176	575	1375	1365	2740		2276	585	1418	1427	2845
11.	2134	709	1423	1425	2848		2312	724	1513	1522	3035
12.	2228	715	1465	1466	2931		2298	725	1485	1493	2978
13.	1959	585	1354	1355	2709		2145	589	1396	1404	2800
14.	1885	605	1235	1245	2480		1965	609	1289	1303	2592
15.	1898	575	1285	1280	2565		1995	594	1395	1390	2785
16.	1762	588	1222	1224	2446		1782	595	1323	1334	2657
17.	2103	674	1345	1350	2695		2258	683	1421	1414	2835
18.	2345	719	1139	1142	2281		2398	719	1229	1243	2472
19.	2213	780	1247	1235	2482		2323	785	1283	1282	2565
20.	2342	605	1126	1128	2254		2356	515	1234	1145	2379
M.	2072,60	653,05	1305,90	1307,65	2613,55		2199,25	666,35	1361,35	1362,80	2724,15

Tabelle 82:

Kraftmessungen Gruppe F: Drei-Satz

Pre- Test (statisch isometrische Kraftmessung
und dynamische Absprungkraftmessung in Newton)

Post-Test (statisch isometrische Kraftmessung
und dynamische Absprungkraftmessung in Newton)

VP	VOS	HOS	AKL	AKR	AKG		VOS	HOS	AKL	AKR	AKG
01.	1258	435	1284	1285	2569		2118	684	1315	1311	2626
02.	1965	725	1316	1328	2644		2178	765	1335	1344	2679
03.	2020	589	1415	1425	2840		2234	705	1465	1473	2938
04.	1995	648	1235	1245	2480		2105	695	1276	1283	2559
05.	2078	685	1313	1315	2628		2265	724	1355	1379	2734
06.	2135	636	1254	1262	2516		2275	694	1315	1325	2640
07.	2212	723	1269	1271	2540		2385	764	1315	1335	2650
08.	2191	668	1345	1365	2710		2255	697	1378	1385	2763
09.	1789	645	1143	1174	2317		2219	725	1282	1278	2560
10.	2156	668	1310	1315	2625		2296	703	1334	1345	2679
11.	1785	665	1263	1259	2522		1934	673	1291	1305	2596
12.	2214	705	1395	1406	2801		2281	729	1425	1422	2847
13.	1987	615	1284	1289	2573		2223	657	1303	1318	2621
14.	1915	679	1305	1315	2620		2105	685	1335	1347	2682
15.	1975	569	1256	1257	2513		1995	596	1265	1275	2540
16.	1815	548	1122	1144	2266		1989	615	1164	1159	2323
17.	1895	524	1199	1215	2414		2195	646	1225	1234	2459
18.	2121	703	1266	1269	2535		2298	723	1287	1295	2582
19.	2325	764	1244	1248	2492		2395	784	1274	1285	2559
20.	2019	689	1208	1205	2413		2309	719	1234	1245	2479
M.	1992,50	644,15	1271,30	1279,60	2550,90		2202,70	699,15	1308,65	1317,15	2625,80

Tabelle 83:
Differenzen zwischen Pre- und Post- Test in Newton
Gruppe A: Ein-Satz

VP	VOS	HOS	AKL	AKR	AKG
01.	153	46	23	6	29
02.	252	18	21	2	23
03.	261	108	17	8	25
04.	276	110	30	19	49
05.	373	68	22	17	39
06.	246	-50	20	26	46
07.	390	160	20	10	30
08.	423	71	21	5	26
09.	270	78	12	14	26
10.	148	39	16	4	20
11.	251	191	5	-5	0
12.	445	99	18	7	25
13.	527	88	25	21	46
14.	337	120	48	7	55
15.	283	53	14	13	27
16.	444	177	21	10	31
17.	205	-68	62	-5	57
18.	379	110	48	19	67
19.	128	-50	30	-2	28
20.	300	133	11	19	30

Tabelle 84:
Differenzen zwischen Pre- und Post-Test in Newton
Gruppe A: Drei-Satz

VP	VOS	HOS	AKL	AKR	AKG
01.	526	156	41	35	76
02.	103	3	31	61	92
03.	226	84	49	37	86
04.	325	31	34	2	36
05.	249	31	30	108	138
06.	324	70	30	21	51
07.	345	85	46	98	144
08.	199	50	6	30	36
09.	174	70	13	10	23
10.	91	17	5	-24	-19
11.	196	50	14	10	24
12.	479	-36	20	40	60
13.	517	128	20	9	29
14.	112	51	9	7	16
15.	354	38	22	36	58
16.	427	44	111	80	191
17.	129	33	82	81	163
18.	317	21	21	13	34
19.	184	49	15	15	30
20.	151	92	21	16	37

Tabelle 85:
Differenzen zwischen Pre- und Post- Test in Newton
Gruppe F: Ein-Satz

VP	VOS	HOS	AKL	AKR	AKG
01.	197	122	6	19	25
02.	300	40	50	45	95
03.	100	16	15	26	41
04.	200	47	50	51	101
05.	142	11	62	68	130
06.	107	11	8	13	21
07.	101	22	36	32	68
08.	100	2	50	66	116
09.	223	2	62	41	103
10.	100	10	43	62	105
11.	178	15	90	97	187
12.	70	10	20	27	47
13.	186	4	42	49	91
14.	80	4	54	58	112
15.	97	19	110	110	220
16.	20	7	101	110	211
17.	155	9	76	64	140
18.	53	0	90	101	191
19.	110	5	36	47	83
20.	14	-90	108	17	125

Tabelle 86:
Differenzen zwischen Pre- und Post- Test in Newton
Gruppe F: Drei-Satz

VP	VOS	HOS	AKL	AKR	AKG
01.	860	249	31	26	57
02.	213	40	19	16	35
03.	214	116	50	48	98
04.	110	47	41	38	79
05.	187	39	42	64	106
06.	140	58	61	63	124
07.	173	41	46	64	110
08.	64	29	33	20	53
09.	430	80	139	104	243
10.	140	35	24	30	54
11.	149	8	28	46	74
12.	67	24	30	16	46
13.	236	42	19	29	48
14.	190	6	30	32	62
15.	20	27	9	18	27
16.	174	67	42	15	57
17.	300	122	26	19	45
18.	177	20	21	26	47
19.	70	20	30	37	67
20.	290	30	26	40	66

Tabelle 87:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Anfänger

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest	1035,38	40	107,258	16,959
	Vorderer Oberschenkel - Posttest	1323,35	40	75,219	11,893
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag	57,750	40	11,2061	1,7718
	Trainingsgewicht - 12. Tag	78,888	40	10,6587	1,6853

Tabelle 88:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Anfänger

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest & Vorderer Oberschenkel - Posttest	40	,113	,488
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag & Trainingsgewicht - 12. Tag	40	,806	,000

Tabelle 89:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest - Vorderer Oberschenkel - Posttest	-287,97	123,866	19,585	-327,59	-248,36	-14,704	39	,000
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag - Trainingsgewicht - 12. Tag	-21,138	6,8285	1,0797	-23,321	-18,954	-19,578	39	,000

Tabelle 90:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest	2032,55	40	207,586	32,822
	Vorderer Oberschenkel - Posttest	2200,98	40	146,839	23,217
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag	109,375	40	13,3103	2,1045
	Trainingsgewicht - 12. Tag	124,938	40	11,4563	1,8114

Tabelle 91:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest & Vorderer Oberschenkel - Posttest	40	,733	,000
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag & Trainingsgewicht - 12. Tag	40	,862	,000

Tabelle 92:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest - Vorderer Oberschenkel - Posttest	-168,42	141,207	22,327	-213,59	-123,26	-7,544	39	,000
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag - Trainingsgewicht - 12. Tag	-15,563	6,7579	1,0685	-17,724	-13,401	-14,565	39	,000

Tabelle 93:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest	1533,96	80	527,910	59,022
	Vorderer Oberschenkel - Posttest	1762,16	80	456,543	51,043
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag	83,563	80	28,7084	3,2097
	Trainingsgewicht - 12. Tag	101,913	80	25,6464	2,8674

Tabelle 94:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest & Vorderer Oberschenkel - Posttest	80	,967	,000
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag & Trainingsgewicht - 12. Tag	80	,970	,000

Tabelle 95:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest - Vorderer Oberschenkel - Posttest	-228,20	145,038	16,216	-260,48	-195,92	-14,073	79	,000
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag - Trainingsgewicht - 12. Tag	-18,350	7,3098	,8173	-19,977	-16,723	-22,453	79	,000

Tabelle 96:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Ein-Satz-Training

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest	1552,80	40	546,082	86,343
	Vorderer Oberschenkel - Posttest	1768,40	40	453,859	71,761
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag	85,375	40	29,3604	4,6423
	Trainingsgewicht - 12. Tag	102,700	40	24,8456	3,9284

Tabelle 97:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Ein-Satz-Training

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest & Vorderer Oberschenkel - Posttest	40	,984	,000
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag & Trainingsgewicht - 12. Tag	40	,983	,000

Tabelle 98:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Ein-Satz-Training

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest - Vorderer Oberschenkel - Posttest	-215,60	127,684	20,189	-256,44	-174,76	-10,679	39	,000
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag - Trainingsgewicht - 12. Tag	-17,325	6,7278	1,0638	-19,477	-15,173	-16,287	39	,000

Tabelle 99:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Drei-Satz-Training

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest	1515,13	40	515,355	81,485
	Vorderer Oberschenkel - Posttest	1755,93	40	464,908	73,508
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag	81,750	40	28,2967	4,4741
	Trainingsgewicht - 12. Tag	101,125	40	26,7164	4,2242

Tabelle 100:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Drei-Satz-Training

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest & Vorderer Oberschenkel - Posttest	40	,951	,000
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag & Trainingsgewicht - 12. Tag	40	,961	,000

Tabelle 101:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Drei-Satz-Training

		Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere				Obere
Paare 1	Vorderer Oberschenkel - Pretest - Vorderer Oberschenkel - Posttest	-240,80	161,192	25,487	-292,35	-189,25	-9,448	39	,000
Paare 2	Trainingsgewicht - 1. Tag - Trainingsgewicht - 12. Tag	-19,375	7,7985	1,2331	-21,869	-16,881	-15,713	39	,000

Tabelle 102:
Gruppenstatistiken: Vergleich – Ein-Satz- vs. Drei-Satz-Training

	Satzzahl im Training	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
VOSDIF	Ein-Satz-Training	40	215,60	127,684	20,189
	Drei-Satz-Training	40	240,80	161,192	25,487
TGDIF	Ein-Satz-Training	40	17,3250	6,72781	1,06376
	Drei-Satz-Training	40	19,3750	7,79855	1,23306

Tabelle 103
T-Test bei unabhängigen Stichproben: Vergleich – Ein-Satz- vs. Drei-Satz-Training

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
VOSDIF	Varianzen sind gleich	,449	,505	-,775	78	,441	-25,20	32,514	-89,930	39,530
	Varianzen sind nicht gleich			-,775	74,116	,441	-25,20	32,514	-89,984	39,584
TGDIF	Varianzen sind gleich	,109	,742	-1,259	78	,212	-2,0500	1,62850	-5,29210	1,19210
	Varianzen sind nicht gleich			-1,259	76,358	,212	-2,0500	1,62850	-5,29320	1,19320

Tabelle 104:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden

		Mittelwert	N	Standardab- weichung	Standardfeh- ler des Mit- telwertes
Paare 1	Absprungkraft (links) - Pretest	1120,80	80	187,447	20,957
	Absprungkraft (links) - Post- test	1157,80	80	194,252	21,718
Paare 2	Absprungkraft (rechts) - Pre- test	1140,75	80	175,011	19,567
	Absprungkraft (rechts) - Post- test	1174,93	80	185,261	20,713
Paare 3	Absprungkraft (gesamt) - Pretest	2261,55	80	360,579	40,314
	Absprungkraft (gesamt) - Posttest	2332,73	80	378,107	42,274

Tabelle 105:

Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Absprungkraft (links) - Pretest & Absprungkraft (links) - Posttest	80	,990	,000
Paare 2	Absprungkraft (rechts) - Pretest & Absprungkraft (rechts) - Posttest	80	,988	,000
Paare 3	Absprungkraft (gesamt) - Pretest & Absprungkraft (gesamt) - Posttest	80	,991	,000

Tabelle 106:
T- Test bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Absprungkraft (links) - Pretest - Absprungkraft (links) - Posttest	-37,00	27,663	3,093	-43,16	-30,84	-11,963	79	,000
Paare 2	Absprungkraft (rechts) - Pretest - Absprungkraft (rechts) - Posttest	-34,17	30,245	3,381	-40,91	-27,44	-10,107	79	,000
Paare 3	Absprungkraft (gesamt) - Pretest - Absprungkraft (gesamt) - Posttest	-71,17	53,676	6,001	-83,12	-59,23	-11,860	79	,000

Tabelle 107:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Anfänger

		Mittelwert	N	Standardab- weichung	Standardfeh- ler des Mit- telwertes
Paare 1	Absprungkraft (links) - Pretest	953,00	40	72,419	11,450
	Absprungkraft (links) - Post- test	980,60	40	70,912	11,212
Paare 2	Absprungkraft (rechts) - Pre- test	987,88	40	79,175	12,519
	Absprungkraft (rechts) - Post- test	1009,88	40	76,699	12,127
Paare 3	Absprungkraft (gesamt) - Pretest	1940,88	40	143,138	22,632
	Absprungkraft (gesamt) - Posttest	1990,48	40	141,782	22,418

Tabelle 108:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Anfänger

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Absprungkraft (links) - Pretest & Absprungkraft (links) - Posttest	40	,958	,000
Paare 2	Absprungkraft (rechts) - Pretest & Absprungkraft (rechts) - Posttest	40	,936	,000
Paare 3	Absprungkraft (gesamt) - Pretest & Absprungkraft (gesamt) - Posttest	40	,955	,000

Tabelle 109:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Absprungkraft (links) - Pretest - Absprungkraft (links) - Posttest	-27,60	20,851	3,297	-34,27	-20,93	-8,372	39	,000
Paare 2	Absprungkraft (rechts) - Pretest - Absprungkraft (rechts) - Posttest	-22,00	27,888	4,409	-30,92	-13,08	-4,989	39	,000
Paare 3	Absprungkraft (gesamt) - Pretest - Absprungkraft (gesamt) - Posttest	-49,60	42,897	6,783	-63,32	-35,88	-7,313	39	,000

Tabelle 110:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Absprungkraft (links) - Pretest	1288,60	40	90,396	14,293
	Absprungkraft (links) - Posttest	1335,00	40	83,647	13,226
Paare 2	Absprungkraft (rechts) - Pretest	1293,63	40	88,513	13,995
	Absprungkraft (rechts) - Posttest	1339,98	40	88,093	13,929
Paare 3	Absprungkraft (gesamt) - Pretest	2582,23	40	178,722	28,259
	Absprungkraft (gesamt) - Posttest	2674,98	40	170,930	27,026

Tabelle 111:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittenen

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Absprungkraft (links) - Pretest & Absprungkraft (links) - Posttest	40	,941	,000
Paare 2	Absprungkraft (rechts) - Pretest & Absprungkraft (rechts) - Posttest	40	,951	,000
Paare 3	Absprungkraft (gesamt) - Pretest & Absprungkraft (gesamt) - Posttest	40	,951	,000

Tabelle 112:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Absprungkraft (links) - Pretest - Absprungkraft (links) - Posttest	-46,40	30,563	4,832	-56,17	-36,63	-9,602	39	,000
Paare 2	Absprungkraft (rechts) - Pretest - Absprungkraft (rechts) - Posttest	-46,35	27,770	4,391	-55,23	-37,47	-10,556	39	,000
Paare 3	Absprungkraft (gesamt) - Pretest - Absprungkraft (gesamt) - Posttest	-92,75	55,147	8,719	-110,39	-75,11	-10,637	39	,000

Tabelle 113:
Gruppenstatistiken: Vergleich – Ein- vs. Drei-Satz-Training

	Satzzahl im Training	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
AKLDIF	Ein-Satz-Training	40	39,83	29,045	4,592
	Drei-Satz-Training	40	34,17	26,270	4,154
AKRDIF	Ein-Satz-Training	40	32,45	31,821	5,031
	Drei-Satz-Training	40	35,90	28,884	4,567
AKGDIF	Ein-Satz-Training	40	72,28	57,002	9,013
	Drei-Satz-Training	40	70,08	50,837	8,038

Tabelle 114:
T-Test bei unabhängigen Stichproben: Vergleich – Ein- vs. Drei-Satz-Training

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
AKLDIF	Varianzen sind gleich	2,474	,120	,912	78	,364	5,65	6,192	-6,678	17,978
	Varianzen sind nicht gleich			,912	77,226				-6,680	17,980
AKRDIF	Varianzen sind gleich	,937	,336	-,508	78	,613	-3,45	6,795	-16,978	10,078
	Varianzen sind nicht gleich			-,508	77,280				-16,980	10,080
AKGDIF	Varianzen sind gleich	1,507	,223	,182	78	,856	2,20	12,077	-21,843	26,243
	Varianzen sind nicht gleich			,182	77,000				-21,847	26,247

Tabelle 115:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Hinterer Oberschenkel - Pretest	544,34	80	127,065	14,206
	Hinterer Oberschenkel - Posttest	593,51	80	108,868	12,172

Tabelle 116:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Hinterer Oberschenkel - Pretest & Hinterer Oberschenkel - Posttest	80	,895	,000

Tabelle 117:

T-Test bei gepaarten Stichproben: Gesamtmenge aller Probanden

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Hinterer Oberschenkel - Pretest - Hinterer Oberschenkel - Posttest	-49,18	56,991	6,372	-61,86	-36,49	-7,718	79	,000

Tabelle 118:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Anfänger

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Hinterer Oberschenkel - Pretest	440,08	40	72,486	11,461
	Hinterer Oberschenkel - Posttest	504,28	40	61,388	9,706

Tabelle 119:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Anfänger

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Hinterer Oberschenkel - Pretest & Hinterer Oberschenkel - Posttest	40	,617	,000

Tabelle 120:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardab- weichung	Standardfeh- ler des Mit- telwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Hinterer Ober- schenkel - Pretest - Hinterer Ober- schenkel - Post- test	-64,20	59,459	9,401	-83,22	-45,18	-6,829	39	,000

Tabelle 121:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Hinterer Oberschenkel - Pretest	648,60	40	71,777	11,349
	Hinterer Oberschenkel - Posttest	682,75	40	62,490	9,880

Tabelle 122:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Hinterer Oberschenkel - Pretest & Hinterer Oberschenkel - Posttest	40	,722	,000

Tabelle: 123:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Hinterer Oberschenkel - Pretest - Hinterer Oberschenkel - Posttest	-34,15	50,801	8,032	-50,40	-17,90	-4,252	39	,000

Tabelle 124:
Gruppenstatistiken: Vergleich – Ein- vs. Drei-Satz-Training

	Satzzahl im Training	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
HOSDIF	Ein-Satz-Training	40	44,18	64,401	10,183
	Drei-Satz-Training	40	54,18	48,789	7,714

Tabelle 125:
T-Test bei unabhängigen Stichproben: Vergleich – Ein- vs. Drei-Satz-Training

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
HOSDIF	Varianzen sind gleich	4,823	,031	-,783	78	,436	-10,00	12,775	-35,433	15,433
	Varianzen sind nicht gleich			-,783	72,675	,436	-10,00	12,775	-35,462	15,462

Tabelle 126:

Gruppenstatistiken: Vergleich – Anfänger vs. Fortgeschrittene im Drei-Satz-Training

	Leistungs- stand	N	Mittelwert	Standard- abweichung	Standardfeh- ler des Mit- telwertes
VOSDIF	Anfänger	20	271,40	138,433	30,954
	Fortgeschrit- tener	20	210,20	179,439	40,124
AKLDIF	Anfänger	20	31,00	25,994	5,812
	Fortgeschrit- tener	20	37,35	26,826	5,998
AKRDIF	Anfänger	20	34,25	34,702	7,760
	Fortgeschrit- tener	20	37,55	22,418	5,013
AKGDIF	Anfänger	20	65,25	54,993	12,297
	Fortgeschrit- tener	20	74,90	47,241	10,563

Tabelle 127:

T-Test bei unabhängigen Stichproben: Vergleich – Anfänger vs. Fortgeschrittene im Drei-Satz-Training

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
VOSDIF	Varianzen sind gleich	,080	,779	1,208	38	,235	61,20	50,676	-41,389	163,789
	Varianzen sind nicht gleich			1,208	35,701	,235	61,20	50,676	-41,606	164,006
AKLDIF	Varianzen sind gleich	,076	,784	-,760	38	,452	-6,35	8,353	-23,259	10,559
	Varianzen sind nicht gleich			-,760	37,962	,452	-6,35	8,353	-23,259	10,559
AKRDIF	Varianzen sind gleich	3,101	,086	-,357	38	,723	-3,30	9,238	-22,001	15,401
	Varianzen sind nicht gleich			-,357	32,507	,723	-3,30	9,238	-22,105	15,505
AKGDIF	Varianzen sind gleich	1,329	,256	-,595	38	,555	-9,65	16,211	-42,467	23,167
	Varianzen sind nicht gleich			-,595	37,155	,555	-9,65	16,211	-42,492	23,192

Tabelle 128:

Gruppenstatistiken: Vergleich – Anfänger vs. Fortgeschrittene im Ein-Satz-Training

	Leistungs- Stand	N	Mittelwert	Standardab- weichung	Standardfeh- ler des Mit- telwertes
VOSDIF	Anfänger	20	304,55	108,403	24,240
	Fortgeschrit- tener	20	126,65	71,106	15,900
AKLDIF	Anfänger	20	24,20	13,870	3,101
	Fortgeschrit- tener	20	55,45	32,021	7,160
AKRDIF	Anfänger	20	9,75	8,735	1,953
	Fortgeschrit- tener	20	55,15	30,287	6,772
AKGDIF	Anfänger	20	33,95	15,408	3,445
	Fortgeschrit- tener	20	110,60	57,792	12,923

Tabelle 129:

T-Test bei unabhängigen Stichproben: Vergleich – Anfänger vs. Fortgeschrittene im Ein-Satz-Training

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit					95% Konfidenzintervall der Differenz	
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	Untere	Obere
VOSDIF	Varianzen sind gleich	3,764	,060	6,137	38	,000	177,90	28,989	119,215	236,585
	Varianzen sind nicht gleich			6,137	32,796				,000	177,90
AKLDIF	Varianzen sind gleich	11,542	,002	-4,005	38	,000	-31,25	7,803	-47,046	-15,454
	Varianzen sind nicht gleich			-4,005	25,887				,000	-31,25
AKRDIF	Varianzen sind gleich	16,994	,000	-6,441	38	,000	-45,40	7,048	-59,669	-31,131
	Varianzen sind nicht gleich			-6,441	22,139				,000	-45,40
AKGDIF	Varianzen sind gleich	14,039	,001	-5,731	38	,000	-76,65	13,374	-103,725	-49,575
	Varianzen sind nicht gleich			-5,731	21,688				,000	-76,65

Tabelle 130:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Anfänger Ein-Satz

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag	59,500	20	12,4499	2,7839
	Trainingsgewicht - 12. Tag	81,150	20	10,0918	2,2566

Tabelle 131:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Anfänger Ein-Satz

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag & Trainingsgewicht - 12. Tag	20	,918	,000

Tabelle 132:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger Ein-Satz

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag - Trainingsgewicht - 12. Tag	-21,650	5,1147	1,1437	-24,044	-19,256	-18,930	19	,000

Tabelle 133:
Statistik bei gepaarten Stichproben: Anfänger Drei-Satz

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag	56,000	20	9,8141	2,1945
	Trainingsgewicht - 12. Tag	76,625	20	10,9807	2,4554

Tabelle 134:
Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Anfänger Drei-Satz

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag & Trainingsgewicht - 12. Tag	20	,686	,001

Tabelle 135:
T-Test bei gepaarten Stichproben: Anfänger Drei-Satz

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag - Trainingsgewicht - 12. Tag	-20,625	8,3064	1,8574	-24,513	-16,737	-11,104	19	,000

Tabelle 136:

Statistik bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Ein-Satz

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag	111,250	20	14,3155	3,2010
	Trainingsgewicht - 12. Tag	124,250	20	13,6955	3,0624

Tabelle 137:

Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Ein-Satz

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag & Trainingsgewicht - 12. Tag	20	,931	,000

Tabelle138:

T-Test bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Ein-Satz

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag - Trainingsgewicht - 12. Tag	-13,000	5,2315	1,1698	-15,448	-10,552	-11,113	19	,000

Tabelle 139:

Statistik bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Drei-Satz

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag	107,500	20	12,3010	2,7506
	Trainingsgewicht - 12. Tag	125,625	20	8,9910	2,0105

Tabelle 140:

Korrelationen bei gepaarten Stichproben: Fortgeschrittene Drei-Satz

		N	Korrelation	Signifikanz
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag & Trainingsgewicht - 12. Tag	20	,812	,000

Tabelle 141:

T-Test bei gepaarten Stichproben

		Gepaarte Differenzen				T	df	Sig. (2-seitig)	
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare 1	Trainingsgewicht - 1. Tag - Trainingsgewicht - 12. Tag	-18,125	7,2491	1,6209	-21,518	-14,732	-11,182	19	,000

Mechanik der Messanlagen

1. Grundgestell
2. Sitz
3. Rückenlehne
4. Lochscheibe
5. verstellbarer Hebelarm
6. verstellbares Polster
7. Hebel zum Kraftaufnehmer
8. Kraftaufnehmer
9. Kraftaufnehmerkabel
10. Fußplatte

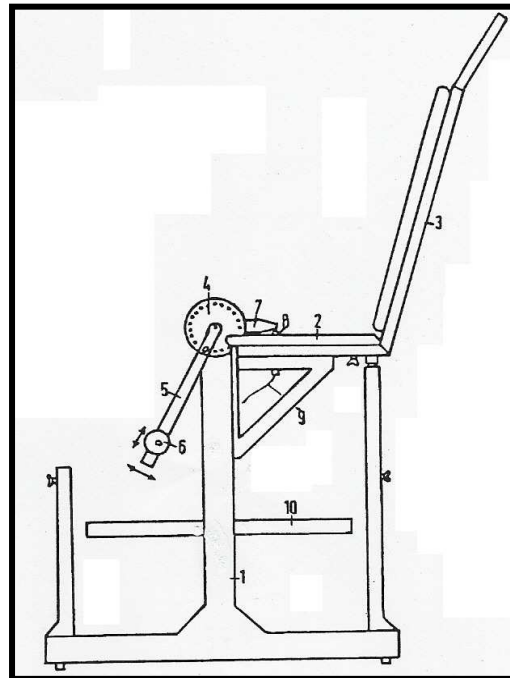
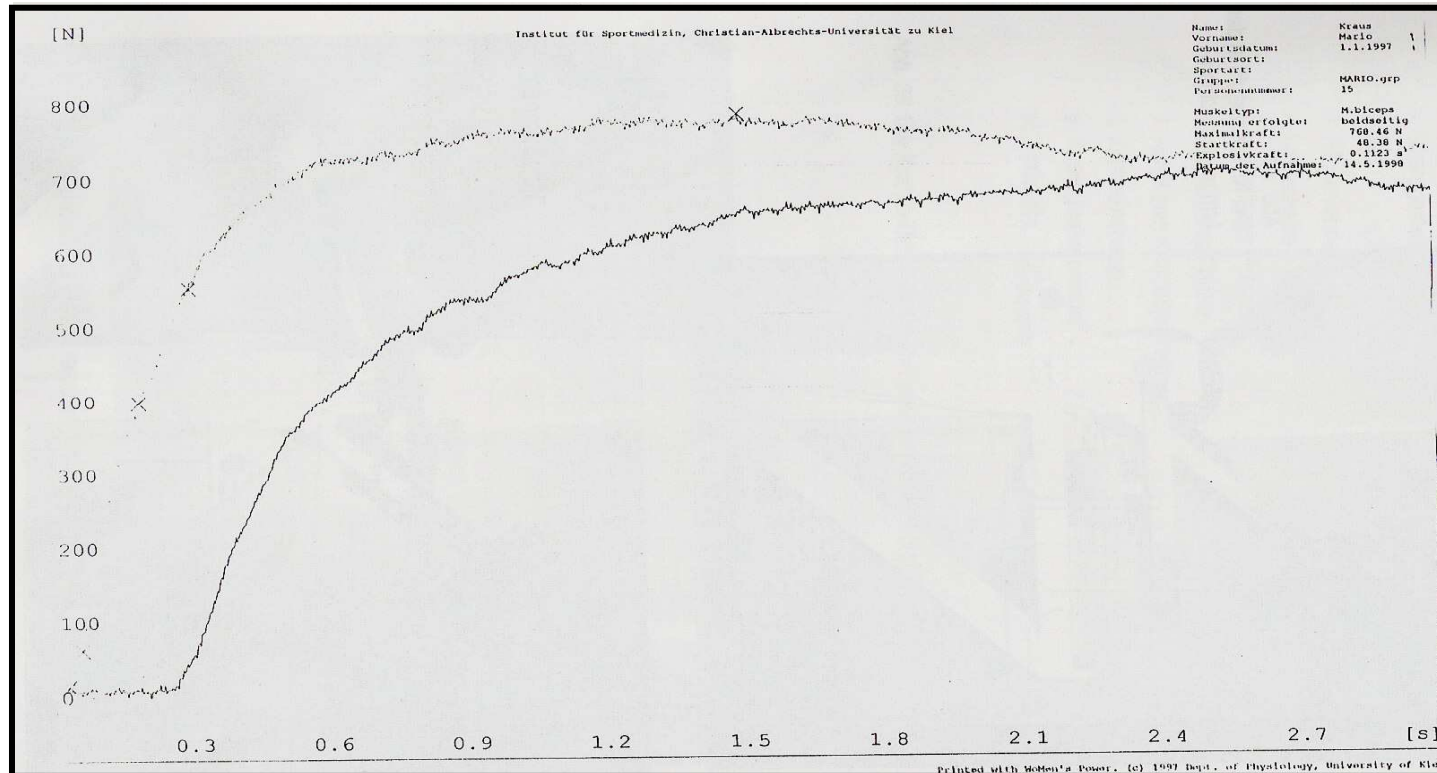


Abb. 45: Der Kraftmessstuhl in der Beinstreckerposition (vgl. Max,1989).



Abb. 46: der Kraftmessstuhl in der Beinbeugeposition



7: Die Kraft – Zeitkurve einer isometrischen Kraftmessung

Auf Abszisse: Zeit in Sekunden. Auf Ordinate: Kraft in Newton.

In der Reihenfolge von links markiert Kreuz 1 die Startkraft, Kreuz 2 und 3 die Explosivkraft, Kreuz 4 die Maximalkraft.

Lebenslauf

Persönliche Angaben:

Name: Mario Kraus
Geburtsdatum: 26.07.1965
Geburtsort: Merseburg
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: verheiratet, drei Kinder

Schulbesuche/ Abschlüsse:

1972 - 1979: Polytechnische Oberschule Friedrich Ludwig Jahn in Leuna.

1979 - 1982: Kinder- und Jugendsportschule Friedrich Engels in Halle mit Abschluss Mittlere Reife.

1985 - 1989: Institut für Lehrerbildung in Halle mit Fachschulabschluss und fachgebundener Hochschulreife für die Fächer Pädagogik und Psychologie, sowie eines Studiums für ein Lehramt bis einschließlich Sekundarstufe I.

12/1993: Erweiterung der fachgebundenen Hochschulreife auf das Gebiet der Sportwissenschaften durch das Ministerium für Frauen, Weiterbildung und Sport in Kiel.

12/1998: Abschluss des Studiums der Sportwissenschaften mit den Nebenfächern Pädago-

gik und Psychologie mit Erlangen des Grades eines Magister Artium an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Titel der Magisterarbeit: „Die Kraftentwicklung in Abhängigkeit von zwei- und dreidimensionalen Bewegungsausführungen“.

Berufsausbildungen:

- 09/1982 - 02/1985: Ausbildung zum Kfz-Mechaniker bei den Leuna Werken in Leuna mit Abschluss.
- 10/1985 - 03/1989: Studium zum Horterzieher mit Lehrbefähigung für die Fächer Sport und Technisches Werken am Institut für Lehrerbildung in Halle mit Fachschulabschluss.
- 03/1994 - 07/1994: Nachqualifizierung zum Staatlich anerkannten Erzieher mit Abschluss am Institut für berufliche Aus- und Fortbildung am Diakonischen Werk in Rendsburg.
- SS 1994 – WS 1998: Studium der Sportwissenschaften mit den Nebenfächern Pädagogik und Psychologie mit Erlangen des Grades eines Magister Artium an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Tätigkeiten:

- 09/ 1979 - 09/ 1983: Hochleistungssportler (Ringer) beim Sportclub Chemie Halle.

- 03/1985 - 09/1985: Kfz- Mechaniker in den Leuna Werken.
- 10/1985 - 12/1989: Trainer im Nachwuchsleistungssport beim Deutschen Turn- und Sportbund in Merseburg.
- 10/1990 - 12/1998: Studioleiter in der Kieler Firma California Fitness- Center GmbH.
- seit 09/1992: Pädagoge im Freizeitbereich an der Integrierten Gesamtschule in Kiel Hassee. Schwerpunktsportarten Ringen und Fußball.
- seit 01/1999: Freiberuflicher Sportwissenschaftler.
- 02/1999-06/2005 Studioleiter des GOLDS Fitness Health und Wellness-Centers in Kiel.
- seit 09/2000: Freier sportwissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich der Prävention bei mehreren gesetzlichen Krankenkassen.
- seit WS 2003: Lehrbeauftragter am Institut für Sport- und Sportwissenschaften an der Christian-Albrechts- Universität zu Kiel.
- seit WS 2005: Lehrbeauftragter am Institut für Bewegungswissenschaften und Sport an der Universität Flensburg.

Studiengänge/ Promotion

- WS 1992- SS 1994: Studium der Fachrichtung Grund- und Hauptschule mit den Fächern Sport, Deutsch, Geschichte und Erziehungswissenschaften an der Pädagogischen Hochschule in Kiel.
- SS 1994 – WS 1998: Studium der Sportwissenschaften mit den Nebenfächern Pädagogik und Psychologie mit der Erlangung des Magister Artium an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- seit SS 2001: Promotion an Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Titel der Arbeit: Die Kraftentwicklung in Abhängigkeit von der Satzzahl. Eine sportmedizinische Analyse bei Anfängern und Fortgeschrittenen.
- Akademische Lehrer: Prof. Dr. H. Rieckert (Sportwissenschaften)
Prof. Dr. Dr. H. Haag (Sportwissenschaften)
Prof. Dr. J. P. Janssen (Sportwissenschaften)
Prof. Dr. H.-C. Jongebloed (Pädagogik)
Prof. Dr. D. Wendt (Psychologie)