

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	10
1 Problem und Aufgabenstellung	13
2 Optimale Bewegungsausführung bei Wurfbewegungen	16
2.1 Schnellkraftfähigkeit	17
2.1.1 Die Maximalkraft	18
2.1.1.1 Die Dimensionen der Maximalkraft	20
2.1.1.2 Muskelfasertypen	22
2.1.1.3 Der Zusammenhang zwischen Maximalkraft und Schnellkraft	25
2.1.2 Die Explosivkraft	26
2.1.3 Die Startkraft	33
2.1.4 Die dynamische Realisation	34
2.1.5 Die Reaktivkraft	35
2.1.6 Der Zusammenhang zwischen Bewegungsschnelligkeit und Schnellkraft	36
2.1.6.1 Kurze und lange Zeitprogramme	36
2.1.6.2 Stabilität von Zeitprogrammen	39
2.1.6.3 Kritische Schlussfolgerungen zu den Begriffsbezeichnungen Zeitprogramm und Schnelligkeit	39
2.2 Bewegungskoordination	42
2.2.1 Programmorientierte Modelle	44
2.2.2 Systemdynamische Modelle	48
2.2.2.1 Selbstorganisation, Synergetik und Dynamik	50
2.2.2.2 Synergetik und Bewegungskoordination	54
2.2.2.3 Synergetische Mustererkennung und Wahrnehmung	60
2.2.2.4 Selbstorganisation und Plastizität des Großhirns	60
2.2.2.5 Exkurs: Konnektionismus	62
2.2.2.6 Folgerungen für die Sportpraxis	65
2.3 Äußere, physikalische Faktoren	68

2.4	Trainingsmethodisches Anforderungsprofil für die Optimierung des komplexen Bewegungsmusters bei Wurfbewegungen	76
2.4.1	Spezielles Schnellkrafttraining bei Wurfbewegungen	76
2.4.1.1	Die Periodisierung des Schnellkrafttrainings	76
2.4.1.2	Das Training mit schweren Wurferäten	79
2.4.1.3	Explosivkrafttraining	80
2.4.1.4	Elementares und komplexes Schnelligkeitstraining	83
2.4.1.5	Methodik des speziellen Schnellkrafttrainings	84
2.4.2	Das Problem der optimalen Bewegungskoordination	85
2.4.3	Spezielles Koordinationstraining bei Wurfbewegungen	92
2.4.3.1	Techniktraining versus Koordinationstraining	92
2.4.3.2	Koordinatives Anforderungsprofil	94
2.4.3.3	Methodik des Koordinationstrainings	102
2.4.4	Differenzielles Lernen bei Wurfbewegungen	103
2.4.5	Variables Üben bei Wurfbewegungen	112
2.5	Handballspezifisches differenzielles Training zur Optimierung der Torwurftechnik 7-m-Wurf	114
2.5.1	Trainingsmethoden zur Maximierung der Wurfgenauigkeit	114
2.5.1.1	Die Streuung des Wurfziels	115
2.5.1.2	Die optimale Abwurfhöhe	116
2.5.1.3	Die Abfluggeschwindigkeit des Balls und der Abflugwinkel	117
2.5.1.4	Die Stellung zum Tor	118
2.5.2	Trainingsmethoden zur Maximierung der Ballabfluggeschwindigkeit	118
2.5.2.1	Die aktive Handgelenkflexion	119
2.5.2.2	Die aktive Ellbogengelenkstreckung	120
2.5.2.3	Die Winkelgeschwindigkeitsvariation	122
2.5.3	Komplexe Trainingsmethoden	123
2.5.3.1	Das Handgelenk	124
2.5.3.2	Das Ellbogengelenk	126
2.5.3.3	Die Kopfpositionen	127
2.5.3.4	Das Schultergelenk	127
2.5.3.5	Die Position des linken Arms	129
2.5.3.6	Differenzierte Oberkörperbewegungen	130
2.5.3.7	Die Endphase (Ausschwingen)	133

2.5.3.8	Das Hüftgelenk	133
2.5.3.9	Das Kniegelenk	134
2.5.3.10	Die Beinarbeit	136
2.5.3.11	Die Fußstellung	137
2.5.3.12	Die Rhythmusänderung	138
2.5.3.13	Feedbackdifferenzierung	139
<b>3</b>	<b>Die Wurf schleuder</b>	<b>142</b>
3.1	Problemstellung und Lösungsansatz	142
3.2	Pilotstudie	143
3.2.1	Konstruktionsbeschreibung	143
3.2.2	Untersuchungsdesign	144
3.2.3	Ergebnisse	145
3.3	Die Konstruktion der Wurf schleuder	146
3.3.1	Planung	146
3.3.1.1	Kinematische Analyse des Handballwurfs aus dem Stand (Trainingsübung)	146
3.3.1.2	Konstruktionsplanung für die Herstellung der Laufschiene	147
3.3.1.3	Konstruktionsplanung für die Herstellung des Zugwagens	148
3.3.2	Konstruktionsplanung für die Herstellung des Grundgerüsts	149
3.3.3	Konstruktionsbeschreibung	150
3.3.3.1	Konstruktion der Laufschiene	150
3.3.3.2	Konstruktion des Zugwagens	152
3.3.3.3	Konstruktion des Grundgerüsts	153
3.3.3.4	Feinabstimmung	155
<b>4</b>	<b>Differenzielles Lernen beim Handball-7-m-Wurf. Eine Fallstudie</b>	<b>157</b>
4.1	Aufgabenstellung	157
4.2	Hypothesen	159
4.3	Untersuchungsmethodik	160
4.3.1	Untersuchungsdesign	160
4.3.1.1	Charakterisierung der untersuchten Bewegung	161

4.3.1.2	Probandenauswahl	161
4.3.1.3	Bestimmung der Musterbewegung	163
4.3.2	Datengewinnung und Auswertungsmethodik	163
4.3.2.1	Kinematische Analyse	163
4.3.2.1.1	Messanordnung und Datenaufnahme	163
4.3.2.1.2	Bestimmung der kinematischen Merkmale	166
4.3.2.1.3	Berechnung der Bewegungsmerkmale	170
4.3.2.1.3.1	Berechnung der zeitdiskreten Merkmale (Bewegungsanfang und –umfang)	171
4.3.2.1.3.2	Berechnung der zeitkontinuierlichen Merkmale (Bewegungsverlauf)	173
4.3.2.1.3.3	Verarbeitungsschritte zur Berechnung der Bewegungsmerkmale	178
4.3.2.1.4	Fehlerabschätzung	181
4.3.2.2	Elektromyografische Analyse	187
4.3.2.2.1	Datenaufnahme	189
4.3.2.2.2	Klassische Datenverarbeitung des Roh-EMGs (Einschaltzeitpunkte, Einschaltdauer und Antagonistenhemmfähigkeit)	190
4.3.2.2.3	Waveletanalyse	195
4.3.2.2.4	Verarbeitungsschritte bei der elektromyografischen Analyse	199
4.3.2.2.5	Fehlerabschätzung	202
4.3.2.3	Geschwindigkeitsmessung	203
4.3.2.4	Zielgenauigkeitsmessung	204
4.3.2.5	Statistische Datenverarbeitung	205
4.3.2.5.1	Varianzanalyse	205
4.3.2.5.2	Berechnung der Variabilität des Bewegungsmusters	205
4.3.2.5.3	Analyse komplexer Zusammenhänge (Korrelationsberechnung)	206
4.3.2.5.4	Analyse von Bewegungsmustern (Faktorenanalyse)	206
4.3.2.5.5	Analyse des Lernprozesses	208
4.3.2.6	Zusammenfassung der Verarbeitungsschritte der Untersuchungsmethodik	209
4.4	Untersuchungsergebnisse und Interpretation	211
4.4.1	Die Qualität der Bewegungsausführung	211
4.4.2	Veränderungen der untersuchten Merkmale während der einjährigen Trainingsstudie	216
4.4.2.1	Deskriptive Darstellung der kinematische Winkelmerkmale	217
4.4.2.1.1	Bewegungsanfang	217
4.4.2.1.2	Bewegungsumfang	221

4.4.2.1.3	Bewegungsverlauf	223
4.4.2.1.4	Zusammenfassende Darstellung ausgewählter Winkelmerkmale	224
4.4.2.2	Deskriptive Darstellung der Winkelgeschwindigkeitsmerkmale	227
4.4.2.2.1	Bewegungsanfang	228
4.4.2.2.2	Bewegungsumfang	229
4.4.2.2.3	Bewegungsverlauf	230
4.4.2.2.4	Zusammenfassende Darstellung ausgewählter Winkelgeschwindigkeitsmerkmale	231
4.4.2.3	Statistische Untersuchungsergebnisse der Variabilität in der Bewegungsausführung	233
4.4.2.4	Untersuchungsergebnisse der Korrelationsberechnungen	238
4.4.2.5	Untersuchungsergebnisse der Faktorenanalyse	241
4.4.2.6	Deskriptive Darstellung der elektromyografischen Merkmale (Waveletanalyse)	245
4.4.2.7	Statistische Untersuchungsergebnisse der elektromyografischen Merkmale	251
4.4.2.8	Statistische Untersuchungsergebnisse der Segmentgeschwindigkeiten	251
4.4.3	Selbst organisierter Wechsel des Bewegungsmusters	253
4.4.4	Die Relevanz der Abwurfparameter auf die Zielgenauigkeit	257
4.4.5	Die Relevanz der kinematischen und elektromyografischen Parameter auf die Ballabfluggeschwindigkeit	259
4.4.6	Gesamtinterpretation	265
5	Zusammenfassung	270
6	Literaturverzeichnis	273