

Aus dem Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik
der Deutschen Sporthochschule Köln
Leiter: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Joachim Mester

**Beanspruchungsmerkmale des heutigen Spitzentennis
und Anforderungen an die Trainingspraxis**

Von der Deutschen Sporthochschule Köln
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Sportwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Dipl.-Sportwiss. Robert Zickermann
aus Hage

Köln 2009

Vorsitzende des
Promotionsausschusses: Univ.-Prof.'in Dr. Ilse Hartmann-Tews

Erster Referent: Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Joachim Mester

Zweiter Referent: Univ.-Prof. Dr. Walter Tokarski

Tag der mündlichen Prüfung: 09./23. August 2010

Eidesstattliche Versicherung

Hierdurch versichere ich an Eides Statt: Ich habe diese Dissertationsarbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen angefertigt; sie hat noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen. Wörtlich übernommene Textstellen, auch Einzelsätze oder Teile davon, sind als Zitate kenntlich gemacht worden.

.....
Dipl.-Sportwiss. Robert Zickermann

Danksagung

An dieser Stelle erscheint es mir angebracht, einer Reihe von besonderen Menschen, welche für das Zustandekommen dieser Arbeit einen erheblichen Beitrag geleistet haben, meinen Dank auszusprechen.

Mein ganz besonderer Dank gebührt Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Joachim Mester für die Überlassung des Themas und die beeindruckende fachliche Unterstützung jeglicher Art. Seine Geduld und sein Entgegenkommen sowie seine unkomplizierte Form der Kommunikation haben es mir ermöglicht, trotz erheblicher beruflicher Belastungen diese Arbeit abschließen zu können. Seine überaus professionelle Art ist mir Vorbild geworden.

Ein großer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr. Walter Tokarski für die freundliche Übernahme des Zweitreferates sowie für seine zahlreichen wertvollen Ratschläge und aufmunternden Worte mit unschätzbarem Wert für mich.

Zudem gilt mein besonderer Dank Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Karl Weber für seine fachliche Unterstützung und die finanzielle institutionelle Förderung meines Promotionsvorhabens.

Weiterhin möchte ich mich ganz herzlich bei Dr. Zengyuan Yue für die technische und statistische Beratung bedanken.

Bei der Durchführung der verschiedenen empirischen Untersuchungsreihen standen mir zahlreiche Helfer und Probanden eifrig und zuverlässig zur Seite. Ihnen soll an dieser Stelle ein besonderer Dank ausgesprochen werden.

Auch möchte ich mich bei meinen Freunden, insbesondere Peter Preuß, herzlich bedanken, die mich nicht nur tatkräftig unterstützt haben, sondern mich stets aufbauten und für die erforderliche Abwechslung sorgten.

Eine besondere Widmung gilt meinen Eltern für ihre langjährige grenzenlose Unterstützung und Motivation meiner Person sowie meiner Freundin für ihre moralische Unterstützung und die zahlreichen Entbehrungen, die sie in dieser Zeit auf sich nehmen musste.

Ohne diese helfenden Hände wäre es mir nicht möglich gewesen, den Matchball in Form dieser Dissertation zu verwandeln und dafür bin ich Euch/Ihnen sehr dankbar.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretischer Teil	3
2.1	Biologische Besonderheiten im Kindes- und Jugendalter	3
2.1.1	Neurologische Entwicklung	4
2.1.2	Entwicklung des Skelettmuskelsystems	5
2.1.3	Entwicklung und Stoffwechsel	6
2.1.4	Entwicklung des Hormonellen Systems	7
2.1.5	Entwicklung des Skelettsystems	8
2.1.6	Entwicklung und Immunsystem	9
2.1.7	Entwicklung und Thermoregulation	10
2.2	Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter	12
2.2.1	Sportliche Leistungsfähigkeit	12
2.2.2	Aerobe Leistungsfähigkeit	13
2.2.3	Anaerobe Leistungsfähigkeit	16
2.2.4	Geschlechtsspezifische Unterschiede	20
2.3	Trainierbarkeit im Kindes- und Jugendalter	23
2.3.1	Allgemeine Aspekte der Trainierbarkeit	23
2.3.2	Trainierbarkeit der Kraftfähigkeiten im Kindes- und Jugendalter	25
2.3.3	Trainierbarkeit der Schnelligkeit im Kindes- und Jugendalter	34
2.3.4	Trainierbarkeit der Ausdauerfähigkeiten im Kindes- und Jugendalter	41
2.3.5	Regeneration und Übertraining im Kindes- und Jugendalter	50
2.4	Beanspruchungsprofil im Tennis	56
2.4.1	Tennisspezifische Leistungsfähigkeit	56
2.4.2	Wettkampfspezifische Beanspruchung im Tennis	57
2.4.3	Herzfrequenz im Tennis	63
2.4.4	Energiebereitstellung und Blutlaktat im Tennis	65
2.5	Moderne Trainingsaspekte im Leistungstennis	72
2.5.1	Qualitätsorientiertes Tennistraining	72
2.5.2	Konditionstraining im Tennis	80
2.5.2.1	Krafttraining im Tennis	81
2.5.2.2	Schnelligkeitstraining im Tennis	84
2.5.2.3	Ausdauertraining im Tennis	87

2.6	Leistungsdiagnostik im Tennis	91
2.6.1	Orthopädisch-physiotherapeutische Untersuchung	93
2.6.2	Kraftdiagnostik	93
2.6.3	Schnelligkeitsdiagnostik	96
2.6.4	Ausdauerdiagnostik	99
2.7	Talentproblematik im Tennis	100
3	Empirischer Teil	109
3.1	Statistik	110
3.1.1	Deskriptive Statistik	109
3.1.1.1	Mittelwert	109
3.1.1.2	Standardabweichung	109
3.1.2	Analytische Statistik	110
3.1.2.1	Varianzanalyse	110
3.1.2.2	Korrelationen	111
3.1.2.3	Signifikanzen	112
3.2	Tennisuntersuchung spielnah	114
3.2.1	Methodik der Untersuchung	115
3.2.1.1	Untersuchungsgut	115
3.2.1.2	Untersuchungsgang	117
3.2.1.2.1	Vorhand-Winner longline	121
3.2.1.2.2	Rückhand-Vorhand Passierball	123
3.2.1.2.3	Freies Spiel „Rückhand umlaufen“	125
3.2.1.3	Untersuchungsverfahren	127
3.2.1.3.1	Vorhand-Winner longline	127
3.2.1.3.2	Rückhand-Vorhand Passierball	130
3.2.1.3.3	Freies Spiel „Rückhand umlaufen“	132
3.2.1.4	Messparameter	134
3.2.1.4.1	Herzfrequenz	134
3.2.1.4.2	Blutlaktat	135
3.2.1.4.3	Subjektives Belastungsempfinden (RPE-Skala)	136
3.2.1.4.4	Muskuläre Leistungsbereitschaft und zentrale Ermüdung	137
3.2.1.4.5	Schlaggeschwindigkeit	138
3.2.1.4.6	Schlagpräzision	139
3.2.1.4.7	Laufschnelligkeit	141

3.2.1.5	Apparaturbesprechung	141
3.2.1.5.1	Ballwurfmaschine	141
3.2.1.5.2	Radarmessanlage	142
3.2.1.5.3	Lichtschranken	143
3.2.1.5.4	Videokamera	144
3.2.2	Ergebnisse der Untersuchung	145
3.2.2.1	Herzfrequenz	145
3.2.2.2	Blutlaktat	147
3.2.2.3	Subjektives Belastungsempfinden (RPE)	148
3.2.2.4	Schlaggeschwindigkeit	150
3.2.2.5	Schlagpräzision	152
3.2.2.6	Ballwechselqualität	156
3.2.3	Diskussion der Untersuchungsergebnisse	157
3.2.3.1	Herzfrequenz	157
3.2.3.2	Blutlaktat	160
3.2.3.3	Subjektives Belastungsempfinden (RPE)	165
3.2.3.4	Schlagqualität	170
3.3	Trainingsgestaltung im modernen Leistungstennis	179
3.3.1	Methodik der Untersuchung	179
3.3.1.1	Untersuchungsgut	179
3.3.1.2	Untersuchungsgang	181
3.3.2	Ergebnisse der Untersuchung	182
3.3.3	Diskussion der Untersuchungsergebnisse	184
3.4	Tennisspezifische Testverfahren - DTB-Talent-Cup (U12)	188
3.4.1	Methodik der Untersuchung	189
3.4.1.1	Untersuchungsgut	189
3.4.1.2	Untersuchungsgang	189
3.4.2	Ergebnisse der Untersuchung	190
3.4.3	Diskussion der Untersuchungsergebnisse	194
3.4.3.1	Testverfahren der Schnelligkeitsdiagnostik	194
3.4.3.2	Testverfahren der Kraftdiagnostik	197
3.4.3.3	Geschlechtsspezifische Unterschiede	201
3.4.3.4	Zusammenhänge zwischen Diagnostiken und DTB-Ranglisten	205

4	Zusammenfassung	209
5	Literaturverzeichnis	214
6	Anhang	234
6.1	Tennisuntersuchung spielnah	234
6.2	Tennisspezifische Testverfahren - DTB-Talent-Cup (U12)	243

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Schematische Darstellung ausgewählter Entwicklungsfaktoren in Abhängigkeit vom biologischen Alter (WILMORE und COSTIL 2005, 528).	4
Abb. 2:	Die Entwicklung von Kopf/Gehirn und allgemeinem Körperwachstum bis zum Erreichen des Erwachsenenalters (WEINECK 2000, 102).	5
Abb. 3:	Die Bildung von Testosteron und Östrogen bei Jungen und Mädchen im Altersgang (KOINZER 1987, 209).	8
Abb. 4:	Die Entwicklung der Schweißrate im Kindesalter bei relativ gleicher Arbeitsleistung (WEINECK 2004, 353).	10
Abb. 5:	Vereinfachtes Modell der Komponenten der sportlichen Leistungsfähigkeit (WEINECK 2000, 21).	13
Abb. 6:	Aerobe „Reserve“ in Abhängigkeit vom Lebensalter. Dargestellt sind die maximale Sauerstoffaufnahme sowie die jeweilige Sauerstoffaufnahme bei einer Belastung auf dem Laufband mit Pulsfrequenz 180 pro min bei 134 Mädchen und Jungen im Alter von 7-16 Jahren (BAR-OR 1986, 12).	14
Abb. 7:	Maximale anaerobe Leistung in Abhängigkeit vom Alter. Dargestellt ist die erreichte chemische Energie pro Zeiteinheit im Margarita-step-running-Test von 294 neun- bis 16-jährigen Mädchen und Jungen in absoluten Werten (Kreise) und bezogen auf das Körpergewicht (Quadrate) (Beneke et al. 2002, 16).	16
Abb. 8:	Faktoren, welche die Adaptationsprozesse beeinflussen (WEINECK 2004, 26).	23
Abb. 9:	Struktur der motorischen Eigenschaft Kraft (GÜLLICH u. SCHMIDTBLEICHER 1999, 224).	26
Abb. 10:	Modell der Leistungsfaktoren im Tennis (FERRAUTI et al. 2006, 12).	56
Abb. 11:	Durchschnittliche Häufigkeit der verschiedenen Schlagkategorien in Abhängigkeit vom Bodenbelag bei Boris Becker (der statistische Mittelwertvergleich bezieht sich jeweils auf die Sandplatz-Ergebnisse) (DEUTSCHER TENNIS BUND 1996, 95).	60
Abb. 12:	Häufigkeit von Schlagsituationen und ihre durchschnittliche Fehlerquote und Laufwege beim Sandplatztennis (FERRAUTI et al. 2006, 16).	61
Abb. 13:	Blutlaktatkonzentrationen (Mittelwert, Streubereich und Extremwerte) bei typischen Trainingsformen (FERRAUTI et al. 2006, 166).	75
Abb.14:	Bedeutung konditioneller Faktoren im Tennis (Umfrage bei 30 deutschen Spitzentrainern) (FERRAUTI et al. 2006, 121).	81
Abb. 15:	Testverfahren der Kraftdiagnostik. Links (15a): Squat Jump; Rechts (15b): Medizinballwurf.	96
Abb. 16:	Testverfahren der Schnelligkeitsdiagnostik. Links (16a): T-Run Sprint; Rechts (16b): Linearsprint.	99
Abb. 17:	Zeitraum der Untersuchung.	117
Abb. 18:	Beispielhafte Darstellung des Untersuchungsablaufes eines Versuchstages.	120
Abb. 19:	Vorhand – Winner longline – Kurzbeschreibung.	121
Abb. 20:	Versuchsaufbau Test 1:Vorhand Winner longline (8er- vs. 4er-Serie).	122

Abb. 21:	Rückhand-Vorhand Passierball – Kurzbeschreibung.	123
Abb. 22:	Versuchsaufbau Test 2: Rückhand-Vorhand Passierball longline (4er- vs. 2er-Serie).	124
Abb. 23:	Freies Spiel „Rückhand umlaufen“ – Kurzbeschreibung.	125
Abb. 24:	Versuchsaufbau Test 3: Freies Spiel „Rückhand umlaufen“ (10 Min vs. 5x2 Min).	126
Abb. 25:	Bank mit Material für Laktatabnahme, Befragungen, Uhr für Pausenzeit.	129
Abb. 26:	Versuchsaufbau Test 2 (Rückhand-Vorhand Passierball) mit Lichtschranken.	131
Abb. 27:	Proband während der freien Spielform „Rückhand umlaufen“.	133
Abb. 28:	Herzfrequenzuhr Vantage NV™ der Firma Polar ohne und mit Interface.	134
Abb. 29:	Blutentnahme aus dem Ohrläppchen zwecks Laktatwertbestimmung.	136
Abb. 30:	Skala des subjektiven Belastungsempfindens (RPE-Skala) nach BORG (1998).	137
Abb. 31:	Körperliche und psychische Leistungsbereitschaft (MLB-Skala).	138
Abb. 32:	Geschwindigkeitsprotokolle Test 1 (links) und Test 2 (rechts).	139
Abb. 33:	Trefferprotokoll am Beispiel von Test 2 (Rückhand-Vorhand Passierball).	140
Abb. 34:	Präzisionsprotokoll (links) und Schlagprotokoll (rechts) von Test 3 (Freies Spiel).	140
Abb. 35:	Laufschleunigkeitsprotokoll Test 2 (Rückhand-Vorhand Passierball).	141
Abb. 36:	Ballwurfmaschine von vorne (links) und von der Seite (rechts).	142
Abb. 37:	Stalker Pro Radar Pistole (links) und Anzeige (rechts).	143
Abb. 38:	Lichtschrankenanlage.	144
Abb. 39:	Videokamera.	144
Abb. 40:	Herzfrequenzwerte der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und match-orientierter Trainingsmethode beim Vorhand Winner longline Test (Test 1), Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) und bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3).	158
Abb. 41:	Blutlaktatwerte der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und match-orientierter Trainingsmethode beim Vorhand Winner longline Test (Test 1), Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) und bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3).	161
Abb. 42:	Subjektives Belastungsempfinden (RPE) der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode beim Vorhand Winner longline Test (Test 1), Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) und bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3).	166
Abb. 43:	Parameterverlauf von Herzfrequenz (HF), Blutlaktat (LAK) und Subjektivem Belastungsempfinden (RPE) für die Gesamtgruppe bei der intensiven Trainingsmethode (IT).	168
Abb. 44:	Parameterverlauf von Herzfrequenz (HF), Blutlaktat (LAK) und Subjektivem Belastungsempfinden (RPE) für die Gesamtgruppe bei der matchorientierten Trainingsmethode (MT).	168
Abb. 45:	Zieltreffer, Feldtreffer und Fehler der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode beim Vorhand Winner longline Test (Test 1).	171

Abb. 46:	Zieltreffer, Feldtreffer und Fehler der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode beim Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2).	171
Abb. 47:	Schlagpräzision der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3).	172
Abb. 48:	Ballwechselqualität der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3).	172
Abb. 49:	Schlaggeschwindigkeit der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode beim Vorhand Winner longline Test (Test 1) und Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2).	175
Abb. 50:	Schlaggeschwindigkeit der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen Vorhand- und Rückhand beim Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2).	176
Abb. 51:	Trainerlizenzen (rot) und Zusatzqualifikationen (orange) der befragten Tennistrainer.	181
Abb. 52:	Einschätzungen befragter Tennisexperten bezüglich der Trainingsschwerpunkte im heutigen Leistungstennis.	185
Abb. 53:	Einschätzungen zum Stellenwert eines intensiven Trainings im Rahmen der Trainingsgestaltung im Leistungstennis.	186
Abb. 54:	Laufzeiten der Gesamtgruppe (n=160/Jahr) im Linearsprint in den Jahren 2004 bis 2007.	195
Abb. 55:	Laufzeiten der Gesamtgruppe (n=160/Jahr) im T-Run Sprint in den Jahren 2004 bis 2007.	195
Abb. 56:	Wurfweiten der Gesamtgruppe (n=160/Jahr) im Medizinballwurf (beid- und einhändig) in den Jahren 2004 bis 2007.	198
Abb. 57:	Sprunghöhen der Gesamtgruppe (n=160/Jahr) bei den Standardsprungkrafttests (Squat Jump, Counter Movement Jump, Drop Jump) in den Jahren 2004 bis 2007.	198
Abb. 58:	Laufzeiten im Linearsprint im Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Spielern (U12) in den Jahren 2004 bis 2007.	202
Abb. 59:	Laufzeiten im T-Run Sprint im Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Spielern (U12) in den Jahren 2004 bis 2007.	202
Abb. 60:	Wurfweiten im Medizinballwurf (beid- und einhändig) im Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Spielern (U12) in den Jahren 2004 bis 2007.	203
Abb. 61:	Sprunghöhen beim Squat Jump (SJ), Counter Movement Jump (CMJ) und Drop Jump (DJ) im Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Spielern (U12) in den Jahren 2004 bis 2007.	203
Abb. 62:	Vergleich der erreichten Ränge teilnehmender Tennisverbände zwischen Leistungsdiagnostik und DTB-Rangliste im Jahre 2004.	206
Abb. 63:	Vergleich der erreichten Ränge teilnehmender Tennisverbände zwischen Leistungsdiagnostik und DTB-Rangliste im Jahre 2005.	206
Abb. 64:	Vergleich der erreichten Ränge teilnehmender Tennisverbände zwischen Leistungsdiagnostik und DTB-Rangliste im Jahre 2006.	207
Abb. 65:	Vergleich der erreichten Ränge teilnehmender Tennisverbände zwischen Leistungsdiagnostik und DTB-Rangliste im Jahre 2007.	207

Abb. 66:	Parameterverlauf von Herzfrequenz (HF), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der intensiven Trainingsmethode (IT).	239
Abb. 67:	Parameterverlauf von Herzfrequenz (HF), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der matchorientierten Trainingsmethode (MT).	239
Abb. 68:	Parameterverlauf von Blutlaktat (LAK), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der intensiven Trainingsmethode (IT).	240
Abb. 69:	Parameterverlauf von Blutlaktat (LAK), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der matchorientierten Trainingsmethode (MT).	240
Abb. 70:	Parameterverlauf von Subjektivem Belastungsempfinden (RPE), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der intensiven Trainingsmethode (IT).	241
Abb. 71:	Parameterverlauf von Subjektivem Belastungsempfinden (RPE), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der matchorientierten Trainingsmethode (MT).	241
Abb. 72:	Parameterverlauf von Schlaggeschwindigkeit (SG), Zieldtreffern (ZT), Feldtreffern (FT) und Fehlern (FE) für die Gesamtgruppe bei der intensiven Trainingsmethode (IT).	242
Abb. 73:	Parameterverlauf von Schlaggeschwindigkeit (SG), Zieldtreffern (ZT), Feldtreffern (FT) Und Fehlern (FE) für die Gesamtgruppe bei der matchorientierten Trainingsmethode (MT).	242
Abb. 74:	Ränge der teilnehmenden Verbände bei der Leistungsdiagnostik im Rahmen des DTB-Talent-Cups 2004.	243
Abb. 75:	Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2004 auf der DTB-Rangliste U12 Stand März 2004.	243
Abb. 76:	Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2004 auf der DTB-Rangliste U12 Stand September 2004.	244
Abb. 77:	Ränge der teilnehmenden Verbände bei der Leistungsdiagnostik im Rahmen des DTB-Talent-Cups 2005.	244
Abb. 78:	Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2005 auf der DTB-Rangliste U12 Stand März 2005.	245
Abb. 79:	Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2005 auf der DTB-Rangliste U12 Stand September 2005.	245
Abb. 80:	Ränge der teilnehmenden Verbände bei der Leistungsdiagnostik im Rahmen des DTB-Talent-Cups 2006.	246
Abb. 81:	Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2006 auf der DTB-Rangliste U12 Stand März 2006.	246
Abb. 82:	Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2006 auf der DTB-Rangliste U12 Stand September 2006.	247
Abb. 83:	Ränge der teilnehmenden Verbände bei der Leistungsdiagnostik im Rahmen des DTB-Talent-Cups 2007.	247
Abb. 84:	Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2007 auf der DTB-Rangliste U12 Stand März 2007.	248

Abb. 85:	Anzahl an Jungen und Mädchen der teilnehmenden Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2007 auf der DTB-Rangliste U12 Stand März 2007.	248
Abb. 86:	Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2007 in den Top 50 der DTB-Rangliste U12 Stand März 2007.	249
Abb. 87:	Anzahl an Jungen und Mädchen der teilnehmenden Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2007 in den Top 50 der DTB-Rangliste U12 Stand März 2007.	249
Abb. 88:	Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2007 auf der DTB-Rangliste U12 Stand September 2007.	250

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Übersicht ausgewählter Krafttrainingsstudien mit Kindern.	29
Tab. 2:	Praxisorientierte Schnelligkeitsformen und ihre primären Einflusskomponenten (modifiziert nach GROSSER et al. 2004, 89).	36
Tab. 3:	Biologische und praktische Trainingsziele zur Verbesserung der Schnelligkeitsfähigkeiten (modifiziert nach GROSSER et al. 1998, 17).	38
Tab. 4:	Alters- und Trainingsstufen, biologische Gegebenheiten und sensible Phasen für Schnelligkeitsfähigkeiten (modifiziert nach GROSSER et al. 2004, 210).	38
Tab. 5:	Übersicht ausgewählter Studien zur Ballwechselfdauer [s], effektiven Spielzeit [%] und dem Belastungs-Pausen-Verhältnis im Wettkampftennis.	63
Tab. 6:	Mittlere Beanspruchung unterschiedlicher Altersklassen und Leistungskategorien bei Tenniswettkämpfen (Training) auf Sandplätzen (modifiziert nach FERRAUTI et al. 2006, 188).	64
Tab. 7:	Übersicht ausgewählter Studien bezüglich der durchschnittlichen Herzfrequenzwerte [min^{-1}] im Tenniseinzel.	65
Tab. 8:	Übersicht ausgewählter Studien bezüglich der durchschnittlichen Blutlaktatkonzentration (mmol/l) im Tenniseinzel.	70
Tab. 9:	Testinventar zur Talentdiagnostik im Tennis (modifiziert nach CONZELMANN et al. 2004, 8).	107
Tab. 10:	Anhaltspunkte für die Bewertung des Korrelationskoeffizienten (modifiziert nach FLEISCHER 1988, 71).	112
Tab. 11:	Signifikanzschranken (modifiziert nach BÜHL und ZÖFEL 2005).	113
Tab. 12:	Anthropometrische Daten.	115
Tab. 13:	Spielklasse, Trainingshäufigkeit und Ranglistenposition der Leistungsspieler.	116
Tab. 14:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zu den Herzfrequenzen (min^{-1}) für die Gesamtgruppe während des Vorhand-Winner longline Tests an beiden Untersuchungstagen.	145
Tab. 15:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zu den Herzfrequenzen (min^{-1}) für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	146
Tab. 16:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zu den Herzfrequenzen (min^{-1}) für die Gesamtgruppe während des Freien Spiels „Rückhand umlaufen“ an beiden Untersuchungstagen.	146
Tab. 17:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Blutlaktat (mmol/l) für die Gesamtgruppe während des Vorhand-Winner longline Tests an beiden Untersuchungstagen.	147

Tab. 18:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Blutlaktat (mmol/l) für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	147
Tab. 19:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Blutlaktat (mmol/l) für die Gesamtgruppe während des Freien Spiels „Rückhand umlaufen“ an beiden Untersuchungstagen.	148
Tab. 20:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Subjektiven Belastungsempfinden (RPE) für die Gesamtgruppe während des Vorhand-Winner longline Tests an beiden Untersuchungstagen.	148
Tab. 21:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Subjektiven Belastungsempfinden (RPE) für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	149
Tab. 22:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Subjektiven Belastungsempfinden (RPE) für die Gesamtgruppe während des Freien Spiels „Rückhand umlaufen“ an beiden Untersuchungstagen.	149
Tab. 23:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlaggeschwindigkeit (km/h) für die Gesamtgruppe während des Vorhand-Winner longline Tests an beiden Untersuchungstagen.	150
Tab. 24:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlaggeschwindigkeit (km/h) der Vorhand für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	150
Tab. 25:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlaggeschwindigkeit (km/h) der Rückhand für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	151
Tab. 26:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlaggeschwindigkeit (km/h) Vorhand/Rückhand Gesamt für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	151
Tab. 27:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (Zieltreffer) für die Gesamtgruppe während des Vorhand-Winner longline Tests an beiden Untersuchungstagen.	152
Tab. 28:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (Zieltreffer) für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	152
Tab. 29:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (Feldtreffer) für die Gesamtgruppe während des Vorhand-Winner longline Tests an beiden Untersuchungstagen.	153

Tab. 30:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (Feldtreffer) für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	153
Tab. 31:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (Fehler) für die Gesamtgruppe während des Vorhand-Winner longline Tests an beiden Untersuchungstagen.	154
Tab. 32:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (Fehler) für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	154
Tab. 33:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (Zonen) für die Gesamtgruppe während des Freien Spiels „Rückhand umlaufen“ an beiden Untersuchungstagen.	155
Tab. 34:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Ballwechselqualität (Ballkontakte) für die Gesamtgruppe während des Freien Spiels „Rückhand umlaufen“ an beiden Untersuchungstagen.	156
Tab. 35:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Ballwechselqualität (Gespielte Punkte) für die Gesamtgruppe während des Freien Spiels „Rückhand umlaufen“ an beiden Untersuchungstagen.	156
Tab. 36:	Persönliche Daten der befragten Tennistrainer.	180
Tab. 37:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte zu relativen Häufigkeiten (%) von Trainingsschwerpunkten im Leistungstennis.	182
Tab. 38:	Absolute (n) und relative Häufigkeiten (%) zum Stellenwert eines intensiven Trainings im Rahmen der Trainingsgestaltung im Leistungstennis.	183
Tab. 39:	Absolute (n) und relative Häufigkeiten (%) zu Trainingszielen eines intensiven Trainings im Rahmen der Trainingsgestaltung im Leistungstennis.	183
Tab. 40:	Absolute (n) und relative Häufigkeiten (%) zu Einschätzungen bezüglich eines bestmöglichen Trainingserfolges im Rahmen der Trainingsgestaltung im Leistungstennis.	183
Tab. 41:	Absolute (n) und relative Häufigkeiten (%) zur Trainingssteuerung im Leistungstennis.	184
Tab. 42:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) ausgewählter Laufschnelligkeitstests im Verlauf (2004-2007) für die Gesamtgruppe (n=160/Jahr).	190
Tab. 43:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) ausgewählter Laufschnelligkeitstests im Verlauf (2004 bis 2007) im Vergleich zwischen Jungen und Mädchen.	191
Tab. 44:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) des Medizinballwurfs im Verlauf (2004 bis 2007) für die Gesamtgruppe (n=160/Jahr).	191
Tab. 45:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) des Medizinballwurfs im Verlauf (2004 bis 2007) im Vergleich zwischen Jungen und Mädchen.	192

Tab. 46:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) der Standardsprungkrafttests im Verlauf (2004 bis 2007) für die Gesamtgruppe ($n=160/\text{Jahr}$).	192
Tab. 47:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) der Standardsprungkrafttests im Verlauf (2004 bis 2007) im Vergleich zwischen Jungen und Mädchen.	193
Tab. 48:	Ränge der teilnehmenden Tennisverbände bei der Leistungsdiagnostik (LD) im Rahmen Des DTB-Talent-Cups im Vergleich zu den Rängen auf der DTB-Rangliste im Verlauf (2004 bis 2007).	193
Tab. 49:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur muskulären Leistungsbereitschaft der Beine (MLB) für die Gesamtgruppe während des Vorhand-Winner longline Tests an beiden Untersuchungstagen.	234
Tab. 50:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur muskulären Leistungsbereitschaft der Beine (MLB) für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	235
Tab. 51:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur muskulären Leistungsbereitschaft der Beine (MLB) für die Gesamtgruppe während des Freien Spiels „Rückhand umlaufen“ an beiden Untersuchungstagen.	235
Tab. 52:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur zentralen Ermüdung für die Gesamtgruppe während des Vorhand-Winner longline Tests an beiden Untersuchungstagen.	236
Tab. 53:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur zentralen Ermüdung für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	236
Tab. 54:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur zentralen Ermüdung für die Gesamtgruppe während des Freien Spiels „Rückhand umlaufen“ an beiden Untersuchungstagen.	237
Tab. 55:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Laufschnelligkeit (s) bei der intensiven Trainingsmethode für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests.	237
Tab. 56:	Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Laufschnelligkeit (s) für die Gesamtgruppe während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests an beiden Untersuchungstagen.	238

1 Einleitung

Das moderne Leistungstennis hat sich bei zunehmender Leistungsdichte zu einem immer schneller werdenden Spiel entwickelt. Äußerst hohe Aufschlaggeschwindigkeiten, druckvolle Grundlinienschläge, veränderte Spielstrategien sowie ein hervorragender konditioneller Zustand kennzeichnen das heutige internationale Spitzentennis. Aus den engen Wechselbeziehungen zwischen stetiger Optimierung der Wettkampfleistung und entsprechender Notwendigkeit zur Steigerung von Umfang und Wirksamkeit des Trainings resultieren zwangsläufig erhöhte Anforderungen an die Kondition. Folglich muss der heutige Tennisspieler zum Athleten ausgebildet werden, um den zunehmenden Anforderungen im Wettkampf überhaupt gerecht zu werden und um einer dauerhaften Leistungsstagnation aufgrund eines Defizits in Trainingsumfang und –intensität entgegenzuwirken. Ferner soll durch einen überdurchschnittlichen Trainingszustand der Kondition sowohl ein akuter Leistungseinbruch aufgrund von Übertraining vermieden als auch Verletzungsprophylaxe betrieben werden. Demzufolge haben im Spitzentennis Umfang und Intensität des sportlichen Trainings ein kaum überbietbares Ausmaß angenommen, um im internationalen Weltklassentennis mithalten zu können. Somit ist in vielen Fällen eine Steigerung der Trainingsquantität kaum noch möglich. Daher kommt angesichts dieser stetig zunehmenden Anforderungen vor allem einer Optimierung der Trainingsqualität im Sinne einer effizienten Trainingsplanung und –gestaltung eine wachsende und zunehmend leistungslimitierende Bedeutung zu. Hier versucht die vorliegende Arbeit anzusetzen. In einer spielnahen Tennisuntersuchung wurden zwei verschiedene Ballmaschinentests sowie eine freie Spielform in jeweils zwei Varianten absolviert. Hierbei sollte herausgefunden werden, mit welcher Trainingsmethode eine höhere Trainingsqualität erzielt wird. Zudem erfolgte eine Expertenbefragung mit dem Ziel, nähere Informationen zur Gestaltung des Tennistrainings im Leistungstennis zu erhalten.

Zusätzlich befasst sich die vorliegende Arbeit mit dem langfristigen und systematischen Leistungsaufbau. Die eingangs erwähnte zunehmende Professionalisierung im Spitzentennis stellt für junge Nachwuchsspieler höchste

Anforderungen dar. Neben dem optimalen Fähigkeitsgefüge und dem entsprechenden sozialen Umfeld ist es für sie nur mit erheblichem Engagement sowie planvoller, systematischer und gewissenhafter Vorbereitung plus dem nötigen Quäntchen Glück möglich, überhaupt eine Chance im internationalen Weltklassetennis zu haben. Daher bringt es die moderne langfristige Trainingsplanung mit sich, dass schon im frühen Kindesalter mit relativ umfangreichem und intensivem Training begonnen werden muss. Somit ist im Hinblick auf die heutigen Anforderungen im Spitzentennis neben der technisch-koordinativen, taktischen und psychischen vor allem auch eine konditionelle Entwicklung bereits im Kindes- und Jugendalter dringend erforderlich, um eine langfristige Planung und einen systematischen Aufbau auch rechtzeitig gewährleisten zu können. In der vorliegenden Arbeit werden Ergebnisse einer umfassenden Testbatterie zur Diagnostik von tennisspezifischer Schnelligkeit und Kraft im Rahmen des DTB-Talent-Cups (U12) in den Jahren 2004 bis 2007 vorgestellt und diskutiert. Darüber hinaus wird ein möglicher Zusammenhang zwischen den Platzierungen bei den Diagnostiken und den Platzierungen auf den DTB-Ranglisten überprüft.

Die Arbeit ist in drei grundlegende Teile aufgebaut. Einer einleitenden Problemstellung (Kap. 1) schließt sich der theoretische Teil (Kap. 2) als Grundlage für die darauf aufbauenden eigenen Untersuchungen an, welche im empirischen Teil (Kap. 3) dargestellt werden. Im theoretischen Teil werden zunächst die biologischen Besonderheiten sowie die Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit im Kindes- und Jugendalter beschrieben, gefolgt vom Beanspruchungsprofil und modernen Trainingsaspekten im Leistungstennis. Abschließend werden noch die Themen Leistungsdiagnostik und Talentproblematik im Tennis behandelt. Im empirischen Teil der vorliegenden Arbeit werden nacheinander Methodik, Untersuchungsergebnisse und Diskussion der durchgeführten Untersuchungen dargestellt. Die Studien sind dabei in die zwei großen Bereiche „Tennisuntersuchung spielnah“ und „DTB-Talent-Cup (U12)“ unterteilt. Abschließend werden die Studienergebnisse in einer zusammenfassenden Diskussion betrachtet.

2 Theoretischer Teil

2.1 Biologische Besonderheiten im Kindes- und Jugendalter

Kinder zeichnen sich durch einen ausgeprägten Bewegungsdrang aus. Sie haben entwicklungsbedingt von Altersstufe zu Altersstufe Stärken und Schwächen, da sie sich in einem sich ständig fortentwickelndem körperlichen, psychischen und sozialen Prozess befinden. Im Vergleich zum Erwachsenen ist somit ein wesentlicher Grund für die sportbiologische Unterschiedlichkeit durch die Tatsache gegeben, dass Kinder und Jugendliche sich noch im Wachstum befinden (WEINECK 2004). Die Leistungsanforderungen an Kinder müssen demzufolge stets den momentanen biologischen Gegebenheiten angepasst werden (GROSSER et al. 2004).

In den verschiedenen Altersstufen tritt eine unterschiedliche Wachstumsintensität auf (WEINECK 2004). Aufgrund von Akzelerations- und Retardationserscheinungen kann es innerhalb der Wachstumsphasen zu individuell starken Unterschieden kommen (GROSSER und SCHÖNBORN 2001). Ein Kind mit einem kalendarischen Alter von zwölf Jahren kann ein biologisches Alter zwischen neun und 15 Jahren haben (BORMS 1986). Somit ist das kalendarische Alter nicht so geeignet wie das biologische Alter, um den tatsächlichen Entwicklungsstand eines Kindes bzw. Jugendlichen zu beschreiben (KELLER 2002). Die Kenntnis des Entwicklungsstandes eines jugendlichen Sportlers ist nach STOCKHAUSEN (2000) eine wichtige Voraussetzung für die langfristige Trainingsplanung. Demzufolge sollte das biologische Alter für eine leistungsorientierte Entwicklung von größerer Bedeutung sein als das kalendarische Alter, da in Abhängigkeit vom biologischen Entwicklungsstand die adäquate Belastbarkeit des Organismus viel besser kalkulierbar ist als in Bezug zum kalendarischen Alter. Ferner ist die Bestimmung des biologischen Alters vor allem für die Sicherung der Belastbarkeit des empfindlichen Stütz- und Bewegungssystems im Kindes- und Jugendalter wichtig (FRÖHNER 1993). Indikatoren des biologischen Alters sind

u.a. der puberale Wachstumsschub, das Knochenalter (Verknöcherung der Epiphysenfugen) und das Zahnalter (KELLER 2002).

Die einzelnen Organ- und Funktionssysteme zeigen unterschiedliche Entwicklungsgeschwindigkeiten und –verläufe (Abb.1).

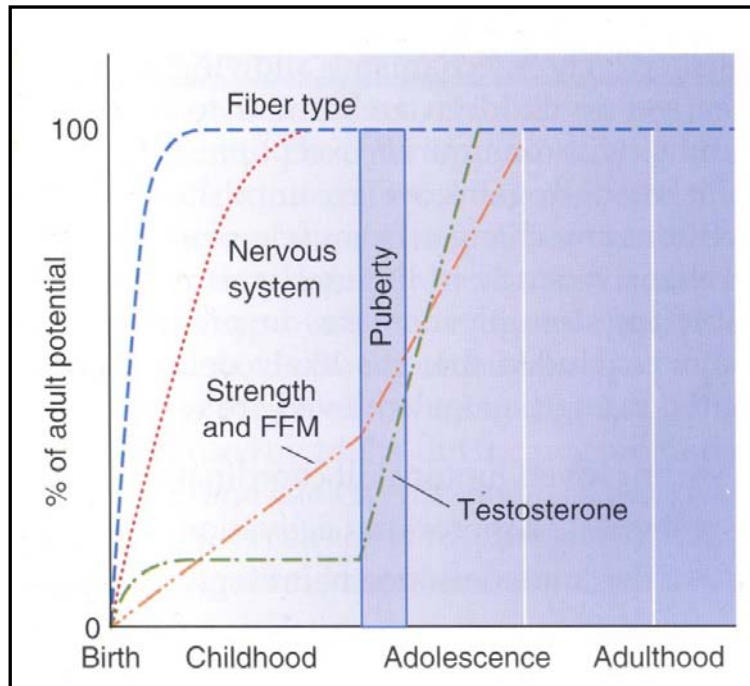


Abb. 1: Schematische Darstellung ausgewählter Entwicklungsfaktoren in Abhängigkeit vom biologischen Alter (WILMORE und COSTIL 2005, 528).

Im Folgenden werden diese wachstumsbedingten Besonderheiten im Kindes- und Jugendalter näher erläutert.

2.1.1 Neurologische Entwicklung

Das Gehirn entwickelt sich im Gegensatz zu anderen Körperteilen mit sehr hoher Geschwindigkeit, so dass die Wachstumskurven der Kopf bzw. Gehirnentwicklung sowie des allgemeinen Körperwachstums einen sehr unterschiedlichen Verlauf aufweisen (Abb. 2). Das Gehirngewicht erreicht bis zum Alter von sechs Jahren bereits 90-95% des Erwachsenengewichts, wobei das allgemeine Körperwachstum zu diesem Zeitpunkt noch nicht einmal die Hälfte des Erwachsenenwertes erlangt hat (WEINECK 2000). Mit der Gewichts-

zunahme korreliert die Vermehrung und Differenzierung der verschiedenen Hirnzellen (FRÖHNER 1993). Die morphologischen und physiologischen Grundlagen der Nerventätigkeit entsprechen mit ca. zwölf Lebensjahren (ca. 100-300 Milliarden Zellen) denen des Erwachsenen (KELLER 2002).

Da das Gehirn die Steuerungszentrale für die Bewegungskoordination und die Schnelligkeitsfähigkeiten ist, bietet das Alter zwischen etwa 6/7 und 12/13 Jahren biologisch ideale Voraussetzungen zur Leistungsentwicklung von koordinativen Fähigkeiten, Bewegungen/Techniken und Reaktions-, Aktions- und Frequenzschnelligkeit (GROSSER und SCHÖNBORN 2001).

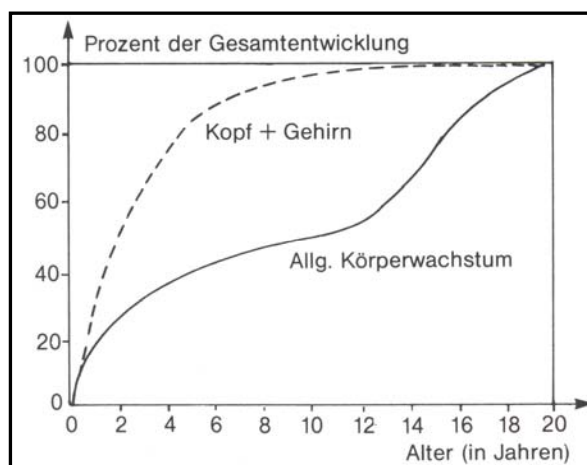


Abb. 2: Die Entwicklung von Kopf/Gehirn und allgemeinem Körperwachstum bis zum Erreichen des Erwachsenenalters (WEINECK 2000, 102).

2.1.2 Entwicklung des Skelettmuskelsystems

Die kindliche Muskelzelle ist der von Erwachsenen ähnlich. Das Muskelwachstum bleibt zunächst hinter dem des Gesamtorganismus zurück. Allerdings nimmt das Verhältnis von Muskelmasse zur gesamten Körpermasse von Geburt an, wo sie zwischen 20-23% beträgt, gegenüber 40-44% beim Erwachsenen, ständig zu (MARTIN et al. 1999, ALMUZAINI 2007). Bis zum Beginn der Pubertät ist der Muskelanteil an der Gesamtkörpermasse bei Jungen und Mädchen verringert und beträgt etwa 27% im Vergleich zum Erwachsenen. In der Pubertät steigt der Muskelanteil dann bei den Jungen auf 41,8% und bei den Mädchen auf 35,8% (WEINECK 2004).

Im Kindesalter bis etwa 12 Jahren überwiegen mit ca. 65-75% die langsam zuckenden Muskelfasern (IIa-Fasern) gegenüber den schnellen Muskelfasern (IIx-Fasern). Durch diese Gegebenheit lässt sich unter anderem auch die relativ gute aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit von Kindern erklären (GROSSER et al. 2004). Untersuchungen von BAR-OR (1986) verdeutlichen, dass bei Kindern und Jugendlichen offensichtlich die spezifische aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit längst nicht im gleichen Maße determiniert ist wie beim Erwachsenen. Nach aktuellem Wissenstand kann aber festgehalten werden, dass Kinder zunächst einmal über vergleichbare Voraussetzungen auf funktionaler Ebene der Muskelzelle verfügen.

Wichtige Einflussfaktoren für das Muskelwachstum und die Muskelentwicklung sind die Geschlechtshormonproduktion und die körperliche Aktivität. Unter dem Einfluss dieser Faktoren kommt es zu einer zunehmenden Differenzierung der Skelettmuskulatur, welche sich im gesamten Kindes- und Jugendalter vollzieht. So ist vermutlich neben der Zunahme der relativen Muskelmasse und einer besseren neuronalen Steuerung mit vollständiger Aktivierung der Muskelfasern die Änderung der Muskelfaserzusammensetzung zu mehr schnellen glykolytischen Typ-IIx-Fasern eine Erklärung für den signifikant altersbedingten Zuwachs der anaeroben Kapazität im Kindes- und Jugendalter (KELLER 2002).

Auf aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit, geschlechtsspezifische Unterschiede und Trainierbarkeit der Krafftfähigkeiten im Kindes- und Jugendalter wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, sondern auf die Kapitel 2.2 und 2.3 verwiesen.

2.1.3 Entwicklung und Stoffwechsel

Bei Kindern und Jugendlichen spielt der Baustoffwechsel aufgrund intensiver Wachstums- und Differenzierungsprozesse plus den höheren Wärmeverlust durch die verhältnismäßig größere Körperoberfläche eine besondere Rolle. Dies erfordert eine Vielzahl von Ein-, Um- und Aufbauvorgängen, wodurch Kinder einen um ca. 25% höheren Grundumsatz haben und somit mehr

Vitamine, Mineral- und Nährstoffe und Eiweiß benötigen als Erwachsene (WEINECK 2004, GROSSER et al. 2004, KÜSTER 2002).

Beim sportlichen Training von Kindern und Jugendlichen sollte daher ein besonders Augenmerk darauf gerichtet sein, dass nicht durch falsche Trainingsmaßnahmen ein Dominieren des Betriebsstoffwechsels zu Lasten des Baustoffwechsels induziert wird (vgl. Kap. 2.3.5 Regeneration und Übertraining im Kindes- und Jugendalter). Die daraus resultierenden Defizite des Baustoffwechsels können zu einer Beeinträchtigung der Wachstumsvorgänge des kindlichen Organismus bzw. zu einer Verminderung der Belastbarkeit insgesamt führen (WEINECK 2004).

2.1.4 Entwicklung des Hormonellen Systems

Jungen und Mädchen unterscheiden sich bezüglich ihres Hormonstatus bis zum Eintritt in die Pubertät nicht wesentlich voneinander. Beide Geschlechter bilden in geringem Maße auch andersgeschlechtliche Hormone aus (WEINECK 2004). Die Geschlechtshormone sind bis zum 10./12. Lebensjahr äußerst niedrig, steigen anschließend jedoch extrem an (Abb. 3). Bei Mädchen setzt etwa ab dem 10./11. Lebensjahr die vermehrte Produktion der Östrogene ein, bei Jungen entwickeln sich deutlich vermehrt Androgene (vor allem Testosteron) ca. zwischen dem 12. und 16. Lebensjahr. Diese Hormone, insbesondere Testosteron, sind folglich für die Entwicklung der primären und sekundären Geschlechtsmerkmale sowie für die geschlechtsspezifisch unterschiedliche Ausprägung der Muskulatur verantwortlich (GROSSER et al. 2004). Vor allem durch den Anstieg des für den Eiweißaufbau so wichtigen (anabolen) männlichen Sexualhormons Testosteron kommt es zu einer ausgeprägten Zunahme an Muskelmasse und parallel dazu an Muskelkraft. Dies zeigt sich deutlich durch ein vermehrtes Muskelwachstum bei Jungen gegenüber Mädchen in der Pubertät (WEINECK 2004, GROSSER und SCHÖNBORN 2001).

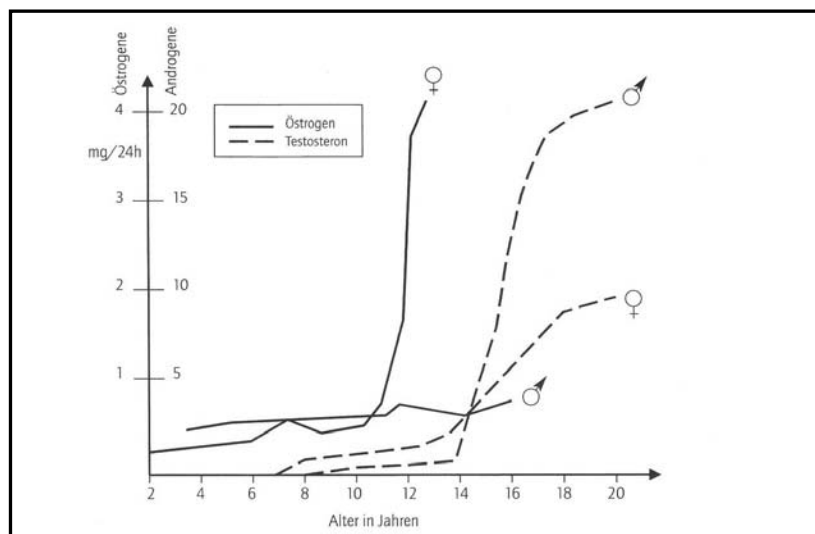


Abb. 3: Die Bildung von Testosteron und Östrogen bei Jungen und Mädchen im Altersgang (KOINZER 1987, 209).

2.1.5 Entwicklung des Skelettsystems

Das Skelettsystem (passiver Bewegungsapparat) ist das gefährdetste System im Kindes- und Jugendalter. Die Strukturen des passiven Bewegungsapparates reagieren relativ langsam auf Belastungsreize. Während die Muskulatur mit etwa einer Woche am schnellsten auf adäquate Reize reagiert, benötigen Knochen, Knorpel, Bänder und Sehnen dazu Wochen.

Das Körperwachstum und die biologische Reife sind eng mit Wachstum und Reife des Knochens verbunden. Vor allem in der Pubertät, welche durch ein gesteigertes Skelettwachstum und eine aktive Phase der Knochenbildung gekennzeichnet ist, ist der Knochen gegenüber mechanischen Belastungen sehr empfindlich (FRÖHNER 1993). Der jugendliche Knochen ist wegen der relativen Mehreinlagerung von weicherem organischem Material zwar sehr biegsam, aber noch nicht auf hohe Druck- und Zugbelastungen ausgerichtet (WEINECK 2004). Die endgültige Verknöcherung des Skeletts setzt sich meistens bis in die Adoleszenz (20.-25. Lebensjahr) fort (MARTIN et al. 1999).

Das Stütz- und Bewegungssystem als komplexes System ist im Kindes- und Jugendalter genauso störanfällig wie das Knochensystem und bedarf deshalb besonderer Beachtung (FRÖHNER 1993). Durch die inkomplette Ossifikation der knochenbildenden Epiphysenfugen weist das Knorpelgewebe eine hohe

Gefährdung gegenüber erhöhten Druck- und Scherkräften aus. Bänder und Sehnen sind ebenfalls noch nicht in der Lage, hohe Zugbelastungen zu kompensieren.

In der Phase des puberalen Wachstumsschubes stellen Knochen, Bänder, Sehnen und Knorpel wegen ihrer Anfälligkeit für Über- und Fehlbelastungen die limitierende Leistungsgröße für die Trainingsgestaltung dar (WEINECK 2004). Schädigungen am passiven Bewegungsapparat, welche als Konsequenz unfachmännischer Belastungen in der Jugendzeit entstehen, sind nach GROSSER und SCHÖNBORN (2001) häufig Gründe des gesundheitsbedingten Drop-outs, der dauerhaften Leistungsstagnation und häufiger Dauerschäden bei Spitzenspielern. Somit besteht als dringende Notwendigkeit zur Prävention von Über- und Fehlbelastungen des passiven Bewegungsapparates eine konsequente Ausprägung eines stabilisierenden Muskelkorsetts ab dem 8. Lebensjahr, ergänzt durch eine ausreichende, im Vergleich zu Erwachsenen, höher anzusetzende Regenerationszeit nach Belastungen (FRÖHNER 1993, GROSSER et al. 2004, KÜSTER 2002).

2.1.6 Entwicklung und Immunsystem

Mit ca. 17 Lebensjahren ist das Immunsystem ausgereift. Während der Reifung, vor allem in der Pubertät, kann körperliche Überanstrengung bei Kindern und Jugendlichen zu Beeinträchtigungen der Infektabwehr und somit zu einer vergrößerten Krankheitsanfälligkeit führen (vgl. Kap. 2.3.5 Regeneration und Übertraining im Kindes- und Jugendalter). Zu hohe Belastungsumfänge und -intensitäten kombiniert mit unzureichender Regenerationszeit bringen neben Gefahren für den Organismus zusätzlich Trainingsunterbrechungen und Leistungsabfall mit sich (GROSSER und SCHÖNBORN 2001). Im Gegensatz dazu kann moderate sportliche Aktivität verschiedene Parameter der Immunabwehr anregen (KÜSTER 2002). Folglich sollte gerade in Zeiten der Reifung die Maxime „weniger ist mehr“ gelten.

2.1.7 Entwicklung und Thermoregulation

Zwischen Kindern und Erwachsenen lassen sich thermoregulative Unterschiede feststellen. Im Vergleich zu Erwachsenen ist die relative (auf das Körpergewicht bezogene) Körperoberfläche bei Kindern um etwa 36% größer (BAR-OR 1983). Dies hat zur Folge, dass Kinder eine höhere massenbezogene metabolische Umsatzrate haben, was bedeutet, dass sie pro Kilogramm Körpergewicht mehr stoffwechselbedingte Wärme produzieren (BAR-OR 1995, JENKINS und REABURN 2000, GROSSER et al. 2004).

Kinder haben eine verhältnismäßig niedrigere Schweißrate als Erwachsene (Abb. 4), bedingt durch eine geringere Anzahl und vor allem durch eine geringere Exkretionsleistungsfähigkeit der Schweißdrüsen. Dies hat eine verminderte Effizienz des Transpirationsprozesses zur Folge (SINCLAIR et al. 2007). Zusätzlich setzt bei Kindern die Schweißabgabe über die Schweißdrüsen im Vergleich zum Erwachsenen erst bei einer höheren Körperkern-temperatur ein (WEINECK 2004).

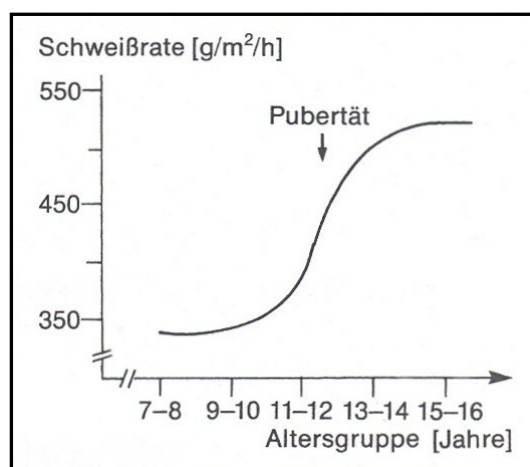


Abb. 4: Die Entwicklung der Schweißrate im Kindesalter bei relativ gleicher Arbeitsleistung (WEINECK 2004, 353).

Bei gemäßigten klimatischen Bedingungen weisen Kinder trotz der wachstumsbedingten Nachteile bezüglich der Thermoregulation gegenüber Erwachsenen keine thermoregulativen Unterschiede auf. Diese Nachteile kommen allerdings bei intensiven Belastungen und verstärkt bei Belastungen unter extremen klimatischen Bedingungen zum Tragen. Bei intensiven

Belastungen haben Kinder nach GROSSER et al. (2004) teilweise eine unzureichende Durchblutung innerer Organe und der Haut mit der Folge einer Reduktion der Langzeitausdauer. In heißer Umgebung benötigen Kinder längere Akklimatisationszeiten und weisen eine geringere Belastungsfähigkeit unter Hitzebedingungen auf als Erwachsene. Die Körperkerntemperatur erhöht sich bei vergleichbarer Arbeit aufgrund der verminderten Kühlungsmöglichkeiten durch die Schweißproduktion und wirkt somit leistungsbegrenzend (JENKINS und REABURN 2000, BAR-OR 1995, WEINECK 2004, BAR-OR 1993).

Befunde von FALK et al. (1998) weisen bei erwachsenen Männern unter Hitzebedingungen (35°C) eine höhere anaerobe Leistungsfähigkeit auf als unter neutralen (22°C) klimatischen Bedingungen. HEBESTREIT et al. (1995) überprüfen den Einfluss der Umgebungstemperatur auf die Herzfrequenz bei Kindern. Belastungen bei einer Umgebungstemperatur von 35° C weisen bei Kindern eine um 15-20 Schläge höhere Herzfrequenz auf als dieselben Belastungen bei 22° C (HEBESTREIT et al. 1995). Somit bleibt zusammenfassend festzuhalten, dass Kinder im Vergleich zu Erwachsenen eine geringere thermoregulatorische Kompensationsfähigkeit besitzen und bei Belastung auf erhöhte Außentemperaturen empfindlicher reagieren (SINCLAIR et al. 2007, JENKINS und REABURN 2000, WEINECK 2004).

2.2 Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter

2.2.1 Sportliche Leistungsfähigkeit

Die sportliche Leistungsfähigkeit stellt den Ausprägungsgrad einer bestimmten sportmotorischen Leistung dar und wird aufgrund ihres komplexen Bedingungsgefüges von einer Vielzahl spezifischer Faktoren bestimmt (Abb. 5). Sie zeigt sich in der optimalen Ausführung, Bewältigung und Lösung sportlicher Aufgaben. Darüber hinaus lässt sie sich beobachten, messen, bewerten und beurteilen. Sie stellt somit im objektiven Sinne die Außensicht der Präsentation von Leistung und im subjektiven Sinne den Phänotyp individueller Leistung dar (MARTIN et al. 1999). Wegen ihrer multifunktionalen Zusammensetzung ist die sportliche Leistungsfähigkeit nur komplex zu trainieren, da allein die harmonische Entwicklung aller leistungsbestimmenden Faktoren das Erreichen der individuellen Höchstleistung ermöglicht (WEINECK 2000). Somit setzt die Entwicklung der sportlichen Leistungsfähigkeit grundsätzlich einen bestimmten Zeitaufwand bzw. Umfang an Training voraus. Dabei beeinflusst die Belastbarkeit die Entwicklung der sportlichen Leistungsfähigkeit maßgeblich (MARTIN und NICOLAUS 1997). Außerdem hat jede Sportart ein ganz spezielles Anforderungsprofil. Folglich hat jede einzelne Komponente der sportlichen Leistungsfähigkeit je nach Beanspruchungsprofil einer Sportart einen gewissen Stellenwert.

Die sportliche Leistungsfähigkeit von Kindern erhöht sich in sportrelevanten Fähigkeitsbereichen zeitabhängig vom Entwicklungsverlauf kontinuierlich weiter bis sie einen Sättigungsgrad erreicht, wobei die jeweiligen Leistungsvoraussetzungen individuell sehr unterschiedlich durch die Wechselwirkung von Voraussetzungen und Dispositionen determiniert werden (MARTIN und NICOLAUS 1997). Somit sollte die sportliche Leistungsfähigkeit stets als Ausdruck der gesamten Persönlichkeit des Sportlers angesehen werden (GROSSER 1992).

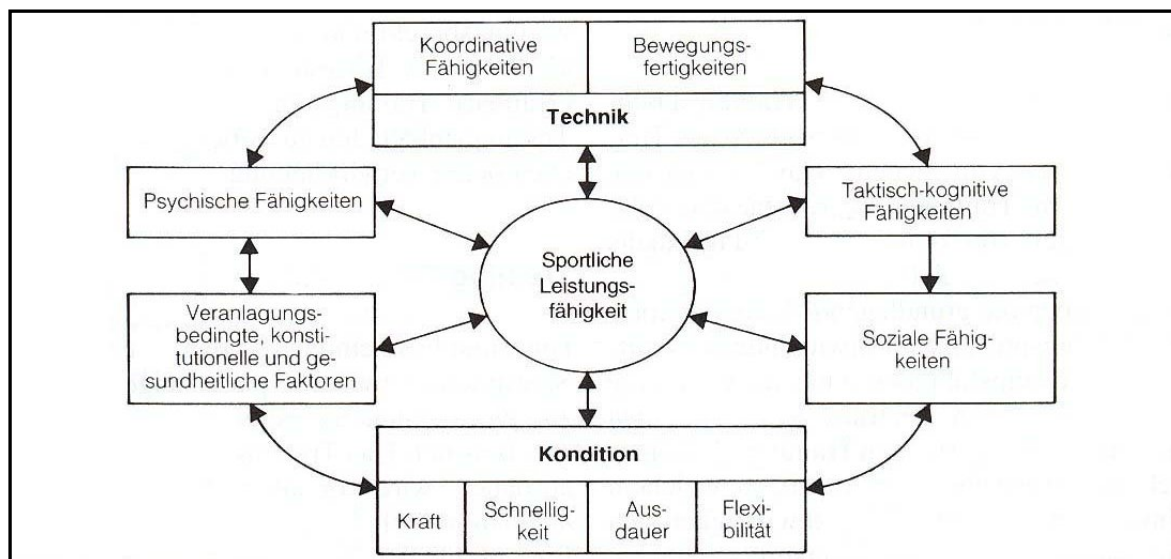


Abb. 5: Vereinfachtes Modell der Komponenten der sportlichen Leistungsfähigkeit (WEINECK 2000, 21).

Neben dem hier dargestellten Modell existieren auch andere Modellvorstellungen der sportlichen Leistungsfähigkeit (vgl. MARTIN et al. 1999, GROSSER et al. 2004).

2.2.2 Aerobe Leistungsfähigkeit

Im Kindes- und Jugendalter kann man unabhängig vom Geschlecht und der biologischen Entwicklung von einer gut entwickelten aeroben Leistungsfähigkeit ausgehen (KELLER 2002, WEINECK 2004, MARTIN und NICOLAUS 1997). Dabei weisen Kinder und Jugendliche einige Vor- und Nachteile bezüglich physiologischer Parameter der aeroben Leistungsfähigkeit gegenüber Erwachsenen auf. Die maximale Sauerstoffaufnahme als gutes Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit ist bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen absolut gesehen niedriger. Bezüglich ihrer metabolischen Reserve (Differenz zwischen maximaler Sauerstoffaufnahme und dem Sauerstoffbedarf für eine bestimmte Leistung) sind Kinder deutlich benachteiligt. Während ein achtjähriges Kind bei einer Geschwindigkeit von 180 m/min 90% seiner maximalen aeroben Absolutleistung benötigt, muss ein 16 Jahre alter Jugendlicher bei gleicher Geschwindigkeit nur 75% seines Maximums in Anspruch nehmen (BAR-OR und ROWLAND 2004). Mit zunehmendem Alter

nimmt daher die Leistungsreserve der Laufgeschwindigkeit zu (Abb. 6). Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass das Kind aufgrund seiner geringeren Körpermasse bei der Fortbewegung mit einer geringeren maximalen Sauerstoffaufnahme auskommt als der körperlich schwerere Jugendliche und der Erwachsene. Zusätzlich lässt der hohe Sauerstoffbedarf bedingt durch eine vergleichsweise unökonomische Lauftechnik beim Gehen oder Laufen die aerobe Leistungsfähigkeit des Kindes verhältnismäßig gering erscheinen (BAR-OR und ROWLAND 2004, BAR-OR 1986).

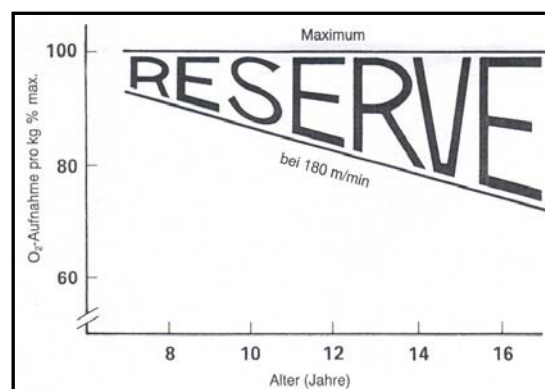


Abb. 6: Aerobe „Reserve“ in Abhängigkeit vom Lebensalter. Dargestellt sind die maximale Sauerstoffaufnahme sowie die jeweilige Sauerstoffaufnahme bei einer Belastung auf dem Laufband mit Pulsfrequenz 180 pro min bei 134 Mädchen und Jungen im Alter von 7-16 Jahren (BAR-OR 1986, 12).

Relativ gesehen (auf das Körpergewicht bezogen) ist die maximale Sauerstoffaufnahme bei Kindern sogar höher als bei Erwachsenen (ROST 1993, 1998). 5-12-Jährige erreichen nach GROSSER et al. (2004) bereits 30 Sekunden nach Beginn der Maximalbelastung ca. 50% der maximalen Sauerstoffaufnahme, während es bei Erwachsenen ca. 33% sind. Ursache für die schnellere Anpassung ist nach ROST (1993) der relativ geringere Fettanteil plus das natürlich höhere Bewegungsausmaß des Kindes im Vergleich zum Erwachsenen. Zudem erweist sich eine schnellere Kinetik der Sauerstoffaufnahme bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen für den Muskelstoffwechsel als sehr vorteilhaft. Aus dem Verhältnis von Glycerol zu freien Fettsäuren im Blut bei Kindern kann auf eine höhere Oxidationsrate von freien Fettsäuren als bei Erwachsenen geschlossen werden (GROSSER et al. 2004, BOISSEAU und DELAMARCHE 2000, AUCOUTURIER et al. 2008,

MÁČEK und MÁČKOVÁ 1994). Hierdurch gehen Kinder eine geringere Sauerstoffschuld ein, erreichen schneller ihr Steady State und verfügen somit über eine raschere Sauerstoffdynamik. Außerdem zeichnen sie sich durch eine schnellere Erholungszeit, vor allem nach supramaximalen Belastungen, aus (BAR-OR 1995, JENKINS und REABURN 2000, BAR-OR 1986, BENEKE et al. 2002, HEBESTREIT et al. 1993). Untersuchungen von SINGH et al. (2008) zeigen, dass bei jüngeren Kindern die Herzfrequenz nach Belastung in der ersten Minute der Erholung schneller abfällt als bei älteren Kindern.

Kinder weisen unter Belastungen und Ruhebedingungen geringere Blutdruckwerte auf als Erwachsene, welches durch die elastischeren Wände der Blutgefäße und der geringeren Körpergröße bedingt ist (JENKINS und REABURN 2000, ROST 1993).

Im Kindes- und Jugendalter sind sehr hohe Belastungsherzfrequenzen (200/min und höher) normal. Ursache hierfür ist die kleinere Herzgröße und damit verbunden ein geringeres Schlagvolumen im Vergleich zum Erwachsenen, welches sowohl durch eine höhere Ruheherzfrequenz als auch durch eine deutlich höhere Belastungsherzfrequenz kompensiert wird. Gleich hohe Herzfrequenzen bei Belastungen werden von Kindern mit einem niedrigeren subjektiven Belastungswert nach der Borg-Skala wiedergegeben (ROST 1993). Die Atemfunktionsgrößen steigen für gleiche Sauerstoffaufnahme beim Kind höher an, begründet durch eine weniger ökonomische Atmung. Untersuchungen von KLIMEK und CEMPLA (2004) zwischen Jugendlichen in der Vor- und Nachpubertätsphase zeigen bei der Gruppe der vorpubertären Kindern eine viel höhere Atemfrequenz (ca. 20% höher) und eine wesentlich kleinere Lungenminutenventilation als bei den Jugendlichen in der Nachpubertätsphase.

Kinder sind bei Ausdauerbelastungen unter extremen klimatischen Bedingungen im Vergleich zu Erwachsenen deutlich benachteiligt (vgl. Kap. 2.1.7 Entwicklung und Thermoregulation). Eine erforderliche verstärkte Atmung und ein vermehrter Bluttransport zur Haut beeinträchtigen folglich die Ausdauerleistungsfähigkeit bei Wärme (GROSSER et al. 2004).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die absolute Ausdauerleistungsfähigkeit, ausgedrückt durch Herzgröße und maximale Sauerstoffaufnahme, während des Wachstums im Kindes- und Jugendalter ständig zunimmt, während die relative Ausdauerleistungsfähigkeit in etwa gleich bleibt. Somit kommt es mit zunehmendem Alter zu einer steigenden Ökonomisierung des Herz-Kreislauf- und des Atmungssystems bei Kindern. Die maximale Herzfrequenz nimmt mit zunehmendem Alter ab und das Herzminuten- und Atemminutenvolumen nehmen bis zum Abschluss des Reifeprozesses kontinuierlich zu (BAR-OR und ROWLAND 2004, JENKINS und REABURN 2000, WEINECK 2004, BAR-OR 1986, ARMSTRONG und WELSMAN 1993, HOLLMANN und HETTINGER 2000, GROSSER et al. 2004).

2.2.3 Anaerobe Leistungsfähigkeit

Die anaerobe Kapazität baut bei Kindern auf wesentlich ungünstigeren biologischen Voraussetzungen auf als die aerobe Kapazität. Folglich beurteilen viele Wissenschaftler den anaeroben Stoffwechsel bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen als weniger leistungsfähig (u.a. BAR-OR 1986, 1995, WEINECK 2004, BAR-OR und ROWLAND 2004, GROSSER et al. 2004). Mit zunehmendem Alter ist eine wachstumsabhängige Zunahme der anaeroben Leistungsfähigkeit zu verzeichnen (Abb. 7).

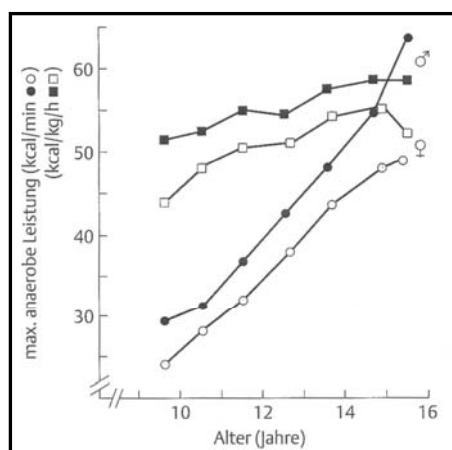


Abb. 7: Maximale anaerobe Leistung in Abhängigkeit vom Alter. Dargestellt ist die erreichte chemische Energie pro Zeiteinheit im Margarita-step-running-Test von 294 neun- bis 16-jährigen Mädchen und Jungen in absoluten Werten (Kreise) und bezogen auf das Körpergewicht (Quadrate) (Beneke et al. 2002, 16).

Die anaerobe Glykolyse ist bei Kindern durch eine geringere Konzentration des Schlüsselenzyms Phosphofruktokinase (PFK) beeinträchtigt, so dass die Fähigkeit der Laktatbildung reduziert ist (ARMSTRONG und WELSMAN 1993, GROSSER et al. 2004). Biopsische Befunde von ERIKSSON et al. (1973) aus dem lateralen Teil des M. quadriceps weisen eine wesentlich niedrigere PFK-Aktivität (40% des Normalwertes von Personen im 3. Lebensjahrzehnt) bei Kindern auf. Da PFK als leistungsbegrenzendes Enzym für die Glykolyse angesehen wird, legen diese Befunde die Vermutung nahe, dass durch die Verminderung der Konzentration dieses Enzyms eine geringere anaerobe Kapazität im Kindes- und frühen Jugendalter vorhanden ist (HOLLMANN und HETTINGER 2000, BAR-OR 1986, 1995).

Das Ausmaß des Azidosegrades, bei dem der Muskel sich noch als kontraktionsfähig erweist, gilt als zusätzlicher Indikator der anaeroben Leistungsfähigkeit. Hierbei weisen Kinder niedrigere maximale Muskel- und Blutlaktatwerte auf (ARMSTRONG und WELSMAN 1993, BAR-OR 1986, BENEKE et al. 2007, KUNO et al. 1995). Die Laktateliminierung ist gegenüber Erwachsenen verzögert, was sich als eingeschränkte Erholungsfähigkeit äußert (GROSSER et al. 2004, WEINECK 2004). Die Blutlaktatkonzentration ist nach PETERSEN et al. (1999) allerdings ein schwacher Indikator der glykolytischen Aktivität im arbeitenden Muskel.

Es wird vermutet, dass die Laktatproduktion von der Konzentration des zirkulierenden Testosterons abhängig ist und somit die Fähigkeit von Jungen zur laktaziden Energiebereitstellung während maximaler Belastung von ihrer sexuellen Reife abhängen könnte (BAR-OR und ROWLAND 2004, ARMSTRONG und WELSMAN 1993). Allerdings bedarf es zur Bestätigung dieser Vermutung weiterer Belege.

Untersuchungen von ZANCONATO et al. (1993) zeigen auf, dass hohe Belastungsintensitäten bei Kindern einen geringeren pH-Abfall erzeugen. Zudem steigt der Phosphat/Kreatinphosphat- Quotient während hochintensiver Arbeit bei Kindern weniger an als bei Erwachsenen (ZANCONATO et al. 1993). Somit ist die Schlussfolgerung, dass der beim Kind ohnehin schon geringere Phosphatvorrat in der Muskelzelle als anaerob-alaktazide Energiereserve

weniger ausgeschöpft wird, was im Vergleich zum Erwachsenen einen früheren Rückgriff auf die glykolytische (laktazide) Energieproduktion bedeutet (BENEKE et al. 2002, GROSSER et al. 2004).

Anaerobe Belastungen führen bei Kindern gegenüber Erwachsenen für eine gleich große Laktatmenge zu mehr als 10fach erhöhten Katecholaminspiegeln (Adrenalin, Noradrenalin). Nach Ansicht unter anderem von WEINECK (2004) und GROSSER et al. (2004) scheint es nicht sinnvoll zu sein, Kinder und Jugendliche bereits in diesem Alter durch den hohen Stresshormonanstieg an die Grenzen ihrer psychophysischen Belastbarkeit zu führen. Natürliche Schutzmechanismen zugunsten einer verfrühten und unzweckmäßigen Leistungssteigerung sollten nicht ignoriert werden.

Sämtliche vorher genannten Befunde scheinen auf den ersten Blick beim Kind eine verringerte anaerob-glykolytische Umsatzrate und damit eine niedrigere, vom Reifungsprozess abhängige, anaerobe Leistungsfähigkeit zu beweisen. Allerdings scheint die angenommene geringere anaerobe Kapazität im Gegensatz zum beobachtbaren natürlichen Bewegungsverhalten von Kindern zu stehen, welche bei Sport und Spiel intervallartige Belastungen mit kurzen intensiven Aktionen im Wechsel mit passiven oder wenig aktiven Erholungsphasen im Gegensatz zu konstanten Dauerleistungen scheinbar bevorzugen (BORMS 1986). Somit ist eine beim Kind reduzierte anaerobe Leistungsfähigkeit nicht eindeutig gesichert (BENEKE et al. 2002).

Eine mögliche Begründung für eine geringere anaerobe Leistungsfähigkeit bei Kindern könnte in nicht optimalen Testbedingungen liegen, da optimale leistungsdiagnostische Messmethoden speziell für Kinder selten sind. Folglich sind Kinder durch Untersuchungsmethoden, die ursprünglich für Erwachsene entwickelt worden sind, biomechanisch und koordinativ benachteiligt (BENEKE et al. 2002). Befunde von ANDREACCI et al (2007) zeigen, dass die Testreihenfolge bei gleichzeitiger Überprüfung der aeroben und anaeroben Leistungsfähigkeit innerhalb einer Untersuchung bei Kindern von großer Bedeutung ist. Zudem schränken ethische Grundsätze, die Problematik der Unterscheidung zwischen Trainingseffekten einerseits und Effekten durch

Wachstums- bzw. Reifungsprozessen andererseits und schließlich eine möglicherweise unterschiedliche Mitarbeit im Vergleich zum Erwachsenen die Untersuchungsmöglichkeiten zusätzlich ein (BAR-OR 1986, 1995, BENEKE et al. 2002).

Die relative Muskelmasse ist bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen verhältnismäßig geringer. Dies würde geringere Laktatkonzentrationen im zu Verfügung stehenden Verteilungsraum bedeuten. Nach ROST (1993) spricht dagegen allerdings die Tatsache, dass auch bei der erwachsenen Frau im Vergleich zum Mann trotz ihrer geringeren Muskelmasse gleich hohe Laktatwerte erreicht werden. BENEKE et al (2002) weisen darauf hin, dass im Verlauf der Pubertät die relative Muskelmasse um ca. $\frac{1}{6}$ von ca. 33 % auf ca. 40 % der Körpermasse zunimmt, wodurch bei Berücksichtigung dieses Faktors die tatsächlich pro Kilogramm Muskelmasse erbrachte anaerobe Leistung des präpubertierenden Kindes gleich oder möglicherweise sogar höher als die des postpubertären sein könnte. Bekräftigt wird die Vermutung durch Ergebnisse von BENEKE et al. (2008). Hierbei erreichen Kinder beim Wingate-Anaerobic-Test relativ zu ihrer Muskelmasse identische Laktatkonzentrationen wie Jugendliche. Befunde von PETERSEN et al. (1999) bei vorpubertären und pubertären weiblichen Schwimmerinnen zeigen im Gegensatz zu vorherigen Studien (ZANCONATO et al. 1993, KUNO et al. 1995) keine signifikanten Unterschiede bezüglich des pH-Wertes während des gesamten Testprotokolls. Folglich wird im Gegensatz zur vorherrschenden Meinung eine vom Reifungsprozess unabhängige anaerobe Leistungsfähigkeit vermutet (PETERSEN et al. 1999).

Nach Meinung von BENEKE et al. (2002) können Messgrößen, die als Indikatoren des anaeroben Stoffwechsels gelten, nicht ohne Berücksichtigung des aeroben Stoffwechsels isoliert beurteilt werden. BAR-OR (1986) stellt die Vermutung auf, dass Kinder nur deshalb ihre anaeroben Möglichkeiten weniger in Anspruch nehmen müssen, weil sie eine schnellere Sauerstoffdynamik aufweisen. Dies bedeutet eine geringere Sauerstoffschuld und eine niedrigere Laktatproduktion. Die Sauerstofftransportwege und damit die Einstellungszeiten für das Sauerstoff-Steady-State bei Kindern sind, begünstigt durch eine

bevorzugte, im Vergleich zum Erwachsenen, frühere und höhere Oxidationsrate von freien Fettsäuren, kürzer. Dies könnte eine geringere Notwendigkeit zur Inanspruchnahme anaerober Mechanismen bedeuten (ROST 1993, JENKINS und REABURN 2000, BOISSEAU und DELAMARCHE 2000).

Weitere Vermutungen gehen in die Richtung, dass die raschere Sauerstoffdynamik als kompensatorische Antwort auf die niedrigere glykolytische Kapazität zu verstehen ist. Möglicherweise ist der schnellere Anstieg der Sauerstoffaufnahme bei Kindern auch in dem kleineren Körper und den dadurch bedingten kürzeren Kreislaufzeiten zu sehen (BAR-OR 1986).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Interpretation der anaeroben Leistungsfähigkeit von Kindern nach wie vor schwierig ist. Fest steht, dass die Leistungsfähigkeit des Kindes sich qualitativ von der des Erwachsenen unterscheidet, indem sie sich in Teilbereichen unterschiedlich vom Erwachsenen verhält (ROST 1993). Da die Ursachen für die vermutlich geringere anaerobe Leistungsfähigkeit von Kindern bisher noch nicht vollständig geklärt sind, bedarf es diesbezüglich weiterer Diskussionen.

2.2.4 Geschlechtsspezifische Unterschiede

Jungen und Mädchen unterscheiden sich in der Kindheit nur geringfügig in ihrer physiologischen Leistungscharakteristik. Vor der Pubertät haben Jungen und Mädchen ähnliche Körpergrößen, Körpergewichte und Muskelkraft (JENKINS und REABURN 2000, HARRIS 2000, BAR-OR 1993, FRÖHNER 1993). Es kommt jedoch bereits in der vorpuberalen Phase, in die Mädchen ca. zwei Jahre früher eintreten, zu gravierenden Unterschieden (STOCKHAUSEN 2000). Im Alter von 10-13 Jahren setzt bei den Mädchen ein verstärktes Wachstum (Körperhöhe und Körpermasse) ein, so dass sie im Vergleich zu den Jungen einen deutlichen Entwicklungsvorsprung erreicht haben. Während im Alter von 13 Jahren bei den Mädchen der jährliche durchschnittliche Körperhöhenzuwachs bereits zurückgeht, setzt bei den Jungen das erhöhte puberale

Wachstum erst ein und schließt ungefähr mit dem Alter von 18 Jahren ab (JENKINS und REABURN 2000, BORMS 1986, BAUR 1994).

Der durch den puberalen Wachstumsschub bedingte Gewichtszuwachs zeichnet sich durch Zunahmen an Fettmasse und fettfreier Masse, sprich Muskelmasse, aus. Während bei Mädchen im Vergleich zu Jungen höhere Zunahmen an Fettmasse zu verzeichnen sind, ist bei Jungen eine stärkere Entwicklung der Muskelmasse festzustellen (HARRIS 2000, GÓMEZ 2000). Hierbei wirken sich die Geschlechtshormone entsprechend aus (vgl. Kap. 2.1.4 Entwicklung des Hormonellen Systems). Während sich das weibliche Geschlechtshormon Östrogen begünstigend auf die Entwicklung von Fettgewebe auswirkt, fördert das männliche Geschlechtshormon vor allem das Wachstum von Muskelgewebe (JENKINS und REABURN 2000). Bedingt durch die größere Muskelmasse liegt der Grundumsatz der Jungen bzw. Männer stets über dem Grundumsatz der Mädchen bzw. Frauen (FRÖHNER 1993).

Die durch den puberalen Wachstumsschub bedingten geschlechtsspezifischen Unterschiede wirken sich auch hinsichtlich der Leistungsfähigkeit aus. So entwickeln Jungen im Alter zwischen 12-15 Jahren ihre aerobe Kapazität deutlich stärker als Mädchen. Dabei bleibt die maximale aerobe Leistungsfähigkeit bei Jungen mit zunehmendem Alter unverändert, während sie bei Mädchen sogar abnimmt (MEEN 2000, ARMSTRONG und WELSMAN 1993, JENKINS und REABURN 2000, BAR-OR 1986). Zusätzlich besteht ein geschlechtsspezifischer Unterschied bezüglich der Herzfrequenz. Bei Mädchen und Frauen liegen die Herzfrequenzen bei gleichen Beanspruchungssituationen ca. fünf Schläge höher als bei Jungen und Männern. Im Gegensatz dazu verfügen Jungen bei allen Belastungsstufen über ein höheres Schlagvolumen und eine schnellere Erholungszeit der Herzfrequenz nach Belastungen (JENKINS und REABURN 2000, BAR-OR und ROWLAND 2004, BAUR 1994).

Als Ursachen für die höhere aerobe Leistungsfähigkeit von Jungen im Vergleich zu Mädchen werden eine höhere Hämoglobin-Konzentration im Blut, ein höherer Anteil an fettfreier Masse (Muskelmasse) und die grundsätzlich höhere körperliche Aktivität von Jungen angesehen (GEITHNER et al. 2004).

Ein weiteres Kriterium der leistungsphysiologischen Entwicklung ist die Ausreifung des anaeroben laktaziden Energiestoffwechsels. Hierbei ist während der Pubertät bei Jungen und Mädchen eine wachstumsabhängige Zunahme der anaeroben Kapazität und der Muskelkraft festzustellen (vgl. Kap. 2.2.3 Anaerobe Leistungsfähigkeit), wobei bei den Jungen im Vergleich zu den Mädchen höhere Zuwächse zu verzeichnen sind (MEEN 2000, BAR-OR 1986).

Abschließend ist noch zu erwähnen, dass bei jedem Kind Wachstum und Entwicklung nicht mit derselben Geschwindigkeit stattfinden. Gerade während der Pubertät treten signifikante Unterschiede in der körperlichen Entwicklung sowohl innerhalb als auch zwischen den Geschlechtern auf. Somit bedarf es im Rahmen des Trainingsprozesses einer besonderen Berücksichtigung des vorhandenen Entwicklungsstandes, um einerseits Fehl- und Überbelastungen möglichst zu vermeiden und andererseits das individuelle Leistungspotential bestmöglich auszuschöpfen.

2.3 Trainierbarkeit im Kindes- und Jugendalter

2.3.1 Allgemeine Aspekte zur Trainierbarkeit im Kindes- und Jugendalter

Ein Trainingsbeginn im Kindesalter ist in zahlreichen Sportarten Voraussetzung für das Erreichen der Weltspitze. Demzufolge erleben wir heute in immer jüngeren Altersklassen leistungssportliche Beanspruchungen. In Abhängigkeit von Sportart und Trainingsbeginn ist das spitzensportorientierte Training von Kindern und Jugendlichen durch einen langfristigen Aufbau, der bis zu zehn Jahre dauern kann, gekennzeichnet (GRUBER 2002). Folglich spielt die Frage der Trainierbarkeit im Kindes- und Jugendalter aus der Sicht des Hochleistungssports eine entscheidende Rolle (ROST 1993).

Unter dem Begriff Trainierbarkeit versteht man den Grad der Anpassung an Trainingsbelastungen. Es handelt sich dabei um eine dynamische Größe, welche von einer Reihe endogener und exogener Faktoren (siehe Abb. 8) abhängig ist (Weineck 2000).

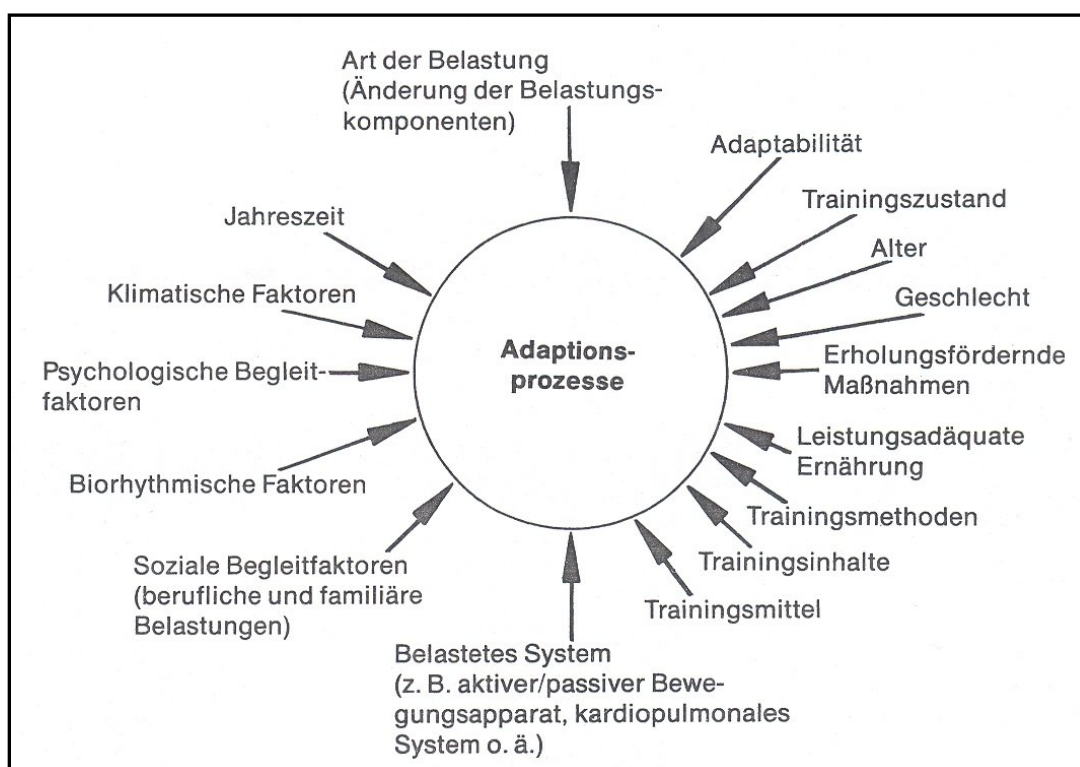


Abb. 8: Faktoren, welche die Adaptationsprozesse beeinflussen (WEINECK 2004, 26).

Um den allgemeinen Adaptationsmechanismus einschließlich ausgeprägter Steigerungen der endokrinen Funktionen zu aktivieren, muss die Belastung, die durch eine Trainingseinheit hervorgerufen wird, entsprechend hoch sein. Das bedeutet, dass nur durch Überschreitung von Reizschwellen Adaptationen erzielt werden können (VIRU 1993, HOLLMANN und HETTINGER 2000). Um die komplexen Anpassungsvorgänge (vgl. FRIEDRICH und MOELLER 1999) besser verstehen zu können und somit Trainingsinterventionen gezielter planen zu können, stellen MESTER und PERL (2000) in ihrem Beitrag die Zeitreihenanalyse vor, mit deren Mitteln der Adaptationsprozeß erheblich genauer im Zeitverlauf analysiert werden kann und es somit möglich ist, den hochindividuellen Vorgängen im Grenzbereich von Adaptationsvorgängen besser nachzugehen, als das durch herkömmliche gruppenstatistische Methoden möglich wäre.

Bei Kindern verlaufen Wachstum, Entwicklung und Reifung unterschiedlich, so dass Trainingseffekte nicht immer eindeutig von Wachstums- bzw. Reifungsprozessen unterschieden werden können (ARMSTRONG und WELSMAN 1993, BENEKE et al. 2002). Kennzeichen für trainingsbedingte Veränderungen sind unter anderem Reversibilität der Trainingseffekte, Spezifität der Übungswirkung und signifikante Verbesserungen im Vergleich mit der entsprechenden Alterskohorte. Behauptete Trainingswirkungen im Kindes- und Jugendalter müssen diese Kriterien erfüllen, falls sie als trainingsbedingt anerkannt werden sollen. Somit besteht die Herausforderung darin, Techniken zu entwickeln, mit denen sich die Effekte von Wachstum und Entwicklung deutlich von Trainingswirkungen differenzieren lassen (BAR-OR 1986).

Eine strittige Rolle bezüglich der Trainierbarkeit im Kindes- und Jugendalter nehmen die so genannten sensiblen Phasen ein. Dabei handelt es sich um begrenzte Zeiträume im Entwicklungsprozess von Lebewesen, in denen diese auf bestimmte Umweltreize intensiver mit entsprechenden Entwicklungseffekten reagieren als zu anderen Zeiten (vgl. ASMUS 1995, 205). Ihre Existenz und Bedeutung wird unterschiedlich beurteilt. Während Modelle sensibler Phasen von der einen Seite befürwortet und als zentraler Anhaltspunkt für die

Konzeption eines entwicklungsgemäßen Nachwuchstrainings angesehen werden (MARTIN et al. 1999), so wird das Konzept auf der anderen Seite als weitgehend unbrauchbar klassifiziert (BAUR 1987). Zur Entschärfung des Konfliktes schlägt CONZELMANN (2002) vor, von Konzepten trainingsgünstiger Zeiträume zu sprechen. Wegen der biologischen Alters-Heterogenität von Gleichaltrigen ist es nach CONZELMANN (2002) korrekter, nur relativ unpräzise Zeiträume, die sich auf das biologische Alter beziehen, anzugeben, anstatt konkrete Altersangaben zu machen. Sensible Phasen sollten als Konstrukt und als Phänomen angesehen werden, die verallgemeinernd Phasen darstellen, in denen die Erscheinungsform (en) beschleunigter Entwicklungsverläufe konditioneller oder koordinativer Fähigkeiten zutage treten (ASMUS 1995).

Bis zur Pubertät verlaufen die Entwicklungsverläufe von Jungen und Mädchen nahezu gleich, allerdings werden ab dem 13. – 14. Lebensjahr die Unterschiede in der Trainierbarkeit zunehmend größer (vgl. Kap. 2.2.4 Geschlechtsspezifische Unterschiede). Mit dem Einsetzen der Pubertät nimmt durch die immense Freisetzung der Sexualhormone, insbesondere des Testosterons, die Trainierbarkeit der männlichen Jugendlichen in großem Ausmaß zu. Während Männer auch nach Erreichen der Maturität ein weiteres Ansteigen der Trainierbarkeit bis ins 3. Lebensjahrzehnt zeigen, treten bei Frauen zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr kaum noch Veränderungen in der Trainierbarkeit auf (SCHMIDTBLEICHER 1994).

2.3.2 Trainierbarkeit der Krafftigkeiten im Kindes- und Jugendalter

In den letzten Jahren hat das Thema Krafttraining im Kindes- und Jugendalter sowohl in der Allgemeinheit als auch in der Wissenschaft beträchtlich an Interesse gewonnen. Das Hauptinteresse gilt der Effektivität des Krafttrainings (insbesondere in der Zeit vor der Pubertät), den Mechanismen, welche für den Kraftgewinn bei Kindern verantwortlich sind und der Verletzungsgefahr (MENZI et al. 2007). Unter Kraft im Sport versteht man die Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, durch Innervations- und Stoffwechselprozesse mit

Muskelkontraktionen Widerstände zu überwinden (konzentrische Arbeit), ihnen entgegenzuwirken (exzentrische Arbeit) bzw. sie zu halten (statische Arbeit) (GROSSER et al. 2004). Unter dem Begriff Krafttraining werden im Allgemeinen alle Trainingsformen zusammengefasst, die mittels Arbeit gegen einen progressiv ansteigenden Widerstand eine Erhöhung der Kraft bewirken (MENZI et al. 2007). Dabei ist nach GÜLLICH und SCHMIDTBLEICHER (1999) eine effektive Gestaltung des Krafttrainings nur unter Berücksichtigung der Struktur der Kraftfähigkeiten möglich (Abb. 9).

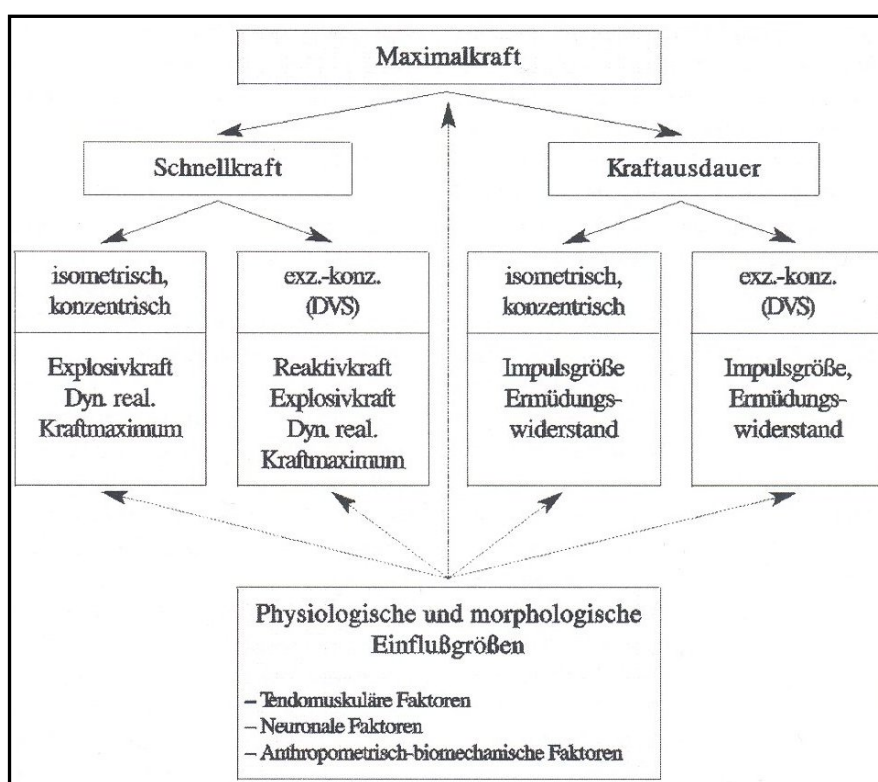


Abb. 9: Struktur der motorischen Eigenschaft Kraft (GÜLLICH u. SCHMIDTBLEICHER 1999, 224).

In der Trainingswissenschaft wird zwischen Maximalkraft (höchstmögliche Kraft, die willkürlich gegen einen unüberwindbaren Widerstand erzeugt werden kann), Schnellkraft (Fähigkeit des neuromuskulären Systems, in der zur Verfügung stehenden Zeit einen möglichst großen Impuls zu erzeugen), Reaktivkraft (exzentrisch-konzentrische Schnellkraft bei kürzest möglicher Kopplung (< 200 ms) beider Arbeitsphasen, also in einem Dehnungs- – Verkürzungs- Zyklus) und Kraftausdauer (Dynamische Kraftausdauer: Fähigkeit des neuromuskulären

Systems, bei einer bestimmten Wiederholungszahl von Kraftstößen innerhalb eines definierten Zeitraums die Verringerung der Kraftstöße möglichst gering zu halten; Statische Kraftausdauer: Fähigkeit des neuromuskulären Systems, einen bestimmten Kraftwert über eine definierte Anspannungszeit möglichst ohne Spannungsverlust zu halten) unterschieden, wobei die Maximalkraft die Basisfähigkeit für die anderen Kraftarten bildet. Das bedeutet für das Training, dass eine Verbesserung der Maximalkraft in der Regel mit höheren Schnellkraft- und Kraftausdauerleistungen einher geht (GROSSER et al. 2004, GÜLLICH und SCHMIDTBLEICHER 1999).

Lange Zeit wurde Krafttraining für Kinder und Jugendliche vor allem aufgrund fehlender Hormone als sinnlos angesehen. Untersuchungen unter anderem von VRIJENS (1978) wiesen nach einem achtwöchigen Krafttraining mit drei Einheiten pro Woche bei Präpubertierenden im Gegensatz zu Postpubertierenden keine Trainingseffekte auf und belegten somit diese Einschätzung. BENJAMIN und GLOW (2003) machen in ihrer Retrospektive Mängel in der Versuchsdurchführung (geringe Intensität, geringe Trainingsumfänge, geringe Trainingshäufigkeit) für die Erfolglosigkeit dieser und Studien mit ähnlichen Ergebnissen verantwortlich. Diese Einschätzung bestätigen auch Meta-Analysen von FALK und TENNENBAUM (1996) und PAYNE et al. (1997) bezüglich eines Krafttrainings bei Kindern. Demzufolge können die negativen Ergebnisse nicht als Beweis für eine Unwirksamkeit von Krafttraining im Kindesalter dienen (BLIMKIE 1993b). Untersuchungen von PFEIFFER und FRANCIS (1986) mit vorpubertären, pubertären und postpubertären Kindern und Jugendlichen belegen, dass auch vor der Pubertät Kraftzuwächse durch Krafttraining erzielt werden können, teilweise sogar mit größeren relativen Kraftzuwächsen bei den Vorpubertären als bei den Vergleichsgruppen. Befunde mehrerer Untersuchungen von FAIGENBAUM et al. (1993, 1996, 1999, 2002, 2005) dokumentieren ebenfalls Kraftzuwächse bei vorpubertären Kindern. Ähnliche Ergebnisse weisen auch die Untersuchungen von OZMUN et al. (1994), RAMSAY et al. (1990), WELTMAN et al. (1986), SADRES et al. (2001) und FUKUNAGA et al. (1992) auf. Demzufolge lässt sich

festhalten, dass Krafttraining bei korrekter Betreuung, altersgerechter Durchführung und entsprechender Beachtung der Parameter Intensität, Umfang und Häufigkeit sehr wohl Kraftzunahmen bei Vorpubertären hervorrufen kann und somit in jedem Alter sinnvoll ist (SALE 1989, BLIMKIE 1993a und 1993b, ROWLAND 1996, GUY und MICHELI 2001, TSOLAKIS et al. 2004).

In mehreren Studien bezüglich der Trainingshäufigkeit eines Krafttrainings bei vorpubertären Kindern dokumentieren FAIGENBAUM et al. (1993, 1996, 2002) Kraftzuwächse bei zwei Trainingseinheiten pro Woche. SADRES et al. (2001) erzielen nach einem 21-monatigem Krafttraining und einer Häufigkeit von zwei Einheiten pro Woche ebenfalls Kraftzuwächse bei vorpubertären Jungen. In ihrer Meta-Analyse differenzieren RHEA et al. (2003) bezüglich der Häufigkeit zwischen Untrainierten und Trainierten. Für Untrainierte wird eine Häufigkeit von drei Einheiten, für Trainierte eine Häufigkeit von zwei Einheiten pro Woche empfohlen (RHEA et al. 2003). Eine Häufigkeit von mehr als vier Einheiten pro Woche wirkt sich nicht zusätzlich begünstigend auf die Krafftfähigkeiten bei Vorpubertären aus (FAIGENBAUM 1996, COMMITTEE ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS 2001). Im Gegensatz dazu scheint eine Trainingshäufigkeit von einer Einheit pro Woche nur suboptimale Anpassungen hervorzurufen (FAIGENBAUM et al. 2002, BLIMKIE 1992, BLIMKIE und BAROR 1996).

Auch wenn es keine Kombination von Serien und Wiederholungen gibt, welche für alle optimal ist, so können allgemein zu Beginn eines Krafttrainings 1-2 Serien mit 8-15 Wiederholungen und einer leichten bis moderaten Intensität (30-60% 1RM) verteilt auf 8-12 Übungen für Kinder empfohlen werden (BEHM et al. 2008). Nach RHEA et al. (2003) erreichen Untrainierte maximale Kraftzunahmen bei einer niedrigeren Intensität (60% 1RM) als Trainierte (80% 1RM), wobei es bei der Anzahl der empfohlenen Serien (vier) keine Unterschiede zwischen Trainierten und Untrainierten gibt. Ergebnisse von FAIGENBAUM et al. (1999, 2005) zeigen allerdings, dass eine höhere Trainingsintensität bei einem Trainingssatz pro Einheit bei Kindern anscheinend zu besseren Leistungszuwächsen führt als eine niedrigere.

Durch längere Trainingspausen hingegen können die erzielten Kraftzunahmen wieder im selben Maße verloren gehen (INGLE et al. 2006, REUTER und BUSKIES 2001, TSOLAKIS et al. 2004, BENJAMIN und GLOW 2003). Untersuchungen von FAIGENBAUM et al. (1996) zeigen einen signifikanten Kraftverlust des Ober- (-19,3%) und Unterkörpers (-28,1%) bei vorpubertären Kindern nach einer achtwöchigen Trainingspause. Auch die Teilnahme an Sportarten wie Fußball und Basketball konnten die Kraftverluste nicht ausgleichen und somit das Krafttrainingsprogramm nicht ersetzen (FAIGENBAUM et al. 1996).

Die absoluten Kraftzuwächse sind bei gleichem Trainingsprogramm bei vorpubertären Kindern im Vergleich zu Jugendlichen und Erwachsenen zwar geringer, die relativen Kraftzuwächse sind jedoch zumindest gleich hoch, wenn nicht sogar höher (BLIMKIE 1992, 1993a und 1993b, FALK und TENNENBAUM 1996, SALE 1989, ARMSTRONG und WELSMAN 1997, BLIMKIE und BAR-OR 1996, PFEIFFER und FRANCIS 1986, GUNKEL und HEBESTREIT 2002, JENKINS 2000).

Im Folgenden sind die Ergebnisse ausgewählter Studien noch einmal tabellarisch zusammengefasst (Tab. 1).

Tab. 1: Übersicht ausgewählter Krafttrainingsstudien mit Kindern.

Autor	[\bar{x}] Alter [J]	Geschlecht	Trainingsmethode	Dauer (W) / Intensität	KG*	KZ*
Vrijens (1978)	10,4**	M	Isometrisch	8 W / 3x pro Woche	Nein	Nein
Pfeiffer & Francis (1986)	10,3**	M	Isotonisch	9 W / 3x pro Woche	Ja	Ja
Weltman et al. (1986)	8,2**	M	Hydraulisch	14 W / 3x pro Woche	Ja	Ja
Ramsay et al. (1990)	9-11	M	Isotonisch	20 W / 3x pro Woche	Ja	Ja
Fukunaga et al. (1992)	7-11	M / W	Isometrisch	12 Wochen	Ja	Ja
Faigenbaum et al. (1993)	10,8**	M / W	Isometrisch	8 W / 2x pro Woche	Ja	Ja
Ozmun et al. (1994)	9-12	M / W	Isot. / Freie Gew.	8 W / 3x pro Woche	Ja	Ja
Faigenbaum et al. (1996)	7-12	M / W	Isotonisch	8 W / 2x pro Woche	Ja	Ja
Sadres et al. (2001)	9-10	M	Freie Gewichte	21 Monate / 2x pro Woche	Ja	Ja
Faigenbaum et al. (2002)	7-12	M / W	Kraftmaschinen	8 W / 1x pro Woche	Ja	Ja
				8 W / 2x pro Woche	Ja	Ja
Tsolakis et al. (2004)	11-13	M	Kraftmaschinen	2 Monate / 3x pro Woche	Ja	Ja
Faigenbaum et al. (2005)	8-12	M / W	Kraftmaschinen	8 W / 2x pro Woche	Ja	Ja

* KG = Kontrollgruppe; KZ = Kraftzunahme

** Durchschnittsalter der vorpubertären Probanden

Zusammenfassend lässt sich bezüglich der Belastungsgestaltung festhalten, dass es äußerst schwierig ist, entsprechende Empfehlungen für ein optimales Krafttraining für Kinder auszusprechen. Trotz zahlreicher Hinweise muss die bestmögliche Kombination aus Trainingsmodus, Intensität, Umfang und Häufigkeit für mögliche maximale Kraftzunahmen in dieser Entwicklungsphase allerdings noch gefunden werden (BLIMKIE 1993b).

Kraftzunahmen als Konsequenz von Krafttraining erfolgen einerseits morphologisch und andererseits neurologisch, wobei sich die relativen Anteile dieser Adaptationen am Kraftzuwachs zwischen Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen vermutlich unterscheiden (BEHM et al. 2008). Die physiologischen Veränderungen, welche zur Kraftsteigerung im Kindesalter führen, sind sehr komplex und defizit und bis heute noch nicht voll erforscht (EHLENZ et al. 2003, GROSSER et al. 2004). In ihrer Meta-Analyse berichten FALK und TENNENBAUM (1996) von Kraftzuwachsen zwischen 13 und 30% bei vorpubertären Kindern nach einem Krafttrainingsprogramm mit einer Dauer zwischen acht und 20 Wochen. Folglich konnten zahlreiche Studien zwar signifikante Kraftzuwächse nach einem Krafttraining bei vorpubertären Kindern vorweisen (vgl. Tab. 1), allerdings konnten diese nicht auf eine Muskelhypertrophie zurückgeführt werden (SAILORS und BERG 1987, RAMSAY et al. 1990, OZMUN et al. 1994, WELTMAN et al. 1986, SALE 1989). Im Gegensatz dazu weisen die Ergebnisse von MERSCH und STOBOY (1989) und FUKUNAGA et al. (1992) mithilfe sensibler Messmethoden eine Muskelhypertrophie bei vorpubertären Kindern nach einem Krafttraining auf. Diese Ergebnisse lassen trotz der überwiegenden Mehrzahl an negativen Befunden zumindest die Möglichkeit offen, dass eine Muskelhypertrophie bei vorpubertären Kindern nach einem Krafttraining eventuell doch als Anpassungserscheinung auftritt. Nichtsdestotrotz bleibt zunächst festzuhalten, dass Kraftzuwächse im vorpubertären Alter aufgrund des Mangels an adäquater Hormonausschüttung (vor allem Testosteron), wenn überhaupt minimal, durch eine Muskelhypertrophie bedingt sind. Demzufolge müssen andere Faktoren hauptsächlich für die Kraftzuwächse im vorpubertären Alter

verantwortlich sein (BLIMKIE 1993b, BLIMKIE und BAR-OR 1996, ARMSTRONG und WELSMAN 1997).

Bei den meisten bisherigen Untersuchungen bezüglich eines Kraftzuwachses bei vorpubertären Kindern konnte der Nachweis einer Muskelhypertrophie nicht erbracht werden (MALINA 2006). Demzufolge vermuten WELTMAN et al. (1986) undefinierte neurologische Anpassungen als primäre Ursache der Kraftzunahme bei Vorpubertierenden. RAMSAY et al. (1990) konnten bei vorpubertären Jungen im Rahmen eines 20-wöchigen Krafttrainings erstens eine deutlich vergrößerte „twitch“-induzierte Spannung in der trainierten Muskulatur trotz fehlendem Muskelwachstum nachweisen und zweitens nach zehn Wochen eine prozentual erhöhte Aktivierung motorischer Einheiten der Armbeuger von 9% sowie der Beinstrecker von 12% und nach weiteren zehn Wochen Zuwächse von 3% (Armbeuger) bzw. 2% (Beinstrecker) feststellen. Befunde von OZMUN et al. (1994) weisen bei vorpubertären Kindern nach einem achtwöchigen Krafttraining einen Zuwachs an neuromuskulärer Aktivität von 16,8% auf. Obwohl die Ergebnisse beider Studien eindeutig neurologische Anpassungen in Form einer verbesserten intramuskulären Koordination (erhöhte prozentuale Aktivierung motorischer Einheiten bei RAMSAY et al. 1990, erhöhte iEMG-Aktivitäten als Ausdruck der gesteigerten neuromuskulären Aktivierung bei OZMUN et al. 1994) aufweisen, können diese jedoch nur einen Teil des Kraftgewinns erklären (16,8% vs. 27,8% Kraftzunahme gesamt bei OZMUN et al. 1994). Somit müssen andere Faktoren ebenfalls eine wichtige Rolle bezüglich der Kraftzunahme bei Vorpubertären spielen. Nach MENZI et al. (2007) ist es sehr wohl möglich, dass der bisher nicht geklärte Teil des Kraftgewinns in einer verbesserten intermuskulären Koordination zu finden ist. Folglich ist zur eindeutigen Klärung dieser Frage weitere Forschungsarbeit notwendig.

Es wird angenommen, dass neurologische Anpassungen vorwiegend in frühen Trainingsphasen auftreten (SALE 1989). Demzufolge könnte man vermuten, dass Kinder aufgrund ihrer Trainingsunerfahrenheit mit größeren neurologischen Anpassungen auf Krafttraining reagieren als Erwachsene (BEHM et al. 2008). Diese Auffassung wird durch die Resultate von RAMSAY et

al. (1990) bestätigt, wobei nach den ersten zehn Trainingswochen höhere prozentuale Zuwächse bezüglich der Aktivierung motorischer Einheiten auftreten als nach den zweiten zehn Trainingswochen. Gegenteilige Ergebnisse erzielen FAIGENBAUM et al. (1996). Die Autoren berichten von höheren Kraftzuwächsen in der zweiten Trainingsphase im Vergleich zu der ersten. Als Ursache wird allerdings ein höheres Trainingsvolumen in der zweiten Trainingsphase vermutet.

Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass Kraftzuwächse bei vorpubertären Kindern im Gegensatz zu Erwachsenen primär auf neuronale Anpassungen in Form von erhöhter neuronaler Aktivierung, intrinsischen muskulären Anpassungen und Entwicklungen in der Bewegungskoordination (Lerneffekte) zurückzuführen sind, die genauen Zusammenhänge aber noch weiter erforscht werden müssen (MATOS und WINSLEY 2007, BEHM et al. 2008, FALK und ELIAKIM 2003, COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS 2008, BLIMKIE 1993, BLIMKIE und BAR-OR 1996, BENJAMIN und GLOW 2003).

Jede Art von Sport, Training oder körperlicher Betätigung birgt ein Verletzungsrisiko, welches verständlicherweise so klein wie möglich gehalten werden soll. Argumente, die gegen ein Krafttraining im Kindes- und Jugendalter vorgebracht werden, verweisen auf orthopädische Bedenken, ausgedrückt in Schädigungen des Skelettsystems und negativem Einfluss auf das Längenwachstum. Allerdings spricht nach SCHMIDTBLEICHER (1994) aber gerade die geminderte Leistungsdisposition des passiven Bewegungsapparates für eine Kräftigung der Muskulatur mit der Folge einer Stabilisierung des Organismus und einer notwendigen Schutzfunktion für Schwachpunkte des Bewegungsapparates. Zusätzlich ergeben sich durch Krafttraining zahlreiche andere Vorteile für den Nachwuchsathleten, unter anderem eben eine reduzierte Verletzungshäufigkeit bedingt durch die erhöhte mechanische Belastbarkeit der passiven Strukturen, eine Steigerung der motorischen und sportartspezifischen Leistungsfähigkeit sowie die positive Beeinflussung gesundheitsrelevanter Parameter wie Körperzusammensetzung, Psyche, Blutfettwerte und Sauerstoffaufnahme.

Nach SIEWERS (2001) gibt es keine Beweise dafür, dass vorpubertäre Kinder dazu neigen, sich im Training häufiger zu verletzen, als pubertäre Kinder, Jugendliche oder Erwachsene. Allerdings ist als direkter Risikofaktor die persönliche Reife des Kindes anzusehen, da zum Krafttraining ein gewisses Maß an Disziplin gehört (SIEWERS 2001). Bei einem Training unter kompetenter Anleitung und altersgemäßer Belastungsintensität wurden keine Verletzungen und/oder Schädigungen beschrieben (RAMSAY et al 1990, WELTMAN et al 1986). Auch ein schädlicher Einfluss durch Krafttraining auf das Längenwachstum kann bei Einhaltung entsprechender Techniken, Sicherheitsmaßnahmen und qualifizierter Anleitung verneint werden (BENJAMIN und GLOW 2003, MALINA 2006, SADRES et al. 2001, FALK und ELIAKIM 2003, COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS 2008). Von einigen Autoren wird trotz der vorwiegend ablehnenden Meinung (JENKINS 2000) sogar die Überkopfarbeit für Kinder und Jugendliche mit der Begründung einer verminderten Verletzungsgefahr im Vergleich zu herkömmlichen Übungen empfohlen (EHLENZ et al. 2003, GROSSER et al. 2004). Teilweise wird von potentiell positiven Effekten von Krafttraining auf die Knochendichte (FAIGENBAUM 2000, BEHM et al. 2008) sowie auf die Körperkomposition (WELTMAN et al 1986, MATOS und WINSLEY 2007) bei Vorpubertären berichtet. Somit kann zusammenfassend festgehalten werden, dass unter der Voraussetzung einer kompetenten Anleitung und altersgemäßen Belastungsnormativen das Verletzungsrisiko für Kinder und Jugendliche als relativ gering beschrieben werden kann und dass keine negativen Auswirkungen auf das Längenwachstum zu befürchten sind (BLIMKIE 1993, BLIMKIE und BAR-OR 1996, FAIGENBAUM 2000, GUY und MICHELI 2001, MALINA 2006, COMMITTEE ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS 2001).

Zum Thema Trainierbarkeit der Krafftfähigkeiten im Kindes- und Jugendalter lässt sich zusammenfassend festhalten, dass ein Krafttraining bei korrekter Betreuung, altersgerechter Durchführung und entsprechender Beachtung der Belastungsnormative sehr wohl Kraftzunahmen bei Vorpubertären hervorrufen kann und somit in jedem Alter als sinnvoll anzusehen ist. Dabei sind bei

gleichem Trainingsprogramm die absoluten Kraftzuwächse bei vorpubertären Kindern im Vergleich zu Jugendlichen und Erwachsenen zwar geringer, die relativen Kraftzuwächse sind jedoch zumindest gleich hoch, wenn nicht sogar höher. Längere Trainingspausen hingegen führen dazu, dass die erzielten Kraftzunahmen wieder im selben Maße verloren gehen. Eine Muskelhypertrophie erscheint nach bisherigen Erkenntnissen im vorpubertären Alter eher eine untergeordnete Rolle zu spielen, so dass die Kraftzuwächse im Kindesalter hauptsächlich auf neuromuskulären Veränderungen und verbesserten koordinativen Fähigkeiten beruhen. Zur eindeutigen Klärung dieser Frage ist allerdings weitere Forschungsarbeit notwendig.

Durch kompetente Betreuung, in Verbindung mit den richtigen Anweisungen und Techniken sowie kindgerechten Übungen und Material, kann das Verletzungsrisiko für Kinder und Jugendliche als relativ gering beschrieben werden und darüber hinaus sind bei Beachtung dieser Richtlinien auch keine negativen Auswirkungen auf das Längenwachstum zu befürchten.

2.3.3 Trainierbarkeit der Schnelligkeit im Kindes- und Jugendalter

Für viele Sportarten ist die Schnelligkeit eine elementare Leistungsvoraussetzung. Hohe sportliche Leistungen sind ohne ihre entsprechende Ausprägung nicht möglich (BAUERSFELD und VOSS 1992). Die Schnelligkeitscharakteristik erweist sich allerdings als sehr komplex, so dass wissenschaftlich gesehen Schnelligkeit im Sport nach wie vor ein noch nicht voll überzeugend geklärtes Phänomen darstellt (GROSSER 1997). Schnelligkeit ist nach GROSSER (1992) als elementare Fähigkeit wohl nachweisbar, tritt jedoch im Sport nie isoliert auf, sondern stets nur als Teil eines Ganzen, nämlich als eine Komponente der sportlichen Leistung (vgl. Abb. 5). Zur Bestimmung und Abgrenzung motorischer Schnelligkeitsleistungen lassen sich nach THIENES (1999) drei Kriterien als Grundlage einer leistungsdiagnostischen Erfassung nennen: Äußere Widerstände unterhalb von 30 Prozent der individuellen isometrischen Maximalkraft, eine Bewegungsdauer von maximal zehn Sekunden sowie eine geringe Komplexität und geringe

Präzisionsanforderungen der Testaufgaben. Aus den zahlreich existierenden Definitionen (vgl. GROSSER 1991, SCHAPER und LETZELTER 1994, WEIGELT 1995, THIENES 1999, WEINECK 2000, MARTIN et al. 2001, KELLER 2002) wird folgende herausgegriffen: „*Schnelligkeit im Sport ist die Fähigkeit, aufgrund kognitiver Prozesse, maximaler Willenskraft und der Funktionalität des Nerv-Muskel-Systems höchstmögliche Reaktions- und Bewegungsgeschwindigkeiten unter bestimmten gegebenen Bedingungen zu erzielen*“ (GROSSER 1991, 13). Derzeit wird eine Unterscheidung in **elementare Schnelligkeitsfähigkeiten** (werden hauptsächlich von den elementaren Zeitprogrammen azyklischer und zyklischer Art bestimmt und sind damit in erster Linie von der Qualität neuromuskulärer Steuer- und Regelprozesse (als elementare Bewegungsprogramme gespeichert, genetisch bedingt, laufen unbewußt ab) abhängig) einerseits und in **komplexe Schnelligkeitsfähigkeiten** (schnelle Bewegungsleistungen, auf die neben den elementaren Schnelligkeitsfähigkeiten auch Krafftfähigkeiten, Ausdauerfähigkeiten und bestimmte Bedingungen (z.B. individuelle Voraussetzungen, Bewegungstechnik) einen ebenso großen Einfluss haben) andererseits getroffen. Bei den komplexen Schnelligkeitsfähigkeiten wird hierbei noch zwischen *Kraftschnelligkeit/Schnellkraft* (Schnelligkeitsleistung gegenüber höherem Widerstand in azyklischen Bewegungen), *Kraftschnelligkeitsausdauer* (Widerstandsfähigkeit gegen ermüdungsbedingten Geschwindigkeitsabfall bei azyklischen Schnellkraftbewegungen), *Sprintkraft* (Schnelligkeitsleistungen gegenüber höheren Widerständen in zyklischen Bewegungen) und *Sprintausdauer* (Widerstandsfähigkeit gegen ermüdungsbedingten Geschwindigkeitsabfall bei maximalen Schnelligkeitsleistungen in zyklischen Bewegungen) unterschieden. Eine Sonderform der Schnelligkeitsfähigkeiten stellt die **Reaktionsschnelligkeit** (Fähigkeit, auf einen Reiz in kürzester Zeit zu reagieren) dar (BAUERSFELD und VOSS 1992, WEIGELT 1995, GROSSER 1997, GROSSER et al. 1998, 2004).

In der folgenden Übersicht (Tab. 2) sind die verschiedenen Schnelligkeitsfähigkeiten und ihre primären Einflusskomponenten noch einmal tabellarisch dargestellt.

Tab. 2: Praxisorientierte Schnelligkeitsformen und ihre primären Einflusskomponenten (modifiziert nach GROSSER et al. 2004, 89).

Übergeordnete Charakterisierung	Eigenständige Schnelligkeitsfähigkeit	Elementare Schnelligkeitsfähigkeiten		Komplexe Schnelligkeitsfähigkeiten			
		Aktions-schnelligkeit	Frequenz-schnelligkeit	Kraft-schnelligkeit	Sprintkraft	Kraft-schnelligkeits-ausdauer	Sprint-ausdauer
Schnelligkeitsform	Reaktions-schnelligkeit						
Bewegungsform		azyklisch	zyklisch	azyklisch	zyklisch	azyklisch	zyklisch
Beispiel		Tennisschlag	Skippings	Wurf Sprung	Laufbe- schleunigung	Fechten Boxen	Sprints über 60 m
Primäre Einflusskomponenten	Antizipation Wahrnehmung Infoverarbeitung Impulsübertragung Latenzzeit	Zeitprogramme Intermuskuläre Koordination		Zeitprogramme Schnellkraft		Zeitprogramme spezifische Ausdauer	

Die Schnelligkeitsfähigkeiten entwickeln sich im Vergleich zur Muskelkraft in der mittleren Kindheit auffallend schnell. Als Basis für die Entwicklung schnellstmöglicher Bewegungen können hierbei die neuromuskulären Voraussetzungen angesehen werden. Insbesondere die deutlichen Fortschritte etwa bis zum zehnten Lebensjahr in der Reaktions- und Bewegungsschnelligkeit sind hervorzuheben (SCHEID 1994). Demzufolge sollte aufgrund der rasanten Entwicklung der physiologischen Grundlagen der Nerventätigkeit die Schulung der Reaktionsfähigkeit bereits im frühen Schulkindalter aufgenommen werden (KELLER 2002). Untersuchungen von BLIMKIE und BAR-OR (1996) weisen bei präpubertären Kindern eine Verbesserung der Leistung bei Sprintbelastungen nach einem Sprinttraining auf. Außerdem sind reine Schnelligkeitsübungen wie Fingerübungen in diesem Alter gut trainierbar (GUNKEL und HEBESTREIT 2002).

Eine Voraussetzung überdurchschnittlicher Schnelligkeitsleistungen bezüglich der muskulären Bedingungen ist ein hoher Anteil schneller Fasern (FT-Fasern), wobei der individuelle Prozentsatz an FT-Fasern als genetisch determiniert angesehen wird. Zusätzlich ist die Entspannungsfähigkeit der Muskulatur nach einer Kontraktion, welche unmittelbar von den biochemischen Prozessen der

Energiebereitstellung beeinflusst wird, als weiterer leistungslimitierender Faktor anzusehen (THIENES 1999). Folglich scheint die Maximalgeschwindigkeit genetisch in einem relativ engen Rahmen festgelegt zu sein, und es wird nicht ausgeschlossen, dass die endgültige Ausprägung der biologischen Grundlagen der Schnelligkeit sehr frühzeitig erfolgt (WEINECK 2000, 2004). Somit spielen nach GEESE und HILLEBRECHT (2006) die nicht oder nur geringfügig genetisch determinierten Einflussfaktoren eine nicht zu unterschätzende Rolle. Zu diesen (sekundären) Fähigkeiten zählen vor allem die Qualität der Bewegungstechnik, die Lernfähigkeit, der Wille und die Anstrengungsbereitschaft, die dauerhafte Motivation sowie die psychische Regulationsfähigkeit. Demzufolge ist Schnelligkeit nicht nur genetisch determiniert, sondern kann durch beim Training induzierte, neuromuskuläre Anpassungseffekte je nach individuellen genetischen Voraussetzungen entsprechend gesteigert werden (GEESE und HILLEBRECHT 2006).

Geht man von der Tatsache aus, dass sich eine Leistungsentwicklung vom kindlichen Anfänger bis zum Spitzensportler über acht bis 20 Jahre erstreckt, so sollte auch die hochgradig leistungsbestimmende Fähigkeit Schnelligkeit in diesem langfristigen Aufbau sinnvoll integriert werden (GROSSER 1997, BAUERSFELD und VOSS 1992). Dabei sollten sich die Trainingsziele unbedingt an den biologischen Gegebenheiten der motorischen Entwicklung von Kindern und Jugendlichen orientieren, da spezifische Schnelligkeitsfähigkeiten hinsichtlich einer optimalen Ausbildung an bestimmte Altersabschnitte gebunden sind und Versäumnisse in dieser Entwicklung später nicht mehr aufgeholt werden können (GROSSER et al. 1998). Für die Ausbildung der Schnelligkeit ist nach BAUERSFELD und VOSS (1992) der Zeitabschnitt bis zum Abschluss der biologischen Reifung besonders günstig. Insbesondere im Altersbereich zwischen acht und 16 Jahren ermöglichen die hohe Plastizität der Großhirnrinde und die morphologisch begründete Instabilität des Nervensystems am besten die Grundlagenausbildung im Bereich der Schnelligkeitsfähigkeiten (WEINECK 2000).

In den folgenden Übersichten (Tab. 3 und 4) sind die unterschiedlichen Altersstufen, ihre biologischen Gegebenheiten und die entsprechenden Trainingsziele noch einmal im Überblick dargestellt.

Tab. 3: Biologische und praktische Trainingsziele zur Verbesserung der Schnelligkeitsfähigkeiten (modifiziert nach GROSSER et al. 1998, 17).

Biologische Trainingsziele	Praktische Trainingsziele	Ab welchem Alter günstig trainierbar?
Ausbildung neuromuskulärer Steuer- und Regelprozesse	„Erlernen“ von Zeitprogrammen	Ab ca. 7/9 – 13/15 Jahren
Verbesserung der intermuskulären Koordination (in Verbindung mit Steuer- und Regelmechanismen)	Training der Reaktions-, Aktions- und Frequenzschnelligkeit (Technik!)	Ab ca. 9 – 15/16 Jahren
Ausbildung morphologischer Strukturen und funktional-energetischer Prozesse	Ergänzung der reinen Schnelligkeitsfähigkeiten mit weiteren leistungsbestimmenden konditionellen Komponenten	Ab ca. 12/15 Jahren bis zur Ausreifung

Tab. 4: Alters- und Trainingsstufen, biologische Gegebenheiten und sensible Phasen für Schnelligkeitsfähigkeiten (modifiziert nach GROSSER et al. 2004, 210).

Altersstufe	Biologische Gegebenheiten	Sensible Phasen und Training für	Leistungsergänzende Fähigkeiten
6/7 – 9/10 Grundlagentraining	- Gehirnwachstum 95 % - beginnende gute Bewegungskoordination	- Zeitprogramme - Frequenzschnelligkeit - allgemeine Reaktionsschulung	- allgemeine koordinative Fähigkeiten
9/10 – 11/13 Aufbautraining 1	- Gehirnreife abgeschlossen - sehr gute Bewegungskoordination	- Zeitprogramme - Reaktionsschnelligkeit - Frequenzschnelligkeit - (Aktionsschnelligkeit)	- spezielle koordinative Fähigkeiten - komplexes Muskeltraining
11/13 – 14/15 Aufbautraining 2	- z.T. Koordinations-einschränkungen - günstige Kraftschnelligkeit	- Zeitprogramme - Aktionsschnelligkeit - Kraftschnelligkeit	- dynamische und reaktive Schnellkraft - komplexes Muskeltraining - aerobe Kapazität
Ab 15/16/17 Anschlussstraining	- erneut günstige Koordination	- alle Schnelligkeitsfähigkeiten	- schnelligkeitsorientierte Maximalkraft - aerobe und anaerobe Kapazität

Die Entwicklungskurven für die lokomotorische Schnelligkeit zeigen, verbunden mit den entwicklungsbedingten physiologischen Veränderungen der Hebelverhältnisse und der muskulären Voraussetzungen, bis zum Einsetzen des puberalen Wachstumsschubes einen steten Leistungszuwachs. Mit Beginn der Pubertät kommt es zu tiefgreifenden psychophysischen Veränderungen, welche auch die elementaren und komplexen Schnelligkeitsvoraussetzungen bzw. -leistungen beeinflussen. Die hormonelle Umstellung und die damit verbundene Erhöhung der Muskelkraft wirken sich mit Beginn der Pubertät auf das Schnelligkeitsniveau aus. Während bei den Jungen hohe Gewinne an Schnelligkeit durch den Einfluss der Androgene in Form großer Zuwachsraten in der Maximal- und Schnellkraft sowie der Zunahme der anaeroben Kapazität zu verzeichnen sind, stagniert der Leistungsanstieg bei den Mädchen mit der Folge, dass die Leistungsschere zwischen Jungen und Mädchen (vgl. Kap. 2.2.4 Geschlechtsspezifische Unterschiede) ab diesem Zeitpunkt auseinander geht (KELLER 2002, GEESE und HILLEBRECHT 2006, WEINECK 2000, 2004). Bei weitgehend kraftunabhängigen Schnelligkeitsleistungen sind geschlechtsspezifische Unterschiede allerdings bisher nicht nachgewiesen worden. Je höher jedoch der Einfluss der Kraft (höhere Kraft ist die Voraussetzung für größere Schrittlängen und damit für höhere Laufgeschwindigkeiten sowie eine höhere Beschleunigung im Startabschnitt) auf die Schnelligkeit ist (z.B. beim Sprint, Sprung oder Wurf), desto ausgeprägter sind die Leistungsunterschiede zwischen Jungen und Mädchen (GEESE und HILLEBRECHT 2006, THIENES 1999).

Ein Schnelligkeitstraining sollte immer vor dem Hintergrund der jeweiligen Sportarten betrachtet werden, da diese unterschiedlichen Anforderungsprofilen unterliegen (JENKINS und REABURN 2000). Demzufolge sollten die Schnelligkeitsübungen möglichst die raum-zeitlichen, dynamischen und energetischen Merkmale der entsprechenden Wettkampfbewegungen teilweise oder ganz enthalten (GROSSER 1997, GROSSER et al. 1998). Des Weiteren sollte ein Schnelligkeitstraining folgenden Gestaltungsrichtlinien unterliegen: Qualität vor Quantität (Schnelligkeit lernen und trainieren); maximale und

supramaximale Intensität; Belastungsdauer bei zyklischen Übungen sollte möglichst acht bis zehn Sekunden nicht überschreiten und azyklische Schnelligkeitshandlungen sind vorzugsweise als maximaler Einzelversuch bzw. nur in kleinen Serien zu gestalten; ausreichende Pausenlänge (Wiederholungsmethode, vollständige Erholung, keine Ermüdungserscheinungen); bewusste Mitarbeit des Sportlers (Motivation, Konzentrationsfähigkeit); variierende Übungsausführungen sowie ausreichende Regenerationszeiten zwischen den Trainingseinheiten. Zusätzlich sollten das Alter, der Leistungsstand, individuelle Stärken und Schwächen, mögliche Schnelligkeitsbarrieren sowie die unterschiedlichen Schnelligkeitsarten und alle Hauptmuskelgruppen bei der Gestaltung eines Schnelligkeitstrainings berücksichtigt werden. Ein Schnelligkeitstraining sollte vor allen anderen Trainingsinhalten durchgeführt werden und sowohl reine als auch sportartspezifische bzw. techniknahe Schnelligkeitsübungen beinhalten (BAUERSFELD und VOSS 1992, GROSSER et al. 1998, 2004, GROSSER 1997, GROSSER und SCHÖNBORN 2001, JENKINS und REABURN 2000).

Zusammenfassend lässt sich zum Thema Trainierbarkeit der Schnelligkeit im Kindes- und Jugendalter festhalten, dass Belastungen zur Erhöhung der Schnelligkeitsvoraussetzungen im Kindes- und Jugendtraining ein für die weitere Entwicklung bedeutsamer Faktor sind und somit das Kinder- und Jugendtraining in allen Trainingsbereichen schnelligkeitsorientiert zu gestalten ist. Denn nur durch einen frühzeitigen, systematischen und langfristig gesteuerten Leistungsaufbau können die individuellen Schnelligkeitsfähigkeiten bestmöglich ausgebildet werden.

2.3.4 Trainierbarkeit der Ausdauerfähigkeiten im Kindes- und Jugendalter

Unter dem Begriff Ausdauer wird allgemein die psycho-physische Ermüdungswiderstandsfähigkeit und schnelle Erholungsfähigkeit des Sportlers verstanden. Die Ausdauer lässt sich je nach Betrachtungsweise in eine Vielzahl von Erscheinungsformen unterteilen. Bezüglich des Anteils an beteiligter Muskulatur wird zwischen *allgemeiner* und *lokaler* Ausdauer unterschieden, unter dem Aspekt der Sportartspezifität zwischen *allgemeiner* und *lokaler* Ausdauer, unter dem Aspekt der muskulären Energiebereitstellung zwischen *aerober* und *anaerober* Ausdauer, unter dem Aspekt der Wettkampfdauer zwischen *Kurz-, Mittel- und Langzeitausdauer* und unter dem Aspekt der beteiligten motorischen Hauptbeanspruchungsformen zwischen *Kraft-, Schnellkraft-, und Schnelligkeitsausdauer* (WEINECK 2000, GROSSER et al. 2004). Für das Training der Ausdauer können mit der *Dauermethode, Intervallmethode, Wiederholungsmethode* und der *Wettkampfmethode* vier grundlegende Trainingsmethoden genannt werden (GRUBER 2002). Auf die einzelnen Erscheinungsformen bzw. Aspekte und Trainingsmethoden der Ausdauer wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen, sondern auf weiterführende Literatur verwiesen (MARTIN et al. 1993, WEINECK 2000, HOLLMANN und HETTINGER 2000, GROSSER et al. 2004).

Ausdauertraining führt zu einer Ökonomisierung des Herzkreislaufsystems, einer Abnahme der Herzfrequenz in Ruhe und bei submaximaler Leistung sowie einer Erhöhung der maximalen Sauerstoffaufnahme. Das Herz vergrößert sich bis zu einer maximalen physiologischen Wachstumsgrenze und kann somit ein höheres Schlagvolumen bewältigen. Aus kardiologischer Sicht kann festgehalten werden, dass bei der Durchführung eines Ausdauertrainings bei Kindern mit keiner Schädigung, sondern vielmehr mit positiven adaptiven Veränderungen zu rechnen ist (ROST 1993, HOLLMAN und HETTINGER 2000, WEINECK 2004).

In der Literatur finden sich zahlreiche Untersuchungen zur Frage der Ausdauertrainierbarkeit von Kindern, allerdings mit kontroversen Ergebnissen. Positive Befunde, also eine Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}), wurden ebenso oft gefunden, wie das Gegenteil (ROWLAND 1993).

Die kontroversen Ergebnisse können nach Auffassung von SHEPHARD (1992), LEMURA et al. (1998) und BAQUET et al. (2003) durch verschiedene Mängel im Studiendesign erklärt werden. Eine andere Annahme besteht darin, dass Kinder eine hohe Alltagsaktivität vorweisen und somit vermutlich besser vortrainiert sind als Erwachsene, und es demzufolge schwieriger für sie ist, vergleichbare Steigerungen der aeroben Kapazität zu erzielen (BORMS 1986, ROWLAND 2005). Konträr zu früheren Lehrmeinungen (z.B. ZAUNER et al. 1989, KATCH 1983) liegt nach Ansicht von SHEPHARD (1992) allerdings kein Beweis dafür vor, dass vorpubertäre Kinder im Vergleich zu älteren Kindern eine geringere Trainierbarkeit der Ausdauerleistungsfähigkeit aufweisen. Nach der von KATCH (1983) aufgestellten „trigger hypotheses“ kann der kindliche Organismus vorpubertär aufgrund reifungsbedingter Prozesse nicht oder nur eingeschränkt auf Trainingsreize reagieren und weist somit eine reduzierte Belastbarkeit auf. Befunde von KOBAYASHI et al. (1978) und von WILLIAMS et al. (2000) stützen die Aussage von KATCH (1983). Im Gegensatz dazu berichten BAQUET et al. (2002) von einer signifikanten Zunahme der VO_{2max} bei vorpubertären Kindern nach einem siebenwöchigen intermittierenden aeroben Ausdauertraining. In der „TOYA-Studie“ (BAXTER-JONES et al. 1993) weisen sämtliche Versuchspersonen der Sportarten Schwimmen, Tennis und Fußball in allen pubertären Entwicklungsabschnitten eine höhere VO_{2max} im Vergleich zu Untrainierten auf. Bei Sportarten mit einem ausdauerbetonten Training konnte bei vorpubertären Kindern ebenfalls eine Zunahme der VO_{2max} festgestellt werden (BAXTER-JONES et al. 1993). Demzufolge existiert eine morphologische Trainierbarkeit bei Jungen wie bei Mädchen im vorpubertären Alter (HOLLMANN und HETTINGER 2000).

Vergleiche zwischen verschiedenen Studien erweisen sich als äußerst problematisch. Folglich wurde in verschiedenen Übersichtsarbeiten (ROWLAND 1985, PATE und WARD 1990, BAQUET et al. 2003, VACCARO und MAHON 1987, PAYNE und MORROW 1993) ein strenger Kriterienkatalog verwendet, um sich einen möglichst objektiven Überblick bezüglich der Ausdauertrainierbarkeit von Kindern zu verschaffen. ROWLAND (1985) fasste neun Trainingsuntersuchungen zusammen, welche die Kriterien erfüllten, die im

Allgemeines bei Erwachsenen zu einer Steigerung der aeroben Leistungsfähigkeit führen, nämlich dynamische Belastungen großer Muskelgruppen, drei bis fünf Trainingseinheiten pro Woche von 15-60 Minuten Dauer mit einer Intensität entsprechend einer Herzfrequenz von 60-90% des individuellen Maximums. Trotz einiger verbliebener experimenteller Schwächen (z.B. fehlende Kontrollgruppen, geringe Probandenzahl) zeigte sich in sechs dieser Studien eine Steigerung der gewichtsbezogenen, maximalen Sauerstoffaufnahme zwischen sieben und 26% (Mittelwert 14%), also Ergebnisse, welche auch von Erwachsenen zu erwarten wären. Demzufolge kommt ROWLAND (1985) zu dem Schluss, dass eine Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme unter Training bei Vorpubertären möglich ist und dass die Trainingsrichtlinien, die bei Erwachsenen Geltung haben, auch bei Kindern vor der Pubertät Anwendung finden können. Ebenfalls von einer Zunahme der kardiorespiratorischen Kapazität berichten VACCARO und MAHON (1987) in ihrer Übersicht, wobei trainierte Kinder im Vergleich zu untrainierten Kindern eine höhere VO_{2max} erreichen. Diese Unterschiede lassen sich ungeachtet vom Alter der Kinder beobachten, treten allerdings bei älteren Kindern deutlicher hervor (VACCARO und MAHON 1987).

In einer weiteren Übersichtsarbeit (PATE und WARD 1990) wurden nach strengen Auswahlkriterien zwölf Trainingsstudien mit vorpubertären Kindern überprüft. In acht dieser Studien kam es in der Trainingsgruppe zu einem Anstieg der VO_{2max} zwischen 1,3 und 20,5% (Mittelwert 10%), während die Änderung in der Kontrollgruppe zwischen -3,3 und +9,9% (Mittelwert 2,7%) lag. Die Zunahme der aeroben Kapazität in den Trainingsgruppen liegt nach PATE und WARD (1990) im unteren Streubereich der Ergebnisse ähnlicher Studien, die an Erwachsenen durchgeführt wurden. Auch BAQUET et al. (2003) stellen in ihrer Übersicht von 22 ihrem Kriterienkatalog entsprechenden Trainingsstudien eine Zunahme der VO_{2max} im Mittel zwischen 5-6% bei Kindern und Jugendlichen fest. Bei reiner Berücksichtigung von Studien, bei denen signifikante Trainingseffekte erzielt wurden, steigt die Zunahme der VO_{2max} im Mittel auf 8-10% (BAQUET et al. 2003). Von einer Steigerung der aeroben Kapazität bei Vorpubertären, allerdings mit einer Zunahme der VO_{2max} im Mittel

von weniger als 5%, berichten auch PAYNE und MORROW (1993) in ihrer Meta-Analyse von 28 ihren Auswahlkriterien entsprechenden Studien (ursprünglich 69 Studien). Folglich schlussfolgern sie, dass die Trainingseffekte bezüglich der VO_{2max} bei vorpubertären Kindern eher als gering bis moderat zu beziffern sind (PAYNE und MORROW 1993).

Es lässt sich festhalten, dass ein Ausdauertraining bei vorpubertären Kindern zu einer Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) führt, allerdings absolut gesehen wahrscheinlich in geringerem Ausmaß im Vergleich zu Jugendlichen und Erwachsenen (ROWLAND 1993, PATE und WARD 1996, MATOS und WINSLEY 2007). Vorpupertäre Kinder erzielen nach einem Ausdauertraining eine Zunahme der VO_{2max} im Mittel zwischen 5-15%, während bei Jugendlichen und Erwachsenen eine Verbesserung der VO_{2max} zwischen 15-25% erreicht werden kann (WILMORE und COSTILL 2005). Demzufolge scheinen biologische Unterschiede zwischen Kindern und Erwachsenen zu bestehen, welche die Anpassungsfähigkeit im kindlichen Organismus einschränken (BORMS 1986, ROWLAND 2005). Generell passen sich Kinder und Jugendliche körperlich regelmäßigen Ausdauerbelastungen genauso an wie Erwachsene (SADY 1986, ROWLAND 1992, WEINECK 2004). Ihre energetisch-physiologischen Voraussetzungen für hohe Ausdauerbelastungen sind sehr gut (vgl. Kap 2.2.2 Aerobe Leistungsfähigkeit) und trotzdem scheinen sie gegenüber Jugendlichen und Erwachsenen eine geringere Ausdauertrainierbarkeit aufzuweisen, wenn man diese an der absoluten VO_{2max} misst.

Bislang wurde in pädiatrischen Untersuchungen zur aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit nahezu ausschließlich die maximale Sauerstoffaufnahme untersucht, unter anderem weil sich die Anwendung invasiver Untersuchungsmethoden aus ethischen Gründen verbietet (TOLFREY 2007). Befunde von ARMSTRONG et al. (1996) zeigen jedoch, dass bei Kindern auch bei erschöpfender Belastung häufig Kriterien zur sicheren Bestimmung der tatsächlichen maximalen Sauerstoffaufnahme nicht gefunden werden, da unter anderem auch geeignete Testinstrumente zur Beurteilung der aeroben Leistungsfähigkeit und damit auch ihrer Trainierbarkeit für das Kindesalter fehlen (BENEKE et al. 2002). Demzufolge könnte somit die traditionelle

Beurteilung der Sauerstoffaufnahme bei Kindern als allgemein anerkanntes Maß der aeroben Leistungsfähigkeit von relativ geringem Nutzen sein, vor allem, wenn sie als einziges Kriterium herangezogen wird (BORMS 1986, MATOS und WINSLEY 2007).

Die verminderte aerobe Trainierbarkeit könnte nach ROWLAND (1997) möglicherweise in der reifungsbedingten reduzierten Fähigkeit einer Steigerung des Plasmavolumens und einer weniger effektiven peripheren Muskelpumpe begründet sein. Nach SHEPHARD (1992) werden zudem auch eine limitierte Sekretion männlicher Sexualhormone, geringe Enzymkonzentrationen und ein bestehender Mangel an körperlichen Fähigkeiten als mögliche Ursachen einer verminderten Ausdauertrainierbarkeit bei vorpubertären Kindern vermutet. MATOS und WINSLEY (2007) nehmen an, dass eher zentrale als periphere Faktoren trainingsbedingte Adaptionen der aeroben Leistungsfähigkeit bei Kindern bestimmen. Wahrscheinlich lassen sich trainingsbedingte Verbesserungen der Sauerstoffaufnahme präpubertärer Kinder vorrangig auf eine Zunahme des Schlagvolumens, bedingt durch eine Linksherzhypertrophie, zurückführen (OBERT et al. 2003).

Die Frage nach der für Kinder erforderlichen Intensitätsschwelle, die überschritten werden muss, um Ausdauererfolge zu erzielen, kann bisher nicht definitiv beantwortet werden. ROWLAND (1993) vermutet, dass sich das Fehlen von Trainingseffekten in einer Reihe von Studien zur Trainierbarkeit von Kindern möglicherweise darauf zurückführen lässt, dass die erforderliche Trainingsintensität nicht erzielt wurde. Folglich tendiert man in aktuelleren Untersuchungen dazu, Kinder kürzer, dafür aber intensiver zu belasten (BAQUET et al. 2002). Belastungsintensitäten größer als 80% der maximalen Herzfrequenz sind nach Einschätzung von BAQUET et al. (2003) notwendig, um bei Kindern Verbesserungen in der Sauerstoffaufnahme zu erzielen. Auch andere Autoren sprechen sich für eine deutlich höhere Trainingsintensität bei Kindern im Vergleich zu Erwachsenen aus, um positive Trainingseffekte erzielen zu können (BORMS 1986, ROWLAND 1992, 1997, 2005, MATOS und WINSLEY 2007, OBERT et al. 2003).

Auch die Ausübung verschiedener Sportarten und die damit verbundene spezifische Art des Trainings scheinen einen unterschiedlichen Einfluss auf die Ausdauertrainierbarkeit bei Kindern und Jugendlichen zu haben. Nach BAR-OR (1989) ist der aerobe Trainingseffekt der Sportart Schwimmen wahrscheinlich höher als der von anderen Sportarten. Diese Einschätzung bestätigen BAXTER-JONES et al. (1993). Sie berichten in der „TOYA-Studie“, dass die Schwimmer im Vergleich zu den Versuchspersonen der anderen Sportarten (Tennis, Fußball, Turnen) in allen Altersklassen die höchste VO_{2max} vorweisen. BENCKE et al. (2002) berichten in ihrer Studie mit Turnern, Handballern, Tennisspielern und Schwimmern ebenfalls von dem bedeutenden Einfluss der Sportartspezifität auf die Leistungsfähigkeit. So verfügen beispielsweise die Turner im Vergleich mit den Probanden der anderen Sportarten über die höchste Sprungkraft (BENCKE et al. 2002).

Über die Trainierbarkeit der anaeroben Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen sowie über enzymatische, hormonelle oder morphologische Anpassungsreaktionen unter Ausdauertraining ist bis zum heutigen Zeitpunkt relativ wenig bekannt. Zusätzlich kommt erschwerend hinzu, dass divergierende Auffassungen diesbezüglich bestehen (vgl. Kap. 2.2.3 Anaerobe Leistungsfähigkeit). Geäußerte Befürchtungen gegenüber einem anaeroben Training im Kindesalter bestehen darin, dass ein solches Training als unphysiologisch und nicht altersgerecht eingestuft wird (MARTIN et al. 1999, CONZELMANN 2002, WEINECK 2004, GROSSER et al. 2004, JENKINS und REABURN 2000). Nach Einschätzung von ASMUS (1995) gilt eher die Pubertät als Phase einer sehr guten Trainierbarkeit der anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit. Die scheinbar ungünstigen Voraussetzungen der Kinder für anaerobe Leistungen werden nach BENEKE et al. (2002) allerdings vielfach überbewertet. Neuere Befunde deuten darauf hin, dass Kinder sehr wohl anaerob belastbar und trainierbar sind, und dass diese Belastungen durchaus als altersadäquat einzustufen sind. Untersuchungsergebnisse von WELSMAN et al. (1997) weisen bei vorpubertären Mädchen nach einem achtwöchigen aeroben Trainingsprogramm zwar keine signifikante Verbesserung der VO_{2max}

auf, allerdings wird bei submaximaler Belastung eine Reduktion der Laktatkonzentration festgestellt. Befunde von HEBESTREIT et al. (1993) belegen, dass vorpubertäre Jungen im Vergleich zu Erwachsenen nach hochintensiven Belastungen eine deutlich schnellere Erholungszeit aufweisen. Begründet wird dies mit geringeren Azidosen, kürzeren Diffusionsstrecken sowie schnellerer Metabolitenbeseitigung (HEBESTREIT et al. 1993, FALK und DOTAN 2005, 2006). Untersuchungen von BENEKE et al. (2005, 2007) untermauern diese Einschätzung.

MERO et al. (1990) berichten von einer signifikanten Zunahme der Testosteronkonzentration bei vorpubertären Jungen nach einer einjährigen Trainingsperiode mit der Folge einer signifikanten Verbesserung der Schnelligkeit, Kraftschnelligkeit und anaeroben Kapazität im Gegensatz zur Kontrollgruppe. Ein von INGLE et al. (2006) durchgeführtes zwölfwöchiges Komplextraining mit vorpubertären Jungen resultiert in gesteigener anaerober und dynamischer Kraft, verbesserter Sprung- und Wurfleistungsfähigkeit sowie erhöhter Sprintleistung.

Es wird vermutet, dass ein Anstieg der glykolytischen Kapazität ein Faktor sei, der bei Kindern und Jugendlichen zu trainingsbedingten Veränderungen der anaeroben Kraft und Muskelausdauer führt (BLIMKIE und BAR-OR 1996). Biopsische Befunde von ERIKSSON et al. (1973) weisen bei 11-13-jährigen Jungen nach einem 16-wöchigen gemischten aeroben und anaeroben Ausdauertraining eine Zunahme des oxidativen Enzyms SDH um 30% sowie eine Erhöhung der anaeroben Enzyms PFK um 83% auf. Demzufolge schlussfolgern die Autoren, dass sich die glykolytische Kapazität bereits bei Vorpubertären mittels Training steigern lässt.

Resultate von FOURNIER et al. (1982) dokumentieren enzymatische Anpassungsreaktionen bei 16-17-jährigen Jungen nach einem dreimonatigen Trainingsprogramm in Abhängigkeit vom Trainingsmodus. Ausdauerbetontes Training resultiert in einer signifikanten Zunahme des oxidativen Enzyms SDH und der VO_{2max} , wobei bei dem Sprinttraining eine signifikante Zunahme des anaeroben Enzyms PFK festzustellen ist. Die enzymatischen Anpassungsreaktionen sind im Vergleich zu Erwachsenen in ihrer Art der Anpassung gleich,

allerdings unterschiedlich (geringer) im Ausmaß der Anpassung (FOURNIER et al. 1982, HOFSTETTER und RHODIUS 2001). Die Autoren schlussfolgern, dass eine Abhängigkeit der Enzymreaktion von der Art des Trainings besteht. Zu einer ähnlichen Einschätzung gelangen auch MERO et al. (1991) in ihrer Untersuchung bezüglich der Muskelfaserzusammensetzung.

Obwohl nach ZAUNER et al. (1989) vereinzelte Hinweise bestehen, dass auch bei Vorpubertären durch entsprechendes Training eine Veränderung der Muskelfaserverteilung erreicht werden kann, verursachte das (allerdings nur 16wöchige) Ausdauertraining in der Studie von ERIKSSON et al. (1973) keine signifikanten Veränderungen in der Faserverteilung. In der Längsschnittstudie von JACOBS et al. (1982) werden ebenfalls keine Veränderungen in der Muskelfaserzusammensetzung bei 11-13-jährigen Jungen festgestellt, allerdings resultiert das Training in einer gestiegenen Muskelausdauer, bedingt durch eine Zunahme des Muskelquerschnitts. Folglich kommt es nach ROST (1993) offensichtlich erst mit der Pubertät zu einer definitiven Determinierung der Muskelfaserzusammensetzung.

Ein anaerobes Training mit Kindern sollte nach MATOS und WINSLEY (2007) drei Mal pro Woche mit einer Trainingsdauer von 30 Minuten bis zu einer Stunde im Hochintensitätsbereich (Intensität > 90%) mit einer jeweiligen Belastungsdauer von 20-30 Sekunden durchgeführt werden. Dabei sollten die Pausen zwischen den Übungsserien keine vollständige Regeneration ermöglichen (ROWLAND 2005). Das Training sollte aus Sprints, Sprüngen, Würfen und plyometrischen Übungen bestehen. Damit die Motivation hochgehalten und somit ein bestmöglicher Trainingserfolg gewährleistet werden kann, sollten die hochintensiven anaeroben mit submaximalen aeroben Aktivitäten kombiniert werden (MATOS und WINSLEY 2007).

Nach bisherigem Kenntnisstand auf Basis der vorhandenen Literatur scheinen auch Kinder eine anaerobe Trainierbarkeit aufzuweisen (WILMORE und COSTILL 2005). Welche Rolle Muskelgröße, Muskelfaserzusammensetzung, neurologische und biochemische Veränderungen als mögliche verantwortliche Mechanismen für die Zunahme der anaeroben Leistungsfähigkeit bei Kindern spielen, muss durch zukünftige Forschungsarbeit genauer geklärt werden.

Zusammenfassend lässt sich bezüglich der Ausdauertrainierbarkeit von Kindern festhalten, dass sowohl eine bedeutsame aerobe als auch eine anaerobe Trainierbarkeit besteht. Die Interpretation der Ausdauertrainierbarkeit von Kindern ist angesichts der sehr unterschiedlichen Ansätze und methodischen Schwierigkeiten, der Interferenz von Wachstums- mit Trainingseffekten sowie der vor allem bezüglich der anaeroben Trainierbarkeit noch spärlichen Befundlage nach wie vor schwierig. Generell bleibt aber festzuhalten, dass Kinder und Jugendliche sich körperlich regelmäßigen Ausdauerbelastungen grundsätzlich genauso anpassen wie Erwachsene. Die absolute Anpassungsfähigkeit im kindlichen Organismus scheint jedoch im Vergleich zum Erwachsenen vermutlich durch biologische (reifungsbedingte) Unterschiede eingeschränkt zu sein, bei der relativen Anpassungsfähigkeit verringern sich diese Unterschiede jedoch erheblich. Diesbezüglich besteht allerdings weiterer Klärungs- und Forschungsbedarf. Es kann jedoch dokumentiert werden, dass trotz reduzierter Trainierbarkeit der maximalen Sauerstoffaufnahme von Kindern im Vergleich zu Erwachsenen Verbesserungen in der Bewegungsökonomie, der Laktat- und Ventilationsschwellen und somit von Ausdauerleistungen auch ohne eine Zunahme der VO_{2max} möglich sind (MATOS und WINSLEY 2007). Ziel muss es sein, dass Kinder Freude entwickeln, sich ausdauernd zu bewegen, da ein vielseitig ausdauerbetontes Training (auch intensives Training ist hier sehr geeignet) im Kindesalter die beste Grundlage für alle später gewählten Sportarten darstellt.

2.3.5 Regeneration und Übertraining im Kindes- und Jugendalter

Im Leistungssport werden Kinder und Jugendliche zunehmend mit gesteigerten Anforderungen, höheren Trainingsintensitäten und –umfängen sowie einer höheren Wettkampfdichte konfrontiert. Dabei ist das Overload-Training eine wichtige Komponente des modernen Trainings. Diese Trainingsmethode ist durch eine geplante, systematische und progressive Erhöhung der Trainingsvolumina gekennzeichnet, welche in einer gewollten, kurzfristigen Übermüdung resultiert, gefolgt von einer Erholungsphase (Tapering). Ziel dieser Trainingsmethode ist eine größtmögliche Adaptation des Körpers an den spezifischen Belastungsreiz (KUIPERS und KEIZER 1988, VOGEL 2001). Allerdings existiert bislang noch keine klare wissenschaftliche Erkenntnis dazu, bis zu welchem Grad eine Belastung noch gesund und leistungssteigernd wirkt und ab wann sie zu einer Überbeanspruchung des Organismus führt (BRENNER et al. 2007). Demzufolge laufen die Athleten auf der Suche nach ihrer individuellen maximalen Leistungsfähigkeit Gefahr, ihre momentane Anpassungsgrenze zu überschreiten (VOGEL 2001). Übersteigt nämlich die Trainingsbelastung die Belastbarkeit des Sportlers über einen längeren Zeitraum, droht die Gefahr der Überbeanspruchung mit der Folge von Leistungsverlust durch Übertraining oder Verletzung, wenn nicht über genügend Erholung und entsprechende Regenerationsmaßnahmen gegengesteuert wird (GRUBER 2002, KENTTÄ et al. 2001, KUIPERS und KEIZER 1988). Häufigste Ursache für einen Überlastungszustand sind über einen längeren Zeitraum wiederholt absolvierte hohe Trainingsintensitäten, insbesondere im anaerob-laktaziden oder hochintensiven Ausdauerbereich sowie hohe, innerhalb kurzer Zeit angestiegene Trainingsumfänge oder eine zu hohe Wettkampfdichte (URHAUSEN und KINDERMANN 2002). Weiterhin mindern falsche Ernährung, banale Infekte, klimatische Faktoren und ständige monotone Belastungen die Trainingstoleranz (LEHMANN et al. 1998). In Interviews mit 15 jugendlichen Leistungssportlern (Alter 15-19 Jahre) stellte COAKLEY (1992) fest, dass eine wesentliche Ursache des ÜTS in der sozialen Organisation des Leistungssports zu finden ist. Folglich gilt Übertraining als Missverhältnis zwischen zu viel Training und zu wenig Regeneration, oft kombiniert mit anderen Trainings- und

Nicht-Trainings-Stressfaktoren, wie psychische und soziale Faktoren (FRY et al. 1991, LEHMANN et al. 1993, 1998, KUIPERS und KEIZER 1988, COAKLEY 1992, MORGAN et al. 1987, BUDGETT 1998).

Grundsätzlich wird zwischen Überbelastung (*Overreaching*) und dem Übertrainingssyndrom (ÜTS) differenziert. Mit *Overreaching* wird ein Zustand als Resultat eines länger dauernden Ungleichgewichts zwischen Belastungs- und Erholungsfaktoren bezeichnet, der durch einen ungeplanten und primär unerwarteten Leistungseinbruch gekennzeichnet ist. Die Regeneration vom Zustand des *Overreaching*s sollte bei optimalen Erholungsverhalten des Athleten höchstens zwei Wochen dauern, wobei noch eine Superkompensation erwartet werden kann. Bei ungenügender Regenerationszeit bzw. zu frühzeitiger Erhöhung der Trainingsbelastung droht die Gefahr eines Übertrainingssyndroms (VOGEL 2001, LEHMANN et al. 1998, HOOPER und MACKINNON 1995, MATOS und WINSLEY 2007, KENTTÄ et al. 2001).

Das Übertrainingssyndrom (ÜTS) stellt laut URHAUSEN und KINDERMANN (2002) nach wie vor eine sportmedizinische Herausforderung dar. Dies ist allein schon aus der Vielzahl unterschiedlicher Begriffsbestimmungen, die das Übertrainingssyndrom und seine Erscheinungsformen zu beschreiben versuchen, ersichtlich (vgl. VOGEL 2001, HOOPER und MACKINNON 1995). Mit dem Begriff *Übertrainingssyndrom* (ÜTS) wird ein Symptomkomplex mit Krankheitswert bezeichnet, der auf eine systematische Erschöpfung zurückzuführen ist, welche durch länger dauerndes unbehandeltes *Overreaching* verursacht wurde. Die Erholung vom ÜTS dauert Wochen bis Monate, eine Superkompensation ist nicht mehr möglich. Bevor jedoch von einem ÜTS ausgegangen werden kann, müssen andere organisch krankhafte Ursachen (z.B. Infekte, Schlafstörungen, endokrinologische Störungen) ausgeschlossen werden (FRY et al. 1991, VOGEL 2001, URHAUSEN und KINDERMANN 2002, KUIPERS und KEIZER 1988).

In der deutschen Literatur wird klassischerweise zwischen einer sympathikotonen (*basedowoiden*) und einer parasympathikotonen (*addisonoiden*) Form des ÜTS unterschieden, während in der britischen und amerikanischen Literatur die Unterscheidung zwischen diesen beiden Formen

primär nicht gemacht wird (VOGEL 2001, KUIPERS und KEIZER 1988). Das sympathikotone ÜTS geht mit ausgeprägteren vegetativen Symptomen wie erhöhte Herzfrequenz, Schlafstörungen, emotionale Instabilität und organbezogenen Beschwerden einher, wobei das parasympathikotone ÜTS eine verstärkte phlegmatische bis depressive Komponente aufweist und wegen seiner Symptomarmut schwerer zu erkennen ist. Oftmals liegt allerdings ein Mischtyp bzw. ein Übergang zwischen beiden Formen vor (URHAUSEN und KINDERMANN 2002, LEHMANN et al. 1993, KUIPERS und KEIZER 1988, HOOPER und MACKINNON 1995). Zusätzlich scheint es eine Sportartspezifität der Form des ÜTS zu geben. Das sympathikotone ÜTS tritt häufiger bei Schnellkeits- und Kraftsportlern auf, während die parasympathikotone Form des ÜTS vermehrt bei Ausdauersportlern in Erscheinung tritt (LEHMANN et al. 1993, KUIPERS und KEIZER 1988, HOOPER und MACKINNON 1995).

Obwohl das ÜTS nach wie vor eine der gefürchtetsten Funktionsstörungen des Leistungssportlers darstellt, existiert bis heute kein etabliertes Diagnoseschema. In der Übersicht von FRY et al. (1991) sind mehr als 90 verschiedene Symptome aufgelistet. Entsprechend vielfältig sind auch die Hypothesen, die der Pathophysiologie von Overreaching und ÜTS zu Grunde gelegt werden (vgl. VOGEL 2001, MATOS und WINSLEY 2007, FRY et al. 1991). Unglücklicherweise gibt es keinen alleinigen zuverlässigen physiologischen Marker für eine klare und schnelle Diagnose des ÜTS (KENTTÄ et al. 2001). Erschwerend kommt überdies eine große interindividuelle Variabilität bezüglich der Symptomatik innerhalb einer Sportart sowie zwischen Sportarten (ausdauer- oder kraftbetont) hinzu (MATOS und WINSLEY 2007, URHAUSEN und KINDERMANN 2002, KENTTÄ et al. 2001, LEHMANN et al. 1998). Nichtsdestotrotz treten einige Symptome öfter auf als andere (MATOS und WINSLEY 2007). Ein wesentliches Symptom und demzufolge eine häufig genannte Beschwerde von übertrainierten Athleten ist ein Abfall der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit trotz weitergeführtem oder sogar intensiviertem Training. Weitere zahlreich genannte Beschwerden sind Appetitlosigkeit, unerwarteter Gewichtsverlust, erhöhte Infektionsanfälligkeit, chronische Müdigkeit und Schlafstörungen sowie emotionale Störungen.

(BUDGETT 1998, ARMSTRONG und VANHEEST 2002, FRY et al. 1991, RAGLIN et al. 2000). Es bestehen sogar Parallelen zwischen Symptomen des ÜTS und Symptomen der klinischen Depression (ARMSTRONG und VANHEEST 2002). Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass Overreaching und ÜTS eine Vielfalt an strukturellen, neuroendokrinen, immunologischen, physiologischen und psychologischen Veränderungen induzieren und folglich kein einzelner, allgemein gültiger Parameter diese Veränderungen alleinig charakterisieren kann und demzufolge alle Faktoren zusammen eine Rolle bezüglich des ÜTS und der damit verbundenen gestörten Regenerationsfähigkeit spielen (BUDGETT 1998, VOGEL 2001).

Sportverletzungen, Verletzungsfolgen und Überlastungsschäden haben nach MELLEROWICZ et al. (2000) und BRENNER et al. (2007) auch bei Kindern und Jugendlichen im letzten Jahrzehnt deutlich zugenommen. Bis zu 50% aller Verletzungen im Nachwuchssport können nach DALTON (1992) auf Übertraining zurückgeführt werden. Demzufolge scheinen Overreaching und ÜTS auch bei Leistungssporttreibenden Kindern und Jugendlichen eine wichtige Rolle zu spielen. In einem Ländervergleich (USA, Japan, Schweden und Griechenland) von 13-18-jährigen Schwimmern haben RAGLIN et al. (2000) in einer Fragebogenuntersuchung festgestellt, dass 34,6% aller Teilnehmer zumindest einmal schon am ÜTS gelitten haben. Zu ähnlichen Resultaten (37%ige Häufigkeit des Auftretens eines ÜTS) gelangen auch KENTTÄ et al. (2001) bei ihrer Befragung von 272 Probanden aus 16 verschiedenen Sportarten. Dabei tritt das ÜTS beim Individualsport (48%) im Vergleich zum Mannschaftssport (30%) und weniger körperlich anstrengenden Sportarten (18%) am häufigsten auf (KENTTÄ et al. 2001).

Auch die Symptome eines ÜTS scheinen bei Kindern und Jugendlichen in gleicher Weise aufzutreten wie bei Erwachsenen. Häufig genannte Beschwerden sind Schwerfälligkeit, Erschöpfungsgefühle, Muskelschmerzen, Appetitlosigkeit, Schlafstörungen sowie Stimmungsschwankungen (RAGLIN et al. 2000, KENTTÄ et al. 2001). Zusätzliche Symptome sind vor allem psychosozialer Natur (KENTTÄ et al. 2001).

Wurde ein Übertrainingszustand diagnostiziert, ist eine vollständige Trainingspause nicht zu empfehlen, da die plötzliche Entlastung die Situation eher verschlechtern würde. Vielmehr ist mit einem reduzierten Training in Umfang und Intensität sowie psychologischer Unterstützung fortzufahren (URHAUSEN und KINDERMANN, GRUBER 2002). Regenerative Maßnahmen spielen hierbei eine wesentliche Rolle (REABURN 2000). Dabei ist aber zu beachten, dass der Regenerationsprozess in Abhängigkeit von individuellen genetischen Voraussetzungen und vom Trainingszustand erheblich variiert (GEESE und HILLEBRECHT 2006).

Eine Behandlung des ÜTS bedeutet nach LEHMANN et al. (1998) in erster Linie Prävention des ÜTS. Die zyklische Alternierung von intensiven und regenerativen Trainingseinheiten (Trainingsperiodisierung) wird hierbei als einer der Schlüssel zur Prävention von Overreaching und ÜTS angesehen (FRY et al. 1991, KUIPERS und KEIZER 1988, VOGEL 2001, SCHÖNBORN 2005). Eine weitere Hilfestellung zur Einschränkung der Gefahr von Übertraining geben BRENNER et al. (2007) mit ihren Trainingsempfehlungen. Präpubertäre Kinder sollten maximal fünf Trainingseinheiten pro Woche absolvieren, pro Woche mindestens einen Tag vollständig pausieren und auf das Jahr bezogen 2-3 Monate ohne Training verbringen (BRENNER et al. 2007). Zusätzlich wird eine multidisziplinäre Betrachtung und ein Belastungs- und Leistungsmonitoring mit Einsatz von psychischen (z.B. POMS (Profile of Mood States), Total Quality Recovery - Skala) kombiniert mit physiologischen (z.B. Immunglobulin (IgA), hormonelle Parameter (Testosteron und Cortisol), Herzfrequenzvariabilität) Markern unterschiedlicher Komplexität zur Prävention vom ÜTS empfohlen (MATOS und WINSLEY 2007, HOOPER und MACKINNON 1995). Hierdurch besteht sowohl die Möglichkeit, die Problematik ganzheitlich zu betrachten als auch herauszufinden, inwiefern Veränderungen der Stimmungslage mit physiologischen Parametern korrelieren, um weitere Erkenntnisse zu gewinnen (KENTTÄ und HASSMÉN 1998). Somit dürfte der vielversprechendste Weg im Hinblick auf Trainingsmonitoring und Früherkennung von Overreaching und

ÜTS eine noch systematischere Suche nach dem individuellen Verhalten von Parametern und Parameterkombinationen sein (VOGEL 2001).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Overreaching und ÜTS auch bei Kindern und Jugendlichen mit einem ähnlichen Symptomkomplex wie bei Erwachsenen in Erscheinung treten. Trainingsbelastungen sollten variabel gestaltet und zusammen mit der Wettkampfdichte dem Alter, der Leistungsbereitschaft und dem Leistungsniveau entsprechen, sowie durch ein komplexes Belastungs- und Leistungsmonitoring begleitet werden, damit Anzeichen von Übertraining frühzeitig diagnostiziert werden können (vgl. hierzu Position Statement des COMMITTEE ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS 2000, BRENNER et al. 2007). Entsprechende Symptome eines ÜTS müssen ernst genommen werden, da Müdigkeit und Leistungsminderung kein Zustand sind, den man überwinden, sondern respektieren muss.

2.4 Beanspruchungsprofil im Tennis

2.4.1 Tennisspezifische Leistungsfähigkeit

Wenn man den Trainingsprozess nach modernen Gesichtspunkten gestalten will, muss zuerst eine gründliche Analyse der jeweiligen Sportart durchgeführt werden (SCHÖNBORN 2000). Dabei variieren einzelne Sportarten nicht nur durch die verschiedenen leistungsbeeinflussenden Faktoren, sondern auch dadurch, dass sie eine unterschiedliche Ausprägung bei dem Einfluss gleicher Faktoren haben (DEUTSCHER TENNIS BUND 1996). Hinzu kommt, dass kaum eine andere Sportart durch eine ähnliche Vielzahl an Einflussfaktoren gekennzeichnet ist wie das Tennis (Abb. 10).

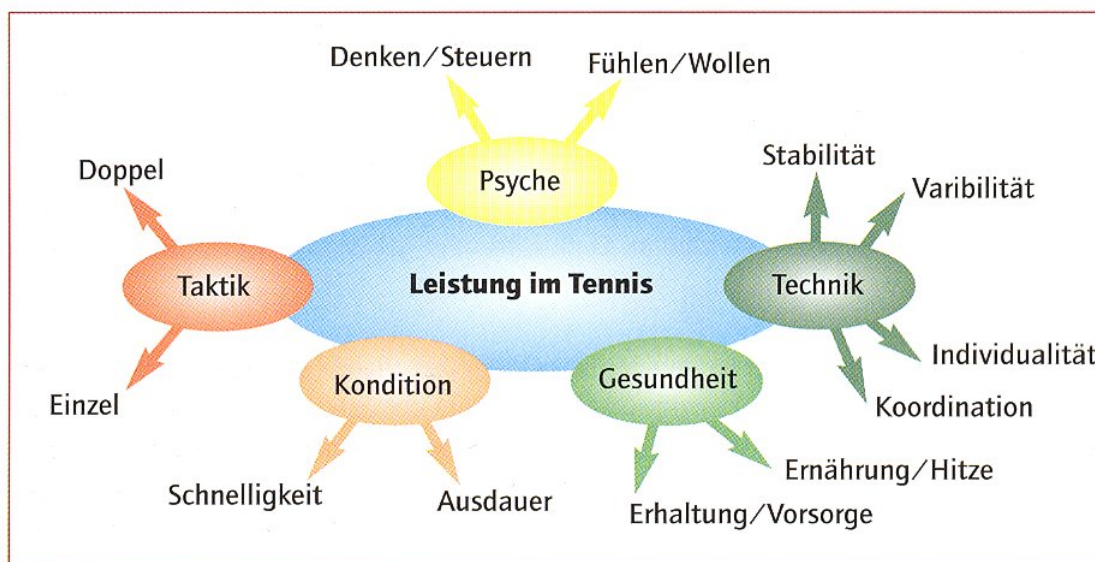


Abb. 10: Modell der Leistungsfaktoren im Tennis (FERRAUTI et al. 2006, 12).

Die Leistung im Tennis setzt sich dabei aus einem komplexen Netzwerk von wichtigen Einflussgrößen zusammen, in dem einzelne Faktoren, je nach Spielertyp, Geschlecht und Bodenbelag, in unterschiedlicher Weise in den Vordergrund treten. Diese Faktoren können sich überlagern, ergänzen, kompensieren oder gegenseitig störend beeinflussen. Da in der Weltspitze die Leistungsdichte immer mehr zunimmt, darf keiner der Faktoren für das Erreichen eines hohen Leistungsniveaus nur unterdurchschnittlich ausgeprägt sein (SCHÖNBORN 1984, FERRAUTI et al. 2006, KOVACS 2006).

Den bedeutendsten Faktor für die sportliche Leistungsfähigkeit im Tennis stellt unbestritten die Technik, insbesondere die Schlagtechnik, dar (FERRAUTI et al. 2006). Als entscheidendes Kriterium der Schlagtechnik wird hierbei die Schlagqualität, bestehend aus Schlaggenauigkeit und Schlaggeschwindigkeit, angesehen (HOLZER und REISCHL 1994a). Zusätzlich gehört die Taktik als Fähigkeit des Sportlers, sich unter Berücksichtigung der eigenen technischen Möglichkeiten Vorteile gegenüber dem Gegner zu erspielen, zu den wesentlichen Leistungsfaktoren des Tennissports. Auch psychische Leistungsfaktoren sind ebenso als leistungslimitierend zu betrachten wie die Gesundheit. Aus dem Bereich Kondition können nach FERRAUTI et al. (2006) vor allem die Größen Schnelligkeit und Ausdauer hervorgehoben werden. Andere Autoren bestätigen die besondere Bedeutung dieser Faktoren. So bezeichnet SCHÖNBORN (1996) die Schnelligkeit gemeinsam mit der Koordinationsfähigkeit als wichtigsten leistungslimitierenden Faktor im Tennissport, vor allem im Leistungsbereich. URHAUSEN et al. (1988) und KÖNIG et al. (2001) betonen die Wichtigkeit einer gut ausgebildeten aeroben Ausdauer bei Tennisspielern, welche in bestimmten Situationen als wichtiger konditioneller Faktor leistungsbegrenzend wirken kann. Überdies gewinnt der Faktor Kraft durch die zunehmend höheren Anforderungen an die Athletik der Tennisspieler immer mehr an Bedeutung (KLEINÖDER und KRAFT 2005, MESTER und WEBER 1990, KLEINÖDER und MESTER 1991).

2.4.2 Wettkampfspezifische Beanspruchung im Tennis

Beim Tennis handelt es sich um die einzige weit verbreitete Sportart, welche auf einer Vielzahl unterschiedlicher Bodenbeläge mit unterschiedlichen Ballarten und variablem Spielmodus (zwei Gewinnsätze vs. drei Gewinnsätze) ohne Zeitlimit betrieben wird (FERNANDEZ et al. 2006, KOVACS 2006). Der Tennissport wird hierbei als azyklische Ganzkörperbeanspruchung mit Intervallcharakter unterschiedlicher Intensität (überwiegend extensive und teilweise intensive Belastungsphasen) und Zeitdauer beschrieben (URHAUSEN et al. 1988, THERMINARIAS et al. 1991, BERGERON et al. 1991, FERRAUTI

et al. 2006, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007). Hierbei ist die Belastungsintensität nach THERMINARIAS et al. (1991) vorwiegend von der eigenen Spielstärke und des Spielcharakters des Gegners abhängig. Aufgrund der Dynamik und Komplexität des Tennisspiels sind nach STOJAN (1995), BERGERON et al. (1991) und MORANTE und BROTHERHOOD (2005) Matchanalysen bzw. Feldtests im Gegensatz zu Labortests die einzig wahre Quelle für Informationen bezüglich einer optimalen Trainingsgestaltung.

Die Spielzeiten für jeden Ballwechsel im Tennis variieren erheblich, da sie von einer Vielzahl von Faktoren wie Bodenbelag, Ballart, Spielertyp, Spielstrategie, Spielniveau, Geschlecht, Schlaggeschwindigkeit, Motivation sowie Umweltbedingungen beeinflusst werden (BERNWICK und MÜLLER 1995, KOVACS 2006, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007, O'DONOGHUE und INGRAM 2001). Die Spielphasen dauern auf langsamen Belägen wie Sandplätzen zwischen drei und zehn Sekunden. Auf Rasen und schnellen Hartplätzen verringert sich die Ballwechseldauer allerdings erheblich, so dass die durchschnittliche Spielzeit um 50-100% verringert ist (BROUNS 1990, FERRAUTI et al. 1998, 2006). In ihrer Analyse der vier Grand Slam Turniere erzielen O'DONOGHUE und INGRAM (2001) ähnliche Ergebnisse. Die höchste Ballwechseldauer wird bei den French Open ($7,7 \pm 1,7s$), die niedrigste in Wimbledon ($4,3 \pm 1,6s$) erzielt (O'DONOGHUE und INGRAM 2001). Eine längere Ballwechseldauer auf so genannten langsamen Belägen wird auch von SMEKAL et al. (2001) mit einer Durchschnittsdauer von $6,4 \pm 4,1s$ dokumentiert. Befunde von MORANTE und BROTHERHOOD (2005) weisen durchschnittlich längere Spielphasen bei den Australian Open im Vergleich zu Wimbledon sowohl bei den Männern ($6,4 \pm 1,4s$ vs. $5,2 \pm 0,8s$) als auch bei den Frauen ($7,0 \pm 1,3s$ vs. $5,6 \pm 0,6s$) auf. REILLY und PALMER (1993) berichten von einer durchschnittlichen Ballwechseldauer auf Hartplatz von $5,3 \pm 1,0s$. Zudem wurde bei 91% der Ballwechsel eine Belastungsdauer unter zehn Sekunden festgestellt (REILLY und PALMER 1993).

Die Wettkampfdauer setzt sich aus der effektiven Spielzeit, der Pausenzeit zwischen den Ballwechseln innerhalb eines Spiels und der Pausenzeit zwischen den Spielen zusammen (WEBER 1987). In Tennismatches variiert die

Wettkampfdauer allerdings deutlich. Sie beträgt oftmals mehr als eine Stunde und in einigen Fällen sogar mehr als fünf Stunden (FERNANDEZ et al. 2006). Trotz der teilweise hohen Matchdauer von mehreren Stunden sind die tatsächlichen effektiven Spielzeiten jedoch relativ kurz. Im Mittel beträgt die Nettospielzeit auf Sandplätzen zwischen 20-30% bzw. 10-15% auf Rasen oder schnellen Belägen, der Rest des Matches besteht aus Pausen (FERRAUTI et al. 1998, 2006, BROUNS 1990, FERNANDEZ et al. 2006, SCHÖNBORN 2000). Befunde von MORANTE und BROTHERHOOD (2005) dokumentieren bei beiden Geschlechtern eine höhere effektive Spielzeit in Wimbledon im Vergleich zu den Australian Open (Männer: $20,5 \pm 2,1\%$ vs. $17,5 \pm 2,4\%$; Frauen: $21,1 \pm 1,6\%$ vs. $20,2 \pm 2,1\%$). Ein hochsignifikanter Zusammenhang ergibt sich aus der effektiven Spielzeit und der taktischen Ausrichtung eines Spielers. So ist bei zwei taktisch offensiv ausgerichteten Spielern die effektive Spielzeit um 9% kürzer als bei einem Match zweier taktisch defensiv ausgerichteten Spieler (SMEKAL et al. 2001).

Das Verhältnis von durchschnittlicher Spielzeit zur Gesamtzeit des Matches variiert von ca. 1:2 und 1:5 in Abhängigkeit von der Platzoberfläche (KOVACS 2006, DEUTSCHER TENNIS BUND 1996). Während auf Hartplatz von einem Belastungs-Pausen-Verhältnis in der Spannweite von 1:1,7 (CHRISTMASS et al. 1998) und 1:3,1 (REILLY und PALMER 1993) berichtet wird, wird für schnelle Hallenbeläge ein mittleres Verhältnis zwischen realer Spielzeit und Pausenzeit von 1:5 dokumentiert (WEBER 1987). Insgesamt ergibt sich somit im Wettkampf im Mittel nach SCHÖNBORN (2000) ein Belastungs-Pausen-Verhältnis von 1:3,5.

Auf Sandplätzen dominiert eindeutig das Grundlinienspiel mit ca. 60%, gefolgt von der Spieleröffnung (Aufschlag und Return) mit ca. 32%, während Flugball (5%) und sonstige Schläge (3%) vergleichsweise selten gespielt werden (FERRAUTI et al. 1998, 2006). Auf Hartplätzen, Teppichböden und vor allem auf Rasen ändert sich die prozentuale Aufteilung, wobei Aufschlag, Return und Volley an Dominanz gewinnen (Abb. 11). Befunde von O'DONOGHUE und INGRAM (2001) belegen diese Einschätzung. Der prozentuale Anteil an Grundlinienschlägen ist bei den French Open am höchsten ($51,9 \pm 14,2\%$) im

Vergleich zu den Australian Open ($46,6 \pm 12,5\%$), US Open ($35,4 \pm 19,5\%$) und Wimbledon ($19,7 \pm 19,4\%$). Neben der Spieleröffnung (Aufschlag und Return) nimmt der Volley- und Smashanteil sowohl an Häufigkeit als auch an Wichtigkeit für das Spiel auf schnellen Belägen zu (O'DONOGHUE und INGRAM 2001, O'DONOGHUE 2001).

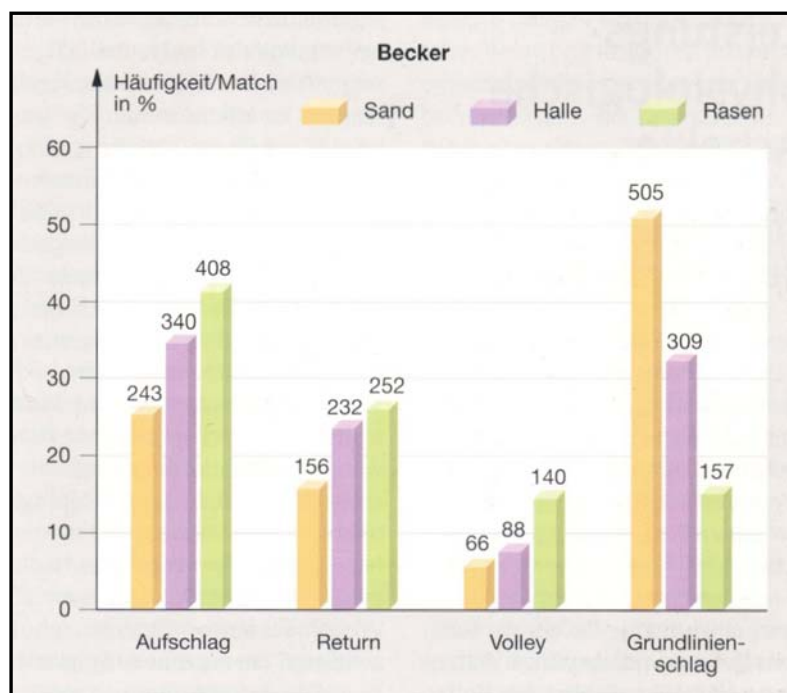


Abb. 11: Durchschnittliche Häufigkeit der verschiedenen Schlagkategorien in Abhängigkeit vom Bodenbelag bei Boris Becker (der statistische Mittelwertvergleich bezieht sich jeweils auf die Sandplatz-Ergebnisse) (DEUTSCHER TENNIS BUND 1996, 95).

Das heutige Tennis ist im Durchschnitt wesentlich schneller geworden. Aufschlaggeschwindigkeiten über 200 km/h gehören zur Regel, auch Passierschläge und Winner von der Grundlinie erreichen ohne große Probleme Geschwindigkeiten bis zu 120 km/h. Als Ursachen hierfür werden unter anderem die moderne Tennistechnik (starke Körperrotation während des Schlages, technische Virtuosität der Spieler), die heutige Schlägertechnologie, neue Spielstrategien sowie ein wesentlich besserer konditioneller Zustand der Spieler angesehen (SCHÖNBORN 2000).

Die Schlaghäufigkeiten innerhalb eines Punktes betragen nach SCHÖNBORN (2000) im Mittel auf Sandplätzen 6,8 Schläge, auf Hartplätzen 5,1 Schläge und auf Gras 2,1 Schläge. Auf Hartplätzen werden 79% und auf Sandplätzen 62%

aller Punkte spätestens mit dem sechsten Schlag entschieden. Das bedeutet, dass Aufschlag und Return zusammen in 79% bzw. 62% ein Drittel aller eingesetzten Schläge sind und ihnen somit eine besondere Wichtigkeit vor allem für das Training zukommt. Befunde von WEBER und FERRAUTI (2002) bestätigen dies. 80% der Ballwechsel auf Sandplätzen sind mit weniger als vier Schlägen beendet. Nur 5% der Ballwechsel dauern länger als acht Schläge und 15% der Ballwechsel dauern zwischen fünf und acht Schlägen.

Auf Sandplätzen werden etwa 80% aller Grundlinienschläge ohne wesentliche Zeitnot aus dem Stand geschlagen, wobei der Laufweg zur Schlagvorbereitung weniger als drei Meter beträgt (Abb. 12). 10% der Grundlinienschläge werden ohne festen Stand (im Rutschen) nach einem Laufweg von ca. 4-5 m geschlagen, wobei die Fehlerquote um das Doppelte ansteigt. Die restlichen 10% aller Schläge werden etwa je zur Hälfte nicht erreicht oder aber aus vollem Lauf geschlagen. Die Fehlerquote steigt hierbei um den Faktor 3,5 gegenüber dem Schlag aus dem Stand (FERRAUTI et al. 1998, 2006).

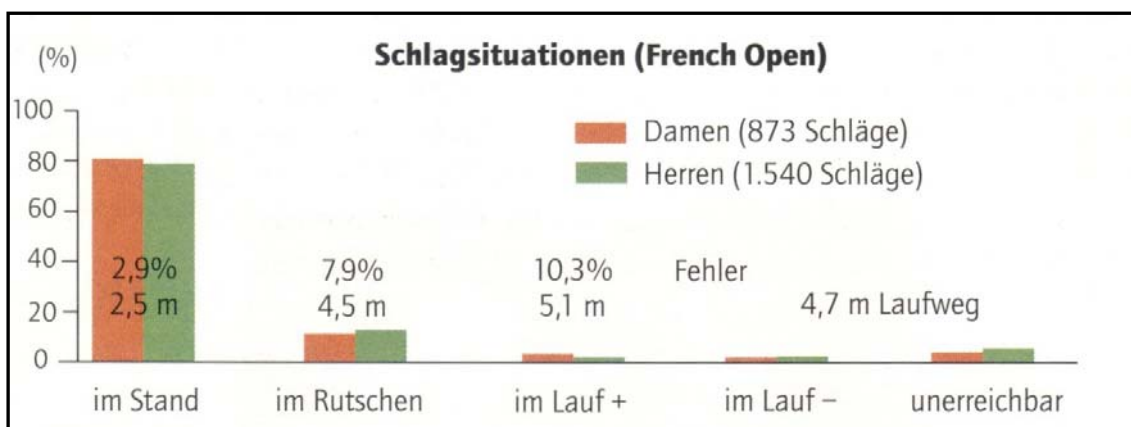


Abb. 12: Häufigkeit von Schlagsituationen und ihre durchschnittliche Fehlerquote und Laufwege beim Sandplatztennis (FERRAUTI et al. 2006, 16).

Bezüglich der Beanspruchungsstruktur im Tennis bestehen deutliche geschlechtsspezifische Unterschiede (O'DONOGHUE 2001, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007). In ihrer Analyse der Grand Slam Turniere zwischen 1997 und 1999 berichten O'DONOGHUE und INGRAM (2001) von einer signifikant längeren Ballwechseldauer (Frauen: $7,1 \pm 2,0s$ vs. Männer: $5,2 \pm$

1,8s) sowie von einem signifikant höheren prozentualen Anteil an Grundlinienballwechsell (Frauen: $52,8 \pm 12,4\%$ vs. Männer: $28,6 \pm 19\%$) bei Frauen im Vergleich zu Männern. Zudem werden bei Frauen signifikant weniger Netzanriffe sowohl bei eigenem Aufschlag als auch beim Returnspiel verzeichnet (O'DONOGHUE und INGRAM 2001). Aufgrund der längeren Ballwechseldauer erzielen Frauen eine längere effektive Spielzeit, weisen demnach ein verringertes Belastungs-Regenerations-Verhältnis im Vergleich zu Männern auf (Frauen: 1:2,6 vs. Männer: 1:4,4) und schlagen zudem weniger Bälle pro Sekunde (FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007, SCHÖNBORN 2000, MORANTE und BROTHERHOOD 2005). Die höheren Schlagfrequenzen bei Männern lassen sich einerseits mit einer unterschiedlichen Spielstrategie erklären, da Männer eher dazu tendieren, Serve and Volley zu spielen (O'DONOGHUE und INGRAM 2001). Zusätzlich verfügen Männer biologisch bedingt über eine bessere Athletik mit der Folge einer höheren Laufschnelligkeit und Ballgeschwindigkeit, welches ebenfalls höhere Schlagfrequenzen zur Folge hat (MORANTE und BROTHERHOOD 2005). Weiterhin wurde festgestellt, dass Frauen weniger Asse servieren, weniger Aufschlagsspiele gewinnen und mehr Doppelfehler produzieren als Männer (O'DONOGHUE und INGRAM 2001). Somit kann festgehalten werden, dass das Geschlecht einen erheblichen Einfluss auf die Beanspruchungsstruktur im Tennis hat (O'DONOGHUE 2001, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007, O'DONOGHUE und INGRAM 2001). Folglich sollten diese geschlechtsspezifischen Unterschiede unbedingt für den Trainingsprozess berücksichtigt werden, um ein möglichst matchadäquates und qualitativ hochwertiges Training gewährleisten zu können.

In der folgenden Übersicht (Tab. 5) sind die Ergebnisse ausgewählter Studien noch einmal tabellarisch zusammengefasst.

Tab. 5: Übersicht ausgewählter Studien zur Ballwechseldauer [s], effektiven Spielzeit [%] und dem Belastungs-Pausen-Verhältnis im Wettkampftennis.

Autor	Ballwechsel- dauer [s]	Effektive Spielzeit [%]	Bel.-Pausen- Verhältnis	Spielbelag
Smekal et al. (2001)	M*: 6,4 ± 4,1	M: 16,3 ± 6,6	M: 1:3,4	Sandplatz
Reilly & Palmer (1993)	M: 5,3 ± 1,0	M: 27,9 ± 3,9	M: 1:2,5	Hartplatz
Christmass et al. (1998)	M: 10,2 ± 0,3	M: 23,3 ± 1,4	M: 1:1,7	Hartplatz
Morante & Brotherhood (2005)	M: 5,9 ± 1,3 F*: 6,4 ± 1,2	M: 19,0 ± 3,0 F: 19,9 ± 2,3	M: 1:4,4 F: 1:4,1	Hartplatz/Rasen
O'Donoghue & Ingram (2001)	M+F: 6,3 ± 1,8 M+F: 7,7 ± 1,7 M+F: 4,3 ± 1,6 M+F: 5,8 ± 1,9	- - - -	- - - -	Hartplatz Sandplatz Rasen Hartplatz
Fernandez-Fernandez et al. (2007)	F: 8,2 ± 5,2	F: 21,9 ± 3,8	F: 1:2,1	Hartplatz
Elliot et al. (1985)	M: 4,0 ± 4,3	M: 26,5 ± 3,5	M: 1:3,1	Hartplatz
Fernandez et al. (2005)	M: 7,5 ± 7,3	M: 18,2 ± 5,8	M: 1:2,2	Sandplatz
* M = Männer, F = Frauen				

2.4.3 Herzfrequenz im Tennis

Im Verlauf des gesamten Tenniswettkampfes werden durchschnittliche Herzfrequenzen zwischen 140-160 min^{-1} erreicht, wobei das Herz-Kreislauf-System im Mittel mit ca. 60-70% der maximalen Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_{2\text{max}}$) vorrangig auf submaximalem Niveau belastet wird (KÖNIG et al. 2001, FERRAUTI et al. 2006). Dabei verzeichnen weibliche Tennisspieler im Durchschnitt eine um fünf bis zehn Schläge höhere Herzfrequenz als männliche Tennisspieler (DEUTSCHER TENNIS BUND 1996). Zudem können auch erhebliche individuelle Unterschiede sowohl innerhalb einer Altersklasse als auch zwischen verschiedenen Altersklassen und Leistungskategorien bestehen (Tab 6). Somit weisen Tennisanfänger aufgrund ihrer noch mangelnden technischen Fähigkeiten und den damit verbundenen langsamen und kurzen Ballwechseln die niedrigste durchschnittliche Herzfrequenz mit 135,3 min^{-1} im Gegensatz zu jugendlichen (171,5 min^{-1}) sowie erwachsenen Leistungstennisspielern (147,6 min^{-1}) auf (WEBER 1987).

Tab. 6: Mittlere Beanspruchung unterschiedlicher Altersklassen und Leistungskategorien bei Tenniswettkämpfen (Training) auf Sandplätzen (modifiziert nach FERRAUTI et al. 2006, 188).

Spielkategorie	Herzfrequenz [min ⁻¹]	Blutlaktat [mmol/l]	Effektive Spielzeit [%]
Herren (Rangliste)	145-150	2,0-3,0	25
Herren 45 (Rangliste)	150-155	2,5-3,5	30
Kinder AK IV (Rangliste)	170-175	1,4	25
Anfänger	135	1,9	20

Die Herzfrequenzen können während eines Tennisspiels deutlichen Schwankungen unterliegen, was eng mit der Spielstruktur im Tennis (stetig wechselnde Belastungsintensität, -dauer und -dichte) zusammenhängt (THERMINARIAS et al. 1991). Demzufolge werden in einzelnen Spielphasen (lange und temporeiche Ballwechsel) durchaus Herzfrequenzen von 180-200 min⁻¹ erreicht (KEUL et al 1992, FERRAUTI et al. 2006, FERNANDEZ et al. 2006). Befunde von SKOROCHMONWA (1993) dokumentieren bei russischen Spitzenspielern sogar maximale Herzfrequenzen von über 200 min⁻¹. Ferner kann ein Herzfrequenzanstieg auch Ausdruck von teilweise hohen psychischen und konzentrativen Belastungen sein (Erfolgserwartung oder Misserfolgsaussicht). Unmittelbar vor dem ersten Aufschlag oder vor spielentscheidenden Phasen werden kurzfristige Herzfrequenzanstiege um ca. fünf bis zwanzig Schläge festgestellt (FERRAUTI et al. 2006, WEBER 1987, FERNANDEZ et al. 2006, SMEKAL et al. 2001, REILLY und PALMER 1993, ELLIOT et al. 1985, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007).

Ein weiterer Zusammenhang besteht zwischen der taktischen Ausrichtung eines Tennisspielers und dem Verhalten der Herzfrequenz während eines Wettkampfes. Bei Matches zweier defensiv ausgerichteter Spielertypen treten signifikant höhere Herzfrequenzen auf als bei Matches mit mindestens einem taktisch offensiv ausgerichteten Spieler (SMEKAL et al. 2001).

In der folgenden Übersicht (Tab. 7) sind die Ergebnisse ausgewählter Studien bezüglich des Herzfrequenzverhaltens im Tenniseinzel noch einmal tabellarisch zusammengefasst.

Tab. 7: Übersicht ausgewählter Studien bezüglich der durchschnittlichen Herzfrequenzwerte [min^{-1}] im Tennis Einzel.

Autor	Untersuchungsgut/ -gang	Herzfrequenz (min^{-1})
Bergeron et al. (1991)	10 männliche Uni-Tennispieler, Alter $20,3 \pm 2,5$ Jahre, 85 Minuten Einzelmatch	$144,6 \pm 13,2$
Ferrauti (1999)	36 männliche Turniertennispieler, Alter $24,8 \pm 3,3$ Jahre, 3x 80 Minuten Trainingsmatch	140 ± 11
Kindermann et al. (1981)	12 männliche Tennispieler Clubniveau, Alter $32,2 \pm 8,5$ Jahre, 60 Minuten Trainingsmatch	$145,9 \pm 19,8$
Reilly & Palmer (1993)	8 männliche Turniertennispieler, Alter $23,4 \pm 3,1$ Jahre, Trainingsmatch über zwei Gewinnsätze	146 ± 19
Skorochmonwa (1993)	männliche russische Spitzenspieler bei den UdSSR-Meisterschaften, Match	156 ± 8
	weibliche russische Spitzenspielerinnen bei den UdSSR-Meisterschaften, Match	173 ± 5
Smekal et al. (2001)	20 männliche Turnierspieler, Alter $26 \pm 3,7$ Jahre, 50 Minuten Trainingsmatch	151 ± 19
Therminarias et al. (1991)	9 weibliche Turnierspielerinnen, Alter $21,2 \pm 1,9$ Jahre, Trainingsmatch über zwei Gewinnsätze	156 ± 3
	10 weibliche Turnierspielerinnen, Alter $46,6 \pm 1,3$ Jahre, Trainingsmatch über zwei Gewinnsätze	161 ± 4
Weber (1987)	18 männliche Spieler der Verbandsrangliste, Alter $23,8 \pm 3,6$ Jahre, 90 Minuten Trainingsmatch	$147,6 \pm 10,4$
Docherty (1982)	42 männliche Tennispieler eingeteilt in drei Leistungsklassen, Alter $25,6 \pm 5,1$ Jahre, 30 Minuten Trainingsmatch	150 ± 10
Fernandez-Fernandez et al. (2007)	8 weibliche Turniertennispielerinnen, Alter $17,3 \pm 1,9$, Einladungsturnier	$161,2 \pm 5,1$
Gesamt (n=12)		$152,7 \pm 10,6$

2.4.4 Energiebereitstellung und Blutlaktat im Tennis

Die Anforderungen an den Tennispieler haben sich in den letzten 20 Jahren dramatisch verändert. Es sind zunehmende Geschwindigkeiten, gesteigerte Anforderungen an die Athletik der Spieler sowie veränderte Spielstrategien festzustellen. Demzufolge besteht eine erhebliche Debatte darüber, welche Trainingsmethoden dem heutigen metabolischen Beanspruchungsprofil am ehesten entsprechen (KOVACS 2006). In dem Zusammenhang wird auch die

Rolle des Blutlaktats als verlässlicher Parameter zur Einschätzung der Belastungsintensität diskutiert (KOVACS 2007a, BALSOM et al. 1992, LEYK et al. 1996, LEHNERTZ 1985, RÖCKER und DICKHUTH 2001, JUEL 2004, RÖCKER 2008, BROOKS et al. 2008, HECK et al. 1998, HECK und BENEKE 2008). Bei der Laktatproduktion und der –elimination handelt es sich um sehr komplexe Prozesse, welche von zahlreichen Faktoren (z.B. Art und Dauer der Belastung, körperlicher Fitnessgrad, Alter, Geschlecht, Messmethodik) beeinflusst werden (GOLLNICK et al. 1986, FAUDE und MEYER 2008). Da die Messung der Laktatkonzentration nicht im selben Kompartiment wie die Produktion von Laktat erfolgt, entspricht die Blutlaktatkonzentration auch nicht exakt dem zeitgleichen Ausmaß der Laktatproduktion in der Muskelzelle (RÖCKER und DICKHUTH 2001, FAUDE und MEYER 2008). Zudem haben falsche theoretische Grundlagen häufig zu wenig sinnvoller Verwendung bei der Trainingssteuerung geführt (BÖNING und BENEKE 2008).

Zunächst bleibt erst einmal festzuhalten, dass Laktat immer gebildet und stetig eliminiert wird (HECK 1990, BROOKS et al. 2008). Ein Anstieg der Blutlaktatkonzentration ist im Gegensatz zu weit verbreiteten Vorstellungen lediglich ein Zeichen dafür, dass mehr Laktat gebildet als zeitgleich abgebaut wird. Dieses ist meist nicht Folge eines Sauerstoffmangels im Gewebe, hat kaum etwas mit Ermüdung und gar nichts mit Muskelkater zu tun, so dass durchaus in Frage gestellt werden kann, ob die Akkumulation von Laktat per se als leistungslimitierend zu betrachten ist (RÖCKER 2008, BÖNING und BENEKE 2008, MAASSEN und BÖNING 2008). Nach Einschätzung von BROOKS et al. (2008) ist die Laktatproduktion mehr als nur eine Reaktion auf Belastungen, vielmehr ist sie Teil eines Belastungs-Beanspruchungs-Mechanismuses während der Muskelkontraktion. Laktat dient hierbei einerseits als Energiequelle und als glukoneogenetischer Vorläufer, um dem Körper zu helfen, sich für eine kurze Zeit an Belastungssituationen anzupassen. Andererseits wirkt Laktat als Signalmolekül (Lactormon), wodurch eine langzeitige Anpassung an strukturelle und stoffwechselbedingte Veränderungen während der Belastung ermöglicht wird (BROOKS et al. 2008). Somit bewirken Laktat bzw. Milchsäure bedeutende physiologische Effekte. Milchsäure

unterstützt die Sauerstoffversorgung der arbeitenden Muskulatur durch Reduzierung der O₂-Affinität des Blutes und Erhöhung der Muskeldurchblutung und kann somit zu einer Verbesserung der Erregbarkeit der Muskelfaser führen. Zudem dient sie über mehrere Mechanismen auch der Verbesserung der aeroben Energiebereitstellung (MAASSEN und BÖNING 2008). Es besteht allerdings weiterhin erheblicher Forschungsbedarf, um die Mechanismen, die die Laktatkonzentrationen und die damit verbundenen Effekte bei körperlicher Belastung bewirken, noch besser verstehen zu können (BÖNING und BENEKE 2008, HECK und BENEKE 2008).

Insgesamt sind unter dem Energiestoffwechsel die gesamten Vorgänge des Abbaus und der Umwandlung von Substraten zum Zwecke der Energiebereitstellung zu verstehen (HECK 1990). Die benötigte Energie ist in den energiereichen Phosphaten Adenosintriphosphat (ATP) und Kreatinphosphat (KP) gespeichert. Hierbei fungiert ATP als unmittelbarer Energielieferant für den Prozess der Muskelkontraktion (MARKWORTH 2002, WEINECK 2000). Hingegen beliefert das Kreatinphosphat die energiebedürftigen Prozesse bei der Muskelkontraktion nicht direkt wie der kleinere Energiespeicher ATP, sondern indirekt über die Resynthese des ATP nach der Lohmann-Reaktion (DE MARÈES 1996). Auf die verschiedenen physiologischen Prozesse der Energiebereitstellung wird an dieser Stelle nicht detaillierter eingegangen, sondern auf weiterführende Literatur verwiesen (MARKWORTH 2002, HOLLMANN und HETTINGER 2000, DE MARÈES 1996, HECK 1990, DICKHUTH 2000, WEINECK 2000).

Die Energiebereitstellung im Tennis erfolgt vorwiegend anaerob-alaktazid über die energiereichen Phosphate Adenosintriphosphat (ATP) und Kreatinphosphat (KP) sowie aerob über den Abbau von Kohlenhydraten und Fetten (GROPPEL und ROETERT 1992, FERRAUTI et al. 1999, 2006, SCHÖNBORN 2000). Die Spielpausen zwischen den Ballwechseln (derzeit 20 Sekunden nach der Wettspielordnung bzw. ITF-Regel) reichen normalerweise aus, um über aerobe Stoffwechselprozesse das zur kurzfristigen Energiebereitstellung notwendige Potential der energiereichen Phosphate (ATP und KP) in der Arbeitsmuskulatur zu regenerieren (DEUTSCHER TENNIS BUND 1996, FERRAUTI et al. 1999,

2006). Der anaerob-laktazide Stoffwechselweg wird im Vergleich zum anaerob alaktaziden sowie dem aeroben Stoffwechselweg in der Regel relativ wenig in Anspruch genommen. Begründet wird dies durch die Kürze der Ballwechseldauer, der relativ seltenen und zugleich kurzen hochintensiven Laufbeanspruchungen sowie durch die hauptsächlich submaximalen muskulären Beanspruchungen bei längeren Ballwechseln. Folglich werden relativ geringe mittlere Blutlaktatkonzentration im Trainingseinzel mit Werten zwischen 1,8-2,8 mmol/l angegeben (FERRAUTI et al. 2006, KINDERMANN et al. 1981, KÖNIG et al. 2001, BERGERON et al. 1991, WEBER 1987, WEBER und FERRAUTI 2002). Unter realen Turnierbedingungen werden zwar Blutlaktatkonzentrationen auf signifikant höherem Niveau erzielt (FERRAUTI 2006), im Durchschnitt wird aber auch nur von Werten zwischen 2,5-3,5 mmol/l berichtet (FERRAUTI et al. 2006). Trotzdem können, bedingt durch intensive Ballwechsel, sehr wohl beträchtliche Laktatanhäufungen auftreten, so dass im maximalen Wettkampfbereich Blutlaktatkonzentrationen zwischen 5-8 mmol/l erreicht werden (BROUNS 1990, FERNANDEZ et al. 2006, CHRISTMASS et al. 1998). Demzufolge ist es in diesen Situationen äußerst wichtig, dass die biochemischen Prozesse des Laktatabbaus durch Trainingsmaßnahmen bestmöglich entwickelt werden, da eine belastungsinduzierte Laktatanhäufung eine zunehmende Erschöpfung und eine damit verbundene reduzierte Koordinations- und Konzentrationsfähigkeit sowie verminderte Spielfähigkeit zur Folge hat (KÖNIG et al. 2001, FERNANDEZ et al. 2006, KOVACS 2006). Somit räumen LEYK et al. (1996) im Gegensatz zu früheren Einschätzungen (KINDERMANN et al. 1981, URHAUSEN et al. 1988) der laktaziden Energiebereitstellung in den Sportspielen eine höhere Bedeutung ein und fordern zusätzliche Leistungstests, welche sich an dem jeweiligen sportartspezifischen Belastungsmuster orientieren.

Die Anteile der verschiedenen energiebereitstellenden Mechanismen können nach URHAUSEN et al. (1988) in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren wie Spielstärke, Taktik und Bodenverhältnisse variieren. So weisen Befunde von KEUL et al. (1992) bei Spitzentennisspielern im Vergleich zu Untrainierten bei gleicher Intensität einen Anstieg des Laktatspiegels zu einem viel späteren

Zeitpunkt auf. SMEKAL et al. (2001) berichten von erhöhten Blutlaktatwerten bei Begegnungen taktisch defensiv ausgerichteter Spielertypen im Tenniseinzel im Gegensatz zu taktisch offensiv ausgerichteten Spielpaarungen. Zudem haben die Ballwechseldauer und die effektive Spielzeit einen erheblichen Einfluss auf die Art der Energiebereitstellung (FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007, SMEKAL et al. 2001).

Im Tennis wird die Energiebereitstellung in erster Linie mit ca. 60-85% über den Abbau von Kohlenhydraten und erst in zweiter Linie über den Abbau von Fetten mit ca. 15-40% bereitgestellt (FERRAUTI et al. 2006). Während bei intensiveren Ballwechseln der Kohlenhydratstoffwechsel stärker aktiviert wird, tritt bei längeren einzelnen Ballwechseln und vor allem bei zunehmender Wettkampf- bzw. Trainingsdauer der Fettstoffwechsel mehr in den Vordergrund, wobei im Damentennis die Fettoxidation etwas höher liegt als beim Herrentennis (FERRAUTI et al. 1999). Bei Wettkämpfen mit langer Zeitdauer oder in dichter Folge werden zur Energiebereitstellung auch vermehrt Eiweißbausteine (Aminosäuren) herangezogen. Der Kalorienumsatz (brutto) im Tenniswettkampf beträgt bei männlichen Turnierspielern (ca. 80 kg) durchschnittlich ca. 600-800 Kilokalorien/Stunde (FERRAUTI et al. 2006). Aufgrund der hohen Bedeutung des Kohlenhydratstoffwechsels für die Energiebereitstellung im Tennis müssen die Glykogendepots nach intensivem Tennistraining und im Verlauf eines Tennisturniers durch eine kohlenhydratreiche Ernährung zügig und umfangreich wieder aufgefüllt werden, um die Leistungsfähigkeit aufrecht zu erhalten (DEUTSCHER TENNIS BUND 1996, FERRAUTI 1999, DRIES 1997).

In der folgenden Übersicht (Tab. 8) sind die Ergebnisse ausgewählter Studien bezüglich der Blutlaktatkonzentration im Tenniseinzel noch einmal tabellarisch zusammengefasst.

Tab. 8: Übersicht ausgewählter Studien bezüglich der durchschnittlichen Blutlaktatkonzentration (mmol/l) im Tennis Einzel.

Autor	Untersuchungsgut/ -gang	Blutlaktat (mmol/l)
Bergeron et al. (1991)	10 männliche Uni-Tennispieler, Alter 20,3 ± 2,5 Jahre, 85 Minuten Einzelmatch	2,3 ± 1,2
Christmass et al. (1998)	8 männliche Tennispieler der nationalen Klasse, Alter 24 ± 2 Jahre, 90 Minuten Trainingsmatch	2,13 ± 0,32
Kindermann et al. (1981)	12 männliche Tennispieler, Alter 32,2 ± 8,5 Jahre, 60 Minuten Trainingsmatch	2,0 ± 0,5
Reilly & Palmer (1993)	8 männliche Turniertennispieler, Alter 23,4 ± 3,1 Jahre, Trainingsmatch mit 2 Gewinnsätzen	2,0 ± 0,4
Fernandez-Fernandez et al. (2007)	8 weibliche Turniertennispielerinnen, Alter 17,3 ± 1,9, Einladungsturnier	2,03 ± 0,8
Smekal et al. (2001)	20 männliche Turnierspieler, Alter 26 ± 3,7 Jahre, 50 Minuten Trainingsmatch	2,07 ± 0,88
Therminarias et al. (1991)	9 weibliche Turnierspieler, Alter 21,2 ± 1,9 Jahre, Trainingsmatch über zwei Gewinnsätze	1,76 ± 0,3
	10 weibliche Turnierspieler, Alter 46,6 ± 1,3 Jahre, Trainingsmatch über zwei Gewinnsätze	1,79 ± 0,29
Weber (1987)	18 männliche Spieler der Verbandsrangliste, Alter 23,8 ± 3,6 Jahre, 90 Minuten Trainingsmatch	2,11 ± 0,77
	12 männliche Leistungsspieler im Seniorenalter, Alter 50,4 ± 4,9 Jahre, 90 Minuten Trainingsmatch	2,82 ± 0,92
Ferrauti (1999)	20 männliche Turniertennispieler, Alter 25,7 ± 3,7 Jahre, offizieller Mannschaftswettkampf	2,9 ± 1,3
	20 männliche Turniertennispieler, Alter 25,7 ± 3,7 Jahre, Trainingsmatch über zwei Gewinnsätze	1,6 ± 0,5
Gesamt (n=12)		2,13 ± 0,68

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass es sich beim Tennis um eine sehr komplexe Sportart handelt, welche von zahlreichen Faktoren beeinflusst wird (vg. Abb. 10). Die intervallförmige Belastungsstruktur im Tenniswettkampf beansprucht Körper und Psyche mit Belastungsphasen unterschiedlicher Intensität und Dauer sowie gleichzeitig hohen kognitiven und emotionalen Anforderungen. Es wurden durch Beobachtungsstudien bzw. Felduntersuchungen verschiedene Charakteristika des Tenniswettkampfes wie Ballwechseldauer, effektive Spielzeit, Schlaghäufigkeiten, Belastungs-Pausen-Verhältnis, Einfluss des Spielertyps (taktische Ausrichtung), Spielniveaus und

Bodenbelags auf die Spielzeiten, Häufigkeiten von Schlagsituation, geschlechtsspezifische Unterschiede sowie durchschnittliche Herzfrequenz- und Blutlaktatwerte ermittelt, um Erkenntnisse bezüglich einer Optimierung der Trainingsgestaltung zu erhalten. An dieser Stelle soll jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass man heutzutage aus dem Beanspruchungsprofil des Wettkampfes nicht mehr linear das Training ableiten sollte, da dies erhebliche negative Konsequenzen haben kann. Mehrere Autoren (MOSEL 2004, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007, SKOROCHMONWA 1993) berichten von großen interindividuellen Unterschieden bezüglich der Herzfrequenz, so dass diese kein alleiniges Kriterium zur Beurteilung der Belastungsintensität und somit für die Trainingsgestaltung darstellt. Auch die durch Untersuchungen relativ geringen erhobenen durchschnittlichen Blutlaktatwerte (Tab. 8) sollten aus mehreren Gründen ebenfalls kritisch betrachtet werden. Ein wichtiger Grund ist die noch nicht geklärte und erheblich diskutierte Rolle des Blutlaktats als repräsentativer Maßstab für die aktuelle metabolische Beanspruchung (LEYK et al. 1996, RÖCKER 2008, BROOKS et al. 2008, HECK und BENEKE 2008). Zudem wurden viele Untersuchungen mit Zeitvorgaben und unter simulierten Wettkampfbedingungen ausgetragen, wodurch sie als nicht unbedingt matchadäquat zu betrachten sind. Außerdem existiert beim Blutlaktat ebenfalls ein breiter Streubereich. FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. (2007) berichten von Blutlaktatwerten zwischen 1,2-4,6 mmol/l, CHRISTMASS et al. (1998) von Werten zwischen 2,13-5,86 mmol/l und MOSEL (2004) von Werten zwischen 1,7-5,65 mmol/l. Wenn somit ausschließlich wettkampfspezifisch trainiert wird (die Wettkampfbelastung kann oftmals scheinbar recht gering sein, vgl. hierzu Tab. 5-8), besteht folglich die Gefahr, dass dann viel zu extensiv trainiert wird mit der Konsequenz, dass man keine entsprechenden Leistungszuwächse mehr erzielt und somit nicht mehr konkurrenzfähig ist. Um den hohen Anforderungen des modernen Leistungstennis (hohe Geschwindigkeiten, zunehmende Anforderungen an die Athletik, moderne Spielstrategien, hohe Leistungs- und Wettkampfdichte, kurze Regenerationszeiten) jedoch gerecht zu werden, muss folglich sehr systematisch, individuell und überwiegend hart trainiert werden.

2.5 Moderne Trainingsaspekte im Leistungstennis

2.5.1 Qualitätsorientiertes Tennistraining

Im modernen Leistungstennis lässt sich eine zunehmende Leistungsfähigkeit und –dichte feststellen. Deutlich gestiegene Ballgeschwindigkeiten beim Aufschlag und bei den Grundschlägen sowie veränderte Spielstrategien sind zu beobachten. Die Konsequenz dieser Entwicklung ist neben einem eindeutig höheren technischen Anspruch auch eine verstärkte Anforderung an schnelle und präzise Bewegungsabläufe. Folglich prägt die Athletik der Spieler immer stärker das heutige Spitzentennis. Angesichts dieser stetig zunehmenden Anforderungen kommt vor allem einer Optimierung der Trainingsqualität im Sinne einer effizienten Trainingsplanung und –gestaltung eine wachsende und zunehmend leistungslimitierende Bedeutung zu.

Das Tennistraining muss sich an den Anforderungen des modernen Turniertennis und an den Spielern und Spielerinnen orientieren, die an der Spitze stehen (BORN 2001, STOJAN 1995, SCHÖNBORN 1998). Dabei ist zu beobachten, dass sich die Spitzenspieler zumeist unmittelbar hinter und zunehmend häufiger vor der Grundlinie bewegen und die Bälle im Aufsteigen spielen. Dadurch wird das Spiel schneller und die Spieler müssen unter einem höheren Zeitdruck spielen. Folglich müssen die Spieler im Training zum aggressiven und risikofreudigen Spiel ermutigt werden (BORN 2001). Hierbei sollte das Ziel verfolgt werden, Trainings- und Spielformen zu finden, die eine hohe Affinität zu typischen Wettkampfsituationen aufweisen (BROUNS 1990, MOSEL 2004, BORN 2000, 2002, SCHÖNBORN 1993). Matchnah zu trainieren bedeutet, systematisch schwierige Situationen, die der Spieler im Match erlebt hat, zu trainieren (SCHÖNBORN 2002). Demzufolge plädiert SCHAFFELHUBER (1998) dafür, dass ganze Spielzüge unterrichtet werden, welche dann im weiteren Ausbildungsverlauf zunehmend in Offensiv- und Defensivspielzüge differenziert werden. Somit muss man, um erfolgreich Tennis zu spielen, in der Lage sein, verschiedene vorher trainierte Spielzüge anzuwenden (SCHAFFELHUBER 1998). Dabei ist die Situation Spieler gegen Spieler nach BORN (2002) die günstigste.

Ein entscheidender Faktor im Hinblick auf eine optimale Trainingsqualität ist das Trainingsziel, welches exakt vor jeder Trainingseinheit definiert werden muss. Darüber hinaus müssen die Faktoren Individualität, Zeitperiode (Vorbereitungs- vs. Wettkampfphase), kalendarisches und biologisches Alter, Spielalter, Spielniveau, Geschlecht, Bodenbelag sowie Umweltbedingungen (z.B. Klima, Zuschauer) berücksichtigt werden (SCHÖNBORN 1998, GABLER und REETZ 1994, WOHLMANN und LIEBHARDT 1999a, b, FUST 1999). Zusätzlich spielt die Belastungsdosierung im Rahmen des Trainingsprozesses eine zentrale Rolle. Hierbei kommt es je nach Trainingsziel unter Berücksichtigung des aktuellen körperlichen Trainingszustandes auf eine bestmögliche Abstimmung der Belastungsnormative an, um eine bestmögliche Trainingsqualität zu gewährleisten. Bei falscher Dosierung einzelner Belastungskomponenten besteht die Gefahr, dass das Trainingsziel schnell verfehlt werden kann. So berichten mehrere Autoren von einem negativen Einfluss einer zunehmenden Ermüdung auf die Schlagqualität, bedingt durch eine zu hoch gesetzte Belastungsdauer und -intensität (DAVEY et al. 2002, FUST 1999, WEBER et al. 2002a, PIEPER et al. 2003, FERRAUTI et al. 1999, WOHLMANN und LIEBHARDT 1999a, b). Zudem wird auch von einem bedeutenden Einfluss der Belastungsdichte auf die Schlagqualität sowie auf die Laufschnelligkeit berichtet (FERRAUTI et al. 2001, BALSOM et al. 1992).

Es bestehen unterschiedliche Auffassungen darüber, welche Trainingsmethoden dem heutigen Beanspruchungsprofil am ehesten entsprechen (KNISEL 1997). Einerseits wird der Standpunkt vertreten, dass ein Techniktraining unter hohen laktaziden Belastungen bzw. Ermüdungserscheinungen als ineffizient und teilweise sogar leistungsmindernd zu betrachten sei. Demzufolge sollten solche Trainings- bzw. Spielformen ausgewählt werden, die tennistypische Matchsituationen möglichst komplett simulieren und gleichzeitig mit der Wettkampfspezifität des Energiestoffwechsels übereinstimmen (vorrangig anaerob-alaktazid sowie aerob). Einzelne Trainingsformen oder eine gesamte Trainingseinheit mit überwiegend anaerob-laktazider Energiebereitstellung werden in der Regel als nicht optimal bezeichnet und sind somit aufgrund ihrer matchferne abzulehnen. Als wichtige

Begründung wird hierbei die Struktur des Wettkampfes im Bezug auf die Ballwechsellänge und die Pausen herangezogen. Zudem wird angegeben, dass das Beanspruchungsprofil der anaerob-laktaziden Energiebereitstellung zwischen Training und Wettkampf in erheblicher Weise differiert und somit hohe trainingsinduzierte Übersäuerungen als matchinadäquat zu betrachten sind. Überdies wirkt sich eine durch hohe laktazide Belastungen bedingte zunehmende Erschöpfung sowohl auf die Schlagqualität, insbesondere hinsichtlich der Schlaggeschwindigkeit (PIEPER et al. 2003), als auch auf nachfolgende Trainingsformen negativ aus, so dass eine optimale Trainingsqualität folglich nicht erzielt werden kann (WEBER et al. 2002a, b, DEUTSCHER TENNIS BUND 1996, FERRAUTI et al. 1999, 2006, DAVEY et al. 2002, FUST 1999). In diesem Zusammenhang ist jedoch anzumerken, dass die Rolle des Blutlaktats als verlässlicher Parameter zur Einschätzung der Belastungsintensität derzeit erheblich diskutiert wird (vgl. Kap. 2.4.4)

Andere Autoren vertreten einen gegenteiligen Standpunkt bezüglich einer optimalen Belastungsdosierung. So äußert MARSCHAND (1997) Zweifel an der Richtigkeit von bestehenden Untersuchungen zur Belastungsdosierung im Tennis. Aufgrund des Trainings von Sandplatzspielern hält er eine hohe laktazide Belastung im Techniktraining für absolut erforderlich, da nur so besonders wichtige Phasen im Match erfolgreich realisiert werden können. Ergebnisse von OLIVIER (1996) dokumentieren, dass hohe konditionelle Belastungen das Techniktraining sehr viel weniger beeinträchtigen, als allgemein angenommen wird. Zudem ist bekannt, dass Spitzenbelastungen im Match mit Laktatwerten zwischen 3-6 mmol/l und darüber hinaus durchaus vorkommen (CHRISTMASS et al. 1998, MOSEL 2004, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007, SMEKAL et al. 2001, FERNANDEZ et al. 2006) und somit auch Bestandteil des Trainings sein sollten. Im Sinne der Ausbildung einer komplexen Spielfähigkeit plädieren SASS et al. (1997) für eine zeitlich begrenzte laktazide Beanspruchung im Überwettkampfbereich, um spielphasentypische Spitzenbeanspruchungen im Wettkampf zu trainieren. Voraussetzung dafür ist allerdings ein hervorragender konditioneller Zustand sowie ein hohes technisches Können (SCHÖNBORN 1998). Darüber hinaus

haben Untersuchungen typischer Trainingsinhalte ergeben, dass die Belastungsnormative (Belastungsintensität, -dauer, -dichte und -umfang) im Training häufig über jenen der angenommenen Wettkampfbeanspruchung liegen (Abb. 13). In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass im Match meistens unter schwierigsten Bedingungen (höchste technische, konditionelle und psychisch-kognitive sowie emotionale Beanspruchung) gespielt werden muss. Insbesondere bei langen und/oder intensiven Matches muss die Leistungsfähigkeit trotz zunehmender körperlicher und geistiger Ermüdung mit steigender Matchdauer aufrechterhalten bleiben, um erfolgreich zu sein. Demzufolge müssen gerade diese technisch komplizierten bzw. psychophysisch hochanspruchsvollen Situationen systematisch und hart trainiert werden, um bestmöglich für den Wettkampf vorbereitet zu sein.

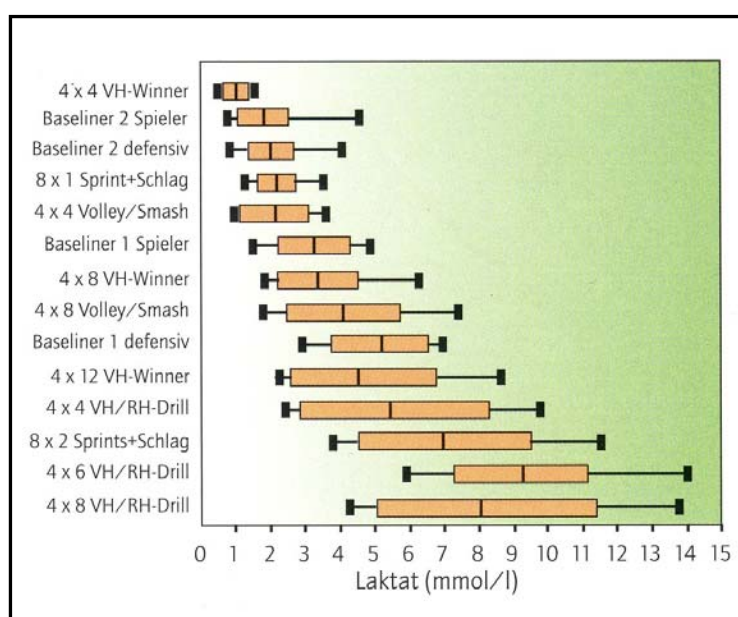


Abb.13: Blutlaktatkonzentrationen (Mittelwert, Streubereich und Extremwerte) bei typischen Trainingsformen (FERRAUTI et al. 2006, 166).

Im heutigen Techniktraining steht im Leistungstennis nach SCHÖNBORN (1998) die Komplexität im Vordergrund, wobei früher die einzelnen Komponenten Technik, Taktik, Koordination und Kondition in separaten Einheiten trainiert wurden. Beim Training von Qualität und technischer Virtuosität sollen demnach konditionelle Elemente fortlaufend in das technische Training integriert werden. Auch WOHLMANN und LIEBHARDT (1999a, b)

erachten ein Technikanwendungstraining unter Belastung als sinnvoll, wenn es qualitativ richtig geplant und durchgeführt wird, wobei die Möglichkeit nur bei technisch fertigen Spielern gegeben ist.

Das Spiel der heutigen Spitzenspieler ist gekennzeichnet durch schnelle und präzise Schläge. In den letzten Jahren hat vor allem die Schlagschnelligkeit sehr an Bedeutung gewonnen (GIFFENIG 1997, FERRAUTI und WEBER 2000). Resultate von VERGAUWEN et al. (1998) weisen bei Spielern der internationalen Klasse höhere Schlaggeschwindigkeiten auf als bei Spielern der nationalen Klasse. Zudem ist bei beiden Spielklassen die Schlaggeschwindigkeit der Vorhand gegenüber der Rückhand erhöht (VERGAUWEN et al. 1998). Nach Befunden von HOLZER und REISCHL (1994a, b) muss ein Training mit dem Ziel der Verbesserung der Schlaggeschwindigkeit eine niedrigere Wiederholungszahl aufweisen als ein Training mit dem Ziel der Verbesserung der Schlagpräzision, um entsprechende Fortschritte erzielen zu können. Nach VAN DAM und PRUIMBOOM (1992) kann ein kontralaterales Training zur Steigerung der Schlagpräzision beitragen. Der Vergleich zwischen Teilnehmern mit kontralateralem Training und Teilnehmern ohne kontralateralem Training zeigt eine statistisch signifikante Verbesserung der Schlagpräzision in der Gruppe mit kontralateralem Training (Zunahme der Schlagpräzision im Mittel 27% im Vergleich zu 13% bei Gruppe ohne kontralateralem Training). Überdies kann der einseitigen Belastung im Tennis durch kontralaterales Training entgegengewirkt werden und somit die Verletzungsanfälligkeit reduziert werden (VAN DAM und PRUIMBOOM 1992). Schlussfolgernd lässt sich somit festhalten, dass eine höchstmögliche Schlagqualität für den Erfolg von entscheidender Bedeutung ist und deshalb im Training eine entsprechende Beachtung finden sollte (HOLZER und REISCHL 1994a, b, HOLZER 1997, BORN 1997). Hierbei sollte das Training der Komponenten der Schlagqualität (Schlaggeschwindigkeit und Schlagpräzision) mit steigender Leistungsfähigkeit unter zunehmend anspruchsvolleren Bedingungen technischer, konditioneller und psychischer Art durchgeführt werden, um die im Match immer wieder vorkommenden schwierigen Situationen erfolgreich meistern zu können.

Eine Vergleichsstudie der US-Open Herren-Finals Spiele von 1988 und 2003 weist eine Reduktion sowohl der Belastungszeit als auch der Pausenzeit zwischen den Ballwechseln um ungefähr 50% auf (KOVACS 2004). Daraus lässt sich die herausragende Rolle von Aufschlag und Return im heutigen Spitzentennis verdeutlichen (SCHÖNBORN 1993, 1997a, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007, FERRAUTI und WEBER 2000). Folglich sollte daher nach SCHAFFELHUBER (1998) ein Aufschlagtraining mit dem darauf folgenden Ball der Trainingsschwerpunkt schlechthin sein. Neben der besonderen Wichtigkeit der ersten beiden Schläge im Ballwechsel gehört zum wettkampfmäßigen Trainieren nach STOJAN (1995) zudem das richtige Ausnutzen der Pausen zwischen den Ballwechseln, das Ausleben von Ritualen, richtiges Atmen sowie eine richtige Einstellung zu Fehlern dazu.

Wie sehr sich ein Spieler im Training anstrengt, wird hauptsächlich durch seine Motivation bestimmt. Hierbei sind Engagement und Persönlichkeit des Trainers besonders gefragt, um eine höchstmögliche Motivation und demzufolge optimale Trainingsqualität zu gewährleisten (BORN 2000). Als geeignetes Instrument zur Optimierung der Trainingsqualität haben sich Interventionsmaßnahmen bewährt. Einfache Trainingsmodifikationen wie Sanktionen und Belohnungen als extrinsische sowie vorher abgesprochene Verhaltensprinzipien als intrinsische Motivationskomponenten beeinflussen das Training positiv, so dass vorhandene Leistungsreserven vor allem über eine höhere Konzentration und Anstrengungsbereitschaft besser ausgeschöpft werden. Während Sanktionen eher zu einer Verbesserung der Schlagpräzision durch eine Reduktion der Schlaggeschwindigkeit führen, animieren Belohnungen zu einer risikoreicheren bzw. aggressiveren Spielweise (PIEPER et al. 2005, WEBER et al. 2006). Bezüglich der Sanktionen sollte jedoch darauf geachtet werden, dass sie im Zusammenhang zum Trainingsziel stehen und nicht zu umfangreich und intensiv gestaltet werden (BORN 2000). Hingegen erzeugt eine Kreatinsupplementierung als metabolische Interventionsmaßnahme nach Befunden von OPT EIJNDE et al. (2001) kurzfristig keine positiven Effekte auf die Schlagqualität und Sprintleistung bei Leistungstennispielern.

Auch das Einschlagen gehört bereits zum wesentlichen Teil des Trainings und hat entscheidenden Einfluss auf die Qualität der gesamten Einheit. Folglich verbessert ein konzentriertes und mit höchstmöglicher Qualität durchgeführtes Einschlagen enorm die Sicherheit und Genauigkeit der Schläge (BORN 2007). Darüber hinaus ist eine Variabilität des Trainings von herausragender Bedeutung, um eine physiologische, motivationale und/oder umstellungs- bzw. anpassungsbedingte zeitbegrenzte oder sogar dauerhafte Leistungsstagnation zu vermeiden (SCHÖNBORN 2005). In diesem Zusammenhang ist auch der Einfluss von längeren Trainingspausen (z.B. Ferien) und der damit verbundenen fehlenden Trainingskontrolle auf die Leistungsfähigkeit zu berücksichtigen. Befunde von KOVACS et al. (2007) weisen bei Leistungstennispielern nach einer fünfwöchigen Abstinenz vom normalen Trainingsbetrieb trotz eigenständigem Heimprogramm eine signifikante Abnahme der Schnelligkeit, Kraft und aeroben Kapazität auf. Hieraus lässt sich die Wichtigkeit von regelmäßigen Leistungstests ableiten (vgl. Kap. 2.6).

In der Praxis ist eine häufig zu beobachtende Diskrepanz zwischen Trainings- und Wettkampfleistung zu beobachten, da das im Training optimierte Innervationsmuster unter Turnierbedingungen nicht zweckmäßig eingesetzt werden kann (FERRAUTI 2006, MOSEL 2004). Somit ist für erfolgreiche Tour-Spieler nach SCHAFFELHUBER (1999) eine Hochbelastungs-Ökonomie (Fähigkeit zur Entspannung trotz hohen psychischen, kognitiven und emotionalen Drucks) zwingend notwendig. Demzufolge ist eine Abstimmung der Sympatikusaktivität in Training und Wettkampf unbedingt anzustreben. Als geeignete Maßnahmen werden Vorbereitungsturniere, mentales Training, Simulation kritischer Spielstände in Trainingsmatches sowie Training unter Stressbedingungen (z.B. Lärm, schlechter Platzzustand, unterschiedliche Ballmarken) empfohlen (MOSEL 2004, SCHAFFELHUBER 1999, FERRAUTI 2006). Weiterhin ist unbedingt auf entsprechende Regenerationsmaßnahmen zu achten, um einerseits eine hohe Leistungsfähigkeit im Training und Wettkampf zu gewährleisten und um andererseits einem Overreaching bzw. einem Übertrainingssyndrom entgegenzuwirken (vgl. Kap. 2.3.5).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass zahlreiche Faktoren einen entscheidenden Einfluss auf die Trainingsqualität ausüben können. Allerdings bestehen unterschiedliche Auffassungen darüber, wie eine Erhöhung der Trainingsqualität zu erzielen ist. Bei WeltklassemSpielern lässt sich beobachten, dass sie sich kaum in ihren technischen Fähigkeiten unterscheiden. Die absoluten Topspieler können jedoch dieses Schlagpotential deutlich erfolgreicher und variabler einsetzen, da deren Handlungsfähigkeit vor allem in schwierigen Situationen weit besser ausgeprägt ist. Somit verdanken sie ihre Spielstärke neben einer hervorragenden Technik vor allem einem einwandfreien motorischen Zustand sowie höchster mentaler Stärke. Diese Fähigkeiten sind allerdings nur durch ein systematisches Training von komplizierten Situationen unter höchsten technischen, konditionellen sowie psychischen Anforderungen zu entwickeln bzw. zu verbessern. Folglich soll in diesem Zusammenhang ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass ein ausschließlich wettkampfspezifisches Training (die Wettkampfbelastung kann oftmals scheinbar recht gering sein, vgl. hierzu Tab. 5-8) sowie ein reines Training unter so genannten „optimalen Bedingungen“ die tatsächlichen Wettkampfbeanspruchungen, vor allem im Spitzenbereich, meistens nicht widerspiegeln. Vielmehr besteht durch ein solches Training die große Gefahr, dass viel zu extensiv und matchfern trainiert wird. Ferner ist zu beachten, dass es mit zunehmendem Leistungsniveau immer schwieriger wird, Leistungszuwächse zu erzielen, so dass nur durch Intensivtraining gewisse Leistungsbarrieren durchbrochen werden können. Zudem fördert ein hartes Training das für das Spitzentennis unverzichtbare Durchsetzungsvermögen (Siegeswille, Selbstvertrauen), so dass kritische Matchsituationen besser gemeistert werden können. Weiterhin sind eine hohe Matchdauer sowie eine hohe Matchdichte, begleitet von kurzen Regenerationszeiten, nicht selten, so dass nur ein entsprechendes intensives Training den Spieler auf diese hohen/höchsten Beanspruchungen vorbereiten kann. Folglich ist ein systematisches, individuell ausgerichtetes und überwiegend hartes Training unter Berücksichtigung adäquater Regeneration unabdingbare Voraussetzung, um im modernen Spitzentennis bestehen zu können.

2.5.2 Konditionstraining im Tennis

Das heutige Leistungstennis erfordert wesentlich höhere körperliche Beanspruchungen vom Tennisspieler als in früheren Jahren, so dass aufgrund der zunehmenden Leistungsdichte im modernen Spitzentennis keine nennenswerten Erfolge ohne überdurchschnittliche Kondition mehr möglich sind. Aus den engen Wechselbeziehungen zwischen stetiger Optimierung der Wettkampfleistung und entsprechender Notwendigkeit zur Steigerung von Umfang und Wirksamkeit des Trainings resultieren zwangsläufig erhöhte Anforderungen an die Kondition. Folglich muss der heutige Tennisspieler zum Athleten ausgebildet werden, um den zunehmenden Anforderungen im Wettkampf überhaupt gerecht zu werden und um einer dauerhaften Leistungsstagnation aufgrund eines Defizits in Trainingsumfang und –intensität entgegenzuwirken. Ferner soll durch einen überdurchschnittlichen Trainingszustand der Kondition sowohl ein akuter Leistungseinbruch aufgrund von Übertraining vermieden als auch Verletzungsprophylaxe betrieben werden. Somit müssen nach SCHUR und LEHMACHER (2000) Tennis- und Konditionstraining im Leistungstennis gleichwertige Inhalte sein. Im modernen Tennisstraining hat sich nach MÜLLER (2006) das so genannte Komplextraining (Kombinationstraining von Kondition und Technik) durchaus etabliert. Dabei ist allerdings auf die individuelle Dosierung zu achten, um positive Trainingseffekte zu erzielen (BASTIAENS 2006, FERRAUTI und BASTIAENS 2007). Entsprechend den heutigen Anforderungen stellen SIEGENTHALER et al. (2006) eine Trainingsmethode mit den fünf Trainingsbereichen allgemeines, orientiertes, integriertes, spezifisches sowie präventives Konditionstraining vor. Durch die Methodenvielfalt versprechen sie sich ein zielgerichteteres Training sowie eine höhere Motivation der Tennisspieler, Konditionstraining zu betreiben.

Zusammenfassend kann demnach festgestellt werden, dass die Kondition einen erheblichen Stellenwert für die optimale Leistungsfähigkeit im modernen Leistungstennis hat und somit entsprechende Berücksichtigung im Trainingsprozess finden muss (SIEGENTHALER et al. 2006, KÖNIG et al.

2001, SMEKAL et al. 2001, KOVACS 2007, WEBER 1985a, SCHÖNBORN 1993, GROPPPEL und ROETERT 1992, MÜLLER 2006).

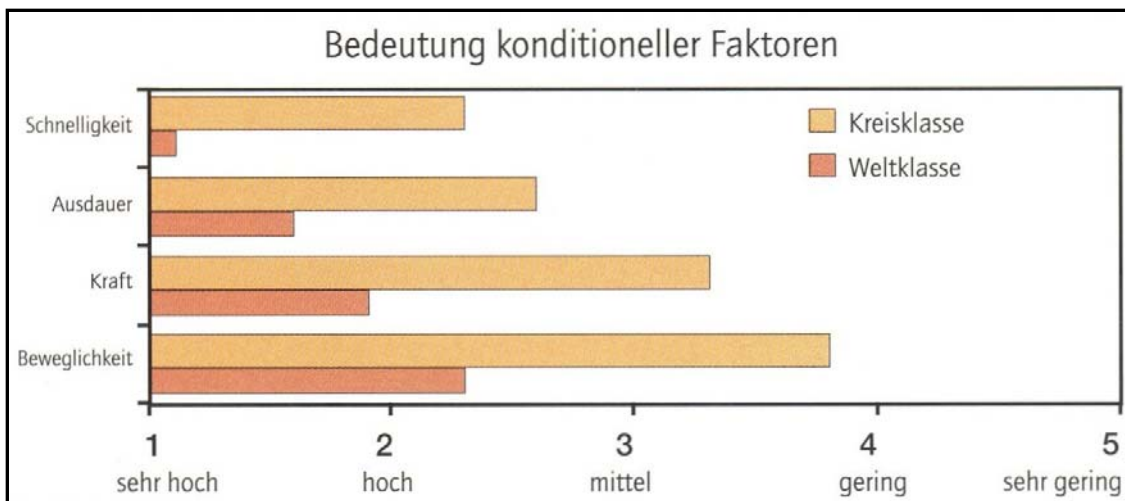


Abb. 14: Bedeutung konditioneller Faktoren im Tennis (Umfrage bei 30 deutschen Spitzentrainern) (FERRAUTI et al. 2006, 121).

2.5.2.1 Krafttraining im Tennis

Krafttraining ist elementarer Bestandteil des modernen Tennistrainings geworden. Aufgrund zunehmender Anforderungen an die Athletik der Spieler ist es ohne hinreichende muskuläre Voraussetzungen überhaupt nicht mehr möglich, die entsprechend notwendigen Schlägerbeschleunigungen zu erzielen (KNÖDEL 2007). Zudem ist eine herausragende Beinarbeit für eine hohe Leistungsfähigkeit im Spitzentennis unverzichtbar. Im Einzelnen sind damit komplexe Anforderungen an die Kraftfähigkeiten der Beinmuskulatur verbunden (KLEINÖDER und MESTER 2000, GIRARD et al. 2006). Darüber hinaus ist Krafttraining zur Prophylaxe von Verletzungen, Haltungsschwächen und muskulären Dysbalancen von großer Bedeutung (KRAHL et al. 2000b, KNÖDEL 2007, VAN DAM und PRUIMBOOM 1992, KLEINÖDER und KRAFT 2005). Befunde von SILVA et al. (2006) weisen bei jugendlichen Leistungstennispielern signifikant höhere Kraftwerte der dominanten Schulter im Vergleich zur nichtdominanten auf. Diese Ergebnisse verdeutlichen die einseitige Belastung im Tennis und die damit verbundene Gefahr von muskulären Dysbalancen und Verletzungen. Folglich sollte im Krafttraining

hinreichend darauf geachtet werden, auch mit dem nichtdominanten Arm zu trainieren, um die ohnehin schon recht ungleiche Kraftentwicklung im Schulterbereich eines Tennisspielers nicht noch zu verstärken (MÜLLER 2006, VAN DAM und PRUIMBOOM 1992, BENCKE et al. 2002).

Im Anforderungsprofil des Tennisspiels dominieren Schnelligkeitsdimensionen (TIDOW 1997, FERRAUTI et al. 2006). Sind die technomotorischen Verbesserungsmöglichkeiten allerdings ausgeschöpft, setzen weitere Steigerungen der Aktions- und Fortbewegungsschnelligkeit eine Erhöhung des Kraftniveaus voraus (TIDOW 1997). Folglich sind die Kraftfähigkeiten neben anderen Einflussgrößen eine wichtige Grundlage der Schnelligkeit. Für das Erreichen einer überdurchschnittlichen Lauf- und Schlagschnelligkeit ist eine entsprechende Bein- und Armkraft daher förderlich (FERRAUTI et al. 2006).

Die grundlegenden Erscheinungsformen der Kraft (vgl. Kap. 2.3.2) treten in vielen Sportarten, so auch im Tennis, in unterschiedlichen Mischformen auf. Während die Schnellkraft bei schnellen Schlägen in Zeitnot und bei schnellen Richtungswechseln dominiert, gewinnt die Kraftausdauer in langen Matches entscheidend an Bedeutung. Überdies werden explosive Antritte in hohem Maße von der Maximalkraft bestimmt und die Reaktivkraft zeigt sich in unterschiedlicher Intensität bei leichtfüßiger Beinarbeit oder beim so genannten Peitscheneffekt bei schnellen Schlägen (KLEINÖDER und KRAFT 2005). Folglich werden im Tennis zum Teil sehr unterschiedliche Kraftleistungen gefordert, wobei nach Einschätzung von KNÖDEL (2007) insbesondere die Schnellkraft sowie die Reaktivkraft von besonderer Bedeutung sind und somit im Trainingsprozess entsprechende Beachtung erfahren sollten.

Mit einem Krafttraining wird häufig ein negativer Einfluss auf die sportart-spezifische Koordination befürchtet. Befunde von MESTER und WEBER (1990) und KLEINÖDER und MESTER (1991a) belegen jedoch eindeutig, dass die für das moderne Tennis erforderlichen Schnellkraftfähigkeiten bei geeigneten Trainingsmaßnahmen ohne koordinative Einbußen entscheidend verbessert werden können.

Die einzelnen Bausteine des Krafttrainings sollten nach PORTEN (2004) sinnvoll aufeinander aufgebaut in den Trainingsplan integriert werden. Ein auf

Hypertrophie ausgerichtetes Krafttraining besitzt im Tennis dort seine Bedeutung, wo ein eindeutig erkennbares Defizit hinsichtlich der Ausprägung der Stütz- und Funktionsmuskulatur des Spielers besteht (MESTER und WEBER 1990). Eine Kräftigung der Muskulatur führt zu einer Stabilisierung der besonders anfälligen Gelenke (z.B. Knie-, Ellenbogengelenk) und verringert somit deren Belastung (KNÖDEL 2007). Da jedoch für Tennisspieler insbesondere die relative Kraft von Bedeutung ist, rückt das Training mit vorwiegend neuronalen Anpassungen im Allgemeinen in den Vordergrund (KLEINÖDER und MESTER 1991b, MESTER und WEBER 1990). Ein solches Training äußert sich in einer Verbesserung der intra- und intermuskulären Koordination und somit in einer Zunahme der Qualität der Beinarbeit und Schlagtechnik (KNÖDEL 2007).

Mehrere Autoren berichten von muskulären Defiziten im Nachwuchsbereich (GAMER 2000, KLEINÖDER und MESTER 2000, LEHMACHER und KLEINÖDER 2000, SCHUR und LEHMACHER 2000). Demzufolge wird aus leistungsorientierten aber auch gesundheitlichen Gründen ein frühzeitiger Beginn eines systematischen Krafttrainings gefordert (KLEINÖDER und MESTER 1991a, KLEINÖDER und KRAFT 2005). Entgegen früherer Meinungen bewirkt ein Krafttraining bei korrekter Betreuung, altersgerechter Durchführung und entsprechender Beachtung der Belastungsnormative auch bei Vorpubertären Kraftzunahmen und ist somit in jedem Alter als sinnvoll anzusehen (vgl. Kap. 2.3.2). KANEHISA et al. (2006) haben zudem bei frühpubertären Tennisspielern und -spielerinnen in einem zweijährigen Untersuchungszeitraum einen über das normale Entwicklungsmaß hinausgehenden Kraftzuwachs festgestellt. Somit sollte gezielte Kräftigung von früher Kindheit an parallel mit Training von Schlagtechnik, Schlaggenauigkeit und Schlagtempo erfolgen, um sich möglichst früh höhere Kraftwerte für die Schlagschnelligkeit anzueignen (HOLZER 1997). Dabei ist eine individuelle Abstimmung und Anpassung des Krafttrainings an die speziellen Erfordernisse des Spielers unbedingt zu beachten, um bestmögliche Leistungszuwächse zu ermöglichen (MESTER und WEBER 1990). Zudem sollte das Krafttraining abwechslungsreich gestaltet werden, um einem Leistungsplateau, einer

Eintönigkeit und einem damit verbundenen Motivationsverlust vorzubeugen (PORTEN 2004, KLEINÖDER und KRAFT 2005). Im Spitzenbereich wird folglich das Ziel angestrebt, die Trainings- und Wettkampfbelastung so zu kompensieren, dass es über die gesamte Saison hinweg zu keinem Leistungseinbruch bzw. keiner Verletzung kommt (KNÖDEL 2007). Ein systematisches Krafttraining kann hierzu einen entscheidenden Beitrag leisten.

Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass Krafttraining im modernen Leistungstennis sowohl aus leistungsorientierter als auch aus prophylaktischer Sicht einen hohen Stellenwert besitzt. Demzufolge sollte frühzeitig mit einem systematischen und zielgerichteten Krafttraining begonnen werden. Hierbei sollte ein besonderes Augenmerk auf eine Individualität und Variabilität des Krafttrainings gelegt werden.

2.5.2.2 Schnelligkeitstraining im Tennis

Im Tennismatch ist das schnelle Überwinden kurzer Strecken mit anschließendem Abbremsen, Richtungswechsel und erneutem Beschleunigen von elementarer Bedeutung (BÖS et al 1994, KOVACS 2006). Die stetig steigende Schlaghärte und –präzision und der damit verbundene wachsende Anteil an Zeitdrucksituationen bewirken zwingend zunehmende Anforderungen an die Laufschnelligkeit. Systematische Laufweganalysen haben ergeben, dass Weltklassespieler auf Sandplätzen jedoch nur bei 20% aller Schläge während der Schlagvorbereitung unter mehr oder minder hohem Zeitdruck stehen, so dass Schläge unter mittlerem Zeitdruck dominieren (FERRAUTI und FUST 1997). Die überwiegende Mehrheit (ca. 75%) der Spielsituation unter Zeitdruck ereignet sich im Bereich der Grundlinie, wobei die Spieler insbesondere auf der Vorhand-Seite (ca. 60% aller Situationen unter Zeitdruck), bedingt durch die Bestrebung, die Rückhand so häufig wie möglich zu umlaufen, unter Druck gesetzt werden (FERRAUTI et al. 2006). Dabei konnte festgestellt werden, dass die Fehlerquote mit zunehmendem Zeitdruck deutlich ansteigt (vgl. Abb. 12). Zudem beträgt die Laufstrecke unter Zeitdruck an der Grundlinie ca. 4-5 Meter

und beim Lauf zum Netz ca. acht Meter (FERRAUTI et al. 2006). Allerdings müssen diese Distanzen unter Umständen mehrmals innerhalb eines Ballwechsels und dabei schnellstmöglich nacheinander absolviert werden (SCHÖNBORN 1996). Außerdem sollte berücksichtigt werden, dass die Schnelligkeit bei einer durchschnittlichen Anzahl von vier Schlägen pro Ballwechsel in annähernd jedem Ballwechsel wenigstens einmal gefordert ist und zudem immerhin jeder fünfte Schlag unter derart hohem Zeitdruck vorbereitet werden muss, dass sich Schlag- und Stopp- bzw. Laufbewegungen überlagern (FERRAUTI und WEBER 1994, FERRAUTI und FUST 1997, FERRAUTI et al. 2003). Demnach werden auf Sandplätzen extreme Anforderungen an die Laufschnelligkeit vergleichsweise zwar selten gestellt, sie treten jedoch mehrfach in der finalen Phase der Ballwechsel auf und entscheiden dann häufig über die Punkteverteilung (FERRAUTI und FUST 1997). Überdies kann als weiterer Hinweis auf die Bedeutung der Laufschnelligkeit im Tennis ein Zusammenhang zwischen Spielstärke und Laufschnelligkeit genannt werden. Topspieler der deutschen Rangliste erreichen bessere Laufzeiten als leistungsschwächere Tennisspieler (FERRAUTI et al. 2006). Außerdem konnte ein Zusammenhang zwischen Aufschlaggeschwindigkeit und Ranglistenposition festgestellt werden (FERRAUTI und WEBER 2000). Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass das heutige Spitzentennis eine komplexe Rekrutierung von Schnelligkeits- bzw. Koordinationsfähigkeiten auf hohem Niveau, speziell im Bereich der Beinarbeit, fordert. Folglich muss ein Beinarbeitstraining eine wesentliche Säule im Trainingsregime eines Spitzenspielers darstellen (BENKO und LINDINGER 2006). Befunde von FERRAUTI et al. (2000) weisen allerdings erhebliche Defizite in den Laufleistungen von Spielerinnen des B- und C-Kaders des DTB auf. Auch SCHÖNBORN (1996) berichtet von beträchtlichen Mängeln bezüglich der Schnelligkeitsfähigkeiten im deutschen Nachwuchsbereich. Aufgrund der elementaren Bedeutung der Schnelligkeit für das Leistungsvermögen des Tennisspielers muss demnach das Schnelligkeitstraining frühzeitig im langfristigen systematischen Leistungsaufbau entsprechend hohe Beachtung finden. Folglich wird der Schnelligkeit im Leistungstennis gegenüber den

übrigen konditionellen Faktoren laut Expertenbefragung die größte Bedeutung zugeordnet (Abb. 14). Dies gilt insbesondere für das Herrentennis sowie für schnelle Bodenbeläge (FERRAUTI und WEBER 1994). Somit ist nach DEGEL (1999) ab einem gewissen Spielniveau eine Leistungssteigerung im Tennis fast ausschließlich nur durch eine höhere Bewegungsschnelligkeit (Lauf- und Schlagschnelligkeit) zu erreichen.

Trotz des hohen Stellenwertes der Schnelligkeit existieren häufig ungenaue Kenntnisse bezüglich der Durchführung eines Schnelligkeitstrainings. Als mögliche Ursache kann unter anderem die verwirrende Vielfalt an Einflussfaktoren und Erklärungsmodellen zur Schnelligkeit genannt werden (vgl. Kap. 2.3.3). Auch im Tennis muss die Schnelligkeit komplex gesehen und dementsprechend in all ihren Formen als fester Bestandteil regelmäßig in den Trainingsprozess eingeplant werden (SCHÖNBORN 1996, 1997). Dabei ist zu beachten, dass im Schnelligkeitstraining in erster Linie sportartspezifische Belastungen vorkommen, da Schnelligkeit im Sport nur durch spezielle und nicht durch allgemeine Übungen erlern- und trainierbar ist (KOVACS 2006, GROSSER 1997, SCHÖNBORN 1996). Hierbei sollten unbedingt verschiedene Gestaltungsrichtlinien (z.B. Variabilität, Individualität, Alter) zur Gewährleistung einer optimalen Trainingsqualität im Schnelligkeitstraining Berücksichtigung finden (vgl. Kap. 2.3.3). Vor allem die Belastungsnormative sollten unter Beachtung des jeweiligen Trainingsziels sorgfältig aufeinander abgestimmt werden. Generell sollte das Schnelligkeitstraining im ausgeruhten Zustand mit maximaler bzw. supramaximaler Intensität unter genauer Berücksichtigung der Belastungsdauer und -dichte durchgeführt werden (SCHÖNBORN 1996). Befunde mehrerer Autoren dokumentieren einen deutlichen Einfluss der Belastungsdichte auf die Laufschnelligkeit. Eine zu gering gewählte Pausenzeit verringert kurzfristig die Laufschnelligkeit erheblich (DEGEL 1999, BALSOM et al. 1992, FERRAUTI et al. 2001). Demzufolge sollte unbedingt zwischen den einzelnen Belastungsphasen eine ausreichend lange Pause gewährleistet sein, um eine bestmögliche Trainingsqualität sicherzustellen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im modernen Spitzentennis zunehmende Anforderungen an die Bewegungsschnelligkeit (Lauf- und Schlagschnelligkeit) zu beobachten sind. Somit gilt die Schnelligkeit gemeinsam mit der Koordinationsfähigkeit als dominierender leistungslimitierender Faktor im Leistungstennis und muss daher als fester Bestandteil frühzeitig und systematisch in den Trainingsprozess integriert werden.

2.5.2.3 Ausdauertraining im Tennis

Die Bedeutung einer ausgeprägten Ausdauerleistungsfähigkeit liegt für den Spitzentennispieler sowohl in der Aufrechterhaltung höchster Leistungsfähigkeit während eines gesamten Matches bzw. Turniers als auch in einer besseren Regenerationsfähigkeit in Spielphasen mit geringerer Intensität sowie in Pausen zwischen Ballwechseln, Spielen und Matches (LIEBHARDT und PICHLER 1994). Überdies ist eine hohe Qualität der Ausdauerleistungsfähigkeit Grundlage für eine adäquate Durchführung der im Spitzentennis notwendigen Trainingsbelastungen. Andernfalls besteht stets die Gefahr eines Übertrainingszustandes mit drohendem Leistungseinbruch (vgl. Kap. 2.3.5). Demzufolge bildet eine gut entwickelte tennisspezifische Ausdauerleistungsfähigkeit auf der Basis einer hohen Grundlagenausdauer die wichtigste Grundlage für die im modernen Spitzentennis geforderte hohe Belastungsverträglichkeit im Training und Wettkampf (DTB 1996).

Mit ansteigender Spielstärke lässt sich als Resultat von Anpassungserscheinungen auf entsprechende umfangreiche Ausdauerbeanspruchungen im Training und Wettkampf eine Zunahme der Ausdauerleistungsfähigkeit feststellen (PLUIM 1999, STOCKHAUSEN 2000, WEBER 1987, URHAUSEN et al. 1988). Untersuchungen an Leistungstennispielern der internationalen Klasse zeigen, dass diese über eine erheblich höhere VO_{2max} verfügen als leistungsschwächere Spieler. Daher sollte vom heutigen Spitzenspieler eine VO_{2max} von deutlich mehr als 50 ml/min/kg Körpergewicht erreicht werden (PLUIM 1999, KEUL et al. 1992, KÖNIG et al. 2001, KOVACS 2006). Allerdings wird im Nachwuchsbereich von einer großen Streubreite sowie deutlichen

Defiziten der Ausdauerleistungsfähigkeit berichtet (LEHMACHER und KLEINÖDER 2000, STOCKHAUSEN 2000). Daher wird gefordert, dass die günstigen Voraussetzungen bei den Jüngsten (vgl. Kap. 2.3.4) konsequent weiterentwickelt werden müssen, um die hohen Anforderungen des modernen Spitzentennis an die Ausdauerleistungsfähigkeit überhaupt erfüllen zu können (LEHMACHER und KLEINÖDER 2000).

Eine gut ausgebildete Grundlagenausdauer wird als zwingende Voraussetzung für Höchstleistungen in jeder energetisch beanspruchenden Sportart angesehen (FERRAUTI et al. 2003). Bei Spitzenspielern lässt sich im Vergleich zu leistungsschwächeren Spielern ein Anstieg der Laktatkonzentration zu einem viel späteren Zeitpunkt und somit eine verzögerte Übersäuerung feststellen (KEUL et al. 1992, KÖNIG et al. 2001). Es besteht die Annahme, dass eine unzureichend ausgebildete Grundlagenausdauer bei intensiven Trainingsbeanspruchungen eine frühzeitige Laktatazidose verursacht, welche sich wiederum negativ auf die neuromuskuläre Koordination auswirken kann (FUST 1999, FERRAUTI et al. 1999, KEUL et al. 1992, WEBER und HOLLMANN 1984, URHAUSEN et al. 1988). Folglich wird geschlossen, dass Tennisspieler mit einer höheren aeroben Kapazität bei gegebenen intensiven körperlichen Beanspruchungen im Durchschnitt eine geringere Einbuße ihrer koordinativen Qualität hinnehmen müssen (WEBER 1987). Aus heutiger Sicht wird dieser Zusammenhang jedoch eher kritisch betrachtet und die Rolle des Blutlaktats in Verbindung mit Trainingsbelastungen und Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit erheblich diskutiert (vgl. Kap. 2.4.4).

Eine gut ausgebildete Grundlagenausdauer trägt neben einer Steigerung der Ermüdungswiderstandsfähigkeit und einer Beschleunigung des Regenerationsvermögens auch zu einer Vielzahl an wünschenswerten präventivmedizinischen Begleiterscheinungen (z.B. vorbeugende Wirkung vor Volkskrankheiten wie der koronaren Herzkrankheit und dem Metabolischen Syndrom) bei. Als Trainingsmethode zur Verbesserung der Grundlagenausdauer gelten die extensive und darauf aufbauend die intensive Dauer- als Mittel der Wahl (FERRAUTI et al. 2006). Hingegen unterscheidet sich das wettkampff-

spezifische Ausdauertraining (unterteilt in semispezifisches und tennis-spezifisches) vom Grundlagentraining durch eine höhere Dauerlaufgeschwindigkeit oder insbesondere durch zusätzliche tennisähnliche Schnellkraftbeanspruchungen (WEBER 1985b). Das semispezifische Ausdauertraining gilt hierbei als wichtige und unerlässliche Erweiterung des Grundlagentrainings und ist durch den Einbau von Schnelligkeits- und Schnellkraftbeanspruchungen in ein insgesamt extensives Grundtempo bzw. durch einen stetigen Tempowechsel (z.B. Fahrtspiel) gekennzeichnet und simuliert somit den tennistypischen Wechsel von Belastung und Erholung (FERRAUTI et al. 2003, 2006). Als Vorteil dieser Trainingsform werden eine effiziente Verabreichung von den für das Leistungstennis bedeutungsvollen Schnelligkeitsreizen (explosive Richtungsänderungen und Sprints) sowie eine präzise Ansteuerung der gewünschten Stoffwechselwege (Fähigkeit zur schnellen Umstellung von Fett- auf Kohlenhydratverbrennung und umgekehrt) genannt (FERRAUTI 2006, WEBER 1985b). Das tennisspezifische Ausdauertraining ist hingegen eng an die besonderen Stoffwechselbeanspruchungen einer Kurzzeit-Intervallbelastung gekoppelt und findet durch Trainingsformen mit verschiedenen Zielsetzungen auf dem Tennisplatz Anwendung. Durch diese sportartspezifische Form des Ausdauertrainings wird es dem Sportler ermöglicht, sportarttypische neuromuskuläre Aktionen über einen möglichst langen Zeitraum zu erbringen (JESCHKE et al. 1985, FERRAUTI et al. 2006).

Befunde von FERRAUTI (2006) belegen, dass nach einem fünfwöchigen semispezifischen Ausdauertraining (standardisiertes Fahrtspiel) im Vergleich zu einem im gleichen Zeitraum durchgeführten extensiven Grundlagen-ausdauertraining eine stärkere Verbesserung der Intervall-Sprintleistung sowie von aeroben und anaeroben Ausdauerkomponenten erzielt wird. Somit scheint es, dass die Ermüdungswiderstandsfähigkeit gegenüber der überwiegend intervallartigen tennisspezifischen Trainings- und Wettkampfbeanspruchung schneller und effizienter durch das semispezifische Ausdauertraining verbessert werden kann (FERRAUTI et al. 2006). Des Weiteren ist anzumerken, dass von einer guten Grundlagenausdauer nicht direkt auf eine gute wettkampf-

spezifische Ausdauer geschlossen werden kann (LIEBHARDT und PICHLER 1994). Vereinzelt reagieren Spieler trotz annähernd identischer Grundlagenausdauer völlig unterschiedlich auf tennisspezifische Reize, so dass vor allem der sportartspezifischen Ausdauer eine besondere Bedeutung zukommt (FUST 1999, FERRAUTI et al. 1999, 2006, MOSEL 2004, LIEBHARDT und PICHLER 1994). Folglich wird eine quantitativ stärkere Berücksichtigung wettkampfspezifischer Methoden bereits zu Beginn eines ausdauerorientierten Mesozyklus in den Sportspielen empfohlen. Das extensive Grundlagenausdauertraining besitzt bei klar definierten Defiziten sowie bei Jugendmannschaften im Sinne eines langfristigen Leistungsaufbaus jedoch nach wie vor seine Berechtigung (FERRAUTI 2006).

Schlussfolgernd kann somit festgehalten werden, dass eine Realisierung und Toleranz einer hohen Trainingsqualität und –quantität einerseits und eine höchstmöglichen Leistungsfähigkeit im Wettkampf andererseits nur auf Basis einer hohen Ermüdungswiderstandsfähigkeit realisiert werden (URHAUSEN et al. 1988, WEBER 1985b, FERRAUTI et al. 1993, LIEBHARDT und PICHLER 1994). Zudem wird die Gefahr eines Übertrainingssyndroms sowie eines Leistungseinbruchs durch eine hohe Qualität der Ausdauerleistungsfähigkeit erheblich reduziert. Folglich wird die Ausdauerleistungsfähigkeit im modernen Spitzentennis als wesentlicher leistungsbestimmender Parameter angesehen (LEHMACHER und KLEINÖDER 2000, SCHÖNBORN 1993, STOCKHAUSEN 2000). Dies gilt insbesondere für das Sandplatztennis, für (defensive) Grundlinienspieler sowie für Spieler mit energetisch aufwendiger Technik (FERRAUTI et al. 2006). Somit muss das Ausdauertraining im langfristigen systematischen Leistungsaufbau ähnlich wie die konditionellen Komponenten Kraft und Schnelligkeit entsprechend hohe Beachtung finden.

2.6 Leistungsdiagnostik im Tennis

Der lange und anspruchsvolle Weg an die Weltspitze im Tennis ist nur durch ein systematisches sowie qualitativ und quantitativ hochwertiges Training im Nachwuchsbereich erfolgreich zu bewältigen. Charakteristisches Merkmal des Leistungssports ist demnach die gezielte, möglichst kontinuierliche Verbesserung der individuellen Leistungsfähigkeit eines Athleten. Für eine entsprechend hochwertige Trainingsarbeit ist jedoch eine regelmäßige und individuelle Diagnostik zwingende Voraussetzung, um eine langfristige Planung und einen systematischen Aufbau rechtzeitig zu gewährleisten (WOHLMANN 2006, VOSS und WERTHNER 1994, SCHUR und LEHMACHER 2000, MESTER et al. 2006). Hierbei sollte unbedingt bedacht werden, dass die Auswahl von sportartspezifischen Verfahren der Leistungsdiagnostik einen engen Zusammenhang mit dem Beanspruchungsprofil im Wettkampf (siehe Kap. 2.4.2-2.4.4) sowie der erforderlichen Trainingsbelastung aufweisen müssen, um überhaupt aussagekräftige Resultate erzielen zu können. Die Möglichkeiten der Leistungsdiagnostik haben sich stetig verbessert, so dass der Entwicklungsstand der Messmethodik heute tiefgehende Erkenntnisse über Stand und Entwicklung der Leistungsfähigkeit erlaubt. Allerdings sollte beachtet werden, dass die Leistungsdiagnostik nicht Selbstzweck erhält. Die Inhalte der Diagnostik sollten sich nicht nach den messtechnischen Möglichkeiten, sondern nach der trainingsmethodischen Notwendigkeit richten (VOSS und WERTHNER 1994). Überdies sind der Erhebung komplexer und aufwendiger Parameter in der Praxis des Leistungssports aus zahlreichen Gründen (z.B. zeitliche, finanzielle) enge Grenzen gesetzt. Zudem ist das Problem der Umsetzbarkeit von Erkenntnissen von Daten unbedingt zu berücksichtigen. In diesem Zusammenhang empfiehlt WOHLMANN (2006) leistungsdiagnostische Maßnahmen in Abhängigkeit von der Niveaustufe (von der Vereinsebene bis zum Hochleistungssport) durchzuführen. Mit zunehmender Niveaustufe nimmt hierbei die Komplexität der Maßnahmen zu. Nach MESTER et al. (2006) lassen sich im Leistungssport die Parameter unterschiedlicher Komplexität und Aussagekraft sowie unterschiedlichen Aufwandes nach dem Konzept „Diagnostischer Ebenen“ anordnen. Durch diese differentielle Leistungs-

diagnostik ist sowohl ein engmaschiges als auch ein gezieltes Belastungs- und Leistungsmonitoring möglich. Allerdings erfordert dieses Model, dass die erhobenen Daten in einer einheitlichen Datenbank als so genannte Athletenakte gespeichert werden, so dass auch bestmöglich von den erhobenen Daten profitiert werden kann. Für eine sinnvolle sportmedizinische Leistungsdiagnostik ist die Vergleichbarkeit von Befunden jedoch als eine unabdingbare Voraussetzung anzusehen. In diesem Zusammenhang ist die immer wieder geforderte Vereinheitlichung der Leistungsdiagnostiken zu nennen, um eine Vergleichbarkeit und ganzheitliche Aussagekraft von Befunden verschiedener Untersuchungsstellen überhaupt zu ermöglichen (STOCKHAUSEN et al. 1997, SIMON 1998).

Durch eine sportartspezifische Leistungsdiagnostik wird die Leistungsentwicklung eines Spielers und in dem Zusammenhang zugleich der Erfolg der eingesetzten Trainingsinhalte sowie der Trainingsmethoden messbar (FERRAUTI et al. 2006). Folglich können individuelle Defizite frühzeitig erkannt und anschließend gezielt ausgeglichen werden. Die Problematik einer gezielten Leistungssteuerung im Tennis ergibt sich allerdings durch die Komplexität dieser Sportart. Neben technisch-taktischen sowie psychischen Komponenten beeinflussen auch die konditionellen Komponenten Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer im hohen Maße die Spielstärke im Tennis (vgl. Kap. 2.5.2.1-2.5.2.3). Somit kann die bestehende Vielfalt an leistungsbestimmenden Faktoren nur durch eine gemeinsame interdisziplinäre Zusammenarbeit (differenzierte Leistungsdiagnostik) aussagekräftig beurteilt werden, so dass möglichst sämtliche messbaren Leistungsfaktoren wie Gesundheitsstatus, Ausdauer, Kraft sowie Schlag- und Laufschnelligkeit berücksichtigt werden (STOCKHAUSEN et al. 1997, DICKHUT et al. 1991, KRAHL et al. 2000, FERRAUTI et al. 2006). Durch eine interdisziplinäre Auswertung können somit die Leistungsprofile genau differenziert und konkrete Hinweise zur individuellen Trainingssteuerung gegeben werden (KORNMEYER et al. 2009). Bereits geringfügige konditionelle Vorteile können sich spielentscheidend auswirken, insbesondere beim Aufeinandertreffen von zwei ansonsten gleichwertigen Spielern. Folglich können auch Leistungszuwächse geringer Art bei der

gegebenen Leistungsdichte im heutigen Spitzentennis von entscheidender Bedeutung sein. Hierdurch wird die herausragende Bedeutung einer regelmäßigen sportartspezifischen Leistungsdiagnostik im Leistungssport ersichtlich, da individuelle Defizite identifiziert und durch nachfolgende Trainingsmaßnahmen entsprechend beseitigt werden können. Somit kann eine regelmäßige praxisnahe Leistungsdiagnostik eine entscheidende Rolle für den Erfolg des Leistungssportlers spielen. Aufgrund der großen Bandbreite der Entwicklung sollte neben der Orientierung an so genannten Normwerten die individuelle Entwicklung im Längsschnitt eine feste Größe sein.

2.6.1 Orthopädisch-physiotherapeutische Untersuchung

Da der Grenzbereich der individuellen Belastbarkeit stetig anvisiert und teilweise sogar überschritten wird, besteht die dringende Notwendigkeit für eine regelmäßige Vorsorge verschiedener gesundheitlicher Risiken, insbesondere orthopädischer sowie internistischer Art. Vor allem im Nachwuchsbereich ist eine generelle Tauglichkeitsuntersuchung der Athleten in Bezug auf die Anforderungen im Leistungssport von besonderer Bedeutung (KRAHL et al. 2000a, b). Die orthopädische Untersuchung dient hierbei nicht nur der Diagnose, Behandlung und Vorbeugung von Verletzungen, sie soll auch eine harmonische Entwicklung des Bewegungs- und Halteapparats begleiten. Demnach soll insbesondere auf funktionelle sowie präventive orthopädische Aspekte hingewiesen werden, welche im Training zu berücksichtigen sind (STOCKHAUSEN et al. 1997).

2.6.2 Kraftdiagnostik

Analysen der Krafftfähigkeiten können Erklärungen für den aktuellen Leistungsstand liefern. Aufgrund komplexer Anforderungen an die Krafftfähigkeiten der Beinmuskulatur im modernen Spitzentennis muss auch dieser Aspekt in der Leistungsdiagnostik unbedingt berücksichtigt werden (KLEINÖDER und MESTER 2000, GAMER 2000, KRAHL et al. 2000). Zudem

ist anzumerken, dass für die allgemeine und tennisspezifische Laufschnelligkeit (explosiver Abdruck, Sprintvermögen und Richtungswechsel) grundlegende Fähigkeiten der Kraft wie die Maximalkraft, Schnellkraft und Reaktivkraft eine unabdingbare Voraussetzung darstellen. Die Diagnostik der Krafft Fähigkeiten gibt dabei Aufschluss über das individuell sehr variierende Kraftpotential als wesentliche Voraussetzung für Schnellkraft und Schnelligkeit. Befunde von KOLLATH et al. (2006) bestätigen den engen Zusammenhang zwischen Sprint- und Sprungleistungen. Ein hohes Maß an konzentrischer sowie exzentrisch-konzentrischer Muskelkraft kommt nach Meinung der Autoren sicherlich einer hohen Laufgeschwindigkeit zugute.

Um die unterschiedlichen Krafft Fähigkeiten, welche hinter den tennisspezifischen Anforderungen stehen, umfassend zu prüfen, kommen verschiedene standardisierte Testverfahren zum Einsatz. Eine Möglichkeit der Maximalkraftbestimmung besteht an der **Desmotronik Beinpresse**. Sie diagnostiziert die isometrische und dynamische Maximalkraft getrennt für beide Beine, so dass muskuläre Dysbalancen im Kraft-Zeit-Verlauf erkannt werden können (PIEPER und KLEINÖDER 2006). Ein wesentlicher Bestandteil der Krafft diagnostik sind die Standardsprungkrafttests auf einer Kraftmessplatte, bestehend aus dem Squat Jump, dem Counter Movement Jump und dem Drop Jump. Diese geben Auskunft über die verschiedenen Komponenten der Krafft Fähigkeiten und der Sprungkraft, welche die Maximalkraft, die Schnellkraft und die Reaktivkraft beinhaltet. Nach SCHMIDTBLEICHER (2003) deckt die Kombination aus Squat Jump (reine konzentrische Sprungbewegung), Counter Movement Jump (langsamer Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus) und Drop Jump (schneller Dehnungs- Verkürzungs-Zyklus) die Gesamtbreite des reaktiven Bewegungsverhaltens ab. Bei allen drei Ausführungen werden die Sprunghöhe sowie beim Drop Jump zusätzlich die Kontaktzeit bzw. das Verhältnis dieser beiden Parameter gemessen. Beim **Squat Jump** (Abb. 15a) handelt es sich um eine Sprungbewegung aus der Kniebeugenposition ohne Ausholbewegung in die Vertikale mit dem Ziel, eine möglichst große Sprunghöhe zu erreichen (KLEINÖDER und MESTER 2000, PIEPER und KLEINÖDER 2006, SCHMIDTBLEICHER 2003). Während der gesamten Bewegungsausführung

müssen die Hände in die Hüften gestützt bleiben, damit ein Einfluss der Impulsübertragung des Armschwungs ausgeschlossen bzw. möglichst gering gehalten werden kann (vgl. Befunde von EVERETT et al. 1990). Dieser Sprungtest lässt Rückschlüsse über das Maximalkraftvermögen zu.

Beim **Counter Movement Jump** hingegen erfolgt eine Ausholbewegung in Form einer Tief-Hoch-Bewegung aus dem aufrechten Stand mit den Händen in der Hüfte. Unmittelbar nach der schnellen Ausholbewegung erfolgt eine explosive, maximale Steckung der Beinmuskulatur. Hierbei spielt die Koordination im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus der Muskulatur eine wesentliche Rolle (PIEPER und KLEINÖDER 2006). Im Normalfall ist die Sprunghöhe aufgrund der Ausholgeschwindigkeit und Beugtiefe größer als beim Squat Jump (SCHMIDTBLEICHER 2003).

Beim **Drop Jump** handelt es sich um einen Nieder-Hoch-Sprung von einer vorgegebenen Höhe (z.B. 40cm hoher Kasten) auf die Kraftmessplatte. Aus der Fallhöhe wird mit Händen in der Hüfte und gestreckten Beinen nach unten auf die Kraftmessplatte gesprungen, um dann in unmittelbarem Anschluss maximal in die Höhe zu springen. Hierbei wird das Reaktivkraftvermögen in Form der Verweildauer auf der Kraftmessplatte (Kontaktzeit) und der dabei erzielten Höhe überprüft (PIEPER und KLEINÖDER 2006). Dabei sollte das Ziel verfolgt werden, eine möglichst kurze Bodenkontaktzeit (kleiner als 200 Millisekunden) bei gleichzeitig maximaler Sprunghöhe zu erreichen (KLEINÖDER und MESTER 2000).

Weiterhin sollte eine Diagnostik der Rumpf- und Wurfkraft ein fester Bestandteil in der Testbatterie der Krafftfähigkeiten sein, da gerade der Kraftaufbau der Rumpf- und Schultermuskulatur im Kindes- und Jugendalter häufig sträflich vernachlässigt wird mit oft weit reichenden gesundheitlichen Konsequenzen (GAMER 2000). Zudem ist eine ausgeprägte Rumpfmuskulatur für fast alle Schlagbewegungen, insbesondere für den Aufschlag, eine unabdingbare Voraussetzung. Zur Überprüfung der Rumpf- und Wurfkraft bietet sich der **Medizinballwurf** an. Bei dem beidhändigen Medizinballwurf (Abb. 15b) ist es die Aufgabe, den in beiden Händen hinter dem Kopf gehaltenen 1,5 Kilogramm schweren Medizinball aus leichter Schrittstellung so weit wie möglich zu werfen.

Ergänzend hierzu erfolgen noch jeweils einhändige Würfe mit dem rechten und dem linken Arm. Die erzielten Wurfweiten lassen sich anhand von Normwerttabellen einordnen, um dadurch entsprechende Rückschlüsse auf die Rumpf- und Wurfkraft ziehen zu können.



Abb. 15: Testverfahren der Kraftdiagnostik. Links (15a): Squat Jump; Rechts (15b): Medizinballwurf.

2.6.3 Schnelligkeitsdiagnostik

Der herausragende Stellenwert der Schnelligkeit im Anforderungsprofil des modernen Spitzentennis (vgl. Kap. 2.5.2.2) erfordert eine differenzierte und regelmäßige Schnelligkeitsdiagnostik, um eine effektive Leistungssteuerung zu gewährleisten (KRAHL et al. 2000, FERRAUTI et al. 2000). In Anbetracht der Vielzahl an Einflussfaktoren erfordert eine valide Diagnostik der Lauf-schnelligkeit im Tennis den Einsatz einer Testbatterie mehrerer aufeinander abgestimmte Einzeltests (FERRAUTI und WEBER 1994). Die spieladäquate Erhebung der komplexen Laufschnelligkeitsfähigkeit erfordert hierbei die Integration von sowohl Richtungswechseln als auch solchen Bewegungsformen, welche die wettspielspezifische Beanspruchung möglichst repräsentativ abbilden (BÖS et al. 1994, FERRAUTI et al. 2005). Die derzeit angewendeten Testverfahren bestehen aus einem Linearsprint sowie einem T-Run- und Ballpendelsprint. Der **Linearsprint** (Abb. 16b) erfolgt über eine Distanz von 20 m. Dieser Test dient der Überprüfung des explosiven Abdruckverhaltens sowie der Antritts- und Beschleunigungsfähigkeit bei maximaler zyklischer Laufbelastung. Zudem können ergänzend Bewegungsmerkmale (Laufkoordination bzw. Bewegungsabfolge) videot technisch aufgezeichnet und analysiert werden, so dass individuelle koordinative Defizite präzise eingegrenzt und dann im Rahmen des Schnelligkeitstrainings regelmäßig korrigiert werden

können. Der Start erfolgt aus aufrechter Stellung ohne ein akustisches Startsignal von einer speziell hierfür konzipierten elektronischen Startplatte. Die Zeitmessung beginnt, wenn die Testperson die Startplatte verlässt. Mittels Doppellichtschranken (Messgenauigkeit 1/100 s) werden die Laufzeiten über 5, 10 und 20 m erfasst. Die Testperson absolviert nach einem Probelauf drei Sprints nach jeweils einer Minute Pause (FERRAUTI et al. 2000, PIEPER und KLEINÖDER 2006, FERRAUTI und FUST 1997).

Der **T-Run Sprint** (Abb. 16a) hingegen dient zur Analyse der tennisspezifischen Sprintfähigkeit auf kurzen Distanzen mit Richtungswechseln nach vorne und zur Seite auf dem Tennisplatz (PIEPER und KLEINÖDER 2006). Der Test misst die Startschnelligkeit, das Abdruckverhalten und die Beschleunigungsfähigkeit nach insgesamt fünf Richtungswechseln. Dabei werden die vorgegebenen Laufwege nicht mit dem Tennisschläger absolviert. Die Testperson hat die Aufgabe, von der Grundlinienmitte zuerst in die linke Spielfeldhälfte (Schnittpunkt Grundlinie und Einzelauslinie) zu sprinten, um einen auf den Boden befindlichen Ball aufzunehmen. Dieser Ball wird auf einer auf der Grundlinienmitte sich befindenden Ablagefläche abgelegt, um anschließend sofort nach vorne zum T-Linienkreuz zu sprinten. Dort wird erneut ein Ball aufgenommen, der ebenfalls auf der Plattform abzulegen ist. Abschließend muss aus der rechten Spielfeldhälfte (Schnittpunkt Grundlinie und Einzelauslinie) ein dritter und letzter Ball aufgenommen und mit diesem schnellstmöglich die Start- und Ziellinie überquert werden. Der Start erfolgt aus aufrechter Körperposition an der Mittellinie der Grundlinie. Mittels einer elektronischen Funklichtschrankeanlage erfolgt die Zeitmessung automatisch mit dem ersten Passieren der Lichtschranke. Dieser Testparcours wird nach ein bis zwei Probeversuchen drei Mal mit jeweils einer Minute Pause durchlaufen.

Der tennisspezifische **Ballpendelsprint** erfolgt mit Tennisschläger auf dem Tennisplatz und überprüft in einer tennisspezifischen Spielsituation in Kombination mit der Schlagqualität die Laufschnelligkeitsfähigkeiten der Beine, insbesondere das Abdruck- und Beschleunigungsverhalten nach einem Richtungswechsel (FUST et al. 1997, PIEPER und KLEINÖDER 2006, FERRAUTI et al. 2000). Hierbei startet der Spieler von einer elektronischen

Startplatte, läuft unmittelbar zur Vor- oder Rückhanddecke des Einzelfeldes und schlägt dort mit seinem Tennisschläger gegen ein elektronisches Ballpendel. Nach anschließendem explosivem Abdruck sprintet die Testperson entlang der Grundlinie zur anderen Seitenauslinie, um dort aus vollem Lauf ein zweites Ballpendel auszulösen. Nach ein bis zwei Probeversuchen wird dieses Testdesign von den Testpersonen mit jeweils drei Versuchen im Abstand von zwei Minuten absolviert.

Da die Schlagschnelligkeit im Spitzentennis in den letzten Jahren immer mehr zu einem leistungslimitierenden Faktor (vgl. Kap. 2.4.2, 2.5.1) avancierte, sollte auch dieser Aspekt unbedingt Bestandteil einer tennisspezifischen Leistungsdiagnostik sein (LANDLINGER und BENKO 2006, FERRAUTI und WEBER 2000). Die derzeit angewendeten Testverfahren sind ein Aufschlag-Test und ein Vorhand-Winner-Test. Als ergänzenden tennisspezifischen Schnelligkeitstest empfehlen LANDLINGER und BENKO (2006) einen standardisierten Armschnelligkeitstest am Seilzug.

Beim **Aufschlag-Test** absolviert die Testperson nach vorangegangener Aufwärmphase 20 (2x10) erste Aufschläge mit maximaler Geschwindigkeit durch die Mitte. Eine Zielfläche dient hierbei zur Orientierung. Die Aufschlaggeschwindigkeit wird von einer Radarpistole erfasst und gleichzeitig videotecnisch für spätere Technikanalysen aufgezeichnet. Zudem wird durch Trefferprotokolle die Schlagpräzision festgehalten. Bei diesem Test hat die Schlaggeschwindigkeit Vorrang vor der Schlagpräzision, zur Gewährleistung einer objektiven Beurteilung der Schlagqualität sollte die Treffgenauigkeit jedoch mit zweiter Priorität hinzugezogen werden.

Beim **Vorhand-Winner-Test** absolviert die Testperson 24 Vorhand-Winner (3x8) nach standardisiertem Zuspiel durch die Ballwurfmaschine (FERRAUTI et al. 2006). Die Schläge erfolgen abwechselnd aus der Mitte und aus der jeweiligen Rückhanddecke. Die Aufgabe besteht darin, jeden Schlag mit höchstmöglicher Geschwindigkeit in die gegenüberliegende Zielfläche zu spielen. Die Schlaggeschwindigkeit wird durch eine Radarpistole erfasst, die Schlagpräzision durch Trefferprotokolle dokumentiert. Zudem erfolgt eine Videoaufzeichnung zur Erfassung qualitativer Bewegungsmerkmale.



Abb. 16: Testverfahren der Schnelligkeitsdiagnostik. Links (16a): T-Run Sprint; Rechts (16b): Linearsprint.

2.6.4 Ausdauerdiagnostik

Zur Beurteilung der konditionellen Grundlagen wird der Stufentest auf dem Laufband als wesentlicher leistungsdiagnostischer Test vorgegeben. Alternativ bietet sich ein Ausdauer-Feldstufentest auf einer 400m-Bahn an. Aufgrund mangelhafter sportartspezifischer Affinität erweist sich die Fahrradergometrie für Tennisspieler hingegen als unpassend (URHAUSEN et al. 1988, STOCKHAUSEN et al. 1997, WEBER und HOLLMANN 1984). Da aus heutiger Sicht so genannte „Laktattests“ oftmals als nicht mehr ausreichend betrachtet werden, kommt zunehmend die Spiroergometrie zum Einsatz.

Die komplexe sportartspezifische Ausdauerleistungsfähigkeit kann im Laufbandtest nicht hinreichend berücksichtigt werden (SIMON 1998). Defizite im Bereich der Grundlagenausdauer können vereinzelt durch ökonomische Spielweise in Kombination mit einer guten Beinarbeit auf dem Tennisplatz kaschiert werden. Somit erlaubt ein Feldstufentest zwar eine adäquate Beurteilung und Steuerung des allgemeinen aeroben Ausdauertrainings bei Tennisspielern, allerdings sind Aussagen über die reelle Spielstärke nur durch Belastungsverfahren mit Anforderungen an die tennisspezifische Technik und Beinarbeit möglich. Folglich bietet sich ergänzend als tennisspezifischer Ausdauerterest ein Ballmaschinenstufentest mit Trefferquotenbestimmung an (URHAUSEN et al. 1988, LEHMACHER und KLEINÖDER 2000, JESCHKE et al. 1985, VAN DAM und PRUIMBOOM 1992, VERGAUWEN et al. 1998). Leider wird jedoch zumeist aus Gründen der Testökonomie auf die Durchführung dieses aufwändigen Verfahrens verzichtet, so dass bei der Analyse der Messergebnisse stets auch das erfahrende Urteil des betreuenden Trainers unbedingt mit einbezogen werden sollte.

2.7 Talentproblematik im Tennis

Hohe sportliche Leistungen setzen eine lange und systematisch-zielgerichtete Vorbereitung voraus. Die Zeitspanne vom ersten systematischen Training bis zum Erreichen der Hochleistungsphase beträgt etwa 8-10 Jahre (BÖS und SCHNEIDER 1997, JOCH 1992). Folglich sind Talentsuche, Talentauswahl und Talentförderung seit vielen Jahren eine zentrale Komponente der Spitzensportförderung (FUCHSLOCHER und ROMANN 2009). Talente im Sport zeichnen sich nach NORDMANN (2009) dadurch aus, dass sie hohe sportliche Leistungen mit einem vergleichsweise gering ausgeprägten Niveau von Leistungsvoraussetzungen erzielen. Im Gegensatz zu weniger Talentierten schöpfen sie vorhandene Leistungspotentiale besser aus (NORDMANN 2009). Die Talentdefinition beinhaltet nach JOCH (1992) eine statische und eine dynamische Komponente, welche zusammengehören und einander bedingen. Unter sportlichem Talent bzw. sportlicher Eignung ist die Gesamtheit der Voraussetzungen des Kindes oder Jugendlichen für sportliche Leistungen und Leistungsentwicklungen zu verstehen (WEINECK 2000). Demnach definiert JOCH (1992, 90) das Talent wie folgt: *„Talent besitzt oder: ein Talent ist, wer auf der Grundlage von Dispositionen, Leistungsbereitschaft und den Möglichkeiten der realen Lebensumwelt über dem Altersdurchschnitt liegende (möglichst im Wettkampf nachgewiesene) entwicklungsfähige Leistungsergebnisse erzielt, die das Ergebnis eines aktiven, pädagogisch begleiteten und intentional durch Training gesteuerten Veränderungsprozesses darstellen, der auf ein später zu erreichendes hohes (sportliches) Leistungsniveau zielstrebig ausgerichtet ist.“*

Oftmals wird der Begriff „Talent“ zuerst mit genetischen Voraussetzungen und folglich mit etwas relativ Trainingsunabhängigem in Verbindung gebracht. Wenn besondere sportliche Leistungsvoraussetzungen individuell phänotypisch nachweisbar und ohne ein gezieltes Training verursacht worden sind, kann nach MARTIN et al. (1996) mit hoher Wahrscheinlichkeit den Genen eine größere Bedeutung zugeschrieben werden. Zeigt sich jedoch eine enge Verbindung von ähnlichen individuellen Leistungsvoraussetzungen im Zusammenhang mit analogen Trainingsanforderungen, müsste ein größerer

Einfluss der Umwelt zugeschrieben werden (MARTIN et al. 1996). Jede individuelle Leistungsfähigkeit setzt sich somit aus Anteilen von angeborenen und erworbenen Faktoren zusammen, wobei Umwelt- und Trainingseinflüsse sportartspezifisch in unterschiedlichem Maße wirksam werden (WERTHNER 2001). Sportliches Talent und Trainingsfleiß stehen nach THIESS (1997) immer in Wechselbeziehung, um sportliche Spitzenleistungen vollbringen zu können. Befunde von BENCKE et al. (2002) dokumentieren den sportartspezifischen Einfluss auf die Krafftfähigkeiten bei vorpubertären Kindern unterschiedlicher Sportarten. Im Vergleich zu den Tennisspielern, Schwimmern und Handballern erzielten die Turner die besten Resultate bei den Standardsprungkrafttests (Squat Jump, Counter Movement Jump, Drop Jump). Ähnliche Resultate erzielen auch KOLLATH et al. (2006). Tennis- und Fußballspieler weisen im Vergleich zu Skispringern und Volleyballspielern geringere Sprunghöhen auf. Als Grund kann der größere Stellenwert und demnach auch die stärkere Berücksichtigung der Sprungkraft im Training der Sportarten Turnen, Volleyball und Skispringen angesehen werden (KOLLATH et al. 2006). Zudem stellten BENCKE et al. (2002) fest, dass die Turner die körperlich Kleinsten und Leichtesten sowie die Schwimmer und Handballer in der Regel die körperlich Größten waren, welches sich als (genetischer) Vorteil für das Anforderungsprofil der entsprechenden Sportart herausstellen kann.

Wie eingangs erwähnt, ist eine rechtzeitige und richtige Auswahl von Sporttalenten zwingend notwendig, da absolute sportliche Höchstleistungen nur durch eine langfristige und systematische Vorbereitung zu erreichen sind. Mit der *Talentsuche* wird das Ziel verfolgt, potenziell hochleistungsfähigen Kindern und Jugendlichen institutionelle Förderbedingungen einzuräumen, in denen ihre Möglichkeiten herausgefordert und überprüft werden (NORDMANN 2009). Unter *Talentauswahl* werden Maßnahmen verstanden, die dazu dienen, aus Gruppen sporttreibender Kinder und Jugendlicher diejenigen herauszufinden, die zur Weiterführung eines spitzensportorientierten Trainings auf der nächsthöheren Stufe besonders geeignet sind (MARTIN et al. 1999). Folglich ist Talentauswahl kein einmaliger Vorgang, sondern er wiederholt sich im Sinne einer Selektion auf jeder Trainingsstufe. Ein optimales Modell der Talent-

auswahl umfasst nach MÜLLER (1989) alle prognostizierbaren leistungsrelevanten Faktoren einer Sportart. Das größte Problem in der Talenterkennung besteht nach MARTIN et al. (1996) jedoch in der Komplexität des sportlichen Talents selbst. Zudem hängen die Schwierigkeiten der Talentdiagnostik auch damit zusammen, dass der Entwicklungs- und Prozesscharakter des sportlichen Talents berücksichtigt werden muss (JOCH 1992). Eine wichtige Komponente stellt in diesem Zusammenhang das biologische Alter dar. Viele Talente bleiben oft nur dadurch unberücksichtigt, weil sie hinsichtlich ihrer biologischen Entwicklung retardiert sind und daher im Jugendtennis gegenüber Normalentwickelten und Akzelerierten zumeist keine Chance haben (MAIR 1997). Überdies besteht die Gefahr, dass akzelerierte Kinder den vielleicht begabteren, aber normal oder retardiert entwickelten Kindern bei der subjektiven Trainerbeurteilung ebenfalls vorgezogen und Späentwickler vorzeitig als chancenlos aus der weiteren Förderung ausgeschlossen werden (MÜLLER 1989, NORDMANN 2009). Zudem kann sich der Entwicklungsvorsprung von Akzelerierten durch den relativen Alterseffekt (Abweichung der Verteilung der Geburtstage von selektierten Sportlern von deren Verteilung in vergleichbaren Normalpopulationen) noch verstärken, da bei Gruppierungen nach Jahrgängen Angehörige einer Gruppe eine Altersdifferenz von bis zu einem Jahr aufweisen können (LAMES et al. 2008, SCHORER et al. 2009). Außerdem darf die psychische Komponente in diesem Kontext nicht außer Acht gelassen werden. Sportliche Erfolge wirken als psychische Verstärker der Motivation, welche Akzelerierte aufgrund ihres meist höheren sportlichen Erfolges im Vergleich zu Retardierten häufiger erfahren. Der sich selbst verstärkende Prozess kann durch Fördermaßnahmen zusätzlich vorangetrieben werden (LAMES et al. 2008). Das Hauptproblem scheint insofern vermutlich darin zu liegen, dass die Verbände durch die Konkurrenz zu anderen Auswahlmannschaften versuchen, den momentan stärksten Nachwuchskader zu bilden, statt auf die langfristig aussichtsreichsten Talente zu setzen (LAMES und AUGSTE 2009, SCHÖNBORN 1997). Folglich muss versucht werden, nicht nur die aktuelle, sondern vor allem eine in der Zukunft liegende Leistung abzuschätzen. Daher sollte jeder Verband nach LAMES et al.

(2008) seinen Kader auf den relativen Alterseffekt hin untersuchen und gegebenenfalls überdenken, denn Talenterkennung muss als Prozess verstanden werden (MAIR 1997). Die Aufgabe besteht also darin, nicht die aktuell Besten, sondern vielmehr die „Geeignetsten“ zu finden (NORDMANN 2009, MARTIN et al. 1996).

Weiterhin erscheint es schwierig, Parameter zu finden, die eine möglichst frühzeitige und zuverlässige Prognose der später zu erwartenden Leistungsfähigkeit ermöglichen (WEINECK 2004). Folglich sind jene Faktoren bzw. Parameter der Leistungsfähigkeit prognostisch von besonderer Bedeutung, die im Spitzenbereich wesentliche Relevanz haben, die durch Training nicht bzw. nur gering veränderbar sind und im Kindes- und Jugendalter bereits in hoher Leistungsausprägung diagnostizierbar sind (WERTHNER 2001). Als leistungsbestimmende Faktorengruppen, welche Einfluss auf das sportliche Talent haben, können in Anlehnung an HAHN (1982) anthropometrische Voraussetzungen, physische Merkmale, techno-motorische Voraussetzungen, Lernfähigkeit, Leistungsbereitschaft, kognitive Fähigkeiten, affektive Faktoren sowie soziale Faktoren genannt werden. Allerdings liegt das bis heute ungelöste Problem der prognostischen Aussagen über ein „Talent“ in der Merkmalsstabilität begründet (WEINECK 2000). Demnach sollte unbedingt beachtet werden, dass Prognosen nur einen relativen, zeitbegrenzten Wahrheitsgehalt besitzen. Somit sollten Prognosen nicht als kategorische Vorwegnahmen der Zukunft gewertet werden, da es sich um Wahrscheinlichkeitsaussagen handelt, welche auf dem momentanen Erkenntnis- und Erfahrungsstand beruhen und demnach eine hohe Fehlerquote einschließen (JOCH 1992, NORDMANN 2009). Für den Tennissport kommt noch erschwerend hinzu, dass es sich hierbei um eine äußerst komplexe Sportart handelt (vgl. Kap. 2.4.1) und demnach zahlreiche Faktoren berücksichtigt werden müssen. Somit muss nach APFEL (2004) ein Tennistalent nicht nur ein überdurchschnittliches motorisches, sondern auch ein mentales und soziales Talent aufweisen. Psychische Eigenschaften (z.B. Wille, Konzentrationsfähigkeit, Durchsetzungsvermögen, Motivation, Selbstvertrauen) werden ebenso wie intellektuell-geistige Voraussetzungen (z.B. Spielintelligenz, Spielwitz) als leistungslimitierender

Faktor betrachtet und spielen somit eine wichtige Rolle bei der Talentsuche und -förderung im Tennis (SCHÖNBORN 1984, BÖS und SCHNEIDER 1997). Zudem sehen sich junge Leistungssportler stark konkurrierenden Leistungsanforderungen von Trainingssystemen, Schule und privatem Umfeld ausgesetzt (ROST und MARTIN 1997). Demnach übt das soziale Umfeld ebenfalls einen eminent wichtigen Einfluss aus (BÖS und SCHNEIDER 1997, APFEL 2004). Wenn die ideelle, organisatorische und finanzielle Unterstützung der Eltern ausbleibt, kann auch ein noch so gut spielendes Kind höchstwahrscheinlich keine Leistungssportkarriere anstreben. Außerdem ist das Miteinander von Schule und Sport eine unabdingbare Voraussetzung, um sportlich talentierten Kindern den Zugang zu einem leistungssportorientierten sportlichen Training zu ermöglichen (ROST und MARTIN 1997). Ferner spielt der „Zeitpunkt X“ (=Glück; zur richtigen Zeit am richtigen Ort) als der am wenigsten vorhersehbare Faktor ebenfalls eine nicht zu unterschätzende Rolle, welcher die anderen Talentkriterien erst voll zur Geltung bringt (APFEL 2004).

Zum Erreichen höchster sportlicher Leistungen ist immer ein erforderliches Niveau sportlicher Begabung notwendig (THIESS 1997). Leistungsnachweise sind nach JOCH (1992) für die Talentbestimmung demnach unverzichtbar. Oftmals wird im Tennissport allerdings der Fehler gemacht, nur Turnierresultate und Ranglisten als Talentkriterien heranzuziehen, welches als großer Fehler bezeichnet werden muss (SCHÖNBORN 1997, GROSSER und SCHÖNBORN 2001, MAIR 1997). Natürlich müssen auch Wettkampfergebnisse in die Gesamtbeurteilung einfließen, um das „wahre“ von dem „ewigen Talent“ abgrenzen zu können. Eine Talentselektion sollte jedoch nicht lediglich aus den erbrachten sportlichen Leistungen erfolgen (ROST 1993). In der Mehrzahl der Sportarten sind hohe sportliche Leistungen im Jugendbereich eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für das Erreichen von Topleistungen. (ROST und MARTIN 1997). Das Ziel jeglicher Jugendförderung im Leistungssport im Rahmen des Talentfördertrainings muss daher das Erreichen einer hohen Leistungsfähigkeit im Erwachsenentennis sein (SCHÖNBORN 1997). Voraussetzung hierfür ist eine konzeptionell-systematische, langfristige,

planmäßige und individuelle Aufbauarbeit mit klarer und einheitlicher Kompetenzzuteilung innerhalb des Nachwuchsfördersystems. Darüber hinaus müssen nach MARTIN et al. (1999) bei der Planung und Realisierung des langfristigen Trainingsprozesses biologische Entwicklungsdifferenzen, Altersbesonderheiten sowie sportartspezifische Charakteristika Berücksichtigung finden. Ein Problem in diesem Zusammenhang stellt die Frühspezialisierung dar. Eine zu frühe Spezialisierung birgt die Gefahr, dass der planmäßige Trainingsaufbau nicht ausreichend die Aspekte eines alters- und entwicklungs-gemäßen Trainings berücksichtigt mit der möglichen Folge einer baldigen Leistungsstagnation, bedingt durch die für Höchstleistungen fehlende aber erforderliche breite Entwicklungsbasis. Zudem können monotone und einseitige Belastungen zur psychischen Übersättigung bzw. Überforderung mit der Folge eines erhöhten „drop-outs“ führen. Darüber hinaus können einseitige und zu schnell erhöhte physische Beanspruchungen zu Überlastungen der jeweils betroffenen Systeme mit der Folge einer gesteigerten Verletzungsanfälligkeit führen. Folglich sollte ein deutlicher Akzent gegen das Konzept der Frühspezialisierung gesetzt werden, um einerseits eine für den Hochleistungssport unabdingbare vielseitige sowie breite koordinative und athletische Entwicklungsbasis zu gewährleisten und um andererseits einer baldigen Leistungsstagnation, bedingt durch ein zu frühes einseitiges Training, entgegenzuwirken (JOCH 1992, WEINECK 2000, 2004, THIESS 1997). Somit sollte eine Spezialisierung hierbei auf der Basis eines entwicklungsgemäßen Leistungsaufbaus erfolgen, welcher die individuelle Entwicklung berücksichtigt und eine vielseitige Grundausbildung mit planvoller Belastungssteigerung beinhaltet.

Der Talentbereich ist ein sehr wichtiges Anwendungsfeld für diagnostische Maßnahmen (vgl. Kap. 2.6), in denen es sich sowohl um Talentfindung zu einem bestimmten Zeitpunkt als auch um die Talententwicklung bzw. –auswahl handelt. Durch eine regelmäßige und konsequent durchgeführte sportmotorische Leistungsdiagnostik ist ein mehrdimensionaler Informationsgewinn zu erzielen (WERTHNER 2001). Eine Leistungsdiagnostik mit dem Ziel der

Erkennung des Talents für die Aufnahme eines leistungssportlichen Trainings muss nach VOSS und WERTHNER (1994) allerdings Mindestleistungen beinhalten, welche unbedingt erbracht werden müssen, um perspektivisch noch Spitzenleistungen erreichen zu können. Zudem müssen Einzelparameter herangezogen werden, die frühzeitig ausgeprägt und relativ stabil sind und Schlüsselemente der perspektivischen Leistung darstellen (VOSS und WERTHNER 1994). Kernstück von Sichtungmaßnahmen können als empirisch-analytische Eignungsverfahren sportmotorische Tests sein, ergänzt durch sportmedizinische Untersuchungen, Erhebung antropometrischer Merkmale (z.B. Körperhöhe, Körpermasse) und weitere wichtige Teilurteile wie z.B. psychische Merkmale und Trainerurteile (JOCH 1992, MARTIN et al. 1999, NORDMANN 2009). Überdies gelten spielerische Kreativität und taktische Spielintelligenz nach MEMMERT (2009) als bedeutsame Prädikatoren für die Talentsuche und Talentauswahl und sollten somit unbedingt mitberücksichtigt werden. Insgesamt sollte angestrebt werden, möglichst viele relevante Informationen bezüglich des möglichen Talents im Rahmen der Talentsichtung zu erhalten, um ein bestmögliches Urteil bezüglich der Eignung für eine leistungssportliche Karriere fällen zu können (APFEL 2004). Allerdings ist anzumerken, dass selbst die objektive Erfassung leistungsbestimmender Faktoren mit Hilfe von sportmotorischen Tests noch keine Garantie für eine richtige Prognose ist, da Tests weniger über potentielle Entwicklungsmöglichkeiten aussagen als vielmehr über den gegenwärtigen Ist-Zustand des Nachwuchssportlers (WEINECK 2000).

Zur systematischen und effizienten Identifizierung von Talenten im Tennis stellen CONZELMANN et al. (2004) als tennisspezifisches Diagnoseinstrument einen Leistungs- und Talenttest für 12-14-jährige Tennisspieler vor, welcher eine mehrperspektivische Erfassung des potenziellen Tennistalents unter Berücksichtigung der Veränderlichkeit von Merkmalen sowie Alltagstauglichkeit und Praxisnähe ermöglicht. Neben motorischen Merkmalen und Wettkampfergebnissen werden auch die psychologischen Komponenten sowie das soziale Umfeld beachtet (vgl. Tab. 9). Mit dem Selektionsinstrument PISTE

(Prognostische Integrative Systematische Trainer-Einschätzung) legen FUCHSLOCHER und ROMANN (2009) den Fokus auf das Entwicklungspotential der Nachwuchssportler. Entscheidende Kriterien, welche einen Einfluss auf die Leistung im Spitzenbereich haben, werden dadurch in den Selektionsprozess integriert. Vorab muss das Selektionsinstrument allerdings durch eine ausführliche Sportartanalyse sportartspezifisch angepasst werden (FUCHSLOCHER und ROMANN 2009).

Tab. 9: Testinventar zur Talentdiagnostik im Tennis (modifiziert nach CONZELMANN et al. 2004, 8).

Modul	Bearbeiter	Inhalt/Forum	Benötigte Zeit
I: Konditions-Test Tennis (KTT)	Jugendlicher	Motorische Tests: Pendelsprint, Medizinballwurf, Dreierhop, Liegestütz, 45 Sekunden-Pendellauf, 12-Minuten-Lauf	ca. 50 Minuten für acht Jugendliche
II: Technik-Taktik- Koordinations-Fragebogen Tennis (TTKT)	Trainer	23 Schlagtechniken, sechs taktische Fähigkeiten und zwölf koordinative Leistungsanforderungen werden auf einer siebenstufigen Skala von „sehr gut“ bis „sehr schlecht“ bewertet.	ca. 15 Minuten
III: Leistungs-Motivations-Inventar für Tennistalente (LMIT)	Jugendlicher	72 Aussagen zu Motivation und Leistungseinstellung werden auf einer siebenstufigen Skala von „trifft gar nicht zu“ bis „trifft vollständig zu“ bewertet	ca. 20 Minuten
IV: Fragebogen für Tennistalente (FT-1) Nachfolgefragebogen (FT-2)	Jugendlicher	50 Fragen (in offener und geschlossener Form) zu Tennis, Schule, Familie, Freunde/Freizeit	FT-1, FT-2: ca. 30 Minuten
V: Fragebogen für Eltern von Tennistalenten (FET-1) Nachfolgefragebogen (FET-2)	Eltern	46 Fragen (in offener, tabellarischer und geschlossener Form) zu Training, Leistung, schulischem und familiärem Umfeld	FET-1: 2-3 Stunden FET-2: ca. 20-30 Minuten

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es sich bei der Talentsuche –auswahl und –förderung um äußerst komplexe Prozesse handelt. Talentsuche hat immer prozessbegleitenden Charakter und ist somit keine einmalige Aktion. Talentauswahl ist nur sinnvoll, wenn auch genügend Sportler trainieren, aus

denen dann auch ausgewählt werden kann. Zur Schaffung einer breiten Kaderbasis sportauffälliger und sportmotivierter Kinder ist demnach eine enge Zusammenarbeit zwischen Schule und dem organisierten Sport unabdingbare Voraussetzung. Zudem müssen Talente im Rahmen des langfristigen Leistungsaufbaus auch die Möglichkeit haben, sich zu entwickeln, so dass Auswahlentscheidungen stets trainingsbegleitend sein müssen (vgl. Befunde von FERRAUTI et al. 2000, FERRAUTI und WEBER 2000). In diesem Zusammenhang sollten das biologische Alter, das Trainingsalter sowie die Wettkampferfahrung unbedingt mitberücksichtigt werden.

Zur Talentprognose und –förderung ist der Einsatz von verschiedenen Testverfahren als unverzichtbarer Bestandteil zur Überprüfung der individuellen Praxis anzusehen, um einerseits bei der Talentsuche und –auswahl eine objektive Hilfestellung in der Urteilsfällung zu erhalten und um andererseits bei der Talentförderung Möglichkeiten zur Leistungsverbesserung präzise angehen zu können. Weiterhin können durch ein komplexes Belastungs- und Leistungsmonitoring Anzeichen von Übertraining frühzeitig diagnostiziert werden, welches bei der für den Spitzensport notwendigen frühzeitigen und intensiven konditionellen Vorbereitung von sportlichen Talenten eine überaus wichtige Rolle spielt. Grundsätzlich sollte bei leistungsdiagnostischen Tests im Rahmen von Talentsichtungen allerdings auch das Problem der prognostischen Validität unbedingt berücksichtigt werden.

Bei aller Bedeutung, die einer leistungssportbezogenen Lebensführung auch im Rahmen der Talentförderung zukommt, sollte jedoch in Anlehnung an JOCH (1992) der Grundsatz gelten, dass die kindliche Lebensumwelt möglichst erhalten bleiben sollte.

3 Empirischer Teil

Zentrale Themen dieses Kapitels sind die durchgeführten Studien der zwei großen Bereiche „Tennisuntersuchung spielnah“ und „DTB-Talent-Cup (U12)“. Aus Gründen der Übersichtlichkeit schließt sich jeweils direkt an den Methodikteil jeder Einzelstudie die Ergebnisdarstellung mit entsprechender Diskussion an.

Zunächst erfolgt ein Kapitel über die statistischen Verfahren, welche bei den Studien zum Einsatz kamen (Kap. 3.1). Im Anschluss daran wird in einer praxisnahen Tennisuntersuchung die Fragestellung nach einer Optimierung der Trainingsqualität behandelt (Kap. 3.2). Hierbei werden zwei verschiedene Ballmaschinentests mit jeweils zwei Varianten unterschiedlicher Belastungsdauer sowie eine freie Spielform in zwei Varianten mit unterschiedlicher Belastungsdichte absolviert. Ziel dieser Studie ist es, Hinweise darüber zu erhalten, mit welcher Trainingsmethode eine höhere Trainingsqualität erzielt werden kann. Ergänzend hierzu werden im folgenden Abschnitt (Kap. 3.3) Ergebnisse einer Fragebogenuntersuchung vorgestellt und diskutiert. Ziel dieser Expertenbefragung ist es, nähere Informationen zur Gestaltung des Tennistrainings im Leistungstennis zu erlangen.

Der zweite zentrale Abschnitt dieses Kapitels beschäftigt sich mit dem langfristigen und systematischen Leistungsaufbau. Hierzu werden Ergebnisse einer umfassenden Testbatterie zur Diagnostik von tennisspezifischer Schnelligkeit und Kraft im Rahmen des DTB-Talent-Cups (U12) in den Jahren 2004 bis 2007 vorgestellt und diskutiert (Kap. 3.4). Darüber hinaus wird ein möglicher Zusammenhang zwischen den Platzierungen bei den Diagnostiken und den Platzierungen auf den DTB-Ranglisten überprüft.

3.1 Statistik

Die statistische Datenauswertung der dargestellten Untersuchungen erfolgte mithilfe des Tabellenkalkulationsprogramms MICROSOFT EXCEL 2003 (deskriptive Statistik) und der analytischen Auswertungsprogramme EASYSTAT[®] Version 3.4 (entwickelt von H. LÜPSEN, Universität Köln) sowie STATISTICA[®] Version 7.1 der Firma Statsoft (Tulsa, USA).

3.1.1 Deskriptive Statistik

Die deskriptive Statistik gibt Methoden an die Hand, mit deren Hilfe viele Informationen reduziert, d.h. übersichtlich und anschaulich (z.B. durch Tabellen, Grafiken) aufbereitet werden können (FLEISCHER 1988). Als Verfahren der beschreibenden Statistik wurden das arithmetische Mittel (\bar{x}) und die Standardabweichung ($\pm s$) verwendet.

3.1.1.1 Mittelwert

Mittelwerte sollen mit einer Zahl eine Vorstellung über die zentrale Tendenz einer Verteilung geben. Das arithmetische Mittel ist definiert als die Summe der Einzelwerte (x_1, x_2, \dots, x_n) geteilt durch deren Anzahl (FLEISCHER 1988). In der vorliegenden Arbeit ist der Mittelwert mit \bar{x} abgekürzt. Das arithmetische Mittel wird folgendermaßen errechnet:

Dabei gilt:

\bar{x} = arithmetisches Mittel

x_i = Einzelwert

n = Anzahl der Einzelwerte

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

3.1.1.2 Standardabweichung

Die Standardabweichung ($\pm s$) ist das Maß, das angibt, wie stark die einzelnen Merkmalswerte im Durchschnitt vom arithmetischen Mittel abweichen (FLEISCHER 1988). In der Statistik ist der Mittelwert (\bar{x}) stets zusammen mit

der Standardabweichung ($\pm s$) anzugeben (SACHS und HEDDERICH 2006). Die Standardabweichung wird folgendermaßen errechnet:

Dabei gilt:

s = Standardabweichung

\bar{x} = der Erwartungswert (Mittelwert)

n = der Umfang der Grundgesamtheit

x_i = die Merkmalsausprägungen am i -ten Element der Grundgesamtheit

(CLAUSS et al. 2004).

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

3.1.2 Analytische Statistik

Zusätzlich zu der rein deskriptiven Datenaufbereitung sind bei fast allen statistischen Auswertungen passende Analyseverfahren durchzuführen. Aufgabe der analytischen Statistik ist es, Verfahren an die Hand zu geben, nach denen objektiv unterschieden werden kann, ob etwa ein auftretender Mittelwertunterschied oder aber auch ein Zusammenhang (Korrelation) zufällig zustande gekommen ist oder nicht (BÜHL und ZÖFEL 2005).

3.1.2.1 Varianzanalyse

Bei der analytischen Auswertung der Daten war als prüfstatistisches Verfahren eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung (ANOVA) erforderlich. Dieses Analyseverfahren kommt zum Einsatz, wenn zwei unabhängige Variablen zugleich in ihrer Bedeutung für die abhängige Variable kontrolliert werden. Varianzanalysen mit Messwiederholungen sind somit Erweiterungen des t-Tests für abhängige Stichproben (FLEISCHER 1988). Verglichen wurden dabei Anzahl, Mittelwerte, Standardabweichungen, Minimal- und Maximalwerte. Für die Durchführung der Varianzanalyse sind eine Normalverteilung der Stichprobenvariablen sowie Varianzhomogenität der Stichprobenvariablen Voraussetzung. Bei vorliegender Sphärizität erfolgte eine Adjustierung nach Greenhouse-Geisser und nach HUYNH-FELDT Epsilon. Zudem kam bei einigen Daten zur weiteren Prüfung der Mittelwerte auf

Signifikanz der Post Hoc-Test nach Tukey zum Einsatz. Ausführliche Beschreibungen der zugrunde liegenden Verfahren finden sich bei SACHS und HEDDERICH (2006) sowie CLAUSS et al. (2004).

3.1.2.2 Korrelationen

Die Korrelation beschreibt die lineare Beziehung zwischen zwei oder mehr statistischen Variablen. Die Stärke des Zusammenhangs der Variablen wird mit dem Korrelationskoeffizienten r dargestellt. Der Korrelationskoeffizient ist eine dimensionslose Größe, deren Wert zwischen -1 und $+1$ liegen kann, wobei ein Wert nahe (bzw. gleich) 0 einen schwachen (bzw. keinen) und ein Wert bei 1 einen starken Zusammenhang bedeutet. Das Vorzeichen des r -Wertes gibt hierbei die Richtung der Korrelation an. Bei einem Wert von $+1$ besteht ein vollständig positiver linearer Zusammenhang zwischen den betrachteten Merkmalen (je mehr desto mehr). Bei negativem Vorzeichen beschreibt der Korrelationskoeffizient einen gegenläufigen Zusammenhang. Eine vollständig negative Korrelation (je mehr desto weniger) ist bei einem Wert von -1 gegeben (FLEISCHER 1988, BÜHL und ZÖFEL 2005). In der vorliegenden Arbeit kam die Rangkorrelation nach Spearman zum Einsatz.

Zusätzlich liefert die Korrelationsanalyse Auskunft darüber, ob eine Signifikanz zwischen den gemessenen Merkmalen in der Grundgesamtheit besteht oder ob sein Zahlenwert nur zufällig von Null abweicht (CLAUSS et al. 2004). Die in der nachfolgenden Tabelle (Tab. 10) dargestellten generellen Abstufungen sind zur Interpretation der berechneten Korrelationskoeffizienten herangezogen worden.

Tab. 10: Anhaltspunkte für die Bewertung des Korrelationskoeffizienten (modifiziert nach FLEISCHER 1988, 71).

r- Wert			Bedeutung
	=	0.00	kein Zusammenhang
0.00	≤	0.39	niedriger Zusammenhang
0.40	≤	0.69	mittlerer Zusammenhang
0.70	≤	0.99	hoher Zusammenhang
	=	1.00	vollständiger Zusammenhang

3.1.2.3 Signifikanzen

Unterschiede werden in der Statistik als signifikant bezeichnet, wenn diese mit einer entsprechenden Wahrscheinlichkeit nicht durch Zufall zustande gekommen sind. Werden etwa zwei Mittelwerte miteinander verglichen, so kann man zu diesem Zweck zwei Hypothesen formulieren. Bei der Nullhypothese entstammen die beiden Stichproben der gleichen Grundgesamtheit (Mittelwertunterschied ist zufällig zustande gekommen). Bei der Alternativhypothese entstammen die beiden Stichproben verschiedenen Grundgesamtheiten (Mittelwertunterschied ist nicht zufällig zustande gekommen). Der Grad der zu überprüfenden Unwahrscheinlichkeit (Signifikanzniveau) wird im Vorfeld festgelegt und mit α bezeichnet. *„Wahrscheinlichkeiten werden von Mathematikern als Größe zwischen 0 und 1 (von den praktischen Statistikern oft auch in Prozent) angegeben“* (BÜHL und ZÖFEL 2005, 113). Für gewöhnlich erfolgt ihre Bezeichnung mit p : $0 \leq p \leq 1$.

Die Höhe der Irrtumswahrscheinlichkeit, bei der die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen wird, hängt entscheidend auch von der Art des zu unterscheidenden Sachverhaltes ab. In der vorliegenden Arbeit gelten für alle prüfstatistischen Verfahren einheitlich die in der nachfolgenden Tabelle (Tab 11) dargestellten Signifikanzschranken.

Tab. 11: Signifikanzschranken (modifiziert nach BÜHL und ZÖFEL 2005).

Irrtumswahrscheinlichkeit	Bedeutung	Symbolisierung
$p > 0.05$	nicht signifikant	ns
$p \leq 0.05$	signifikant	*
$p \leq 0.01$	hochsignifikant	**

3.2 Tennisuntersuchung spielnah

In der vorliegenden praxisnahen Studie wird mithilfe von 20 Leistungstennispielern der Einfluss von Veränderungen der Belastungsnormative auf den Trainingserfolg systematisch überprüft. Hierbei wird eine intensive Trainingsmethode (hohe Intensität, hohe Belastungsdauer und -dichte) einer matchorientierten Trainingsmethode (hohe Intensität, mittlere Belastungsdauer, niedrige/mittlere Belastungsdichte) am Beispiel von zwei verschiedenen Ballmaschinentests sowie einer matchsimulativen freien Spielform gegenübergestellt. Die zentrale Zielsetzung richtet sich dabei auf die Ermittlung der effizienteren Trainingsmethode, um ein Höchstmaß an Trainingsqualität bzw. Leistungsverbesserung zu gewährleisten. Nach einem ausführlichen Methodikteil der durchgeführten Untersuchung erfolgt die Ergebnisdarstellung ausgewählter hämodynamischer, metabolischer und subjektiver Parameter, ergänzt durch Resultate aussagekräftiger Parameter der Schlagqualität. Im Anschluss daran werden die vorgestellten Ergebnisse diskutiert und Praxisempfehlungen gegeben.

In der vorliegenden spielnahen Tennisuntersuchung sollen insbesondere folgende zentrale Fragestellungen behandelt werden:

- Welchen Einfluss hat eine Veränderung der Belastungsdauer bzw. Belastungsdichte auf Metabolismus und Schlagqualität bei Leistungstennispielern?
- Mit welcher Trainingsmethode (Intensives Training vs. Matchorientiertes Training) lässt sich im selben Zeitraum ein höherer Trainingserfolg erzielen?
- Welche Empfehlungen für die leistungsorientierte Tennispraxis können aus den Untersuchungsergebnissen abgeleitet werden?

3.2.1 Methodik der Untersuchung

3.2.1.1 Untersuchungsgut

An der in Zusammenarbeit mit ERLINGHAGEN (2007) durchgeführten Untersuchung, gefördert vom Institut für Bewegungswissenschaft in den Sportspielen unter Leitung von Prof. Dr. med. Karl Weber, nahmen 20 Leistungstennispieler im Alter von 18 bis 29 Jahren teil. Alle Leistungstennispieler spielen auf Verbandsliga- (VL) bzw. Oberliganiveau (OL), neun von ihnen sind auf der deutschen Rangliste (DR) platziert. Anthropometrische Daten der Probanden sind in Tabelle 12 aufgeführt.

Tab. 12: Anthropometrische Daten.

Probandennummer	Alter (J)	Größe (cm)	Gewicht* (kg)	BMI (kg/m ²)	
1	29	178	68	21,5	
2	23	185	75	21,9	
3	23	177	88	28,0	
4	24	194	101	26,6	
5	18	179	66	20,6	
6	19	170	66	22,8	
7	27	168	63	22,3	
8	24	169	65	22,8	
9	24	185	84	24,5	
10	21	191	80	21,9	
11	23	191	95	26,0	
12	29	182	68	20,5	
13	24	190	89	24,7	
14	24	196	85	22,1	
15	24	183	79	23,6	
16	26	179	79	24,7	
17	22	186	91	26,3	
18	25	190	72	19,9	
19	23	178	73	23,0	
20	28	186	73	21,1	
Gesamt	\bar{x}	24,0	182,9	78,0	23,24
	$\pm s$	2,8	7,9	10,7	2,20
* vor Versuchsbeginn					

Die Trainingshäufigkeit bei den Leistungsspielern liegt im Mittel bei $3,5 \pm 1,1$ -mal pro Woche im Sommer und bei $2,7 \pm 1,1$ -mal pro Woche im Winter.

Tab. 13: Spielklasse, Trainingshäufigkeit und Ranglistenposition der Leistungsspieler.

Probanden- nummer	Spielklasse	Trainingshäufigkeit pro Woche		Ranglistenposition DTB*
		Sommer	Winter	
1	I.VL	3	1	/
2	I.VL	4	3	/
3	II. VL	2	2	/
4	II. VL	4	3	/
5	I.VL	5	5	160
6	OL	5	5	417
7	I.VL	2	1	601
8	II. VL	4	3	602
9	OL	3	2	206
10	I. VL	3	2	/
11	OL	2	2	400
12	II. VL	4	3	/
13	OL	5	4	/
14	OL	2	2	/
15	II. VL	2	2	/
16	II. VL	3	2	/
17	OL	4	3	520
18	OL	4	3	500
19	OL	5	4	85
20	I. VL	3	2	/
Gesamt	\bar{x}	3,5	2,7	*Stand März 2005
	$\pm s$	1,1	1,1	

3.2.1.2 Untersuchungsgang

Vorhand- Winner longline, Rückhand-/Vorhand-Passierball longline, Freies Spiel „Rückhand umlaufen“				
Monat	Woche	Tage		
Juni 2005	23. Woche		Do	Fr
	24. Woche	Mo	Di	Do
	25. Woche	Mo	Di	Mi
Juni / Juli 2005	26. Woche		Mi	Do

Abb. 17: Zeitraum der Untersuchung.

Die Vorbereitungen für die Untersuchung fanden in den Monaten April und Mai 2005 statt. Die Durchführung erstreckte sich über einen Zeitraum von vier Wochen in den Monaten Juni und Juli 2005. Untersuchungsort für die experimentelle Studie war die Tennishalle Weiden. Dort absolvierten die 20 Probanden die Untersuchung auf Teppichboden unter standardisierten und konstanten Bedingungen bei einer einheitlichen Hallentemperatur von 22° Celsius. Gespielt wurde mit Bällen der Marke Penn, Modell Trainer.

Die Probanden absolvierten in Zweiergruppen jeweils an zwei Versuchstagen mit einer Woche Abstand zwei unterschiedliche Ballmaschinentests und eine freie Spielform (siehe Kap. 3.2.1.2.1 – 3.2.1.2.3) in zwei Varianten (intensive Trainingsmethode = IT) vs. matchorientierte Trainingsmethode = MT). An jeweils einem Versuchstag wurden die drei Tests mit einer der beiden Varianten durchgeführt. Dabei wurde durch ein randomisiertes cross-over Verfahren festgelegt, bei welcher Probandengruppe an welchem Versuchstag welche Variante durchgeführt wurde.

Alle Probanden wurden gebeten, im ausgeruhten Zustand zu den zwei Versuchstagen zu erscheinen und alle drei Tests mit bestmöglichem Einsatz und höchstmöglicher Konzentration durchzuführen. Bei den ersten beiden Tests hatten die Probanden die Aufgabe, alle zu spielenden Bälle mit bestmöglicher Schlagqualität (höchstmögliche Schlaggeschwindigkeit kombiniert mit

höchstmöglicher Schlagpräzision) longline auf die an der Grund- und Seitenlinie angelegten Zielflächen (3,66 m lang, 1,40 m breit) im gegenüberliegenden Spielfeld zu platzieren (siehe Abb. 20 und 22). Bei dem dritten Test handelte es sich um eine freie Spielform. Hierbei war die Vorgabe für jeweils beide Probanden nach Anspiel mindestens noch einmal Rückhand cross zu spielen. Danach war es je nach Spielsituation und taktischer Ausrichtung möglich, mit einem Vorhand longline Ball das gesamte Spielfeld zu öffnen (siehe Abb.24). Auch bei diesem Test hatten die Probanden die Aufgabe, möglichst jeden Schlag in Kombination mit der eigenen Spieltaktik mit bestmöglicher Schlagqualität zu spielen und zusätzlich so viele Punkte wie möglich in der gegebenen Zeit zu erzielen.

Jeder Proband musste an seinem ersten Versuchstag zunächst seine persönlichen Daten angeben inklusive Angaben zur Spielklasse, Ranglistenplatzierung und Trainingshäufigkeit. Als nächstes erfolgte die Messung des Körpergewichts. Danach wurden die Herzfrequenzuhren angelegt und gestartet, Ruhelaktat abgenommen und Befragungen bezüglich des subjektiven Belastungsempfindens (RPE-Skala), der muskulären Leistungsbereitschaft der Beine (MLB-Skala) und der zentralen Ermüdung (Motivationsskala) vorgenommen. Nach einer Einspielzeit von zehn Minuten erfolgte eine Einweisung bezüglich des gesamten Versuchsablaufs, welche vor Beginn jedes einzelnen Tests noch mal speziell für den bevorstehenden Test wiederholt wurde. Nun wurden die zwei Ballmaschinentests von allen Probanden in Zweiergruppen mit jeweiligem Wechsel nach einer Schlagsequenz (Test 1: acht Schläge in Folge (IT) vs. vier Schläge in Folge (MT); Test 2: vier Schläge in Folge (IT) vs. zwei Schläge in Folge (MT)) absolviert, gefolgt von dem letzten Test, dem freien Spiel (zehn Minuten am Stück (IT) vs. 5x2 Minuten mit jeweils einer Minute Pause (MT)). Bei dem ersten und zweiten Test wurde nach jeweils 32 gespielten Bällen eine Pause von drei Minuten eingeräumt, um neben einer kurzen Erholung für die Probanden die Messparameter Herzfrequenz, Laktat, RPE, MLB und zentrale Ermüdung zu erheben. Nach Beendigung von Test 1 und Test 2 erfolgte jeweils eine Pause von zehn Minuten. Bei dem dritten Test wurden die Parameter bei beiden Varianten (zehn Minuten vs. 5x2 Minuten) zu

Beginn und am Ende erhoben. Nach Beendigung des dritten Tests wurde neben der Erhebung der Messparameter noch einmal das Gewicht der Probanden gemessen. Der Zeitaufwand für die Untersuchungsdurchführung einer Zweiergruppe belief sich an einem Versuchstag auf insgesamt zweieinhalb Stunden.

Zusätzlich erhobene Messparameter waren bei Test 1 und Test 2 Schlaggeschwindigkeit und Schlagpräzision. Außerdem wurde bei Test 2 die Laufgeschwindigkeit gemessen. Bei Test 3 wurde die Schlagpräzision durch die Aufteilung des Spielfeldes in vier Zonen überprüft (Abb. 24). Als zusätzlicher Parameter wurde bei Test 3 die Ballwechselqualität, unterteilt in Anzahl Ballkontakte, Anzahl Ballwechsel, Ballkontakte pro Ballwechsel, direkte Punkte, erspielte Punkte und unforced Errors, erhoben. Die komplette Versuchsdurchführung wurde auf Video aufgezeichnet.

Es waren jeweils mindestens vier Personen zur erfolgreichen Versuchsdurchführung notwendig. Die Aufgaben wurden bei jedem der drei Tests unterschiedlich verteilt. Bei Test 1 war eine Person für die Bedienung der Ballwurfmaschine und die Geschwindigkeitsprotokolle zuständig, eine weitere Person für die Trefferprotokolle. Eine dritte Person war für die Laktatabnahme sowie für die Befragungen (Herzfrequenz, RPE, MLB und zentrale Ermüdung) und die Videoaufzeichnung verantwortlich. Die vierte Person hatte die Aufgabe, Bälle zu sammeln. Bei Test 2 war eine Person für die Bedienung der Ballwurfmaschine, die Geschwindigkeitsprotokolle und die Videoaufzeichnung verantwortlich, eine zweite Person für die Trefferprotokolle. Eine dritte Person notierte die Laufgeschwindigkeit und die vierte Person war für die Laktatabnahme, die Befragungen (Herzfrequenz, RPE, MLB und zentrale Ermüdung) und das Bälle sammeln verantwortlich. Bei Test 3 notierte eine Person die Schlagpräzision, eine Person die Ballwechselqualität, eine Person zählte die Spielstände und bediente die Videokamera, und die vierte Person war für die Laktatabnahme und die Befragungen (Herzfrequenz, RPE, MLB und zentrale Ermüdung) zuständig. In der folgenden Abbildung (Abb. 18) ist der Untersuchungsablauf eines Versuchstages exemplarisch dargestellt. Hierbei ist der Ablauf für beide Varianten eines Tests identisch.

	Vorbereitung	Warm-Up	Vorhand-Winner (96 Bälle)			RH-VH- Passierball (64 Bälle)		"Rückhand umlaufen"	Freies Spiel
			32 Bälle	64 Bälle	96 Bälle	32 Bälle	64 Bälle		
Persönliche Daten	✓								
Gewicht	✓							✓	
Anlegen Herzfrequenzuhren	✓								
Einweisung			✓			✓		✓	
Schlaggeschwindigkeit			✓	✓	✓	✓	✓		
Schlagpräzision (Zielflächen)			✓	✓	✓	✓	✓		
Herzfrequenz	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Blutlaktat	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
RPE-Skala	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
MLB-Skala Beine	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
Zentrale Ermüdung	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
Laufgeschwindigkeit						✓	✓		
Schlagpräzision (Zonen)								✓	
Ballwechselqualität								✓	
Videoaufzeichnung			✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Abb. 18: Beispielhafte Darstellung des Untersuchungsablaufes eines Versuchstages.

3.2.1.2.1 Vorhand - Winner longline



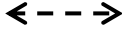


Vorhand - Winner longline	
👉	Zweiergruppen, Vorhand - Winner longline aus der RH-Ecke
👉	Serienpause nach jeweils 32 geschlagenen Bällen
👉	Randomisiertes cross-over Verfahren
👉 8 Schläge mit 12 Wiederholungen (96 Bälle)	
vs.	
👉 4 Schläge mit 24 Wiederholungen (96 Bälle)	

Abb. 19: Vorhand – Winner longline – Kurzbeschreibung.

Als ersten Test an beiden Versuchstagen absolvierten alle Probanden in Zweiergruppen einen Vorhand – Winner Test nach Zuspiel aus der Ballwurfmaschine. Das Zuspiel erfolgte hierbei in die jeweilige Rückhanddecke des Probanden. Dieser hatte nun die Aufgabe, jeden zugespielten Ball mit bestmöglicher Schlagqualität als Vorhand – Winner longline auf die Zielflächen in der gegenüberliegenden Spielfeldhälfte zu spielen. Nach jedem Schlag mussten die Probanden zur Mitte zurücklaufen und eine Pylone mit dem Schläger berühren. Dabei waren die Ballfolge und der Zuspielwinkel der Ballwurfmaschine so eingestellt, dass die Probanden einen hohen Zeit- und Präzisionsdruck (submaximale Belastung) hatten, um die Schläge auszuführen (Belastungsintensität ca. 85 - 90%). Der Belastungsumfang betrug 96 Bälle, welche beide Probanden jeweils an einem Versuchstag entweder in 8er-Serien (12 Wdh.) oder in 4er-Serien (24 Wdh.) absolvierten. Beide Probanden führten den Test in der jeweiligen Belastungsform zusammen durch und wechselten sich immer entweder nach acht bzw. vier Schlägen ab. Nach 32 geschlagenen Bällen erfolgte jeweils eine Serienpause von drei Minuten, in der zahlreiche Parameter erhoben wurden (siehe Abb. 18). Nach Beendigung des Tests erfolgt eine zehnminütige Pause.

Um den Einfluss der koordinativen Verbesserung durch Übung bzw. Training auszuschließen, wurde durch ein randomisiertes cross-over Verfahren

Symbole Test 1

-  Zuspieldirection Ballwurfmaschine
-  Schlagrichtung Probanden
-  Laufweg Probanden
-  Wechsel zwischen Probanden
-  Pylone

3.2.1.2.2 Rückhand-Vorhand Passierball

Rückhand-Vorhand Passierball
<ul style="list-style-type: none"> 👉 Zweiergruppen, RH–VH Passierball longline von der Grundlinie 👉 Serienpause nach 32 geschlagenen Bällen 👉 Randomisiertes cross-over Verfahren
👉 4 Schläge mit 16 Wiederholungen (64 Bälle)
vs.
👉 2 Schläge mit 32 Wiederholungen (64 Bälle)

Abb. 21: Rückhand-Vorhand Passierball – Kurzbeschreibung.

Als zweiter Test an jedem Versuchstag erfolgte nach einer Pause von zehn Minuten ein Rückhand-Vorhand Passierball Test ebenfalls auf Zuspieldirection aus der Ballwurfmaschine. Das Zuspieldirection erfolgte abwechselnd in die Rückhand- und Vorhanddecke der Probanden. Diese hatten die Aufgabe, jeden Passierball mit bestmöglicher Schlagqualität longline auf die gegenüberliegenden Zielflächen zu spielen. Hierbei kam erschwerend dazu, dass jeder Passierschlag unter hohem/höchstem Zeit- und Präzisionsdruck gespielt werden musste (Belastungsintensität ca. 85-90%). Der Gesamtumfang betrug 64 Bälle, welchen beide Probanden jeweils an einem Versuchstag entweder in 4er-Serien (16 Wdh.) oder in 2er-Serien (32 Wdh.) absolvierten. Dabei wurde jeweils nach einer Schlagserie (vier Schläge vs. zwei Schläge) gewechselt. Nach 32 geschlagenen Bällen erfolgte eine Pause von drei Minuten, in der sämtliche Parameter wie in Test 1 erhoben wurden (siehe Abb.18). Zusätzlich

wurde bei diesem Test noch die Laufschnelligkeit der Probanden gemessen. Hierzu wurden Lichtschranken aufgestellt (siehe Abb. 38). Nach Beendigung des Tests erfolgte wiederum eine Pause von zehn Minuten.

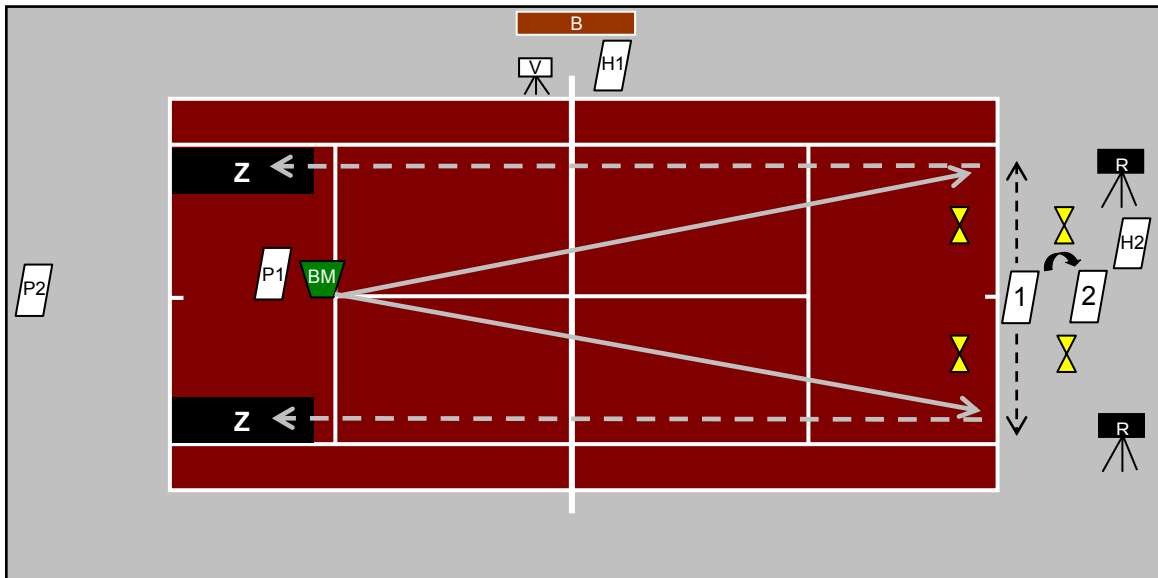


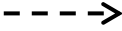




Abb. 22: Versuchsaufbau Test 2: Rückhand-Vorhand Passierball longline (4er- vs. 2er-Serie).

Abkürzungen Test 2

- BM Ballwurfmaschine
- Z Zielfläche
- R Radaranlage
- V Videokamera
- B Bank mit Material für Laktatabnahme; Befragungen Herzfrequenz, RPE – Skala, MLB – Skala, zentrale Ermüdung; Uhr für Pausenzeit
- P1 Bediener Ballmaschine und Protokollant Schlaggeschwindigkeit
- P2 Protokollant Schlagpräzision
- 1,2 Probanden
- H1 Laktatabnehmer, Bediener Videokamera, Befrager HF, RPE, MLB, ZE
- H2 Protokollant Laufschnelligkeit, Ballsammler

Symbole Test 2

-  Zuspieldirection Ballwurfmaschine
-  Schlagrichtung Probanden
-  Laufweg Probanden
-  Wechsel zwischen Probanden
-  Lichtschranken

3.2.1.2.3 Freies Spiel „Rückhand umlaufen“






Freies Spiel „Rückhand umlaufen“
<ul style="list-style-type: none">  Zweiergruppen, Punkte ausspielen  Spielsituation Rückhand cross, Eröffnung mit Vorhand longline  Randomisiertes cross-over Verfahren
 1x10 Minuten (10 Minuten)
vs.
 5x2 Minuten (10 Minuten)

Abb. 23: Freies Spiel „Rückhand umlaufen“ – Kurzbeschreibung.

Als abschließender Test eines Versuchstages erfolgte eine Spielform, welche ebenfalls in Zweiergruppen durchgeführt wurde, wobei die Probanden dabei gegeneinander spielten. Das Anspiel erfolgte abwechselnd aus der Hand. Dabei war die vorgegebene Spielsituation Rückhand cross mit der Option, durch einen Vorhand longline Schlag das Feld zu öffnen, um den Punkt dann im gesamten Feld auszuspielen. Als zusätzliche Auflage musste jeder Spieler nach der Angabe noch mindestens einmal Rückhand cross spielen, um dann entsprechend der Situation und der eigenen taktischen Ausrichtung die Option, durch einen Vorhand longline Schlag das Feld zu öffnen, nutzen zu dürfen. Hierbei wurden sämtliche Punkte durch ein modifiziertes Punktesystem gezählt. Somit konnte jeder Spieler einen Doppelpunkt für jeden gewonnenen Ballwechsel entweder durch direkten Punktgewinn durch den Vorhand „inside in“ (Vorhand longline aus der Rückhand-Ecke) oder im Verlaufe des Ballwechsels nach

Vorhand „inside in“ erzielen. Sonstige erzielte Punkte wurden einfach gewertet. Neben der Aufgabe, möglichst viele Punkte zu erzielen, hatten die Probanden auch die Aufgabe, ihre Schläge unter Berücksichtigung der taktischen Gegebenheiten mit bestmöglicher Schlagqualität auszuführen. Zur Messung dieser wurde bezüglich der Schlagpräzision das jeweilige Spielfeld in vier Zonen aufgeteilt (siehe Abb. 24). Zusätzlich wurden zur Messung der Ballwechselqualität die Parameter Anzahl der Ballkontakte, Anzahl der Ballwechsel, Ballkontakte pro Ballwechsel, direkte Punkte, erspielte Punkte und unforced Errors erhoben.

Der Gesamtumfang der Spielform betrug zehn Minuten, welchen beide Probanden an einem Versuchstag mit der Variante 1x10 Minuten ohne Pause und an dem anderen Versuchstag mit der Variante 5x2 Minuten mit jeweils einer Minute Pause durchspielten. Die jeweils einminütige Pause bei der Variante 5x2 Minuten wurde nur zur Regeneration und nicht zur Erhebung der bei dieser Untersuchung üblichen Parameter genutzt.

Nach Beendigung des dritten und letzten Tests wurden noch einmal sämtliche Parameter wie in Test 1 und Test 2 erhoben (siehe Abb. 18) und abschließend noch mal das Körpergewicht gemessen. Damit war der jeweilige Versuchstag für eine Probandengruppe abgeschlossen.

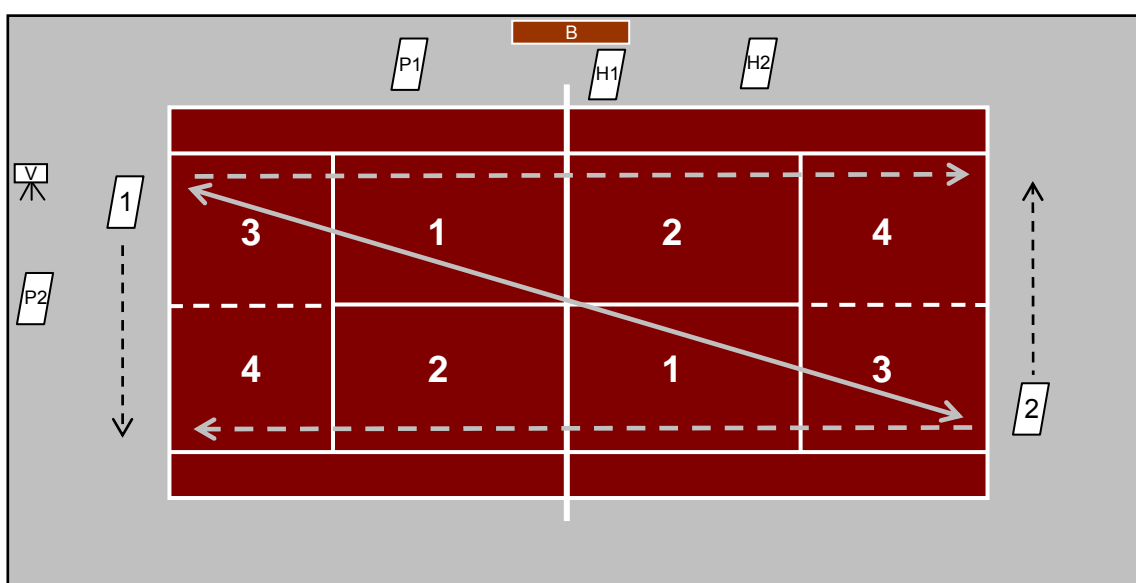


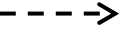
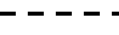


Abb. 24: Versuchsaufbau Test 3: Freies Spiel „Rückhand umlaufen“ (10 Min vs. 5x2 Min).

Abkürzungen Test 3

V	Videokamera
B	Bank mit Material für Laktatabnahme; Befragungen Herzfrequenz, RPE – Skala, MLB – Skala, zentrale Ermüdung; Uhr für Pausenzeit
P1	Protokollant Ballwechselqualität
P2	Protokollant Schlagpräzision
1,2	Probanden
H1	Laktatabnehmer, Bediener Videokamera, Befrager HF, RPE, MLB, ZE
H2	Schiedsrichter

Symbole Test 3

	Vorgegebene Spielrichtung für die ersten beiden Schläge
	Mögliche Schlagrichtung ab dem zweiten Schlag pro Spieler
	Möglicher Laufweg Probanden nach Spielfeldöffnung
	Verlängerte T-Linie zwecks Zoneneinteilung
1	Zone 1 (linke T-Feld Hälfte)
2	Zone 2 (rechte T-Feld Hälfte)
3	Zone 3 (linke Hälfte Grundlinienbereich)
4	Zone 4 (rechte Hälfte Grundlinienbereich)

3.2.1.3 Untersuchungsverfahren**3.2.1.3.1 Vorhand - Winner longline**

Für die Untersuchung wurden für jede Probandengruppe zwei Versuchstage mit einer Woche Abstand eingeplant. An jedem der beiden Versuchstage wurde als erster Test ein Vorhand – Winner Test durchgeführt. Bei einem Belastungsumfang von 96 Bällen sollte der Einfluss der unterschiedlichen Belastungsdauer von acht Schlägen mit zwölf Wiederholungen bzw. vier Schlägen mit 24 Wiederholungen bei submaximaler Belastung (Belastungsintensität ca. 85-90%) auf Schlagqualität und Metabolismus untersucht werden. Die Aufgabe der Probanden war hierbei, sämtliche Bälle als Vorhand – Winner longline aus der Rückhanddecke mit höchstmöglicher Schlagqualität auf die an der Grund- und

Seitenlinie angelegten Zielflächen (3,66 m lang, 1,40 m breit) im gegenüberliegenden Spielfeld zu platzieren. Zusätzlich mussten die Probanden nach jedem Schlag zur Mitte zurücklaufen und eine Pylone mit dem Schläger berühren. Nach einer Schlagserie von acht bzw. vier Bällen wechselten sich die Probanden ab und nach jeweils 32 geschlagenen Bällen erfolgte eine Serienpause von drei Minuten, in der zahlreiche Parameter erhoben wurden (siehe Abb. 18).

Das Zuspiel der Bälle erfolgte durch eine Ballwurfmaschine der Firma MIHA (Augsburg, Deutschland), welche mit der Vorderkante auf der T-Linie platziert war (Abb. 20, 36). Die Zuspielgeschwindigkeit betrug 45 – 50 km/h. Die zugespielten Bälle überquerten mit einem leichten Topspindrall das Netz in einer Höhe von ungefähr 1,5 Metern. Der Zuspielwinkel und die Zuspielhöhe wurden so gewählt, dass die Spieler die Bälle auf Höhe der Einzelaußenlinie im höchsten Punkt schlagen konnten. Die Ballfolge wurde mit 29 so gewählt, dass die Spieler die Bälle unter einem hohen Zeit- und Präzisionsdruck spielen mussten. Vor der eigentlichen Testdurchführung spielte jeder Proband einen Probelauf, um sich auf die bevorstehende Belastung einstellen zu können. Die Testdauer belief sich inklusive Serienpausen auf ungefähr 30 Minuten.

Vor Versuchsbeginn und in den Serienpausen wurden die Parameter Herzfrequenz, Blutlaktat, subjektives Belastungsempfinden (RPE-Skala), muskuläre Leistungsbereitschaft Beine (MLB-Skala) und zentrale Ermüdung (Motivation) erhoben (siehe Abb. 18). Die Aufzeichnung der Herzfrequenz erfolgte während der gesamten Untersuchung permanent mithilfe der Herzfrequenzuhr VANTAGE NV™ der Firma POLAR (Finnland). Zusätzlich wurden während des Tests die Schlagpräzisionen und die Schlaggeschwindigkeiten dokumentiert. Die Schlagpräzision wurde anhand von Trefferprotokollen festgehalten (siehe Abb. 33). Dabei wurden die gespielten Bälle zwischen Zieltreffer, Feldtreffer und Fehler (Netz, Spielfeld-Aus, nicht erreicht) unterschieden und in einem Trefferprotokoll an ihrem Auftreffpunkt fortlaufend von eins bis 96 durchnummeriert. Sämtliche Bälle, welche die Zielfläche trafen, wurden als Zieltreffer gezählt. Alle Bälle, die im Spielfeld aufkamen, aber nicht die Zielfläche berührten, wurden als Feldtreffer

festgehalten. Bälle im Netz, im Spielfeld-Aus oder nicht erreichte Bälle wurden als Fehler notiert.

Die Schlaggeschwindigkeiten wurden mithilfe einer Radaranlage (Stalker Pro Radar Pistole) gemessen, welche auf der Schlagseite in Verlängerung der Einzelaußenlinie mit einem Abstand von ca. 2,50 m hinter der Grundlinie aufgestellt war (siehe Abb. 20, 37). Die von der Radarpistole angezeigten Schlaggeschwindigkeiten wurden entsprechend ihrer Schlagnummer (1-96) im Schlaggeschwindigkeitsprotokoll (Abb. 32) notiert. Zusätzlich wurde die gesamte Untersuchung für eventuelle spezielle Analysen (z.B. Beinarbeit, Schlagtechnik) auf Video aufgezeichnet.

Direkt im Anschluss an das Testende wurden noch einmal sämtliche vorher genannten Messparameter erhoben (Abb. 18, 25), worauf dann eine Pause von zehn Minuten erfolgte.



Abb. 25: Bank mit Material für Laktatabnahme, Befragungen, Uhr für Pausenzeit.

3.2.1.3.2 Rückhand – Vorhand Passierball

Der zweite Test an einem Versuchstag war ein Rückhand – Vorhand Passierball Test. Hierbei sollte nun am Beispiel der Passierballsituation longline bei einem Belastungsumfang von insgesamt 64 Bällen der Einfluss der unterschiedlichen Belastungsdauer von vier Schlägen vs. zwei Schlägen in Folge auf Schlagqualität und Metabolismus im submaximalen Grenzbereich (Belastungsintensität ca. 85 – 90%) untersucht werden. Das Zuspiel erfolgte ebenfalls aus der Ballwurfmaschine, welche die Bälle abwechselnd in die Rückhand- und Vorhandecke der Probanden anspielte (Abb. 22). Die Zuspielgeschwindigkeit betrug 60 – 65 km/h und die Ballfolge 40, so dass sämtliche Passierschläge unter hohem Zeit- und Präzisionsdruck gespielt werden mussten. Die Probanden hatten die Aufgabe, jeden Passierschlag mit bestmöglicher Schlagqualität longline auf die an der Grund- und Seitenlinie angelegten Zielflächen (3,66 m lang, 1,40 m breit) im gegenüberliegenden Spielfeld zu platzieren. Nach einem Probedurchgang zur Gewöhnung wurde der Belastungsumfang von 64 Bällen an einem Versuchstag in 4er Serien und an dem anderen Versuchstag in 2er Serien absolviert. Dabei wechselten sich die Probanden wie in Test 1 nach jeweils einer Schlagsequenz ab. Nach 32 gespielten Bällen erfolgte eine Serienpause von drei Minuten, in der sämtliche Messparameter wie in Test 1 erhoben wurden (siehe Abb. 18). Die Testdauer belief sich insgesamt auf etwa 20 Minuten.

Neben den Messparametern Herzfrequenz, Blutlaktat, Subjektivem Belastungsempfinden (RPE), muskulärer Leistungsbereitschaft der Beine (MLB-Skala) und zentraler Ermüdung (Motivation) wurden wie in Test 1 ebenfalls die Schlaggeschwindigkeiten und die Schlagpräzisionen notiert. Die Schlaggeschwindigkeit wurde hierbei durch zwei Radarpistolen (Stalker Pro Radar Pistole) gemessen, welche in Verlängerung der Einzelaußenlinien mit einem Abstand von ca. 2,50 m hinter der Grundlinie aufgestellt waren (Abb. 22). Die von den Radarpistolen angezeigten Geschwindigkeiten wurden in ein Geschwindigkeitsprotokoll (Abb. 32) entsprechend ihrer Schlagnummer (1-64) und der Unterscheidung zwischen Vorhand- und Rückhandschlag eingetragen.

Die Schlagpräzision wurde mithilfe von Trefferprotokollen (Abb. 33) dokumentiert. Dabei wurden die gespielten Bälle wie in Test 1 wieder zwischen Zieltreffer, Feldtreffer und Fehler (Netz, Spielfeld-Aus, nicht erreicht) unterschieden (siehe Kap. 3.2.1.3.1) und an ihrem Auftreffpunkt fortlaufend von eins bis 64 durchnummeriert.

Als zusätzlicher Parameter kam noch die Laufgeschwindigkeit hinzu, welche durch zwei Meter vor und drei Meter hinter der Grundlinie platzierte Lichtschranken gemessen wurde (Abb. 22, 26). Die Zwischen- und Endzeiten der Probanden wurden jeweils in einem Laufschnelligkeitsprotokoll (Abb. 35) festgehalten.

Sowohl nach Beendigung des Tests als auch nach der darauf folgenden Pause von zehn Minuten wurden wiederum sämtliche vorher genannten Messparameter erhoben, bevor dann der dritte Test begann.



Abb. 26: Versuchsaufbau Test 2 (Rückhand-Vorhand Passierball) mit Lichtschranken.

3.2.1.3.3 Freies Spiel „Rückhand umlaufen“

Jeder Versuchstag wurde mit einer freien Spielform als letzten Test abgeschlossen. Hierbei sollte bei einer ausgewählten Spielform der Einfluss einer unterschiedlichen Belastungsdichte auf Schlagqualität bzw. Ballwechselqualität und Metabolismus untersucht werden. Der Belastungsumfang betrug zehn Minuten, welchen beide Probanden an einem Versuchstag mit der Variante 1x10 Minuten ohne Pause (Testdauer zehn Minuten) und an dem anderen Versuchstag mit der Variante 5x2 Minuten mit jeweils einer Minute Pause (Testdauer 14 Minuten) durchspielten.

Das Anspiel erfolgte abwechselnd aus der Hand. Die vorgegebene Spielsituation war Rückhand cross. Dabei hatte jeder Spieler die Vorgabe, nach dem Anspiel mindestens einmal Rückhand cross zu spielen. Danach konnte jeder Spieler, je nach Spielsituation und taktischer Ausrichtung, das Spielfeld mit einem Vorhand longline Schlag aus der Rückhandecke öffnen bzw. mit diesem Schlag einen direkten Punktgewinn erzielen (siehe Abb. 24). Jeder Punkt wurde laut gezählt, um bei diesem Test einen Wettkampfcharakter herzustellen. Dabei wurde ein modifiziertes Punktesystem verwendet. Jeder Spieler, der als erster einen Vorhand longline Schlag gespielt und damit den Ballwechsel entweder mit einem direkten Punktgewinn oder späterem Punktgewinn abgeschlossen hat, erhielt einen Doppelpunkt. Sonstige erzielte Punkte wurden einfach gewertet.

Neben der Aufgabe, möglichst viele Punkte zu erzielen, hatten die Probanden die zusätzliche Anweisung, möglichst jeden Schlag unter Berücksichtigung der Spielsituation und der eigenen taktischen Ausrichtung mit bestmöglicher Schlagqualität zu spielen. Zur Messung der Schlagpräzision als Teil der Schlagqualität wurde das Spielfeld in vier Zonen pro Spielfeldhälfte aufgeteilt (Abb. 24). Die entsprechenden Auftreffpunkte der Bälle wurden als Punkte in einem Trefferprotokoll markiert und später zusammengezählt. Als weiterer Messparameter wurde die Ballwechselqualität, unterteilt in Anzahl der Ballkontakte, Anzahl der Ballwechsel, Ballkontakte pro Ballwechsel, direkte Punkte, erspielte Punkte und unforced Errors, dokumentiert. Zusätzlich wurden vor Testbeginn und nach Testende die für diese Untersuchung üblichen

Messparameter erhoben (siehe Abb. 18). Bei der Testvariante 5x2 Minuten wurde die einminütige Pause nach jeweils zwei gespielten Minuten nur zur Regeneration und nicht zur Erhebung von Messparametern genutzt.

Vor Untersuchungsbeginn und nach Untersuchungsende wurden alle Probanden gewogen, um einen möglichen Gewichtsverlust feststellen zu können.



Abb. 27: Proband während der freien Spielform „Rückhand umlaufen“.

3.2.1.4 Messparameter

3.2.1.4.1 Herzfrequenz

Nach HECK (1990) hat die Herzfrequenz von allen hämodynamischen Parametern die weitaus größte Bedeutung in der praktischen Sportmedizin und ist dazu noch ein leicht zu messender Parameter. Im einfachsten Fall lässt sie sich durch Tasten an einer Schlagader und Auszählen bestimmen. Die Herzfrequenz ist bei submaximaler Belastung ein Indikator für Ausdauerleistungsfähigkeit (HECK 1990).

Während des gesamten Untersuchungsablaufes erfolgte die Aufzeichnung der Herzfrequenzen permanent mithilfe der Herzfrequenzuhr VANTAGE NV™ der Firma POLAR aus Finnland (Abb. 28). Die Herzfrequenzwerte wurden über zwei Elektroden am Sendegurt telemetrisch auf die Herzfrequenzuhr übertragen und in Intervallen von 15 Sekunden gespeichert. Im Anschluss an die Untersuchung wurden die gespeicherten Daten über das dazugehörige Interface auf einen PC übertragen und mit dem Programm HR Analysis 5.04 ausgewertet.



Abb. 28: Herzfrequenzuhr Vantage NV™ der Firma Polar ohne und mit Interface.

3.2.1.4.2 Blutlaktat

Geringere Belastungen werden energetisch aerob abgedeckt. Bei zunehmender Belastung kann der gestiegene Energiebedarf nicht mehr allein durch die aerobe Energienachlieferung bilanziert werden, so dass zunehmend Energie auf anaerobem Wege unter Bildung von Laktat bereitgestellt wird. (DE MARÉES 1996). Laktat ist das (temporäre) Endprodukt des anaeroben laktaziden Stoffwechsels. Es spiegelt als Zwischenprodukt der Glykolyse die Beanspruchung dieses Stoffwechselweges wider und kann somit als Parameter zur Einschätzung der Belastungsintensität herangezogen werden. Laktat ist sowohl ein geeigneter Indikator der anaeroben Kapazität als auch ein gutes Maß der Ausdauerleistungsfähigkeit. Die Blutlaktatkonzentration stellt im submaximalen Belastungsbereich ein Abbild gleichzeitiger Produktion und Elimination dar (HECK 1990). Bei zunehmender H^+ -Ionenkonzentration im Muskel durch steigende Laktatproduktion laufen viele biologische Reaktionen langsamer ab, so dass es zunehmend zu einer Muskelermüdung und bei Erreichen eines kritischen Wertes der Übersäuerung (Azidose) letztendlich sogar zur Einstellung der sportlichen Betätigung kommt. Somit erhält man durch den analytischen Laktatwert nützliche Informationen über die relative Ausbelastung eines Sportlers. Allerdings soll an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen werden, dass die Rolle des Blutlaktats als verlässlicher Parameter zur Einschätzung der Belastungsintensität derzeit erheblich diskutiert wird (vgl. Kap. 2.4.4).

Die Laktatbestimmung erfolgte durch Blutentnahme mithilfe einer sterilen Hämostilette aus dem durch Reiben hyperämisierten Ohrläppchen (Abb. 29). Die Zeitpunkte der Blutentnahme waren durch das Untersuchungsdesign klar vorgegeben (Abb. 18). Es wurde mittels einer geeichten Glas- Mikropipette mit Ringmarke der Firma BRAND 20 μ l Kapillarblut entnommen. Das entnommene Blut wurde nun in ein 0,2 ml 0,6 molarer Perchlorsäure gefülltes Reagenzglas ausgeblasen und gut gemischt. Direkt nach Untersuchungsende wurden die Proben kühl gelagert und im Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin der Deutschen Sporthochschule Köln zentrifugiert und anschließend analysiert. Die Bestimmung der Blutlaktatkonzentration erfolgte mit dem EBIO plus

Analysegerät der Firma EPPENDORF (Hamburg) nach dem enzymatisch-amperometrischen Messprinzip. Dabei erfolgt als erster Schritt die Diffusion der Blutprobe durch die Laktatmembran, die das immobilisierte, aktive Enzym Laktatoxidase (LOD) enthält. Dieses Enzym katalysiert die Oxidation von Laktat zu Pyruvat und Wasserstoffperoxid (H_2O_2). Das so erhaltene Mess-Signal (Strom – Zeit – Kurve) wird in einem Spannungsfeld umgewandelt, wobei der ermittelte Messwert proportional zu der Laktatkonzentration der Probe ist.



Abb. 29: Blutentnahme aus dem Ohrläppchen zwecks Laktatwertbestimmung.

3.2.1.4.3 Subjektives Belastungsempfinden (RPE-Skala)

Die Erfassung des subjektiven Belastungsempfindens erfolgte durch die numerische RPE-Skala (Scale for Ratings of Perceived Exertion) nach BORG (1998). Das Anstrengungsempfinden ist nach LÖLLGEN (2004) das subjektive Empfinden einer Versuchsperson darüber, wie schwer und anstrengend eine vorgegebene Leistung ist. Die Probanden ordneten ihrem subjektiven Belastungsempfinden eine Zahl zwischen sechs und 20 zu. Die beschreibenden Worte auf der RPE-Skala dienen dabei zur Orientierung für das Ausmaß der Anstrengung (Abb. 30). Die Verwendung der Borg-Skala zur Einschätzung des Anstrengungsempfindens während körperlicher Aktivität ist aus mehreren Gründen ein geeignetes Verfahren zur Steuerung der Belastungsintensität. Zum einen ist die Skala einfach zu handhaben und kann als zuverlässige Messgröße angesehen werden und zum anderen hat die Skala die Eigenschaft, dass durch

Multiplikation mit zehn die zugehörige Herzfrequenz unter dynamischer Belastung näherungsweise bestimmt werden kann (Skalenwert x 10 = Herzfrequenz).

Subjektives Belastungsempfinden (RPE - Skala)	
20	
19	sehr sehr schwer
18	
17	sehr schwer
16	
15	schwer
14	
13	etwas anstrengend
12	
11	leicht
10	
9	sehr leicht
8	
7	sehr sehr leicht
6	

Abb. 30: Skala des subjektiven Belastungsempfindens (RPE-Skala) nach BORG (1998).

3.2.1.4.4 Muskuläre Leistungsbereitschaft und zentrale Ermüdung

Zusätzlich zum subjektiven Belastungsempfinden (RPE-Skala) wurde während der Messzeitpunkte noch gezielt nach der muskulären Leistungsbereitschaft der Beine und der zentralen Ermüdung (Motivation) gefragt. Neben den Angaben zum allgemeinen subjektiven Anstrengungsempfinden konnten somit noch detaillierte Informationen bezüglich des Ermüdungszustandes der Beinmuskulatur und des mentalen Ermüdungszustandes ermittelt werden. Hierbei kam eine weitere Skala (MLB-Skala) zum Einsatz (Abb. 31). Bei einer Abstufung von eins bis zehn wurde nach der momentanen körperlichen und geistigen Leistungsbereitschaft gefragt. Ähnlich wie bei der Borg-Skala wurde jede zweite Zahl mit einer Anstrengungsbeschreibung versehen.

Muskuläre Leistungsbereitschaft Beine Zentrale Ermüdung (Motivation)	
10	sehr hoch
9	
8	hoch
7	
6	mittel
5	
4	niedrig
3	
2	sehr niedrig
1	

Abb. 31: Körperliche und psychische Leistungsbereitschaft (MLB-Skala).

3.2.1.4.5 Schlaggeschwindigkeit

Die Schlaggeschwindigkeiten der Probanden wurden bei den ersten beiden Tests (Test 1: Vorhand- Winner longline, Test 2: Rückhand-Vorhand Passierball) in Geschwindigkeitsprotokollen festgehalten (Abb. 32). Die auf dem Display der Radarmessgeräte angezeigten Geschwindigkeiten (km/h) wurden umgehend der entsprechenden Schlagnummer (Test 1: 1-96, Test 2: 1-64) zugeordnet und dokumentiert. Beim zweiten Test wurden die Schlaggeschwindigkeiten noch zusätzlich unter Berücksichtigung der Schlagart (Vor- oder Rückhand) im Protokoll vermerkt. Beim dritten Test (Freies Spiel „Rückhand umlaufen“) wurden keine Schlaggeschwindigkeiten gemessen.

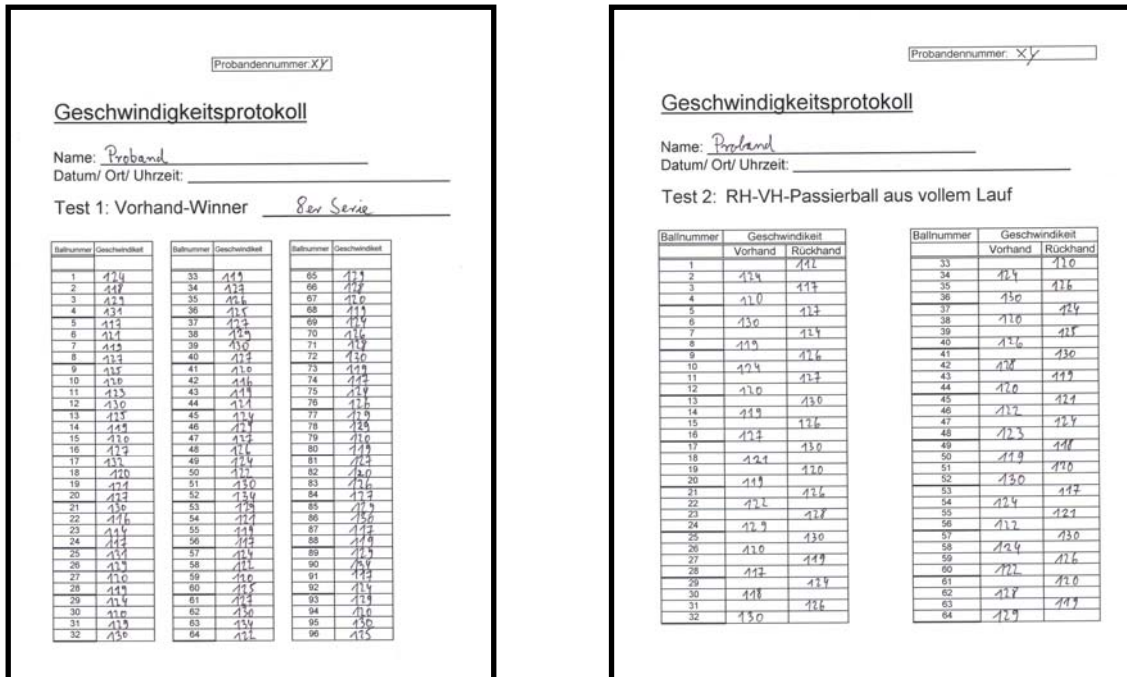


Abb. 32: Geschwindigkeitsprotokolle Test 1 (links) und Test 2 (rechts).

3.2.1.4.6 Schlagpräzision

Die Schlagpräzision wurde beim ersten und zweiten Test mithilfe von Trefferprotokollen festgehalten (Abb. 33). Dabei wurden die gespielten Bälle in einem Trefferprotokoll zwischen Zieltreffer (Zielfläche), Feldtreffer (Spielfeld ohne Zielflächen) und Fehler (Netz, Spielfeld-Aus, nicht erreicht) unterschieden und an ihrem Auftreffpunkt fortlaufend durchnummeriert (1-96 bei Test 1 und 1-64 bei Test 2). Durch die Nummerierung der einzelnen Schläge war zum einen eine Technikzuordnung für den zweiten Test (Rückhand-Vorhand Passierball) möglich und zum anderen konnten dadurch für beide Tests Rückschlüsse über den Verlauf der Schlagpräzision gezogen werden. Zusätzlich ermöglichte die Durchnummerierung eine spätere Zuordnung der separat protokollierten Schlaggeschwindigkeiten zu der Schlagpräzision bei den ersten beiden Tests. Somit lassen sich durch die gemeinsame Betrachtung der Schlagpräzision und der Schlaggeschwindigkeit Rückschlüsse über die Schlagqualität der einzelnen Probanden ziehen.

Treffprotokoll

Name: Pfeiffer, Schlaghand: rechts, Test: 2

Feld: 53, nicht erreichte Bälle: /

Ziel: 11

Fehler: 3

Trichter des Balles durch eine fortlaufende Ziffer (z.B. 1-40) markieren!
Nicht erreichte Bälle oben rechts notieren!
Nichtfehler auf Rückseite markieren!

			23	21
				29
22	24		13	7
4	12	8	9	11
	26	14		15
	2	30	18	49
27	32	20	3	21
	10	16		27
				5

Abb. 33: Trefferprotokoll am Beispiel von Test 2 (Rückhand-Vorhand Passierball).

Da es sich beim dritten Test um eine freie Spielform handelte, wurden spezielle Protokolle zur Dokumentation der Schlagpräzision und der Ballwechselqualität verwendet. Jeder Schlag wurde als Punkt auf einem Präzisionsprotokoll markiert (Abb. 34a). In der Auswertung wurden dann die einzelnen Punkte addiert und den jeweiligen Zonen (Abb. 24) zugeordnet bzw. als Fehler (Netz, Aus) notiert (vgl. Kap. 3.2.1.2.3). Zusätzlich wurden in einem Schlagprotokoll Anzahl der Ballkontakte, Anzahl der Ballwechsel, Ballkontakte/Ballwechsel, direkte Punkte, erspielte Punkte und unforced Errors festgehalten (Abb. 34 b), um Rückschlüsse bezüglich der Ballwechselqualität ziehen zu können.

Präzisionsprotokoll Test 3 (Freies Spiel „Rückhand untaufen“)

Name: Pfeiffer X / Pfeiffer Y, Probandennummer: XY/12, Variante: 1x 10 Min, Datum:

Schlagprotokoll Test 3

Name: Pfeiffer	Probandennummer XY	Testvariante 1x 10 Min	Datum:
Anzahl Ballkontakte	Anzahl Ballwechsel	Direkte Punkte	Erspielte Punkte
2, 3, 4, 6, 10, 4, 9, 6, 5, 4, 7, 5, 4, 7, 6, 7, 10, 11, 4, 2, 6, 5, 7, 3, 8, 10, 11, 9, 3, 2, 4, 10, 8, 9, 5, 3, 6, 9, 8, 6, 5, 4, 7, 4, 3, 5, 6, 7, 9, 6, 10, 6, 5, 3, 2, 9, 8, 6, 5, 4	66	111 111 111 111 1	111 111 111 20
339	26		20
			Unforced Errors

Abb. 34 a, b: Präzisionsprotokoll (links) und Schlagprotokoll (rechts) von Test 3 (Freies Spiel).

3.2.1.4.7 Laufschnelligkeit

Beim zweiten Test (Rückhand-Vorhand Passierball) wurde als zusätzlicher Parameter noch die Laufschnelligkeit durch zwei Meter vor und drei Meter hinter der Grundlinie platzierte Lichtschranken gemessen (Abb. 26). Die per Funk übertragenen Werte wurden für jeden Probanden jeweils in ein Laufschnelligkeitsprotokoll (Abb. 35) eingetragen. Durch die gewonnenen Daten können zusätzlich zu den anderen erhobenen Parametern Rückschlüsse über die Qualität der Beinarbeit und deren Einfluss auf die Schlagqualität bei den zwei unterschiedlichen Testvarianten gezogen werden.

Laufschnelligkeitsprotokoll

Name: Proband 1
 Datum/ Ort/ Uhrzeit: _____

Test 2: RH-VH-Passierball aus vollem Lauf
 Variante: 2er Serie

Ballnummer	Laufschnelligkeit		Ballnummer	Laufschnelligkeit	
	Vorhand	Rückhand		Vorhand	Rückhand
1			33		
2	2,52	1,73	34	2,22	1,77
3		1,38	35		1,63
4	2,80		36	2,59	1,77
5		1,70	37		1,77
6	2,76		38	2,66	1,76
7		1,72	39		1,76
8	2,63		40	2,63	1,76
9		1,77	41		1,75
10	2,67		42	2,64	1,73
11		1,89	43		1,73
12	2,74		44	2,57	1,63
13		1,69	45		1,63
14	2,26		46	2,67	1,63
15		1,74	47		1,64
16	2,72		48	2,83	1,78
17		1,82	49		1,78
18	2,69		50	2,70	1,69
19		1,57	51		1,69
20	2,60		52	2,60	1,76
21		1,56	53		1,76
22	2,57		54	2,67	1,63
23		1,60	55		1,63
24	2,63		56	2,86	1,56
25		1,68	57		1,56
26	2,56		58	2,52	1,72
27		1,63	59		1,72
28	2,76		60	2,74	1,62
29		1,72	61		1,62
30	2,65		62	2,67	1,69
31		1,59	63		1,69
32	2,64		64	2,63	

Abb. 35: Laufschnelligkeitsprotokoll Test 2 (Rückhand-Vorhand Passierball).

3.2.1.5 Apparaturbesprechung

3.2.1.5.1 Ballwurfmaschine

Bei den ersten beiden Tests der vorliegenden Untersuchung kam die Ballwurfmaschine der Firma MIHA 1000 TR (Augsburg) zum Einsatz, um ein standardisiertes Zuspiel zu gewährleisten (Abb. 36).

Die Einstellung der Ballgeschwindigkeit erfolgte über zwei Drehknöpfe, welche die Laufgeschwindigkeit zweier Motoren regulieren. Zusätzlich konnte die Balldrallart eingestellt werden. Hierbei konnte der obere Motor für Topspin oder der untere Motor für Slice ansteigend verstellt werden. An einem weiteren Drehknopf mit der Bezeichnung „Ballfolge“ konnte die Ballfrequenz pro Minute eingestellt und mithilfe einer Skalierung (0-55 Bälle/min) stufenlos reguliert werden. Als zusätzliche Funktion besitzt die Ballwurfmaschine die Möglichkeit, bis zu sechs verschiedene Balleinstellungen hintereinander auszuwerfen. Mit Betätigung eines Kippschalters beginnt der Ballauswurf, welcher bei erneuter Bedienung des Schalters endet.



Abb. 36: Ballwurfmaschine von vorne (links) und von der Seite (rechts).

3.2.1.5.2 Radarmessanlage

Die Messung der Schlaggeschwindigkeiten bei den ersten beiden Tests erfolgte mithilfe zweier Radarmessgeräte des Typs Stalker Pro (Abb. 37). Die Radarmessanlage sendet einen Radarstrahl (Mikrowellen) in Lichtgeschwindigkeit mit einer bestimmten konstanten Frequenz, welcher sich über den gesamten Tennisplatz kegelförmig ausbreitet. Dieser Radarstrahl wird von dem sich bewegenden Tennisball mit veränderter Frequenz reflektiert und von dem

Radarmessgerät verarbeitet. Dabei gibt das Radarmessgerät die vom Tennisball reflektierten Frequenzen über einen Schaltkasten an die Anzeigentafel weiter. Mit Hilfe eines Computerchips wird in der Anzeigentafel aus der Frequenzänderung die Ballgeschwindigkeit errechnet und anschließend im Display angezeigt.

Die Schallwellen werden schneller reflektiert, je geringer die Distanz des Tennisballs zum Messgerät wird, so dass sich die Frequenz erhöht. Die Frequenz verhält sich bei Entfernung des Tennisballs umgekehrt proportional, das heißt, sie wird niedriger. Die Ballgeschwindigkeit kann aber sowohl von vorne als auch von hinten gemessen werden, da der aus der gemessenen Frequenzänderung resultierende absolute Geschwindigkeitswert in beiden Fällen identisch ist.

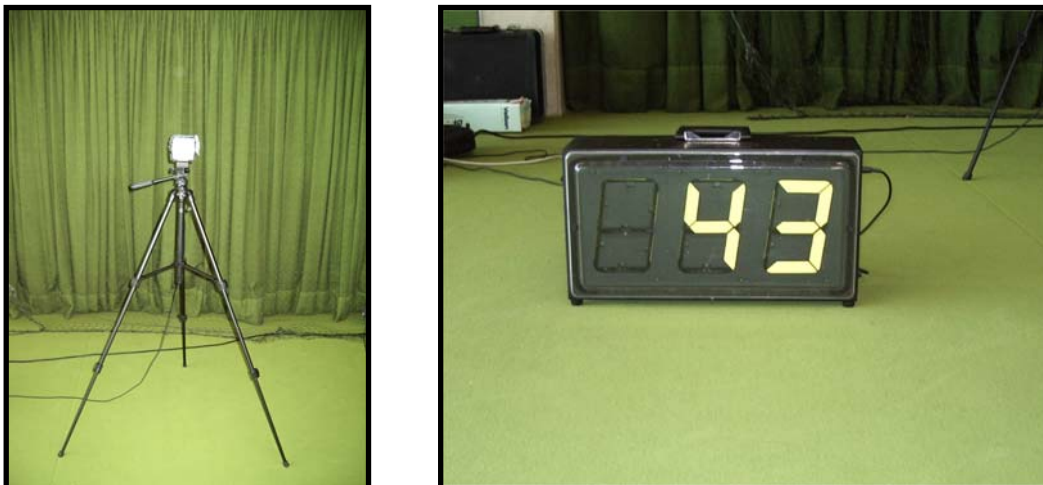


Abb. 37: Stalker Pro Radar Pistole (links) und Anzeige (rechts).

3.2.1.5.3 Lichtschranken

Beim zweiten Test (Rückhand-Vorhand Passierball) kamen zur Messung der Laufschnelligkeit zwei Lichtschrankenpaare der Firma BROWER TIMING SYSTEM (Utah, USA) zum Einsatz (Abb. 22, 38). Hierbei wurden die ermittelten Zeiten zusammen mit einem akustischen Signal per Funk an ein Handauslesegerät gesendet.



Abb. 38: Lichtschrankenanlage.

3.2.1.5.4 Videokamera

Die komplette Untersuchung wurde mithilfe der Digital Video Kamera (DCR – TRV 30E) der Firm SONY (Japan) aufgezeichnet (Abb. 39). Die Kamera wurde bei den ersten beiden Tests mit einem Stativ in Höhe des Netzpfostens an der Spielfeldseite aufgestellt, so dass die Spielfeldhälfte der Probanden erfasst werden konnte (Abb. 20, 22). Beim abschließenden dritten Test wurde die Kamera mit Stativ hinter der Grundlinie aufgestellt, um bei dieser freien Spielform das gesamte Spielfeld zu erfassen (Abb. 24).



Abb. 39: Videokamera.

3.2.2 Ergebnisse der Untersuchung

Im Folgenden sind ausgewählte Befunde der Tennisuntersuchung tabellarisch abgebildet (Tab. 14 bis Tab. 35). Zur besseren Übersicht werden die Ergebnisse nicht nach Tests, sondern nach erhobenen Parametern sortiert dargestellt. Die Ergebnistabellen weisen neben Mittelwerten und Standardabweichungen auch die durch eine Varianzanalyse durchgeführten Signifikanzberechnungen auf. Ergänzend sind noch Maximal- und Minimalwerte aufgeführt, um den Wertebereich anhand der Extremwerte präziser einordnen zu können. Verglichen wurden dabei die verschiedenen Trainingsmethoden (Intensives Training vs. Matchorientiertes Training) untereinander sowie jeweils die verschiedenen Zeitpunkte innerhalb einer Trainingsmethode. Zusätzliche, in diesem Kapitel nicht aufgeführte Ergebnisse können dem Anhang entnommen werden (Tab. 49 bis Tab. 56, Abb. 66 bis Abb. 73).

3.2.2.1 Herzfrequenz

Tab. 14: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zu den Herzfrequenzen (min^{-1}) für die Gesamtgruppe während des **Vorhand-Winner longline** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Herzfrequenz (min^{-1})		8er Serie	4er Serie	p-Wert Serienvergleich	
Gesamt (n=20)	Ruhe	\bar{x}	76,8	74,9	0,403
		$\pm s$	11,1	10,4	
		Max	100,0	91,0	
		Min	57,0	56,0	
	32 Bälle	\bar{x}	172,4	161,2	0,001**
		$\pm s$	10,8	13,2	
		Max	195,0	191,0	
		Min	160,0	144,0	
	64 Bälle	\bar{x}	176,8	165,0	0,001**
		$\pm s$	11,0	11,6	
		Max	196,0	186,0	
		Min	155,0	140,0	
	96 Bälle	\bar{x}	178,6	168,7	0,001**
		$\pm s$	10,5	12,1	
		Max	196,0	192,0	
		Min	163,0	149,0	
p-Wert Zeitpunkte		Ruhe vs. 32, 64, 96: 0,01**	Ruhe vs. 32, 64, 96: 0,01**	Interaktion 0,002**	
		32 vs. 96: 0,05*	32 vs. 96: 0,01**		

Tab. 15: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zu den Herzfrequenzen (min^{-1}) für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Herzfrequenz (min^{-1})			4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Beginn	\bar{x}	106,3	96,3	0,001**
		$\pm s$	15,3	8,8	
		Max	145,0	120,0	
		Min	74,0	77,0	
	32 Bälle	\bar{x}	172,7	157,6	0,001**
		$\pm s$	12,0	12,7	
		Max	194,0	183,0	
		Min	151,0	140,0	
	64 Bälle	\bar{x}	175,9	160,2	0,001**
		$\pm s$	10,1	13,5	
		Max	192,0	183,0	
		Min	156,0	135,0	
p-Wert Zeitpunkte			0,001**	0,001**	Interaktion 0,140

Tab. 16: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zu den Herzfrequenzen (min^{-1}) für die Gesamtgruppe während des **Freien Spiels „Rückhand umlaufen“** an beiden Untersuchungstagen.

Herzfrequenz (min^{-1})			1 x 10 min	5 x 2 min	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Beginn	\bar{x}	104,1	92,4	0,002**
		$\pm s$	11,5	9,9	
		Max	138,0	115,0	
		Min	87,0	78,0	
	Ende	\bar{x}	159,8	158,2	0,643
		$\pm s$	18,6	19,2	
		Max	193,0	187,0	
		Min	129,0	118,0	
p-Wert Zeitpunkte			0,001**	0,001**	Interaktion 0,028*

3.2.2.2 Blutlaktat

Tab. 17: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Blutlaktat (mmol/l) für die Gesamtgruppe während des **Vorhand-Winner longline** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Laktat (mmol/l)		8er Serie	4er Serie	p-Wert Serienvergleich	
Gesamt (n=20)	Ruhe	\bar{x}	1,2	1,1	0,820
		$\pm s$	0,2	0,2	
		Max	1,7	1,6	
		Min	0,9	0,7	
	32 Bälle	\bar{x}	6,0	3,4	0,001**
		$\pm s$	2,1	1,6	
		Max	11,9	6,3	
		Min	3,0	1,1	
	64 Bälle	\bar{x}	7,7	3,8	0,001**
		$\pm s$	3,6	1,5	
		Max	16,6	6,3	
		Min	3,1	1,3	
96 Bälle	\bar{x}	7,9	4,1	0,001**	
	$\pm s$	3,4	1,7		
	Max	15,4	6,6		
	Min	3,9	1,4		
p-Wert Zeitpunkte		Ruhe vs. 32, 64, 96: 0,01**	Ruhe vs. 32, 64, 96: 0,01**	Interaktion 0,001**	
		32 vs. 64,96: 0,01**			

Tab. 18: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Blutlaktat (mmol/l) für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Laktat (mmol/l)		4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich	
Gesamt (n=20)	Beginn	\bar{x}	4,8	2,2	0,001**
		$\pm s$	2,6	0,8	
		Max	12,7	3,6	
		Min	2,0	0,8	
	32 Bälle	\bar{x}	6,6	2,6	0,001**
		$\pm s$	2,8	1,0	
		Max	13,4	5,0	
		Min	2,5	1,2	
	64 Bälle	\bar{x}	7,5	2,7	0,001**
		$\pm s$	2,6	1,0	
		Max	13,7	4,9	
		Min	3,6	1,4	
p-Wert Zeitpunkte		0,01**	ns	Interaktion 0,001**	

Tab. 19: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Blutlaktat (mmol/l) für die Gesamtgruppe während des **Freien Spiels „Rückhand umlaufen“** an beiden Untersuchungstagen.

Laktat (mmol/l)			1 x 10 min	5 x 2 min	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Beginn	\bar{x}	4,3	1,5	0,001**
		$\pm s$	1,8	0,6	
		Max	10,2	2,8	
		Min	2,2	0,9	
	Ende	\bar{x}	2,8	2,0	0,013*
		$\pm s$	1,5	0,7	
		Max	6,5	3,7	
		Min	1,1	1,2	
p-Wert Zeitpunkte			0,001**	0,086	Interaktion 0,001**

3.2.2.3 Subjektives Belastungsempfinden (RPE)

Tab. 20: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Subjektiven Belastungsempfinden (RPE) für die Gesamtgruppe während des **Vorhand-Winner longline** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Subjektives Belastungsempfinden (RPE)			8er Serie	4er Serie	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Ruhe	\bar{x}	7,9	8,0	0,752
		$\pm s$	2,0	2,1	
		Max	12	11	
		Min	6	6	
	32 Bälle	\bar{x}	15,7	13,8	0,001**
		$\pm s$	1,7	1,5	
		Max	18	16	
		Min	12	11	
	64 Bälle	\bar{x}	16,8	15,1	0,001**
		$\pm s$	1,6	1,5	
		Max	20	18	
		Min	14	12	
	96 Bälle	\bar{x}	17,3	15,9	0,004**
		$\pm s$	1,6	1,9	
		Max	20	20	
		Min	15	13	
p-Wert Zeitpunkte			Ruhe vs. 32, 64, 96: 0,01**	Ruhe vs. 32, 64, 96: 0,01**	Interaktion 0,001**
			32 vs. 64, 96: 0,01**	32 vs. 64, 96: 0,01**	

Tab. 21: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Subjektiven Belastungsempfinden (RPE) für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Subjektives Belastungsempfinden (RPE)			4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Beginn	\bar{x}	11,8	10,4	0,016*
		$\pm s$	2,7	2,3	
		Max	16	15	
		Min	6	6	
	32 Bälle	\bar{x}	16,9	13,8	0,001**
		$\pm s$	1,8	2,0	
		Max	20	17	
		Min	13	9	
	64 Bälle	\bar{x}	17,6	14,0	0,001**
		$\pm s$	1,7	2,4	
		Max	20	18	
		Min	15	9	
p-Wert Zeitpunkte			Beginn vs. 32,64: 0,01**	Beginn vs. 32,64: 0,01**	Interaktion 0,006**

Tab. 22: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zum Subjektiven Belastungsempfinden (RPE) für die Gesamtgruppe während des **Freien Spiels „Rückhand umlaufen“** an beiden Untersuchungstagen.

Subjektives Belastungsempfinden (RPE)			1 x 10 min	5 x 2 min	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Beginn	\bar{x}	11,1	9,8	0,017*
		$\pm s$	2,3	2,1	
		Max	15	13	
		Min	6	6	
	Ende	\bar{x}	13,3	13,6	0,639
		$\pm s$	2,0	2,8	
		Max	18	18	
		Min	9	6	
p-Wert Zeitpunkte			0,001**	0,001**	Interaktion 0,001**

3.2.2.4 Schlaggeschwindigkeit

Tab. 23: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlaggeschwindigkeit (km/h) für die Gesamtgruppe während des **Vorhand-Winner longline** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Schlaggeschwindigkeit (km/h)			8er Serie	4er Serie	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	32 Bälle	\bar{x}	128,8	132,3	0,001**
		$\pm s$	8,9	9,0	
		Max	144,7	154,1	
		Min	112,6	121,8	
	64 Bälle	\bar{x}	130,6	134,6	0,001**
		$\pm s$	10,7	8,9	
		Max	152,8	155,5	
		Min	117,8	121,9	
	96 Bälle	\bar{x}	130,3	132,8	0,001**
		$\pm s$	9,1	9,1	
		Max	150,3	154,5	
		Min	110,3	117,6	
	Gesamt	\bar{x}	129,9	133,2	0,001**
		$\pm s$	9,3	8,9	
		Max	149,3	154,7	
		Min	114,0	122,0	
p-Wert Zeitpunkte			0,099	0,099	Interaktion 0,391

Tab. 24: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlaggeschwindigkeit (km/h) der **Vorhand** für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Schlaggeschwindigkeit (km/h) (n=20)			4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich
32 Bälle	Vorhand	\bar{x}	117,8	125,6	0,001**
		$\pm s$	7,0	6,0	
		Max	131,2	137,9	
		Min	104,4	115,0	
64 Bälle	Vorhand	\bar{x}	117,9	125,2	0,001**
		$\pm s$	7,3	6,0	
		Max	129,6	137,8	
		Min	104,1	114,9	
Gesamt	Vorhand	\bar{x}	117,8	125,4	0,001**
		$\pm s$	6,9	5,7	
p-Wert Zeitpunkte			32 vs. 64 Bälle: 0,866	32 vs. 64 Bälle: 0,866	Interaktion 0,745

Tab. 25: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlaggeschwindigkeit (km/h) der **Rückhand** für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Schlaggeschwindigkeit (km/h) (n=20)			4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich
32 Bälle	Rückhand	\bar{x}	114,9	120,8	0,001**
		$\pm s$	5,3	6,0	
		Max	123,9	131,9	
		Min	102,8	109,1	
64 Bälle	Rückhand	\bar{x}	115,3	121,0	0,001**
		$\pm s$	6,8	7,1	
		Max	126,8	131,8	
		Min	101,6	108,4	
Gesamt	Rückhand	\bar{x}	115,1	120,9	0,001**
		$\pm s$	5,4	6,3	
p-Wert Zeitpunkte			32 vs. 64 Bälle: 0,866	32 vs. 64 Bälle: 0,866	Interaktion 0,745

Tab. 26: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlaggeschwindigkeit (km/h) **Vorhand/Rückhand Gesamt** für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Schlaggeschwindigkeit (km/h) (n=20)			4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich
Gesamt	Vorhand	\bar{x}	117,8	125,4	0,001**
		$\pm s$	6,9	5,7	
	Rückhand	\bar{x}	115,1	120,9	
		$\pm s$	5,4	6,3	
Gesamt (VH/RH)		\bar{x}	116,5	123,2	0,001**
		$\pm s$	5,7	5,6	
p-Wert Vorhand vs. Rückhand			VH vs. RH: 0,001**	VH vs. RH: 0,001**	Interaktion 0,745

3.2.2.5 Schlagpräzision

Tab. 27: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (**Zieltreffer**) für die Gesamtgruppe während des **Vorhand-Winner longline** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Zieltreffer		8er Serie	4er Serie	p-Wert Serienvergleich	
Gesamt (n=20)	32 Bälle	\bar{x}	10,0	10,5	0,634
		$\pm s$	3,5	3,7	
		Max	18	18	
		Min	4	4	
	64 Bälle	\bar{x}	10,5	10,4	0,634
		$\pm s$	3,3	4,1	
		Max	15	18	
		Min	4	3	
	96 Bälle	\bar{x}	9,6	10,5	0,634
		$\pm s$	4,4	4,9	
		Max	18	21	
		Min	0	3	
	Gesamt	\bar{x}	30,1	31,3	0,634
		$\pm s$	9,7	11,1	
		Max	17	19	
		Min	3	3	
p-Wert Zeitpunkte		0,817	0,817	Interaktion 0,706	

Tab. 28: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (**Zieltreffer**) für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Zieltreffer		4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich	
Gesamt (n=20)	32 Bälle	\bar{x}	7,5	9,3	0,233
		$\pm s$	3,5	2,6	
		Max	19	15	
		Min	1	4	
	64 Bälle	\bar{x}	8,6	8,6	0,233
		$\pm s$	3,2	3,2	
		Max	16	16	
		Min	4	3	
	Gesamt	\bar{x}	16,1	17,9	0,233
		$\pm s$	6,1	5,2	
		Max	18	16	
		Min	3	4	
	p-Wert Zeitpunkte		0,566	0,566	Interaktion 0,104

Tab. 29: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (**Feldtreffer**) für die Gesamtgruppe während des **Vorhand-Winner longline** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Feldtreffer		8er Serie	4er Serie	p-Wert Serienvergleich	
Gesamt (n=20)	32 Bälle	\bar{x}	9,0	8,3	0,221
		$\pm s$	3,5	2,9	
		Max	15	14	
		Min	3	3	
	64 Bälle	\bar{x}	9,4	8,5	0,221
		$\pm s$	3,8	3,6	
		Max	15	14	
		Min	1	0	
	96 Bälle	\bar{x}	9,2	8,5	0,221
		$\pm s$	4,3	3,4	
		Max	17	15	
		Min	0	1	
	Gesamt	\bar{x}	27,5	25,3	0,221
		$\pm s$	9,5	8,2	
		Max	16	14	
		Min	1	1	
p-Wert Zeitpunkte		0,875	0,875	Interaktion 0,987	

Tab. 30: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (**Feldtreffer**) für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Feldtreffer		4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich	
Gesamt (n=20)	32 Bälle	\bar{x}	10,1	8,7	0,04*
		$\pm s$	4,2	3,2	
		Max	20	13	
		Min	6	4	
	64 Bälle	\bar{x}	10,9	8,8	0,04*
		$\pm s$	4,0	3,0	
		Max	21	16	
		Min	6	4	
	Gesamt	\bar{x}	21,0	17,5	0,04*
		$\pm s$	6,9	4,3	
		Max	21	15	
		Min	6	4	
p-Wert Zeitpunkte		0,273	0,273	Interaktion 0,643	

Tab. 31: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (**Fehler**) für die Gesamtgruppe während des **Vorhand-Winner longline** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Fehler		8er Serie	4er Serie	p-Wert Serienvergleich	
Gesamt (n=20)	32 Bälle	\bar{x}	12,9	13,2	0,765
		$\pm s$	4,8	5,3	
		Max	23	23	
		Min	6	4	
	64 Bälle	\bar{x}	12,2	13,2	0,765
		$\pm s$	5,3	5,0	
		Max	22	22	
		Min	4	4	
	96 Bälle	\bar{x}	13,2	13,1	0,765
		$\pm s$	6,6	5,9	
		Max	28	22	
		Min	4	4	
	Gesamt	\bar{x}	38,4	39,4	0,765
		$\pm s$	15,9	15,2	
		Max	24	22	
		Min	5	4	
p-Wert Zeitpunkte		0,733	0,733	Interaktion 0,533	

Tab. 32: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (**Fehler**) für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Fehler		4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich	
Gesamt (n=20)	32 Bälle	\bar{x}	14,4	13,7	0,566
		$\pm s$	4,2	3,2	
		Max	22	19	
		Min	6	6	
	64 Bälle	\bar{x}	12,6	14,9	0,108
		$\pm s$	4,2	3,0	
		Max	21	19	
		Min	4	9	
	Gesamt	\bar{x}	26,9	28,6	0,559
		$\pm s$	8,1	5,7	
		Max	22	19	
		Min	5	8	
p-Wert Zeitpunkte		0,010**	0,245	Interaktion 0,027*	

Tab. 33: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Schlagpräzision (**Zonen**) für die Gesamtgruppe während des **Freien Spiels** „Rückhand umlaufen“ an beiden Untersuchungstagen.

Schlagpräzision (n=20)		1 x 10 min	5 x 2 min	p-Wert Serienvergleich
Zone 1 (linkes T-Feld)	\bar{x}	10,2	9,0	0,514
	$\pm s$	6,7	5,2	
	Max	30	22	
	Min	2	2	
Zone 2 (rechtes T-Feld)	\bar{x}	3,3	4,1	0,638
	$\pm s$	2,2	3,9	
	Max	8	18	
	Min	0	0	
Zone 3 (linke Hälfte GL)	\bar{x}	52,6	63,9	0,001**
	$\pm s$	12,1	11,8	
	Max	81	92	
	Min	37	33	
Zone 4 (rechte Hälfte GL)	\bar{x}	14,8	18,0	0,079
	$\pm s$	5,5	7,1	
	Max	28	36	
	Min	5	8	
Aus	\bar{x}	9,1	11,3	0,243
	$\pm s$	4,1	5,6	
	\bar{x}	20	20	
	$\pm s$	2	1	
p-Wert Zonen (Z)		Z 1 vs. Z 2: 0,05*	Z 1 vs. Z 2: 0,05*	Interaktion 0,003**
		Z 1 vs. Z 3: 0,01**	Z 1 vs. Z 3,4: 0,01**	
		Z 2 vs. Z 3,4: 0,01**	Z 2 vs. Z 3,4: 0,01**	
		Z 3 vs. Z 4, Aus: 0,01**	Z 3 vs. Z 4, Aus: 0,01**	
		Aus vs. Z 2,3: 0,05*	Aus vs. Z 2,3,4: 0,01**	

3.2.2.6 Ballwechselqualität

Tab. 34: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Ballwechselqualität (**Ballkontakte**) für die Gesamtgruppe während des **Freien Spiels „Rückhand umlaufen“** an beiden Untersuchungstagen.

Ballkontakte (n=20)		1 x 10 min	5 x 2 min	p-Wert Serienvergleich
Ballkontakte	\bar{x}	214,3	256,8	0,001**
	$\pm s$	10,4	26,0	
	Max	240	296	
	Min	204	221	
Anzahl Ballwechsel	\bar{x}	49,0	58,5	0,001**
	$\pm s$	7,9	9,6	
	Max	66	78	
	Min	36	46	
Ballkontakte/Ballwechsel	\bar{x}	4,5	4,5	0,992
	$\pm s$	0,6	0,6	
	Max	6	5	
	Min	3	3	

Tab. 35: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur Ballwechselqualität (**Gespielte Punkte**) für die Gesamtgruppe während des **Freien Spiels „Rückhand umlaufen“** an beiden Untersuchungstagen.

Gespielte Punkte (n=20)		1 x 10 min	5 x 2 min	p-Wert Serienvergleich
Direkte Punkte	\bar{x}	4,3	2,8	0,257
	$\pm s$	5,0	1,7	
	Max	24	6	
	Min	0	0	
Erspielte Punkte	\bar{x}	2,0	2,9	0,077
	$\pm s$	1,4	2,4	
	Max	6	9	
	Min	0	0	
Unforced Errors	\bar{x}	19,3	23,8	0,014**
	$\pm s$	8,4	7,7	
	Max	38	39	
	Min	5	8	

3.2.3 Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Im folgenden Kapitel werden ausgewählte Ergebnisse der praxisnahen Tennisuntersuchung diskutiert. Die Parameter Herzfrequenz und Blutlaktat liefern hierbei Informationen über die physiologische Beanspruchung der jeweiligen Trainingsmethode (Intensives Training vs. Matchorientiertes Training), ergänzt durch Angaben zum subjektiven Belastungsempfinden (RPE). Die Einflussgrößen Schlaggeschwindigkeit und Schlagpräzision bzw. Ballwechselqualität geben zusätzlich Auskunft über die Schlagqualität während der jeweiligen Belastungsvariante.

Im Vordergrund der Diskussion steht der Vergleich der zwei verwendeten Trainingsmethoden (Intensives Training vs. Matchorientiertes Training) im Hinblick auf eine Optimierung der Trainingsqualität. Zur besseren Übersicht werden die Ergebnisse nicht nach den durchgeführten Tests, sondern nach den erhobenen Parametern sortiert diskutiert.

3.2.3.1 Herzfrequenz

Die vorliegenden Ergebnisse weisen einen deutlichen Einfluss der jeweiligen Trainingsmethode auf den hämodynamischen Parameter Herzfrequenz auf (Abb. 40, Tab. 14, 15, 16). Bei der intensiven Trainingsmethode verzeichnet die Herzfrequenz der Probanden im Vergleich zur matchorientierten Trainingsmethode im Mittel hochsignifikant höhere Werte sowohl beim Vorhand Winner Test ($178,6 \pm 10,5$ vs. $168,7 \pm 12,1 \text{ min}^{-1}$) als auch beim Rückhand-Vorhand Passierball Test ($175,9 \pm 10,1$ vs. $160,2 \pm 13,5 \text{ min}^{-1}$). Bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ hingegen werden bei beiden Trainingsmethoden im Mittel annähernd gleiche Herzfrequenzwerte ohne statistische Relevanz erreicht ($159,8 \pm 18,6$ vs. $158,2 \pm 19,2 \text{ min}^{-1}$). Darüber hinaus lässt sich innerhalb der beiden Trainingsmethoden bei allen drei Tests im Verlauf (Zeitpunkte) der jeweiligen Belastungsvariante ein kontinuierlicher Anstieg der Herzfrequenzwerte mit teilweise hochsignifikantem Unterschied feststellen. Dabei verzeichnet das intensive Training höhere Herzfrequenzanstiege als das matchorientierte Training (Tab. 14, 15, 16).

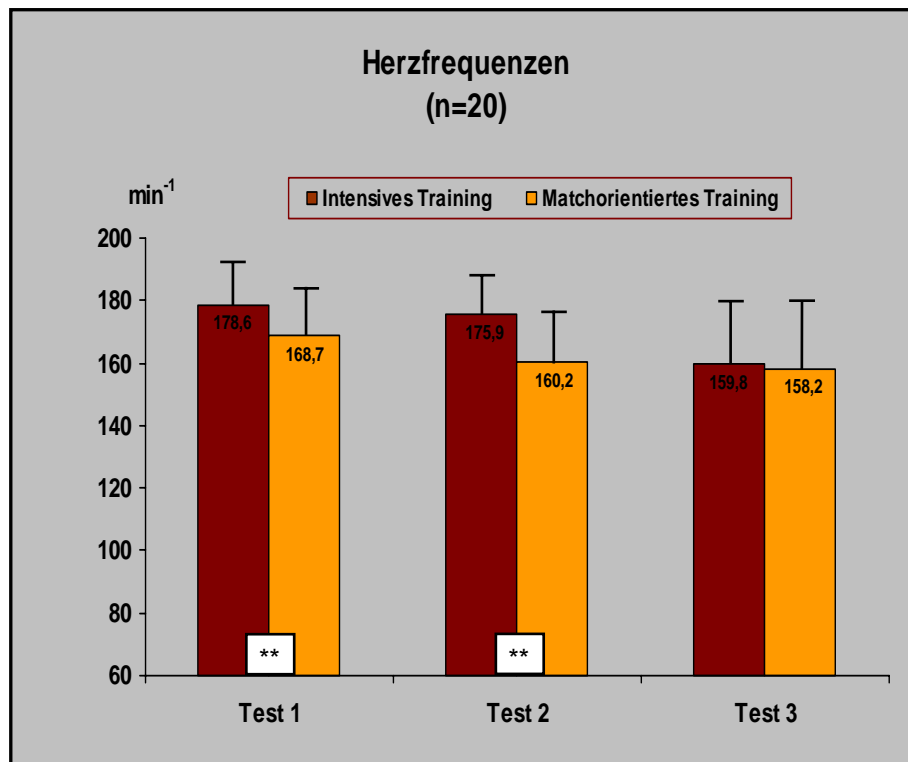


Abb. 40: Herzfrequenzwerte der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode beim Vorhand Winner longline Test (Test 1), Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) und bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3).

Zahlreiche Studien haben das Herzfrequenzverhalten im Tenniseinzel untersucht (vgl. Tab. 7). Die durchschnittlich erreichte Herzfrequenz im Verlauf eines Tenniswettkampfes wird im Mittel mit Werten zwischen 140-160 min⁻¹ angegeben (KÖNIG et al. 2001). Während sich die Herzfrequenzwerte bei der matchorientierten Trainingsmethode bei allen drei Tests annähernd mit den Ergebnissen aus der Literatur decken (z.B. THERMINARIAS et al. 1991, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007, SMEKAL et al. 2001), wird dieser angegebene Wertebereich bei der intensiven Trainingsmethode nur bei der freien Spielform (Test 3) mit einem durchschnittlichen Wert von 159,8 min⁻¹ erreicht. Bei den ersten beiden Tests hingegen werden mit 178,6 min⁻¹ (Test 1) und 175,9 min⁻¹ (Test 2) im Mittel erheblich höhere Herzfrequenzwerte erzielt. Allerdings müssen diese Werte nicht unbedingt als kritisch eingestuft werden. Aufgrund der intervallartigen Belastung unterliegt die Herzfrequenz im Tennis deutlichen Schwankungen, so dass in einzelnen Spielphasen auch Herz-

frequenzen von 180-200 min^{-1} durchaus erreicht werden (KEUL et al. 1992, FERNANDEZ et al. 2006, SKOROCHMONWA 1993). Folglich sollten diese mit hohen Herzfrequenzen verbundenen Belastungen auch unbedingt Bestandteil eines qualitätsorientierten Trainings sein, um bestmöglich für die im Wettkampf vorkommenden Beanspruchungen vorbereitet zu werden.

Die bei der matchsimulierenden Spielform (Test 3) im Vergleich zu den ersten beiden Tests im Mittel deutlich niedrigeren Herzfrequenzen (Abb. 40) bei beiden Trainingsmethoden können damit begründet werden, dass nach einem gespielten Ballwechsel wie in einem realen Tennismatch kurze Erholungsphasen möglich sind, bevor der nächste Ballwechsel gespielt wird und demzufolge mehr Möglichkeiten zur Regeneration bestehen als bei den beiden vorangegangenen Tests. Die zusätzliche Pause bei der matchorientierten Trainingsmethode von einer Minute nach jeweils zwei gespielten Minuten und die damit verbundene weitere Regenerationsmöglichkeit hat allerdings kaum Auswirkungen auf die durchschnittlichen Herzfrequenzwerte.

Aus der Literatur ist zu entnehmen, dass in Bezug auf die Herzfrequenz erhebliche interindividuelle Unterschiede bestehen können (WEBER 1987, MOSEL 2004, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007, WEBER et al. 2002 a). Diese Annahme kann durch die vorliegenden Befunde für beide Trainingsmethoden bestätigt werden, wobei die Extremwerte für das intensive Training im Vergleich zum matchorientierten Training höher ausfallen (Tab. 14, 15, 16). Beispielsweise wird beim Vorhand Winner Test (Test 1) bei der intensiven Trainingsmethode bei allen drei Serien ein Maximalwert zwischen 195 und 196 min^{-1} erzielt und im Gegensatz dazu ein jeweiliger Minimalwert zwischen 155 und 160 min^{-1} . Ähnliche Extremwerte sind auch für den Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) und die freie Spielform (Test 3) zu beobachten (Tab. 15, 16). Somit lässt sich bei den ersten beiden Tests eine Differenz innerhalb der Gesamtgruppe von teilweise über 40 Schlägen pro Minute feststellen. Diese erheblichen individuellen Differenzen bei den ersten beiden Tests lassen sich vermutlich durch die unterschiedlichen Leistungsniveaus und Trainingszustände erklären. Bei der freien Spielform (Test 3) könnte für die auffallend hohe Diskrepanz von über 60 Schlägen pro

Minute zwischen Maximal- und Minimalwert zusätzlich die taktische Ausrichtung des jeweiligen Probanden eine wichtige Ursache darstellen (vgl. SMEKAL et al. 2001). Defensive Grundlinienspieler mit aufwendiger Schlagtechnik haben einen höheren Energieaufwand und demzufolge auch höhere Herzfrequenzwerte als taktisch offensiv ausgerichtete Spieler.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass die Beanspruchung des Herz-Kreislaufsystems bei der intensiven Trainingsmethode im Vergleich zu der matchorientierten Trainingsmethode sowohl beim Vorhand Winner longline Test (Test 1) als auch beim Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) deutlich erhöht ist, obwohl die Anzahl der Wiederholungen pro Schlagsequenz im Vergleich zum matchorientierten Training bei beiden Tests jeweils um die Hälfte reduziert ist. Im Gegensatz dazu wirkt sich in dieser Studie die unterschiedliche Belastungsdichte der zwei Trainingsmethoden bei der matchnahen freien Spielform (Test 3) kaum auf das Herzfrequenzverhalten aus. Aus diesen Befunden wird klar ersichtlich, dass eine Veränderung der Belastungsnormative, bei diesem Testdesign vor allem eine Modifikation der Belastungsdauer, einen bedeutsamen Einfluss auf das Herzfrequenzverhalten ausübt und demzufolge je nach Trainingsziel, Trainingszustand und individuellem Leistungsniveau entsprechend dosiert eingesetzt werden sollte. Allerdings sollte die Herzfrequenz aufgrund ihrer großen Variationsbreite nicht als alleiniges Kriterium zur Beurteilung der Belastungsintensität und somit für die Trainingsgestaltung herangezogen werden.

3.2.3.2 Blutlaktat

Die durchschnittlichen Blutlaktatwerte der Gesamtgruppe verzeichnen beim intensiven Training im Vergleich zum matchorientierten Training hochsignifikant höhere Werte sowohl beim Vorhand Winner longline Test ($7,9 \pm 3,4$ vs. $4,1 \pm 1,7$ mmol/l) als auch beim Rückhand-Vorhand Passierball Test ($7,5 \pm 2,6$ vs. $2,7 \pm 1,0$ mmol/l). Bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ werden beim intensiven Training im Mittel signifikant höhere Blutlaktatwerte ($2,8 \pm 1,5$ vs. $2,0 \pm 0,7$ mmol/l) im Vergleich zum matchorientierten Training gemessen (Abb. 41,

Tab. 17, 18, 19). Außerdem ist innerhalb der beiden Trainingsmethoden bei den ersten beiden Tests im Verlauf (Zeitpunkte) der jeweiligen Belastungsvariante ein kontinuierlicher Anstieg der Blutlaktatkonzentration im Mittel festzustellen. Dabei weist das intensive Training höhere Blutlaktatkonzentrationen auf als die matchorientierte Training (Tab. 17, 18). Bei der freien Spielform (Test 3) kann beim matchorientierten Training zwischen Beginn und Ende ein Anstieg der durchschnittlichen Blutlaktatkonzentration festgestellt werden, während beim intensiven Training zwischen Beginn und Ende des Tests ein hochsignifikanter Abfall zu verzeichnen ist (Tab. 19). Ursächlich hierfür ist vermutlich eine vorangegangene Laktatakkumulation, wahrscheinlich bedingt durch eine zu kurze Pausenzeit nach der vorherigen Belastungsvariante. Bei der freien Spielform bestehen aufgrund der Spielstruktur ausreichende Regenerationsmöglichkeiten, so dass das angehäuften Laktat entsprechend während der Belastungsvariante abgebaut werden kann, wodurch sich der niedrigere durchschnittliche Wert zum Ende des Tests erklären lässt.

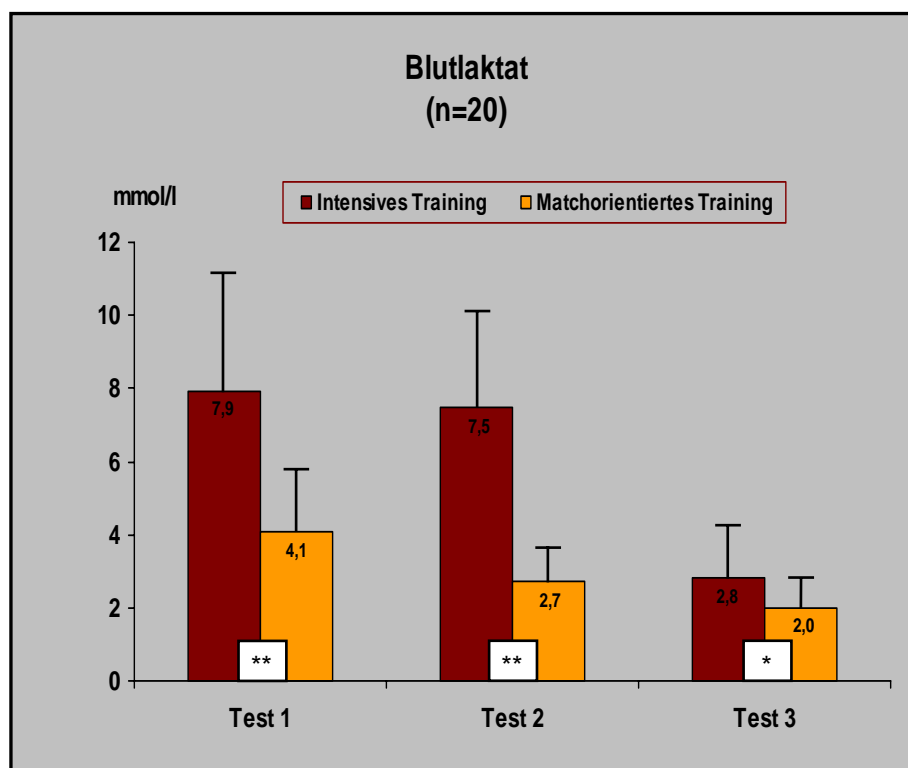


Abb. 41: Blutlaktatwerte der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode beim Vorhand Winner longline Test (Test 1), Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) und bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3).

Befunde zahlreicher Studien weisen im Mittel relativ geringe Blutlaktatkonzentrationen im Tenniseinzel auf (Tab. 8). Im Verlauf eines Trainingseinzel werden durchschnittliche Werte zwischen 1,8-2,8 mmol/l angegeben (KÖNIG et al. 2001, BERGERON et al. 1991). Unter realen Turnierbedingungen wird im Durchschnitt auch nur von Werten zwischen 2,5-3,5 mmol/l berichtet (FERRAUTI et al. 2006). Während beim matchorientierten Training bei allen drei Tests annähernd ähnliche durchschnittliche Blutlaktatkonzentrationen wie in der Literatur beschrieben (BERGERON et al. 1991, KÖNIG et al. 2001, REILLY und PALMER 1993, THERMINARIAS et al. 1991) erzielt werden, wird dieser angegebene Wertebereich bei der intensiven Trainingsmethode nur bei der freien Spielform (Test 3) mit einem durchschnittlichen Wert von 2,8 mmol/l erreicht. Bei den ersten beiden Tests hingegen werden mit 7,9 mmol/l (Test 1) und 7,5 mmol/l (Test 2) im Mittel deutlich höhere Blutlaktatkonzentrationen erzielt. Allerdings ist bekannt, dass bei Spitzenbelastungen im Match beträchtliche Laktatanhäufungen mit Werten zwischen 5-8 mmol/l und darüber hinaus zweifellos vorkommen (FERNANDEZ et al. 2006, CHRISTMASS et al. 1998, MOSEL 2004, SMEKAL et al. 2001, FERNANDEZ- FERNANDEZ et al. 2007) und somit ein intensives Training verbunden mit hohen Blutlaktatkonzentrationen durchaus seine Berechtigung hat. Mehrere Autoren halten hohe laktazide Belastungen im Training sogar für absolut erforderlich, da nur so spielphasentypische Spitzenbeanspruchungen des Wettkampfes trainiert werden können (MARSCHAND 1997, OLIVIER 1996, SASS et al. 1997, MOSEL 2004). Andere Autoren hingegen vertreten jedoch den Standpunkt, dass sowohl einzelne Trainingsformen als auch eine gesamte Trainingseinheit unter hohen anaerob-laktaziden Belastungen nicht der Wettkampfspezifität des Energiestoffwechsels entsprechen und somit als ineffizient, matchfern und bezogen auf die neuromuskuläre Koordination teilweise sogar als leistungsmindernd zu betrachten seien und demnach abzulehnen sind (FERRAUTI et al. 1999, 2002, 2006, FUST 1999, PIEPER et al. 2003, DAVEY et al. 2002, WEBER et al. 2002a, b, WOHLMANN und LIEBHARDT 1999 a, b). Aus heutiger Sicht wird die Rolle des Blutlaktats in Verbindung mit Trainingsbelastungen und Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit allerdings eher

kritisch betrachtet und erheblich diskutiert. Ein Anstieg der Blutlaktatkonzentration ist im Gegensatz zu weit verbreiteten Vorstellungen lediglich ein Zeichen dafür, dass mehr Laktat gebildet als zeitgleich abgebaut wird. Dieses ist meist nicht Folge eines Sauerstoffmangels im Gewebe, hat kaum etwas mit Ermüdung und gar nichts mit Muskelkater zu tun, so dass durchaus in Frage gestellt werden kann, ob die Akkumulation von Laktat per se als leistungs-limitierend zu betrachten ist (BÖNING und BENEKE 2008, FAUDE und MEYER 2008, BROOKS et al. 2008, KOVACS 2007a, LEYK et al. 1996, HECK und BENEKE 2008, RÖCKER 2008, MAASSEN und BÖNING 2008).

In zahlreichen Publikationen wird ein breiter Streubereich der Laktatwerte beschrieben (u.a. FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007, CHRISTMASS et al. 1998, MOSEL 2004, SMEKAL et al. 2001). In der vorliegenden Studie sind ebenfalls erhebliche interindividuelle Unterschiede festzustellen, wobei die Extremwerte für das intensive Training im Vergleich zum matchorientierten Training deutlich höher ausfallen (Tab. 17-19). Im Verlauf der drei Belastungsvarianten werden beim intensiven Training Extremwerte zwischen 1,1 und 16,6 mmol/l und beim matchorientierten Training zwischen 1,1 und 6,6 mmol/l gemessen. Diese erheblichen individuellen Differenzen lassen sich wahrscheinlich durch die unterschiedlichen Leistungsniveaus und Trainingszustände der Probanden erklären (vgl. Befunde von WEBER 1987). Folglich sollten die Blutlaktatkonzentrationen nach Spielstärke differenziert betrachtet werden. Bei der freien Spielform (Test 3) könnte zusätzlich die taktische Ausrichtung des jeweiligen Probanden eine wichtige Ursache für die relativ hohe Diskrepanz zwischen Maximal- und Minimalwert darstellen. Bei Begegnungen taktisch defensiv ausgerichteter Spielertypen im Tenniseinzel wird im Gegensatz zu taktisch offensiv ausgerichteten Spielpaarungen von erhöhten Blutlaktatwerten berichtet (SMEKAL et al. 2001). Demnach haben defensive Grundlinienspieler mit aufwendiger Schlagtechnik einen höheren Energieaufwand und folglich auch höhere Blutlaktatkonzentrationen als taktisch offensiv ausgerichtete Spieler.

Zusammenfassend lässt sich aus den vorliegenden Befunden ableiten, dass eine Modifikation der Belastungsnormative einen deutlichen Einfluss auf die Blutlaktatkonzentration ausübt. In Übereinstimmung mit Ergebnissen anderer Autoren (FUST 1999, PIEPER et al. 2003, PORTEN 2001) führt eine Verlängerung der Belastungsdauer zu einer zunehmenden Dominanz der anaerob-laktaziden Energiebereitstellung und somit zu einer Erhöhung der Blutlaktatkonzentration. Folglich lassen sich bei der intensiven Trainingsmethode im Vergleich zur matchorientierten Trainingsmethode bei den ersten beiden Tests hochsignifikant höhere Blutlaktatkonzentrationen feststellen. Bei der freien Spielform (Test 3) wirkt sich die unterschiedliche Belastungsdichte in Übereinstimmung mit Befunden anderer Autoren (BALSOM et al. 1992, FERRAUTI et al. 2001) ebenfalls auf die Blutlaktatkonzentration der Probanden aus. Die zusätzliche Pause von jeweils einer Minute nach zwei gespielten Minuten führt zu signifikant niedrigeren Laktatwerten beim matchorientierten Training.

Die Wettkampfbelastung im Tennis kann oftmals scheinbar recht gering sein (vgl. Tab 5, 8). Der anaerob-laktazide Stoffwechselweg wird im Vergleich zum anaerob-alaktaziden sowie dem aeroben Stoffwechselweg in der Regel relativ wenig in Anspruch genommen. Begründet wird dies durch die Kürze der Ballwechseldauer, der relativ seltenen und zugleich kurzen hochintensiven Laufbeanspruchungen sowie durch die hauptsächlich submaximalen muskulären Beanspruchungen bei längeren Ballwechseln (FERRAUTI et al. 2006). Allerdings sollte heutzutage aus dem Beanspruchungsprofil des Wettkampfes nicht mehr linear das Training abgeleitet werden. In diesem Zusammenhang sollte die noch nicht geklärte und erheblich diskutierte Rolle des Blutlaktats als repräsentativer Maßstab für die aktuelle metabolische Beanspruchung ebenfalls kritisch betrachtet werden. Ein ausschließliches Training unter so genannten „optimalen Bedingungen“ spiegelt die tatsächlichen Wettkampfbelastungen, vor allem im Spitzenbereich, meistens nicht wieder. Vielmehr besteht durch ein solches Training die große Gefahr, dass viel zu extensiv und sogar matchfern trainiert wird. Im Match muss meistens unter schwierigsten technischen, konditionellen sowie psychischen Bedingungen

gespielt werden. Dabei muss die Leistungsfähigkeit trotz zunehmender körperlicher und geistiger Ermüdung mit steigender Matchdauer aufrechterhalten bleiben, um erfolgreich zu sein. Folglich muss überwiegend hart trainiert werden, um den hohen Anforderungen des modernen Leistungstennis überhaupt gerecht zu werden. Demnach ist die intensive Trainingsmethode bezogen auf die Blutlaktatkonzentration für alle drei Belastungsvarianten der matchorientierten Trainingsmethode vorzuziehen.

3.2.3.3 Subjektives Belastungsempfinden (RPE)

Für das subjektive Belastungsempfinden bezüglich der RPE-Skala (Abb. 30) verzeichnet die Gesamtgruppe bei den ersten beiden Tests einen erheblichen Unterschied zwischen intensivem und matchorientiertem Training. Sowohl beim Vorhand Winner longline Test ($17,3 \pm 1,6$ vs. $15,9 \pm 1,9$) als auch beim Rückhand-Vorhand Passierball Test ($17,6 \pm 1,7$ vs. $14,0 \pm 2,4$) werden beim intensiven Training im Mittel hochsignifikant höhere Werte erzielt. Bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ hingegen werden annähernd identische durchschnittliche Werte ($13,3 \pm 2,0$ vs. $13,6 \pm 2,8$) ohne statistische Relevanz bei beiden Trainingsmethoden gemessen (Abb. 42, Tab. 20, 21, 22).

Weiterhin lässt sich im Verlauf der jeweiligen Belastungsvariante bei beiden Trainingsmethoden im Mittel ein kontinuierlicher Anstieg der subjektiv empfundenen Anstrengung feststellen, wobei beim intensiven Training bei den ersten beiden Tests deutlich höhere durchschnittliche Werte als beim matchorientierten Training zu verzeichnen sind (Tab. 20, 21). Bei der freien Spielform kann ebenfalls zwischen Beginn und Ende ein Anstieg des subjektiven Belastungsempfindens im Mittel festgestellt werden. Im Gegensatz zu den vorangegangenen beiden Belastungsvarianten ist allerdings ein marginal niedrigerer durchschnittlicher Wert beim intensiven Training im Vergleich zum matchorientierten Training zum Ende der freien Spielform festzustellen (Tab. 22).

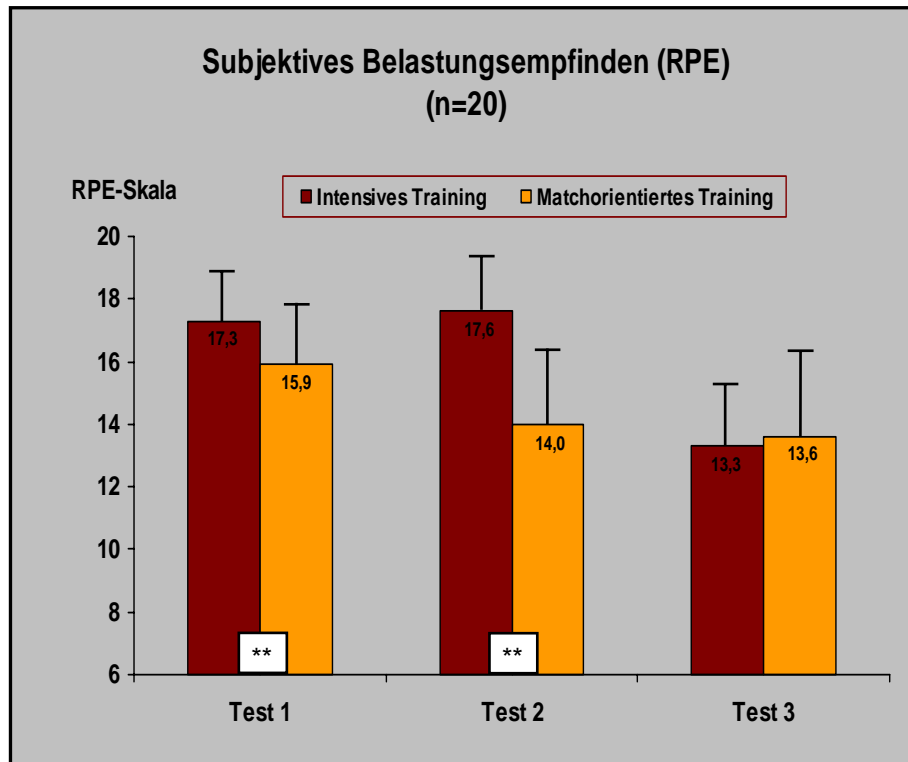


Abb. 42: Subjektives Belastungsempfinden (RPE) der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode beim Vorhand Winner longline Test (Test 1), Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) und bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3).

Die RPE-Skala für die subjektive Belastungseinschätzung nach BORG (1998) ist eine Ergänzung zu den physiologischen Parametern Herzfrequenz und Blutlaktat. Über den RPE-Wert erhält man Auskunft über den subjektiven Anstrengungs- und Ermüdungsgrad. Nach FERRAUTI et al. (2006) sollte ein Skalenbereich von 18-20 beim Techniktraining im Normalfall vermieden werden. Dieser Skalenbereich wird weder bei der intensiven Trainingsmethode noch bei der matchorientierten Trainingsmethode im Mittel erreicht.

Bei steigender Belastungsintensität wird von zunehmenden RPE-Werten als Zeichen einer ansteigenden subjektiven Belastungseinschätzung berichtet (FERRAUTI et al. 2001). Die vorliegenden Befunde bestätigen diese Einschätzung, allerdings in Bezug auf eine steigende Belastungsdauer bei gegebener Belastungsintensität. Die Probanden stufen die Belastungen bei der intensiven Trainingsmethode aufgrund der längeren Belastungsdauer sowohl beim Vorhand Winner longline Test als auch beim Rückhand-Vorhand

Passierball Test subjektiv höher ein als bei der matchorientierten Trainingsmethode. Beide Tests werden beim intensiven Training nach der RPE-Skala mit durchschnittlich „sehr schwer“ beurteilt, während die Belastungen beim matchorientierten Training im Mittel zwischen „etwas anstrengend“ und „schwer“ bewertet werden (Abb. 42). Bei der freien Spielform hingegen wirkt sich die unterschiedliche Belastungsdichte kaum auf das subjektive Anstrengungsempfinden aus. Beide Trainingsmethoden werden im Mittel als „etwas anstrengend“ empfunden.

In der Literatur wird von einem engen Zusammenhang zwischen dem subjektiven Belastungsempfinden und dem Herzfrequenz- und Blutlaktatverhalten berichtet (LÖLLGEN 2004, WEBER et al. 2002 a, PORTEN 2001). Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen diese Einschätzung. Im Parameterverlauf sind bei beiden Trainingsmethoden in allen drei Belastungsvarianten deutliche Parallelen von Herzfrequenz, Blutlaktat und subjektivem Belastungsempfinden zu beobachten. Eine Erhöhung der Herzfrequenz und des Laktatwertes führt ebenfalls zu einer Erhöhung des subjektiven Belastungsempfindens und umgekehrt (Abb. 43, 44). Demnach kann die Borg-Skala zur Einschätzung des Anstrengungsempfindens während körperlicher Aktivität als zuverlässige Messgröße bezeichnet werden. Die Belastungsdosierung bei Intervallbelastungen nach RPE-Skala ist nach Einschätzung von FERRAUTI et al. (2006) sogar besser geeignet als nach Herzfrequenz. Begründet wird diese Einschätzung dadurch, dass die Herzfrequenz bekanntlich interindividuell und intraindividuell erheblichen Schwankungen unterliegt (WEBER et al. 2002 a, MOSEL 2004, FERNANDEZ-FERNANDEZ et al. 2007). Hingegen gibt die subjektive Befragung mithilfe der RPE-Skala zuverlässige Rückmeldungen einer Intensitätseinordnung zur Beanspruchungssituation eines Spielers und kann somit als geeignetes Instrument für die Belastungsdosierung in der Tennispraxis angesehen werden.

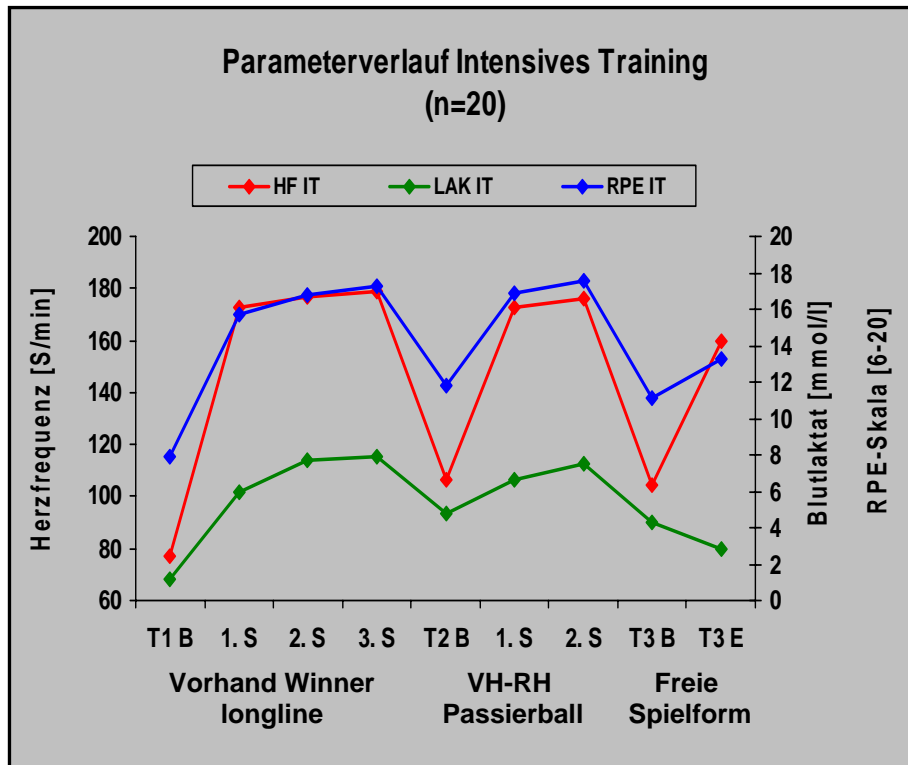


Abb. 43: Parameterverlauf von Herzfrequenz (HF), Blutlaktat (LAK) und Subjektivem Belastungsempfinden (RPE) für die Gesamtgruppe bei der intensiven Trainingsmethode (IT).

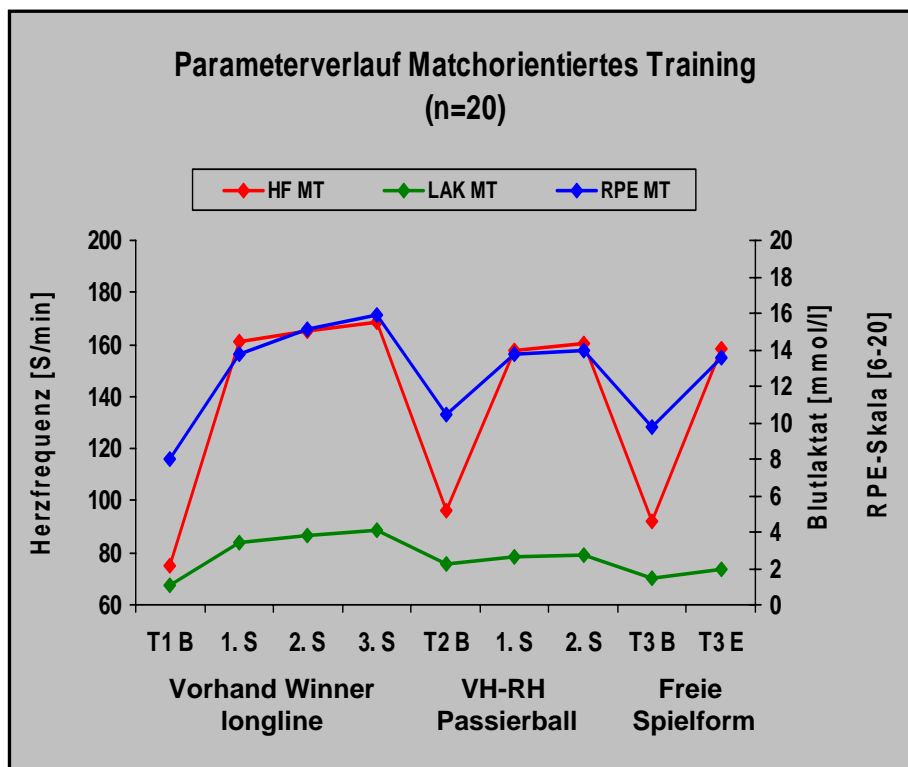


Abb. 44: Parameterverlauf von Herzfrequenz (HF), Blutlaktat (LAK) und Subjektivem Belastungsempfinden (RPE) für die Gesamtgruppe bei der matchorientierten Trainingsmethode (MT).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das subjektive Belastungsempfinden nach der RPE-Skala bei der intensiven Trainingsmethode im Vergleich zu der matchorientierten Trainingsmethode, bedingt durch die höhere Belastungsdauer, sowohl beim Vorhand Winner longline Test (Test 1) als auch beim Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) deutlich erhöht ist. Im Gegensatz dazu wirkt sich in dieser Studie die unterschiedliche Belastungsdichte der zwei Trainingsmethoden bei der matchnahen freien Spielform (Test 3) kaum auf das subjektive Belastungsempfinden aus. Darüber hinaus lässt sich ein enger Zusammenhang zwischen subjektivem Belastungsempfinden und Herzfrequenz- sowie Blutlaktatverhalten feststellen. Demnach kann die subjektive Befragung mithilfe der RPE-Skala als sinnvolles Instrument zur Steuerung der Trainingsbelastung betrachtet werden.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass bei der intensiven Trainingsmethode im Vergleich zur matchorientierten Trainingsmethode bei allen drei Belastungsvarianten für die erhobenen Parameter Herzfrequenz, Blutlaktat und subjektives Belastungsempfinden im Mittel größtenteils erheblich höhere Werte erzielt werden. Insofern lässt sich auf Basis der vorliegenden Resultate festhalten, dass eine Modifikation der Belastungsnormative, bei diesem Testdesign vor allem eine Veränderung der Belastungsdauer, einen bedeutsamen Einfluss auf die erhobenen hämodynamischen, metabolischen und subjektiven Parameter ausübt (vgl. ERLINGHAGEN 2007). Im Hinblick auf das Beanspruchungsprofil des modernen Spitztennis (hohe Leistungs- und Wettkampfdichte, hohe Geschwindigkeiten, zunehmende Anforderungen an die Athletik, moderne Spielstrategien, kurze Regenerationszeiten) wird auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse bezüglich des Metabolismus die intensive Trainingsmethode unter Berücksichtigung des individuellen Leistungsniveaus empfohlen. Um den hohen Anforderungen des modernen Leistungstennis gerecht zu werden, muss auch überwiegend hart trainiert werden.

Inwiefern sich die zwei Trainingsmethoden bei den drei Belastungsvarianten auf die Schlagqualität auswirken und welchen Einfluss hierbei der Metabolismus auf die Schlagqualität nimmt, soll im folgenden Kapitel diskutiert werden.

3.2.3.4 Schlagqualität

Für die Gesamtgruppe ist beim Vorhand Winner longline Test (Test 1) in Bezug auf die erhobenen Parameter der Schlagpräzision kein statistisch relevanter Unterschied festzustellen. Beim intensiven Training werden im Vergleich zum matchorientierten Training im Mittel geringfügig niedrigere Werte bezüglich der Zieltreffer, Fehler sowie leicht erhöhte Werte bezüglich der Feldtreffer erzielt (Abb. 45, Tab. 27, 29, 31). Beim Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) ist eine ähnliche Entwicklung zu beobachten. Bezogen auf die Feldtreffer werden beim intensiven Training jedoch signifikant höhere durchschnittliche Werte im Vergleich zum matchorientierten Training erreicht (Abb. 46, Tab. 28, 30, 32). Darüber hinaus lassen sich innerhalb der beiden Trainingsmethoden bei den ersten beiden Tests im Verlauf der jeweiligen Belastungsvariante bezüglich der Parameter „Ziel- und Feldtreffer“ annähernd identische durchschnittliche Werte ohne statistische Relevanz feststellen (Tab. 27-30). Bei dem Parameter „Fehler“ ist grundsätzlich eine ähnliche Entwicklung zu erkennen. Nur beim intensiven Training während des zweiten Tests lässt sich eine hochsignifikante Abnahme der durchschnittlichen Fehleranzahl von der ersten zur zweiten Serie beobachten (Tab. 32).

Beim freien Spiel „Rückhand umlaufen“ ist bezogen auf die Schlagpräzision nur bei Zone 3 (linke Hälfte Grundlinie) ein erheblicher Unterschied zwischen den zwei Trainingsmethoden festzustellen. Beim intensiven Training ist die Anzahl der gespielten Bälle in Zone 3 hochsignifikant niedriger als beim matchorientierten Training. Die durchschnittlichen Werte der anderen Zonen sowie die ins Aus und Netz gespielten Bälle weisen keinen statistisch relevanten Unterschied zwischen den beiden Trainingsmethoden auf (Abb. 47, Tab. 33). Hingegen sind bei einigen erhobenen Parametern der Ballwechselqualität erhebliche Unterschiede zwischen beiden Trainingsmethoden zu verzeichnen. So wird beim intensiven Training eine hochsignifikant niedrigere Anzahl an Ballkontakten, Ballwechsell sowie an unforced errors erzielt (Abb. 48). Bei den Parametern Ballkontakte pro Ballwechsel, direkte sowie erspielte Punkte ist dagegen kein statistisch relevanter Unterschied zwischen den beiden Trainingsmethoden festzustellen (Tab. 34, 35).

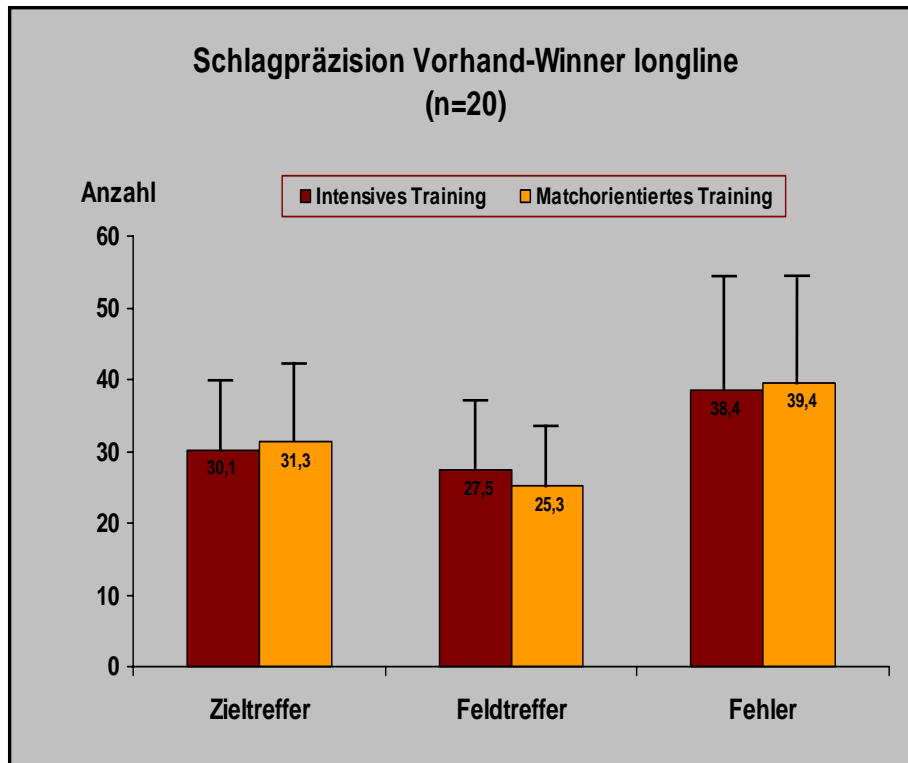


Abb. 45: Zieltreffer, Feldtreffer und Fehler der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode beim Vorhand Winner longline Test (Test 1).

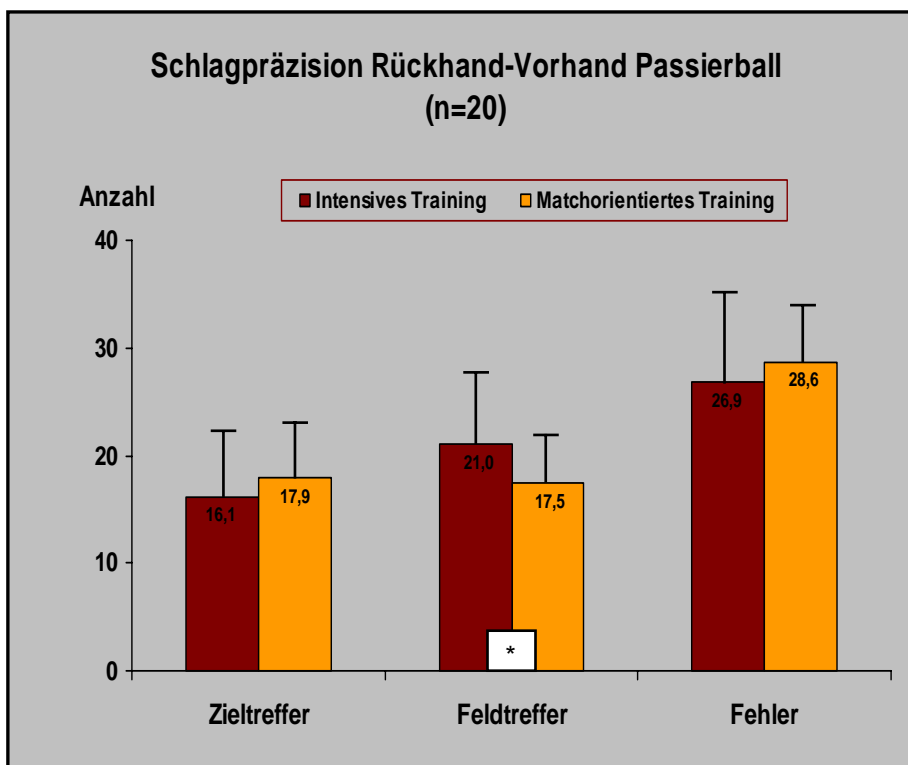


Abb. 46: Zieltreffer, Feldtreffer und Fehler der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode beim Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2).

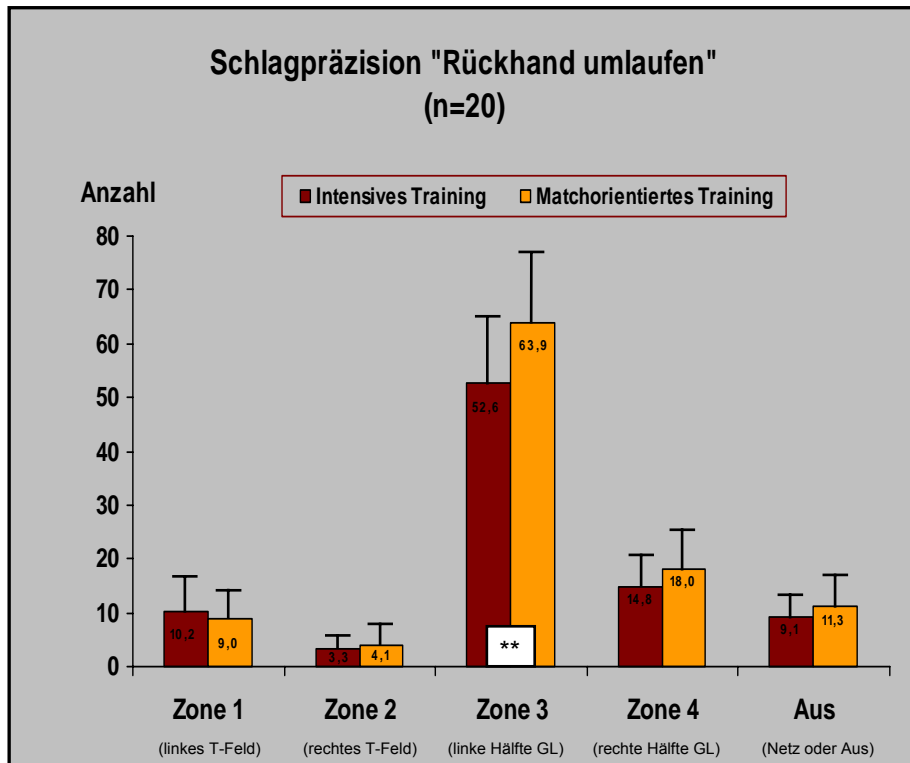


Abb. 47: Schlagpräzision der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3).

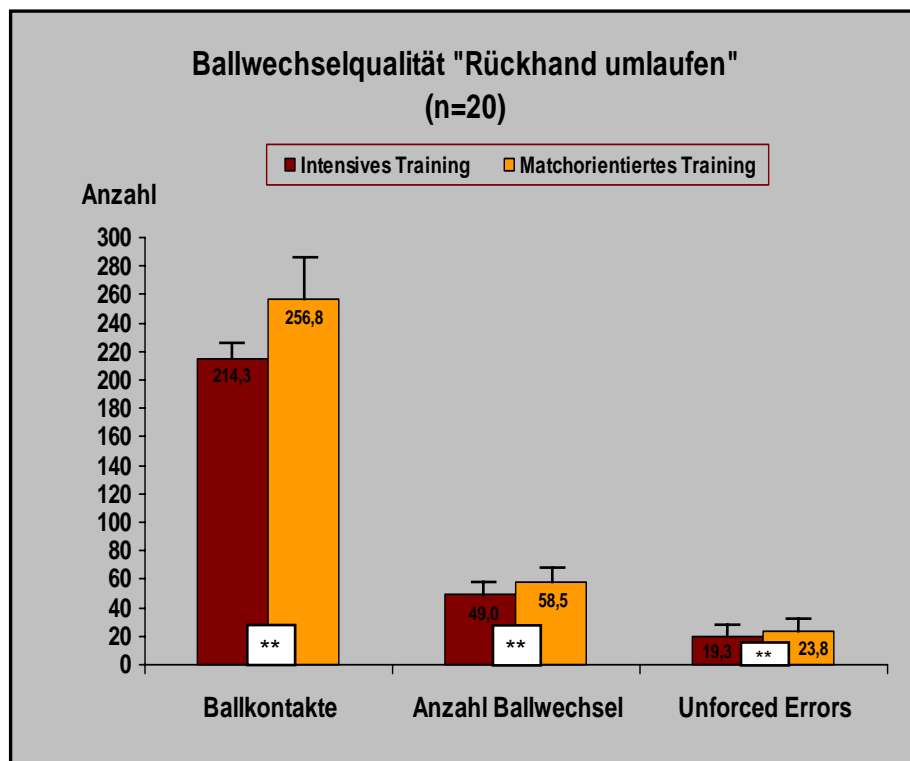


Abb. 48: Ballwechselqualität der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3).

Mehrere Autoren berichten von verschlechterten Trefferquoten bei zunehmender Belastungsdauer (FUST 1999, DAVEY et al. 2002, WOHLMANN und LIEBHARDT 1999 a, b, VAN DAM und PRUIMBOOM 1992). In der vorliegenden Studie werden bei den ersten beiden Tests jedoch gegenteilige Ergebnisse erzielt. In Einklang mit Befunden anderer Autoren (PORTEN 2001, WEBER et al. 2002 a, PIEPER et al. 2003) führt eine Zunahme der Belastungsdauer in dieser Untersuchung nicht zu einer statistisch signifikanten Abnahme der Schlagpräzision. Eine verringerte Anzahl an Zieltreffern aber auch an Fehlern sowie eine erhöhte Anzahl an Feldtreffern beim intensiven Training legen die Vermutung nahe, dass eine zunehmende Belastungsdauer wahrscheinlich zu einer veränderten taktischen Ausrichtung führt. Es ist anzunehmen, dass bei einer höheren Belastungsdauer vor allem die Ballkontrolle bzw. Schlagsicherheit im Vordergrund steht, wobei bei kürzerer Belastungsdauer vermutlich der Faktor Geschwindigkeit und demnach die Risikobereitschaft einen höheren Stellenwert besitzt.

Beim Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) werden neben höchstem Zeit- und Präzisionsdruck auch hohe Anforderungen an die Laufarbeit gestellt, so dass im Vergleich zum Vorhand-Winner longline Test (Test 1) von einer höheren Belastungsintensität auszugehen ist. Beim intensiven Training ist neben einer verringerten Anzahl an Zieltreffern und Fehler eine signifikant höhere Anzahl an Feldtreffern im Vergleich zum matchorientierten Training festzustellen. Daher ist anzunehmen, dass sich die unterschiedliche taktische Ausrichtung bei erhöhter Belastungsintensität noch zu verstärken scheint. Darüber hinaus ist beim intensiven Training während des Rückhand-Vorhand Passierball Tests ein hochsignifikanter Abfall der Fehleranzahl verbunden mit einem leichten Anstieg der Ziel- und Feldtreffer zwischen der ersten und zweiten Serie zu verzeichnen (Tab. 32). Dies ist vermutlich das Resultat eines besseren Schlagrhythmus sowie einer Ökonomisierung der Laufbewegung im Verlauf der Belastungsvariante.

Bei der matchsimulativen freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3) ist zu beobachten, dass sich die unterschiedliche Belastungsdichte bei den zwei Trainingsmethoden tendenziell auf die taktische Ausrichtung der Spieler

auswirkt. Die geringere Fehlerquote aber auch die höhere Anzahl an Treffern im linken T-Feld sowie das verminderte Anspielen der spielfelderöffnenden Zonen lässt auf einen höheren Stellenwert von Ballkontrolle und Schlagsicherheit verbunden mit verringerter Risikobereitschaft beim intensiven Training schließen. Im Gegensatz dazu scheint sich beim matchorientierten Training die zusätzliche Pause von jeweils einer Minute nach zwei gespielten Minuten dahingehend auszuwirken, dass eine höhere Risikobereitschaft besteht. Höhere Fehlerquoten, eine hochsignifikant höhere Anzahl an Ballwechseln und Ballkontakten aber auch ein erhöhtes Anspielen der hinteren linken Spielfeldhälfte, der spielfelderöffnenden Zonen sowie eine höhere Anzahl an erspielten Punkten stützen diese Vermutung (Abb. 47, 48, Tab. 33-35). Somit lässt sich schlussfolgern, dass eine Veränderung der Belastungsdichte bei einer matchsimulativen freien Spielform ein geeignetes Mittel darstellt, um bewusst taktisch erwünschte Verhaltensweisen mit Auswirkungen auf die Schlagpräzision und Ballwechselqualität zu provozieren.

Oftmals wird mit hohen Blutlaktatkonzentrationen eine Abnahme der koordinativen Qualität verbunden und demzufolge ein Training mit hohen laktaziden Belastungen in der Regel abgelehnt (FUST 1999, FERRAUTI et al. 1999, WEBER et al. 2002 a, WOHLMANN und LIEBHARDT 1999 a, b, KEUL et al. 1992, URHAUSEN et al. 1988). Die vorliegenden Befunde weisen jedoch keine Abnahme der Schlagpräzision bei zunehmenden Blutlaktatkonzentrationen und damit verbundenen hohen Herzfrequenz- und RPE-Werten während der Belastungsvarianten des intensiven Trainings auf (Abb. 45, 46, Tab. 27-32). Demnach kann die vermutete negative Wirkung hoher Laktatwerte auf die Schlagpräzision nicht bestätigt werden. Daher sollte die Rolle des Blutlaktats als verlässlicher Parameter zur Einschätzung der Belastungsintensität in Übereinstimmung mit anderen Autoren (RÖCKER 2008, BROOKS et al. 2008, MAASSEN und BÖNING 2008, FAUDE und MEYER 2008, BÖNING und BENEKE 2008) durchaus kritisch betrachtet werden und die Frage erlaubt sein, inwiefern eine Laktatakkumulation überhaupt als leistungslimitierend zu betrachten ist.

Neben der Schlagpräzision ist die Schlaggeschwindigkeit der zweite wichtige Bestandteil der Schlagqualität. Die Befunde der vorliegenden Untersuchung weisen im Gegensatz zur Schlagpräzision erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Schlaggeschwindigkeit zwischen den beiden Trainingsmethoden sowohl beim Vorhand-Winner longline Test (Test 1) als auch beim Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) auf. Beim intensiven Training sind die Schlaggeschwindigkeiten bei beiden Tests hochsignifikant niedriger als beim matchorientierten Training (Abb. 49, Tab. 23, 26). Darüber hinaus ist beim Rückhand-Vorhand Passierball Test ein hochsignifikanter Unterschied zwischen der Vorhand- und Rückhandgeschwindigkeit sowohl zwischen als auch innerhalb der Trainingsmethoden festzustellen (Abb. 50, Tab. 24, 25, 26). Im Verlauf der jeweiligen Belastungsvariante lässt sich hingegen bei beiden Trainingsmethoden im Mittel keine statistisch relevante Veränderung der Schlaggeschwindigkeiten beobachten (Tab. 23, 24, 25).

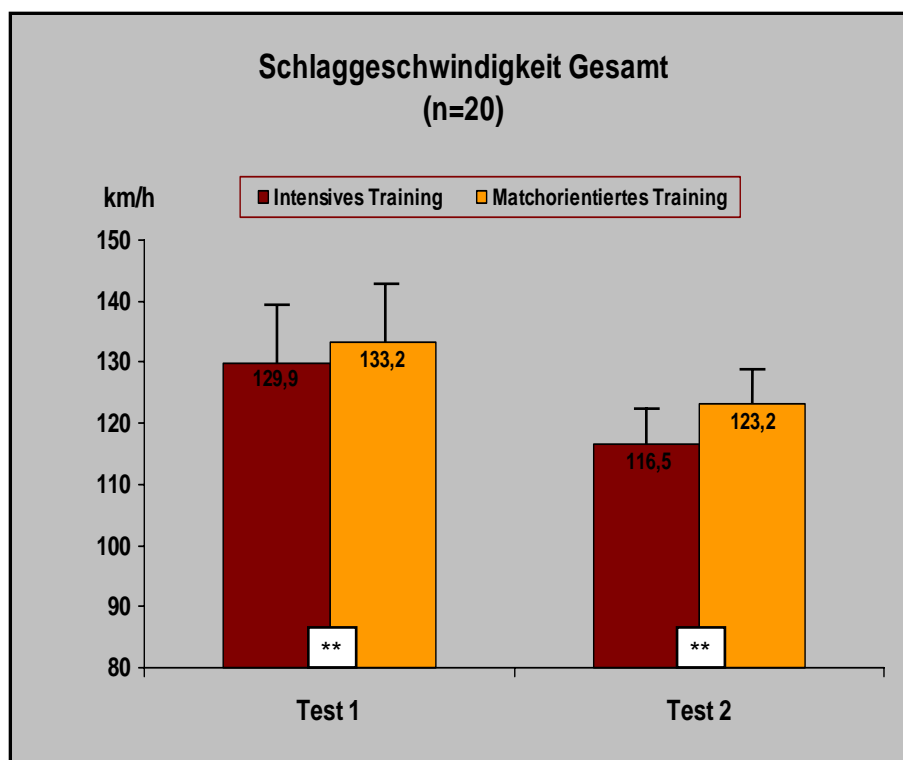


Abb. 49: Schlaggeschwindigkeit der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen intensiver und matchorientierter Trainingsmethode beim Vorhand Winner longline Test (Test 1) und Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2).

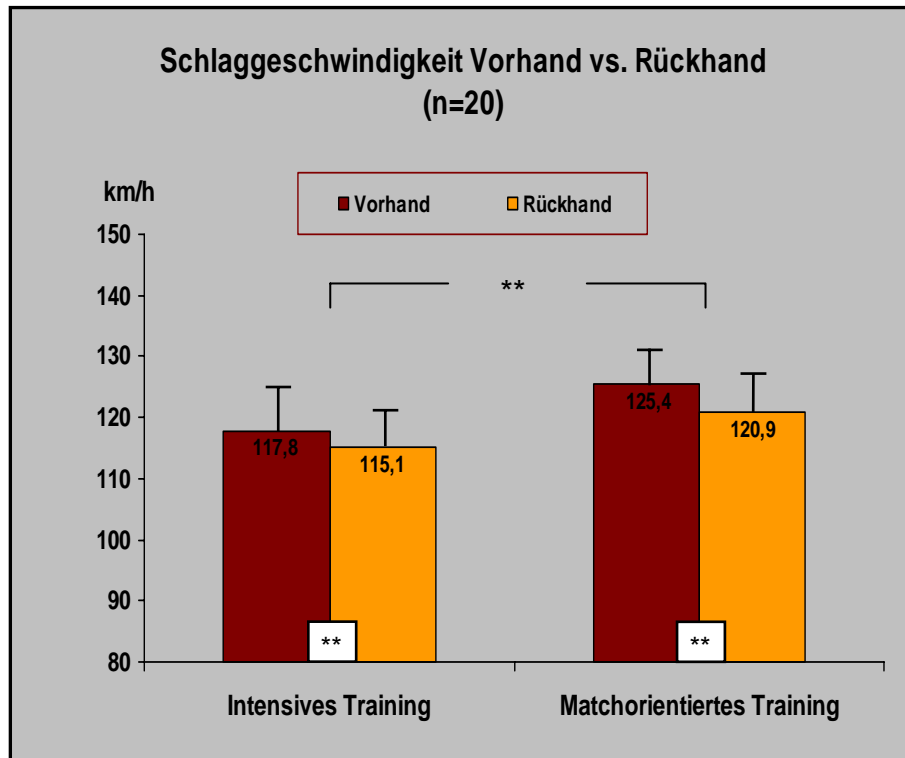


Abb. 50: Schlaggeschwindigkeit der Gesamtgruppe im Vergleich zwischen Vorhand- und Rückhand beim Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2).

In der Literatur wird von deutlichen Verlusten der Schlaggeschwindigkeit bei steigender Belastungsdauer bzw. Belastungsdichte berichtet (PORTEN 2001, WEBER et al. 2002 a, PIEPER et al. 2003, FERRAUTI et al. 2001, DEGEL 1999). In der vorliegenden Untersuchung werden im Hinblick auf die Belastungsdauer übereinstimmende Resultate erzielt. Beim Vorhand-Winner longline Test (Test 1) äußert sich die höhere Belastungsdauer bei der intensiven Trainingsmethode für die Gesamtgruppe in einem Verlust der Schlaggeschwindigkeit von durchschnittlich 3 km/h, beim Rückhand-Vorhand Passierball Test (Test 2) sogar von ca. 7 km/h (Abb. 49). Die deutlich höhere Differenz bezüglich der Schlaggeschwindigkeit beim zweiten Test ist wahrscheinlich durch die im Vergleich zum ersten Test zusätzlich höhere Belastungsintensität bedingt. Die beobachtbare abnehmende Schlaggeschwindigkeit bei höherer Belastungsdauer wird von mehreren Autoren als Defizit in der Schlagqualität bewertet und oftmals mit einem angeblich negativen Einfluss einer Laktatanhäufung auf die koordinative Qualität in Verbindung gebracht (WEBER et al. 2002 a, FERRAUTI et al. 1999, 2003,

FUST 1999, URHAUSEN et al. 1988, KEUL et al. 1992). In Anbetracht der aktuellen Diskussion bezüglich der Rolle des Blutlaktats (vgl. Kap. 2.4.4) sollte dieser Zusammenhang allerdings eher kritisch betrachtet werden. Vielmehr scheinen die Spieler bei zunehmender Belastungsdauer ihre taktische Ausrichtung in Anlehnung an die Spielidee im Tennis an die aktuelle Belastungssituation anzupassen. Bei steigender Belastungsdauer haben demnach Ballkontrolle und Sicherheit Vorrang vor Geschwindigkeit, welches die vorliegenden Befunde widerspiegeln (Abb. 45, 46, 49). Bei gleichzeitig zunehmender Belastungsintensität scheint sich dieser Effekt noch zu verstärken (Abb. 46, 49). Eine unerwünschte Anhäufung von Fehlern wird daher durch eine Änderung der Schlagintention in Form einer deutlichen Reduktion der Schlaggeschwindigkeit kompensiert.

Befunde von VERGAUWEN et al. (1998) weisen differenzierte Schlaggeschwindigkeiten für Vorhand und Rückhand auf. Zudem berichten VAN DAM und PRUIMBOOM (1992) von einer steileren Abnahme der Schlaggenauigkeit der Rückhand im Vergleich zur Vorhand bei steigender Belastung. In der vorliegenden Untersuchung lassen sich beim Vorhand-Rückhand Passierball Test (Test 2) ebenfalls unterschiedliche Schlaggeschwindigkeiten für Vorhand und Rückhand beobachten. Sowohl im Vergleich zwischen als auch innerhalb beider Trainingsmethoden sind hochsignifikant höhere Vorhand- als Rückhandgeschwindigkeiten festzustellen (Abb. 50). In Anlehnung an die Befunde von VAN DAM und PRUIMBOOM (1992) scheint die Rückhand aufgrund höherer Ansprüche an die Qualität der Beinarbeit und Schlagtechnik möglicherweise störanfälliger zu sein als die Vorhand mit der Konsequenz, dass im Vergleich niedrigere Schlaggeschwindigkeiten erzielt werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich eine Modifikation der Belastungsdauer und –dichte durchaus auf die Parameter der Schlagqualität auswirkt. Die bei den ersten beiden Tests höhere Belastungsdauer beim intensiven im Vergleich zum matchorientierten Training schlägt sich in einer relativ ähnlichen Schlagpräzision aber hochsignifikant niedrigeren Schlag-

geschwindigkeiten nieder. Folglich könnte auf den ersten Blick auf eine verminderte Schlagqualität beim intensiven im Vergleich zum matchorientierten Training geschlossen werden. Es handelt sich hierbei allerdings um eine Gratwanderung. Eine Erhöhung der Belastungsdauer führt nicht zwangsweise zu einer verminderten Schlagqualität, sondern vielmehr zu einer veränderten taktischen Ausrichtung, bei der Sicherheit Vorrang vor Geschwindigkeit zu haben scheint. Demnach wird bei hoher Belastungsdauer eine angestrebte hohe Schlagpräzision durch eine Reduktion der Schlaggeschwindigkeit erzielt. Ein ähnlicher Effekt ist bei der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3) bezüglich der unterschiedlichen Belastungsdichte zu beobachten. Während beim intensiven Training die Kriterien Ballkontrolle und Schlagsicherheit augenscheinlich im Vordergrund stehen, (ver-) führen die zusätzlichen Pausen beim matchorientierten Training scheinbar zu einer taktisch risikoreicheren und aggressiveren Spielweise. Insofern bleibt festzuhalten, dass man bei höherer Belastungsdauer bzw. -dichte nicht von verminderter Schlagqualität, sondern vielmehr von einer an die Belastungssituation angepassten taktischen Ausrichtung sprechen kann.

Der Einfluss der erhobenen hämodynamischen, metabolischen und subjektiven Parameter auf die Schlagpräzision kann durch die vorliegenden Befunde hingegen als unwesentlich beziffert werden. Eine mögliche negative Beeinflussung der Schlaggeschwindigkeit durch hohe Blutlaktatkonzentrationen darf aufgrund der aktuellen Debatte bezüglich der Rolle des Blutlaktats auch eher bezweifelt werden.

Schlussfolgernd lässt sich aus den vorliegenden Befunden der praxisnahen Tennisuntersuchung ableiten, dass die Wahl der Belastungskomponenten die Qualität des Trainings entscheidend zu beeinflussen vermag und diese demnach sorgfältig je nach individuellem Leistungsstand in Verbindung mit dem technischen und/oder taktischen Trainingsziel ausgewählt werden sollten. Grundsätzlich sollte zwecks bestmöglicher Vorbereitung auf die hohen Anforderungen des modernen Leistungstennis ein überwiegend intensives Training absolviert werden.

3.3 Trainingsgestaltung im modernen Leistungstennis

Mit dem Ziel, nähere Informationen zur Gestaltung des Tennistrainings im Leistungstennis zu erhalten, wurde ein Experten-Rating mit 16 Tennistrainern mithilfe eines Fragebogens durchgeführt. In dieser Untersuchung sollte herausgefunden werden, wie im leistungsorientierten Tennis nach deren Angaben trainiert wird und wo die Schwerpunkte gesetzt werden. Um bestmögliche Einschätzungen bezüglich der Trainingssteuerung zu erhalten, wurden qualifizierte und erfahrene Trainer für diese Befragung herangezogen. Die vorliegende Fragebogenuntersuchung befasst sich daher mit den Meinungen bzw. Einschätzungen von Tennistrainern hoher und höchster Ausbildungsstufen (DTB B-Lizenz, DTB A-Lizenz, Diplom-Tennistrainer) zum Thema Gestaltung des Tennistrainings im heutigen Leistungstennis. Folgende Fragen werden im Wesentlichen näher behandelt:

- Welche Schwerpunkte werden im heutigen Leistungstennis gesetzt?
- Wie muss die Trainingsgestaltung aussehen, um einen bestmöglichen Trainingserfolg zu erzielen?
- Welchen Stellenwert nimmt ein intensives Training in der gesamten Trainingsplanung ein?

3.3.1 Methodik der Untersuchung

3.3.1.1 Untersuchungsgut

In einem Zeitraum von neun Monaten (Juli 2005 - März 2006) wurde der entwickelte Fragebogen von lizenzierten aktiven Tennistrainern beantwortet. An der Umfrage nahmen insgesamt 16 Tennistrainer im Alter von 24 bis 61 Jahren (Alter $37,7 \pm 12,8$ Jahre) teil. In der folgenden Tabelle (Tab. 36) sind Mittelwerte und Standardabweichungen zu den persönlichen Daten der Teilnehmer

dargestellt. Aus datenschutzrechtlichen Gründen werden den befragten Tennistrainern Nummern zugeordnet.

Tab. 36: Persönliche Daten der befragten Tennistrainer.

Probandennummer	Alter ¹ (Jahre)	Aufgabenbereich als Trainer ²			
		Verband	Verein	Sonstiges ³	
1	61	✓			
2	36	✓			
3	37	✓			
4	27	✓			
5	29		✓	✓	
6	56	✓		✓	
7	45	✓	✓		
8	46		✓	✓	
9	57		✓	✓	
10	51		✓		
11	24		✓		
12	24			✓	
13	25	✓	✓		
14	35		✓	✓	
15	25		✓		
16	25		✓		
Gesamt	\bar{x}	37,7	n	n	n
	$\pm s$	12,8	7	10	6

¹ Stand März 2006; ² Mehrfachnennungen waren möglich; ³ hierzu zählen Tennisschulen, Tennisakademien sowie die Betreuung von Tourspielern.

Etwas weniger als die Hälfte (43,8 %) der befragten Tennistrainer besitzen die Diplom-Tennistrainer- bzw. A-Trainer-Lizenz des DTB. Die restlichen befragten Tennistrainer sind im Besitz der B-Lizenz des DTB. Viele Teilnehmer (56,3 %) der Befragung haben eine Zusatzausbildung absolviert. In der nachfolgenden Graphik (Abb. 51) wird der Ausbildungsstatus der Tennistrainer detailliert dargestellt.

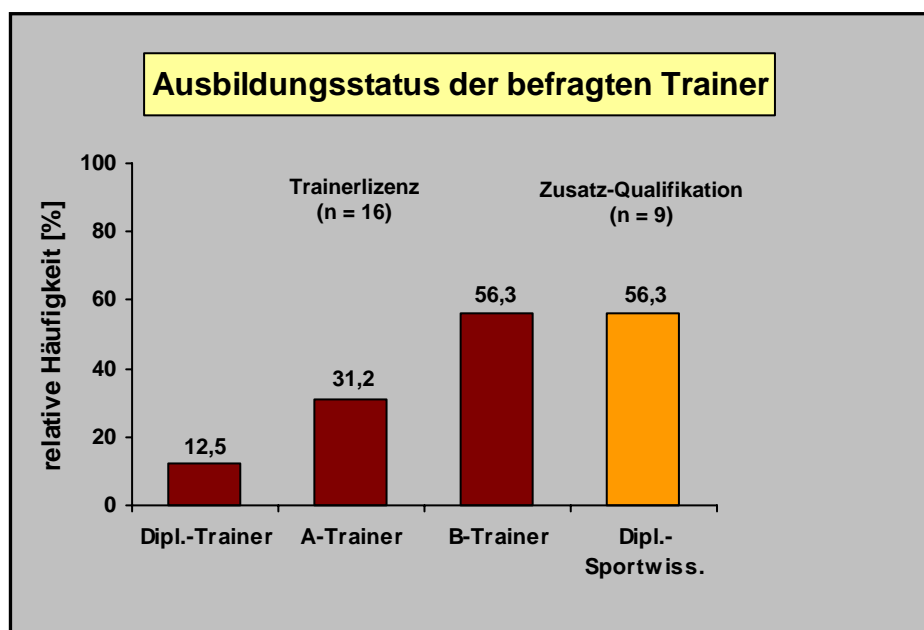


Abb. 51: Trainerlizenzen (rot) und Zusatzqualifikationen (orange) der befragten Tennistrainer.

3.3.1.2 Untersuchungsgang

Im Vorfeld zur Fragebogenuntersuchung wurde zunächst ein Fragenkatalog entwickelt. Nach Überprüfung einzelner Fragen bezüglich ihrer Praxisrelevanz wurden insgesamt fünf Fragen für den Untersuchungsbogen ausgewählt. Neben der Ermittlung persönlicher Daten beinhaltet der Erhebungsbogen sowohl allgemeine Fragen zum Beanspruchungsprofil im Trainingsalltag der Leistungstennispieler als auch spezielle Fragen zur Trainingsplanung, Trainingssteuerung sowie zu den Trainingsmethoden im Leistungstennis. Der Fragebogen beinhaltet sowohl geschlossene als auch offene Fragen zum intensiven Training (Training unter hohen bis sehr hohen konditionellen Beanspruchungen, welches bewusst in allen Belastungsnormativen über den typischen Matchbeanspruchungen liegt) sowie zum matchorientierten Training (genaue Ausrichtung der Belastungsnormative an Matchanforderungen). Die Teilnehmer des Fragebogens beantworteten die Fragen schriftlich durch Ankreuzen, in Stichworten oder in ganzen Sätzen. Anschließend erfolgte nach Rücksendung des Fragebogens die Auswertung. Der Fragebogen wurde den Trainern entweder durch persönlichen Kontakt überreicht, über E-Mail bzw.

Postversand zugestellt oder über Dritte an sie weitergeleitet. Die Rücklaufquote des Fragebogens belief sich auf 88,9 Prozent.

3.3.2 Ergebnisse der Untersuchung

In den nachfolgenden Tabellen (Tab. 37 bis Tab. 41) sind die Ergebnisse der Fragebogenuntersuchung übersichtlich dargestellt. Angegeben sind Mittelwerte, Standardabweichungen sowie ergänzend in ausgewählten Tabellen Extremwerte (Maximum und Minimum) zwecks besserer Einordnung der erhobenen Daten.

Tab. 37: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte zu relativen Häufigkeiten (%) von **Trainingsschwerpunkten** im Leistungstennis.

Probanden	Trainingsschwerpunkte im Leistungstennis (%)						
	Technik-Schläge	Technik plus Kondition	Technik plus Taktik	Trainings-wettkampf (Match)	Kondition on the court	Kondition off the court	
1	0	30	10	30	20	10	
2	0	30	10	30	20	10	
3	20	20	10	25	5	20	
4	20	20	20	30	5	5	
5	10	10	20	20	20	20	
6	10	10	20	20	20	20	
7	10	10	20	20	10	20	
8	10	15	30	30	10	5	
9	10	15	30	30	10	5	
10	5	20	30	15	15	15	
11	20	20	25	15	10	10	
12	10	15	15	30	15	15	
13	10	15	20	25	15	15	
14	0	30	30	20	0	20	
15	30	15	15	15	5	20	
16	5	15	30	30	10	10	
Gesamt (n =16)	\bar{x}	10,7	18,4	20,9	24,2	11,9	13,9
	$\pm s$	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06
	Max	30	30	30	30	20	20
	Min	0	10	10	15	0	5

Tab. 38: Absolute (n) und relative Häufigkeiten (%) zum **Stellenwert eines intensiven Trainings** im Rahmen der Trainingsgestaltung im Leistungstennis.

Stellenwert eines intensiven Trainings			
Skala		absolut (n)	relativ (%)
1	sehr hoch	2	12,5
2		4	25,0
3	mittel	8	50,0
4		2	12,5
5	keinen	0	0,0
n		16	100

Tab. 39: Absolute (n) und relative Häufigkeiten (%) zu **Trainingszielen eines intensiven Trainings** im Rahmen der Trainingsgestaltung im Leistungstennis.

Trainingsziele eines intensiven Trainings		
Antworten¹	absolut (n)	relativ (%)
Anpassung an maximale konditionelle Reize	10	22,2
Verbesserung der Willenskraft	7	15,6
Höhere Leistungszuwächse in der Folgezeit	6	13,3
Erreichen höchster Leistungsniveaus	7	15,6
Abhärtungsprinzip	6	13,3
Gewöhnungsprinzip	6	13,3
Sonstige Ziele	3	6,7
n	45	100
¹ Mehrfachnennungen möglich		

Tab. 40: Absolute (n) und relative Häufigkeiten (%) zu **Einschätzungen bezüglich eines bestmöglichen Trainingserfolges** im Rahmen der Trainingsgestaltung im Leistungstennis.

Bestmöglicher Trainingserfolg im Leistungstennis		
Antworten	absolut (n)	relativ (%)
durch matchorientiertes Training	2	12,5
durch intensives Training	3	18,8
durch individuellen Mix aus beidem	11	68,7
n	16	100

Tab. 41: Absolute (n) und relative Häufigkeiten (%) zur **Trainingssteuerung im Leistungstennis**.

Trainingssteuerung im Leistungstennis <i>intensives Training vs. matchorientiertes Training</i>		
Antworten	absolut (n)	relativ (%)
im Verhältnis 50:50	7	43,7
Schwerpunkt matchorientiertes Training	4	25,0
Schwerpunkt intensives Training	5	31,3
n	16	100

3.3.3 Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Das Beanspruchungsprofil des heutigen Weltklassetennis weist zunehmende Geschwindigkeiten, gesteigerte Anforderungen an die Athletik sowie veränderte Spielstrategien auf und erfordert somit im Einklang höchste technische, konditionelle sowie psychische Fähigkeiten. Angesichts dieser stetig wachsenden Anforderungen im Leistungstennis ist eine effiziente, an die Anforderungen des modernen Turniertennis angepasste Trainingsgestaltung unabdingbare Voraussetzung, um erfolgreich zu sein. Die vorliegenden Ergebnisse der Fragebogenuntersuchung liefern hierzu wertvolle Informationen aus der Trainingspraxis im Leistungstennis.

Viele Autoren fordern ein an die Anforderungen des modernen Turniertennis ausgerichtetes Training mit Übungs- und Spielformen, welche möglichst eine hohe Affinität zu typischen Wettkampfsituationen aufweisen (BORN 2000, 2001, 2002, BROUNS 1990, SCHÖNBORN 1993, 1998, STOJAN 1995, MOSEL 2004, SCHAFFELHUBER 1998). Auch die in dieser Untersuchung befragten Experten unterstützen mit ihren Einschätzungen der Trainingsschwerpunkte im Leistungstennis diese Forderung (Tab. 37, Abb. 52). Knapp ein Viertel aller Befragten (24,2%) misst dem Trainingswettkampf (Match) die größte Bedeutung zu, gefolgt vom kombinierten Technik-Taktiktraining (20,9%). Ein reines Techniktraining (10,7%) hingegen spielt nach Einschätzung der befragten Experten im Leistungstraining eher eine untergeordnete Rolle.

Da im modernen Spitzentennis ohne überdurchschnittliche Kondition keine nennenswerten Erfolge mehr möglich sind (vgl. Kap. 2.5.2), müssen nach SCHUR und LEHMACHER (2000) Tennis- und Konditionstraining im

Leistungstennis möglichst gleichwertige Inhalte sein. Eine mittlerweile etablierte Methode hierfür ist nach MÜLLER (2006) das Komplextraining (kombiniertes Technik-Konditionstraining), welches laut Experten ebenfalls einen relativ wichtigen Schwerpunkt im Leistungstraining bildet (18,4%). Hingegen spielt das isolierte Konditionstraining „on the court“ (11,9%) und „off the court“ (13,9%) nach Meinung der befragten Trainer allerdings eher eine untergeordnete Rolle. Aufgrund der zunehmenden Anforderungen an die Athletik der Spieler im professionellen Tennis ist ein herausragender konditioneller Zustand jedoch zwingend notwendig, so dass diese Einschätzung kritisch betrachtet und dem reinen Konditionstraining eher eine entsprechend höhere Berücksichtigung im Trainingsprozess zugebilligt werden sollte. Denn nur ein konditionell ausgereifter Spieler hat die notwendigen Voraussetzungen, um im modernen Spitzentennis bestehen zu können.

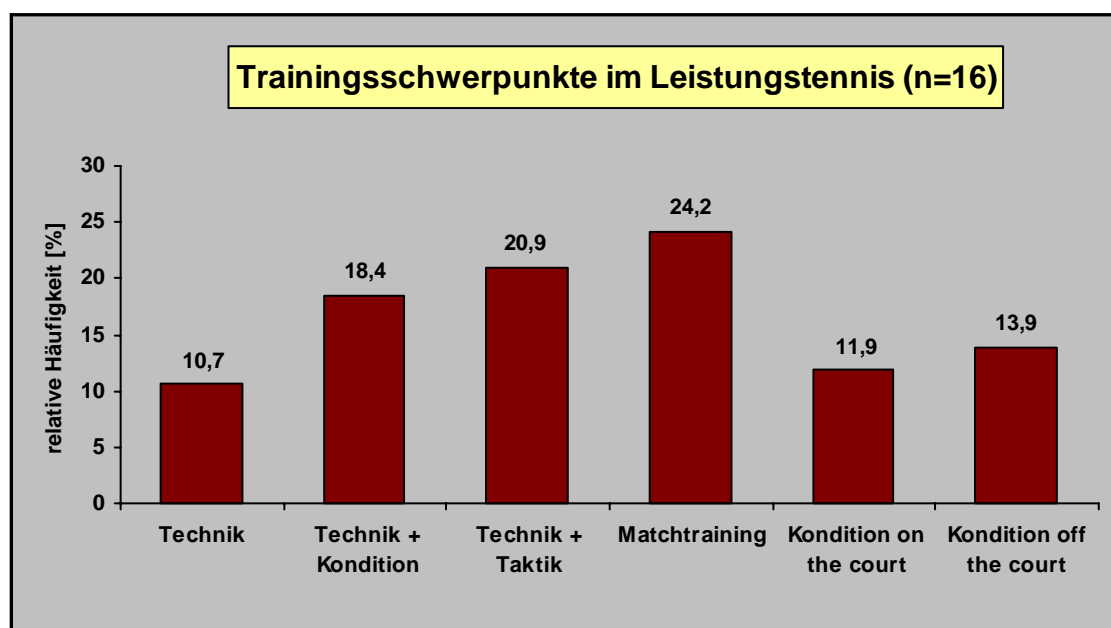


Abb. 52: Einschätzungen befragter Tennisexperten bezüglich der Trainingschwerpunkte im heutigen Leistungstennis.

Wie eingangs erwähnt, haben sich das Tennisspiel und damit auch die Anforderungen an den Tennisspieler in den letzten 20 Jahren dramatisch verändert (vgl. KOVACS 2004, 2006). Demzufolge besteht eine erhebliche Debatte darüber, welche Trainingsmethoden dem heutigen Beanspruchungsprofil am ehesten entsprechen. Von mehreren Autoren (DAVEY et al. 2002,

FUST 1999, WEBER et al. 2002a, PIEPER et al. 2003, FERRAUTI et al. 1999, WOHLMANN und LIEBHARDT 1999a, b) wird ein überwiegend intensives Training mit bewusst gewählten hohen metabolischen Beanspruchungen aufgrund seiner angeblichen matchferne kritisch betrachtet und mehrheitlich abgelehnt. Andere Autoren (MARSCHAND 1997, SASS et al. 1997, MOSEL 2004) hingegen halten ein größtenteils intensives Training im Leistungstennis für absolut erforderlich, da nur auf diesem Wege spielphasentypische Spitzenbeanspruchungen im Wettkampf trainiert werden können. Auch in der Expertenbefragung sind unterschiedliche Standpunkte zum Stellenwert eines intensiven Trainings zu beobachten. Allerdings wird dem intensiven Training im Rahmen des Trainingsprozesses in der Gesamtbetrachtung tendenziell ein höherer Stellenwert zugesprochen. Die Hälfte der Befragten hält einen mittleren Anteil eines intensiven Trainings am gesamten Training für sinnvoll, ein Viertel der Befragten sogar einen hohen Anteil. Ein sehr hoher bzw. geringer Anteil des intensiven Trainings spielt eher eine untergeordnete Rolle (Tab. 38, Abb. 53).

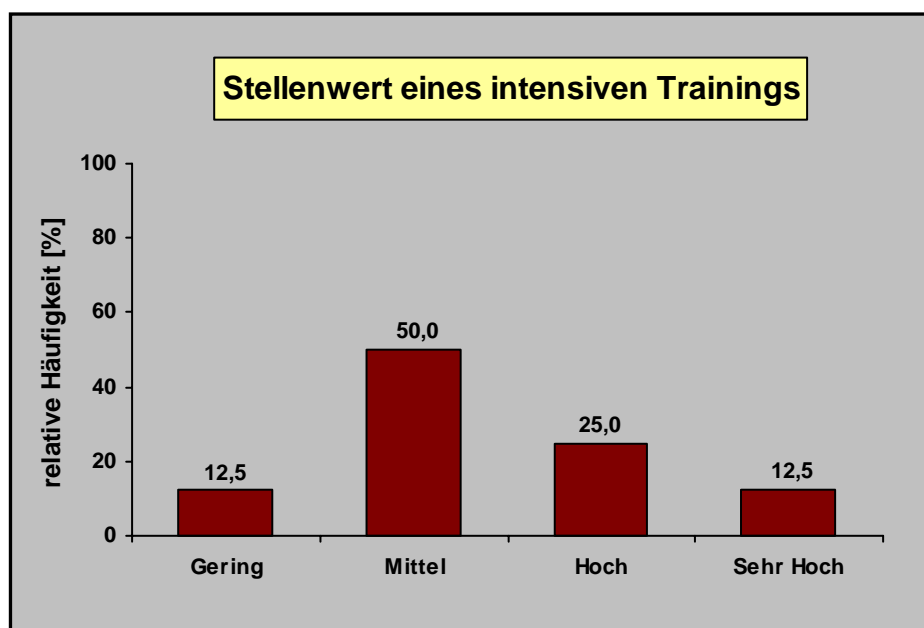


Abb. 53: Einschätzungen zum Stellenwert eines intensiven Trainings im Rahmen der Trainingsgestaltung im Leistungstennis.

Die mit einem intensiven Training verbundenen Trainingsziele sind vielfach (siehe Tab. 39). Neben mehreren physischen Aspekten wie zum Beispiel die Anpassung an maximale konditionelle Reize sowie das Erreichen höchster Leistungsniveaus werden durch intensives Training nach Einschätzung der Experten auch die für das Spitzentennis wichtigen psychologischen/mentalenen Aspekte wie Willensstärke sowie eine Verbesserung der Konzentration unter erschwerten Bedingungen geschult. Einen bestmöglichen Trainingserfolg verspricht sich der Großteil der Fachleute (68,7%) durch einen individuellen Mix aus intensivem und matchorientiertem Training (Tab. 40). Etwas weniger als die Hälfte (43,7%) der befragten Experten würde im Leistungstennis ein intensives und matchorientiertes Training im Verhältnis 50:50 durchführen, knapp ein Drittel (31,3%) mit Schwerpunkt intensivem Training und ein Viertel (25%) mit Schwerpunkt matchorientiertem Training (Tab. 41).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Mehrheit der befragten Experten einem intensiven Training im Rahmen der Trainingsgestaltung im Leistungstennis eine wachsende Bedeutung zugesteht. Bei Betrachtung des heutigen Weltklassetennis und den damit verbundenen Anforderungen an die Spieler ist ein überwiegend intensives Training auch zwingend notwendig. Ein ausschließlich matchorientiertes Training sowie ein reines Training unter so genannten „optimalen Bedingungen“ spiegeln die tatsächlichen Wettkampfbeanspruchungen, vor allem im Spitzenbereich, meistens nicht wider und entsprechen somit nicht dem Zeitgeist. Vielmehr besteht durch ein solches Training die große Gefahr, dass viel zu extensiv und matchfern trainiert wird. Im Wettkampf muss jedoch meistens unter schwierigsten Bedingungen (höchste technische, konditionelle, psychisch-kognitive sowie emotionale Anforderungen) gespielt werden. Demzufolge müssen gerade diese technisch komplizierten bzw. psycho-physisch hochanspruchsvollen Situationen systematisch und hart trainiert werden, um bestmöglich für den Wettkampf vorbereitet zu sein. Daher muss im modernen Leistungstennis überwiegend intensiv trainiert werden, um überhaupt wettbewerbsfähig zu sein.

3.4 Tennisspezifische Testverfahren – DTB-Talent-Cup (U12)

Bedingt durch die zunehmende Professionalisierung im Weltklassetennis bringt es die moderne langfristige Trainingsplanung mit sich, dass schon im frühen Kindesalter mit relativ umfangreichem und intensivem Training begonnen werden muss. Somit ist im Hinblick auf das heutige Anforderungsprofil im Spitztennis neben der technisch-koordinativen, taktischen und psychischen Entwicklung vor allem auch eine umfassende konditionelle Vorbereitung bereits im Kindes- und Jugendalter dringend erforderlich, um eine langfristige Planung und einen systematischen Aufbau rechtzeitig gewährleisten zu können. Im folgenden Kapitel werden ausgewählte Ergebnisse einer umfassenden Testbatterie zur Diagnostik von tennisspezifischer Schnelligkeit und Kraft jugendlicher Verbands- und Bundeskaderathleten (n=160/Jahr) im Rahmen des DTB-Talent-Cups (U12) in den Jahren 2004 bis 2007 vorgestellt und diskutiert. Darüber hinaus wird ein möglicher Zusammenhang zwischen den Platzierungen bei den Diagnostiken und den Platzierungen auf den DTB-Ranglisten überprüft.

Folgende zentrale Fragestellungen sollen insbesondere behandelt werden:

- Welche Entwicklung ist im Rahmen der Schnelligkeits- und Kraftdiagnostiken in den Jahren 2004 bis 2007 festzustellen?
- Bestehen bei den Schnelligkeits- und Kraftdiagnostiken Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen?
- Inwiefern besteht ein Zusammenhang zwischen den Platzierungen bei den Diagnostiken und den Platzierungen auf den jeweiligen DTB-Ranglisten?
- Welche Empfehlungen für die leistungsorientierte Tennispraxis können aus den Diagnostikergebnissen abgeleitet werden?

3.4.1 Methodik der Untersuchung

3.4.1.1 Untersuchungsgut

Im Rahmen des DTB-Talent-Cups (U12) wird zur Diagnostik von tennisspezifischer Schnelligkeit und Kraft jährlich eine umfassende Testbatterie zur systematischen und effizienten Talentidentifikation und –förderung jugendlicher Verbands- und Bundeskaderathleten durchgeführt. Jeder teilnehmende Tennisverband entsendet hierzu jeweils maximal fünf seiner besten männlichen und weiblichen Spieler (Gesamt = 160 Teilnehmer/Jahr) im Alter unter zwölf Lebensjahren. Der Beobachtungszeitraum in der vorliegenden Arbeit umfasst hierbei die Jahre 2004 bis 2007.

3.4.1.2 Untersuchungsgang

Sämtliche Laufschnelligkeitsmessungen wurden in einer Tennishalle auf Teppichboden durchgeführt. Die Kraftdiagnostik erfolgte an einem eigens dafür präparierten Standort (siehe Abb. 15). Alle Probanden absolvierten nach einem gemeinsamen Aufwärmprogramm zu Beginn der Untersuchung die Laufschnelligkeitstests, bestehend aus einem Linearsprint sowie einem Ballpendel- und T-Run-Sprint. Der Linearsprint erfolgt über eine Distanz von 20 m, wobei die Laufzeiten über 5, 10 und 20 m gemessen werden. Beim Ballpendel- und T-Run-Sprint wird die tennisspezifische Sprint- und Beschleunigungsfähigkeit auf kurzen Distanzen mit Richtungswechseln, einmal in Kombination mit Schlagqualität (Ballpendelsprint) und einmal ohne (T-Run Sprint), gemessen. Im Anschluss daran erfolgte die Kraftdiagnostik, bestehend aus den Standardsprungkrafttests Squat Jump, Counter Movement Jump und Drop Jump sowie dem ein- und beidhändigen Medizinball-Weitwurf. Jeder Teilnehmer hatte pro Test drei Versuche, wovon der jeweils beste Versuch in die Wertung aufgenommen wurde.

Da alle hier beschriebenen Diagnostikinstrumente bereits im Rahmen dieser Arbeit detailliert dargestellt und beschrieben wurden, wird zur Vermeidung von Wiederholungen daher auf die Kapitel 2.6.2 und 2.6.3 verwiesen.

3.4.2 Ergebnisse der Untersuchung

In den folgenden Tabellen sind ausgewählte Ergebnisse der Untersuchung übersichtlich abgebildet. Im ersten Teil werden Befunde der allgemeinen und spezifischen Laufschnelligkeitstests sowie der Kraftfähigkeiten der Rumpf- und Beinmuskulatur sowohl der Gesamtgruppe als auch im Vergleich zwischen Jungen und Mädchen im Verlauf (2004 bis 2007) dargestellt (Tab. 42 bis Tab. 48). Die Ergebnistabellen weisen neben Mittelwerten und Standardabweichungen auch die durch eine Varianzanalyse durchgeführten Signifikanzberechnungen auf. Im zweiten Teil werden exemplarische Ergebnisse einer Korrelationsberechnung zwischen der Platzierung der Tennisverbände bei den Diagnostiken und der Platzierung auf der jeweiligen DTB-Rangliste (U12) in den Jahren 2004 bis 2007 dargestellt (Tab. 48).

Zusätzliche, in diesem Kapitel nicht aufgeführte Resultate können dem Anhang entnommen werden (Abb. 74 bis Abb. 88).

Tab. 42: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) ausgewählter **Laufschnelligkeitstests** im Verlauf (2004 bis 2007) für die **Gesamtgruppe** (n=160/Jahr).

Jahr		Linearsprint [s]			T-Run-Sprint [s]
		5m	10m	20m	Finish
2004	$\bar{x} \pm s$	1,82 \pm 0,38	2,74 \pm 0,38	4,34 \pm 0,44	9,85 \pm 0,60
2005	$\bar{x} \pm s$	1,61 \pm 0,23	2,52 \pm 0,23	4,14 \pm 0,28	9,17 \pm 0,53
2006	$\bar{x} \pm s$	1,15 \pm 0,23	2,03 \pm 0,39	-	8,84 \pm 1,50
2007	$\bar{x} \pm s$	1,19 \pm 0,08	2,11 \pm 0,11	3,72 \pm 0,19	9,24 \pm 0,53
p-Wert	2004 vs. 2005	0,005**	0,001**	0,02*	0,001**
	2004 vs. 2006	0,001**	0,001**	-	0,001**
	2004 vs. 2007	0,001**	0,001**	0,001**	0,001**
	2005 vs. 2006	0,001**	0,001**	-	0,001**
	2005 vs. 2007	0,001**	0,001**	0,001**	0,228
	2006 vs. 2007	0,002**	0,001**	-	0,001**

Tab. 43: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) ausgewählter **Laufschwindigkeitstests** im Verlauf (2004 bis 2007) im Vergleich zwischen **Jungen und Mädchen**.

Jahr	Geschlecht		Linearsprint [s]			T-Run-Sprint [s]
			5m	10m	20m	Finish
2004	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	1,80 \pm 0,28	2,71 \pm 0,38	4,30 \pm 0,34	9,78 \pm 0,55
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	1,84 \pm 0,45	2,77 \pm 0,46	4,38 \pm 0,51	9,92 \pm 0,64
p-Wert			0,973	0,717	0,492	0,973
2005	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	1,59 \pm 0,22	2,49 \pm 0,23	4,10 \pm 0,28	9,08 \pm 0,49
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	1,63 \pm 0,24	2,55 \pm 0,24	4,18 \pm 0,27	9,26 \pm 0,54
p-Wert			0,763	0,543	0,419	0,763
2006	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	1,16 \pm 0,15	2,05 \pm 0,26	-	8,96 \pm 0,45
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	1,15 \pm 0,29	2,00 \pm 0,48	-	8,73 \pm 2,07
p-Wert			0,999	0,151	-	0,999
2007	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	1,17 \pm 0,06	2,08 \pm 0,09	3,67 \pm 0,16	9,09 \pm 0,39
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	1,21 \pm 0,09	2,13 \pm 0,12	3,76 \pm 0,21	9,39 \pm 0,61
p-Wert			0,905	0,728	0,290	0,905

Tab. 44: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) des **Medizinballwurfs** im Verlauf (2004 bis 2007) für die **Gesamtgruppe** (n=160/Jahr).

Jahr		Medizinballwurf [m]		
		beidhändig	rechter Arm	linker Arm
2004	$\bar{x} \pm s$	5,83 \pm 0,93	10,04 \pm 1,53	7,91 \pm 1,72
2005	$\bar{x} \pm s$	5,81 \pm 0,92	10,40 \pm 1,82	7,69 \pm 1,47
2006	$\bar{x} \pm s$	5,66 \pm 1,36	9,54 \pm 2,23	7,65 \pm 1,90
2007	$\bar{x} \pm s$	5,08 \pm 0,82	9,35 \pm 1,38	7,10 \pm 1,26
p-Wert	2004 vs. 2005	0,865	0,05*	0,205
	2004 vs. 2006	0,102	0,002**	0,117
	2004 vs. 2007	0,001**	0,001**	0,001**
	2005 vs. 2006	0,141	0,001**	0,799
	2005 vs. 2007	0,001**	0,001**	0,001**
	2006 vs. 2007	0,001**	0,217	0,001**

Tab. 45: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) des **Medizinballwurfs** im Verlauf (2004 bis 2007) im Vergleich zwischen **Jungen und Mädchen**.

Jahr	Geschlecht		Medizinballwurf [m]		
			beidhändig	rechter Arm	linker Arm
2004	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	6,08 \pm 0,92	10,42 \pm 1,58	8,36 \pm 1,71
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	5,57 \pm 0,87	9,64 \pm 1,37	7,46 \pm 1,61
p-Wert			0,009**	0,03*	0,001**
2005	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	6,07 \pm 0,84	10,95 \pm 1,76	8,08 \pm 1,37
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	5,55 \pm 0,91	9,86 \pm 1,70	7,29 \pm 1,46
p-Wert			0,008**	0,001**	0,007**
2006	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	5,97 \pm 0,81	10,18 \pm 1,39	8,32 \pm 1,24
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	5,35 \pm 1,70	8,91 \pm 2,69	6,98 \pm 2,20
p-Wert			0,001**	0,001**	0,001**
2007	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	5,32 \pm 0,86	9,67 \pm 1,31	7,49 \pm 1,26
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	4,83 \pm 0,70	9,03 \pm 1,38	6,71 \pm 1,14
p-Wert			0,017*	0,171	0,008**

Tab. 46: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) der **Standardsprungkrafttests** im Verlauf (2004 bis 2007) für die **Gesamtgruppe** (n=160/Jahr).

Jahr		Sprungkraft [cm]		
		Squat Jump	Counter Movement Jump	Drop Jump
2004	$\bar{x} \pm s$	23,63 \pm 3,84	24,37 \pm 3,64	19,53 \pm 4,88
2005	$\bar{x} \pm s$	24,03 \pm 4,67	25,26 \pm 4,28	21,00 \pm 4,61
2006	$\bar{x} \pm s$	25,86 \pm 6,61	24,85 \pm 6,22	20,63 \pm 6,09
2007	$\bar{x} \pm s$	26,39 \pm 3,77	26,73 \pm 4,04	17,97 \pm 4,76
p-Wert	2004 vs. 2005	0,373	0,04*	0,005**
	2004 vs. 2006	0,001**	0,216	0,03*
	2004 vs. 2007	0,001**	0,001**	0,003**
	2005 vs. 2006	0,001**	0,356	0,449
	2005 vs. 2007	0,001**	0,002**	0,001**
	2006 vs. 2007	0,229	0,001**	0,001**

Tab. 47: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$) sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) der **Standardsprungkrafttests** im Verlauf (2004 bis 2007) im Vergleich zwischen **Jungen und Mädchen**.

Jahr	Geschlecht		Sprungkraft [cm]		
			Squat Jump	Counter Movement Jump	Drop Jump
2004	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	23,92 \pm 3,57	24,61 \pm 3,39	19,66 \pm 4,53
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	23,34 \pm 4,10	24,13 \pm 3,89	19,40 \pm 5,25
p-Wert			0,973	0,995	0,999
2005	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	24,87 \pm 4,66	25,68 \pm 4,08	21,90 \pm 4,58
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	23,22 \pm 4,56	24,92 \pm 4,42	20,11 \pm 4,50
p-Wert			0,763	0,938	0,277
2006	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	26,78 \pm 5,44	25,98 \pm 5,29	21,43 \pm 5,27
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	24,95 \pm 7,52	23,74 \pm 6,87	19,85 \pm 6,75
p-Wert			0,999	0,009**	0,442
2007	Jungen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	27,15 \pm 3,57	27,30 \pm 3,61	18,66 \pm 4,81
	Mädchen (n=80)	$\bar{x} \pm s$	25,62 \pm 3,84	26,15 \pm 4,38	17,26 \pm 4,62
p-Wert			0,905	0,637	0,609

Tab. 48: Ränge der teilnehmenden Tennisverbände bei der Leistungsdiagnostik (LD) im Rahmen des DTB-Talent-Cups im Vergleich zu den Rängen auf der DTB-Rangliste im Verlauf (2004 bis 2007).

Ränge Leistungsdiagnostik vs. Ränge DTB-Rangliste 2004 bis 2007*								
Tennisverband	Rang 2004		Rang 2005		Rang 2006		Rang 2007	
	LD	DTB ¹	LD	DTB ¹	LD	DTB ¹	LD	DTB ¹
BAD	1	5	1	6	1	5	1	4
WTV	3	3	8	6	5	6	2	7
WTB	5	6	10	3	10	3	3	5
HTV	9	4	3	4	2	4	4	3
NTV	2	2	6	2	3	2	5	2
TVN	6	6	11	5	7	7	6	6
BTV	4	1	9	1	6	1	7	1
SLH	7	9	5	9	9	9	8	8
STV	12	12	14	12	8	12	9	13
RPF	10	10	2	11	11	9	10	10
TVM	11	8	4	8	12	11	11	11
TSA	13	16	13	14	13	13	12	15
TTV	16	14	-	-	-	-	13	15
BER	15	11	7	10	4	7	14	8
HAM	8	13	-	-	-	-	15	12
STB	14	14	12	13	-	-	16	14
Korrelation [r]	r = 0,82		r = 0,45		r = 0,72		r = 0,78	
p-Wert	< 0,05*		ns		< 0,05*		< 0,05*	

* Stand März des jeweiligen Jahres

¹ Der Rang ergibt sich aus der Anzahl der Spieler/-innen auf der Rangliste

3.4.3 Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Im folgenden Kapitel werden ausgewählte Ergebnisse der tennisspezifischen Testverfahren im Rahmen des DTB-Talent-Cups im Zeitraum von 2004 bis 2007 diskutiert. Im Vordergrund der Diskussion steht die Entwicklung der Schnelligkeits- und Kraftleistungen in dem Beobachtungszeitraum und deren Stellenwert im Hinblick auf das Beanspruchungsprofil im modernen Spitzentennis. Die Befunde des Linear- und T-Run-Sprints liefern hierbei Informationen über die Schnelligkeitsleistungen, während der Medizinballwurf (beid- und einhändig) sowie die Standardsprungkrafttests (Squat Jump, Counter Movement Jump, Drop Jump) Auskunft über die jeweiligen Kraftfähigkeiten geben. Darüber hinaus werden sowohl geschlechtsspezifische Unterschiede als auch ein möglicher Zusammenhang zwischen den Platzierungen bei den Diagnostiken und den jeweiligen DTB-Ranglisten diskutiert.

3.4.3.1 Testverfahren der Schnelligkeitsdiagnostik

Die vorliegenden Ergebnisse weisen für die Gesamtgruppe in den Jahren 2004 bis 2006 bezüglich des Linearsprints eine deutlich positive Entwicklung auf. Zwischen den Jahren 2006 und 2007 ist jedoch wieder ein hochsignifikanter Anstieg der Laufzeiten festzustellen. Diese befinden sich allerdings noch erheblich unter denen aus den Jahren 2004 und 2005 (Tab. 42, Abb. 54). Sowohl die 5m-Zeiten ($1,82 \text{ s} \pm 0,38$ (2004) bzw. $1,61 \text{ s} \pm 0,23$ (2005) vs. $1,19 \text{ s} \pm 0,08$ (2007)) als auch die 10m-Zeiten ($2,74 \text{ s} \pm 0,38$ (2004) bzw. $2,52 \text{ s} \pm 0,23$ (2005) vs. $2,11 \text{ s} \pm 0,11$ (2007)) und 20m-Zeiten ($4,34 \text{ s} \pm 0,44$ bzw. $4,14 \text{ s} \pm 0,28$ (2005) vs. $3,72 \text{ s} \pm 0,19$ (2007)) weisen hochsignifikant höhere Laufzeiten für die Jahre 2004 und 2005 im Vergleich zum Jahre 2007 auf.

Beim T-Run Sprint ist eine ähnliche Entwicklung festzustellen. In den Jahren 2004 bis 2006 werden kontinuierlich hochsignifikant bessere Laufzeiten erzielt, während für das Jahr 2007 im Vergleich zum Vorjahr wiederum hochsignifikant höhere Laufzeiten zu verzeichnen sind (Tab. 42, Abb. 55). Im Vergleich zum Jahr 2004 sind im Jahr 2007 jedoch hochsignifikant niedrigere Laufzeiten zu beobachten ($9,85 \text{ s} \pm 0,60$ (2004) vs. $9,24 \text{ s} \pm 0,53$ (2007)).

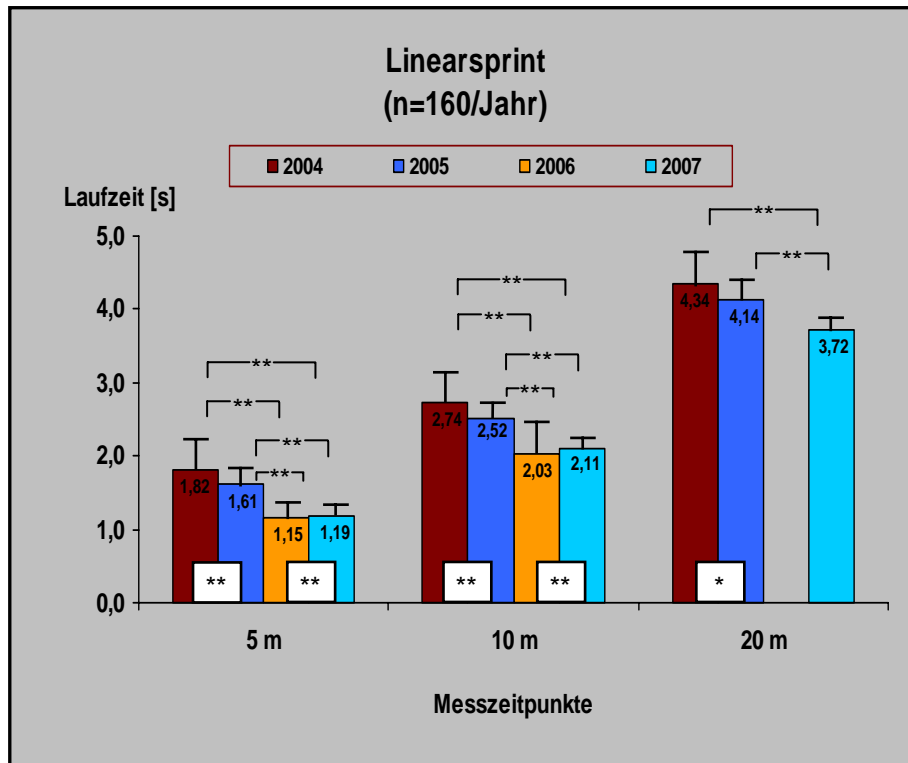


Abb. 54: Laufzeiten der Gesamtgruppe (n=160/Jahr) im Linearsprint in den Jahren 2004 bis 2007.

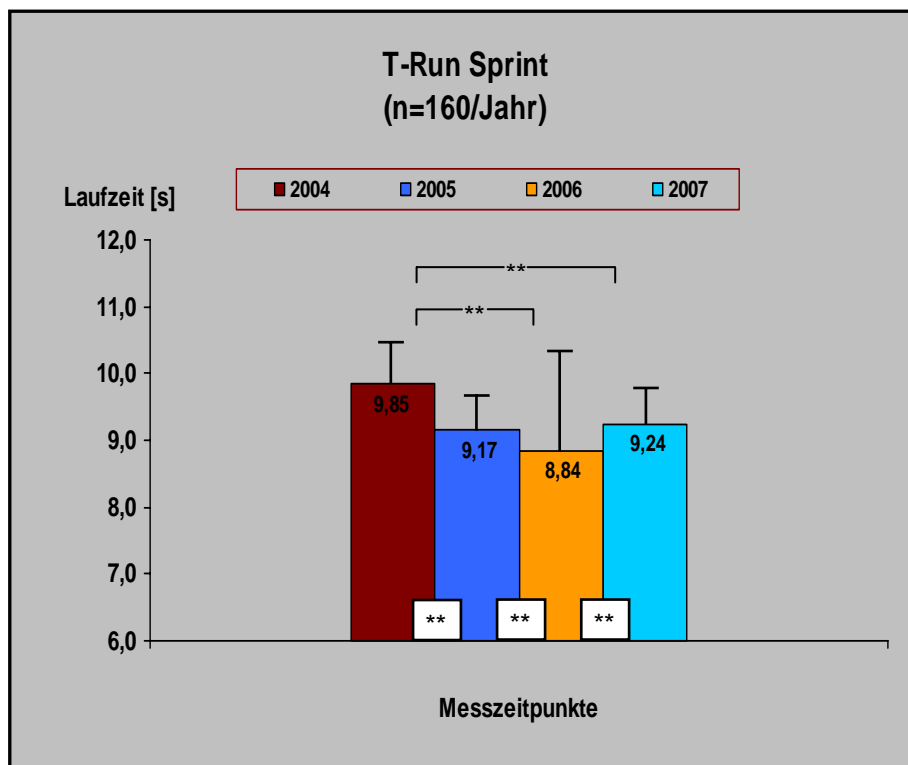


Abb. 55: Laufzeiten der Gesamtgruppe (n=160/Jahr) im T-Run Sprint in den Jahren 2004 bis 2007.

Zahlreiche Autoren betonen den herausragenden Stellenwert der Schnelligkeit im modernen Spitzentennis, welche sich aufgrund der zunehmenden Anforderungen an die Lauf- und Schlagschnelligkeit zu einem dominierenden leistungslimitierenden Faktor entwickelt hat (KOVACS 2006, BÖS et al. 1994, DEGEL 1999, FERRAUTI et al. 2003, 2006, FERRAUTI und FUST 1997). Demnach fordert SCHÖNBORN (1996, 1997), dass die Schnelligkeit in all ihren Formen als fester Bestandteil regelmäßig in den Trainingsprozess eingeplant werden muss. Umso überraschender sind die Beobachtungen von FERRAUTI et al. (2000) und SCHÖNBORN (1996), welche beträchtliche Mängel bezüglich der Schnelligkeitsfähigkeiten im deutschen Nachwuchsbereich festgestellt haben. Im Gegensatz dazu weisen die vorliegenden Ergebnisse eine positive Entwicklung bei den durchgeführten leistungsdiagnostischen Schnelligkeitstests auf. Sowohl beim Linear- als auch beim T-Run-Sprint ist in dem Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) eine Verbesserung der Laufzeiten von über einer halben Sekunde zu verzeichnen (Tab. 42, Abb. 54, 55). Folglich lässt sich aufgrund der Befunde die Vermutung aufstellen, dass das Schnelligkeitstraining im Rahmen der Trainingsplanung und -gestaltung der Tennisverbände auch im vorpubertären Alter in den letzten Jahren einen deutlich höheren Stellenwert erhalten hat und demnach augenscheinlich kontinuierlich durchgeführt wird.

Die günstigen Voraussetzungen vom vorpubertären Alter bis zum Abschluss der biologischen Reifung hinsichtlich der Trainierbarkeit der grundlegenden Schnelligkeitsfähigkeiten heben mehrere Autoren hervor (BAUERSFELD und VOSS 1992, WEINECK 2000, KELLER 2002, GUNKEL und HEBESTREIT 2002, SCHEID 1994, BLIMKIE und BAR-OR 1996). Aufgrund der elementaren Bedeutung der Schnelligkeit für das Leistungsvermögen des Tennisspielers muss das Schnelligkeitstraining somit auch frühzeitig im langfristigen systematischen Leistungsaufbau entsprechend hohe Beachtung finden, da es mit zunehmendem Alter wesentlich seltener gelingt, die für das Spitzentennis notwendigen Grundlagen zu schaffen bzw. Verbesserungen dieses leistungslimitierenden Faktors durch ein individuell ausgerichtetes Schnelligkeitstraining zu erzielen. Dabei sollten sich die Trainingsziele nach GROSSER et al. (1998)

unbedingt an den biologischen Gegebenheiten der motorischen Entwicklung von Kindern und Jugendlichen orientieren, da spezifische Schnelligkeitsfähigkeiten hinsichtlich einer optimalen Ausbildung an bestimmte Altersabschnitte gebunden sind (vgl. Tab. 3, 4). Überdies ist zu beachten, dass ein Schnelligkeitstraining immer vor dem Hintergrund der jeweiligen Sportart betrachtet werden sollte, so dass möglichst die raum-zeitlichen, dynamischen und energetischen Merkmale der entsprechenden Wettkampfbewegungen teilweise oder ganz enthalten sind (JENKINS und REABURN 2000, KOVACS 2006, SCHÖNBORN 1996).

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass in dem Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) eine durchaus positive Entwicklung der getesteten Schnelligkeitsfähigkeiten zu verzeichnen ist. Sowohl beim Linearsprint als auch beim T-Run Sprint haben sich die Laufzeiten erheblich verbessert. Ausgeprägte Schnelligkeitsfähigkeiten sind für heutige Tennisspieler unabdingbare Voraussetzung, um sich auf nationaler und internationaler Ebene etablieren zu können. Daher muss die Schnelligkeit unbedingt als fester Bestandteil frühzeitig und systematisch in den Trainingsprozess integriert sowie regelmäßig leistungsdiagnostisch überprüft werden.

3.4.3.2 Testverfahren der Kraftdiagnostik

Bei den durchgeführten Kraftdiagnostiken sind im Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) für die Gesamtgruppe nicht einheitliche Ergebnisse zu verzeichnen. Beim Medizinballwurf (beid- und einhändig) ist eine deutlich negative Entwicklung im Verlauf mit hochsignifikant niedrigeren Weiten zwischen 2004 und 2007 zu beobachten (Tab. 44, Abb. 56). Bei den Standardsprungkrafttests weisen die Resultate des Squat Jumps sowie des Counter Movement Jumps hingegen wie bei den Schnelligkeitstests eine positive Entwicklung mit hochsignifikant höheren Werten zwischen 2004 und 2007 auf, während beim Drop Jump eher wechselhafte Resultate mit einem hochsignifikant niedrigeren Wert im Jahr 2007 im Vergleich zum Jahr 2004 erzielt werden (Tab. 46, Abb. 57).

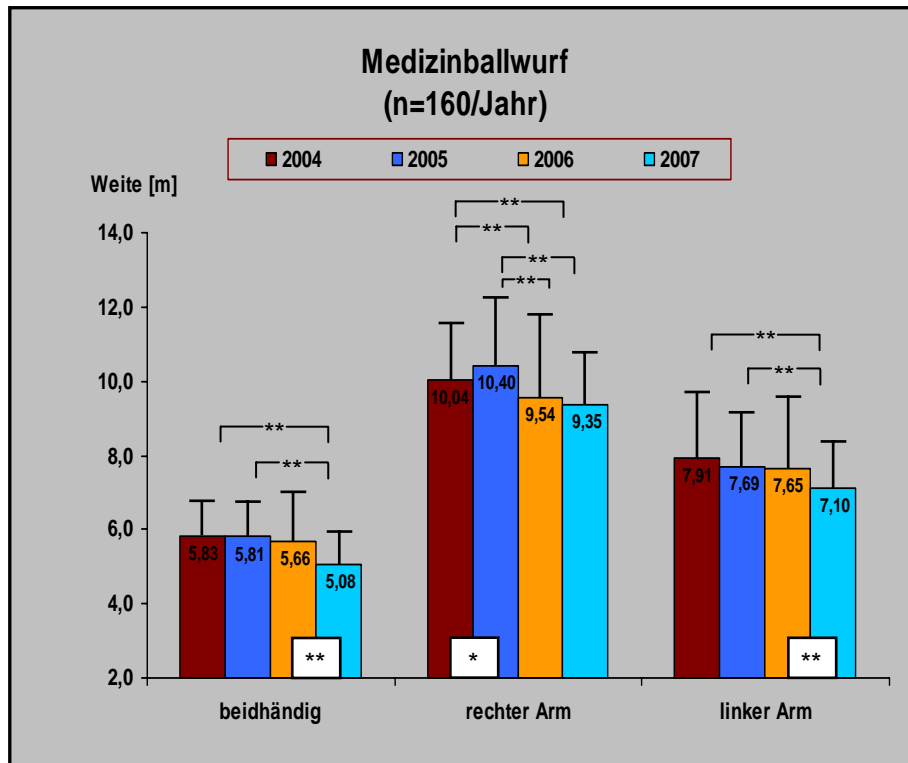


Abb. 56: Wurfweiten der Gesamtgruppe (n=160/Jahr) im Medizinballwurf (beid- und einhändig) in den Jahren 2004 bis 2007.

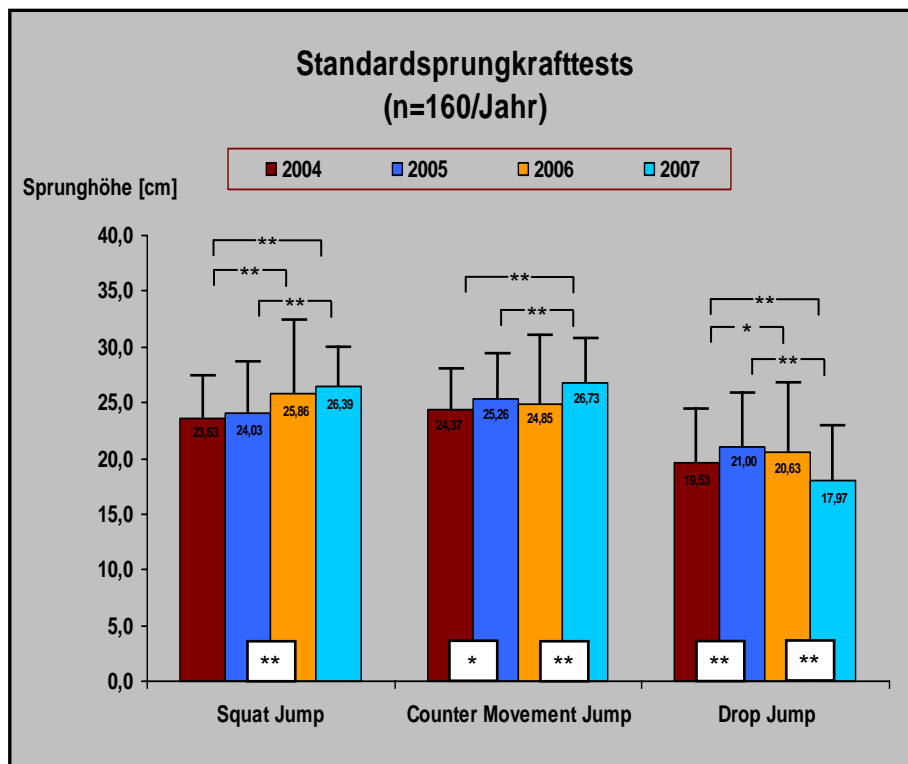


Abb. 57: Sprunghöhen der Gesamtgruppe (n=160/Jahr) bei den Standardsprungkrafttests (Squat Jump, Counter Movement Jump, Drop Jump) in den Jahren 2004 bis 2007.

Ein umfassendes Krafttraining ist ein unverzichtbarer Bestandteil des heutigen Leistungstrainings geworden. Ohne hinreichende muskuläre Voraussetzungen können sowohl die notwendigen Schlägerbeschleunigungen nicht erzielt als auch die komplexen Anforderungen an die Kraftfähigkeiten der Beinmuskulatur nicht wie erforderlich bewältigt werden. Zudem ist Krafttraining zur Prophylaxe von Verletzungen, Haltungsschwächen und muskulären Dysbalancen von überaus großer Bedeutung. Ferner stellen grundlegende Kraftfähigkeiten eine unabdingbare Voraussetzung für die allgemeine und tennisspezifische Laufgeschwindigkeit dar. Demnach ist aus heutiger Sicht den Kraftfähigkeiten eine zunehmend leistungslimitierende Rolle im Leistungstennis zuzusprechen (vgl. Kap. 2.5.2.1). Folglich wird aus leistungsorientierten aber auch gesundheitlichen Gründen ein frühzeitiger Beginn eines systematischen Krafttrainings gefordert (KLEINÖDER und MESTER 1991a, KLEINÖDER und KRAFT 2005). Entgegen oftmals noch vorherrschender Lehrmeinung bewirkt ein Krafttraining bei korrekter Betreuung, altersgerechter Durchführung und entsprechender Beachtung der Belastungsnormative auch bei Vorpubertären Kraftzunahmen und ist somit in jedem Alter als sinnvoll und sicher anzusehen (vgl. Kap. 2.3.2). Gerade die geminderte Leistungsdisposition des passiven Bewegungsapparates im Kindes- und Jugendalter spricht nach Meinung zahlreicher Autoren (u.a. SCHMIDTBLEICHER 1994, FRÖHNER 1993, KÜSTER 2002, GROSSER et al. 2004) für eine frühzeitige konsequente Ausprägung eines stabilisierenden Muskelkorsetts. Nach Einschätzung von GROSSER und SCHÖNBORN (2001) sind Schädigungen am passiven Bewegungsapparat, welche als Konsequenz unfachmännischer Belastungen in der Jugendzeit entstehen, häufig Gründe des gesundheitsbedingten Drop-outs, der dauerhaften Leistungstagnation und häufiger Dauerschäden bei Spitzenspielern. Daher liegt ein weiterer Vorteil einer frühzeitigen kindgerechten Heranführung an das Krafttraining neben weiteren Vorzügen für den Nachwuchssportler (vgl. BEHRINGER et al. 2009) in einer gezielten Vorbereitung von aktivem und passivem Bewegungsapparat an intensive Belastungen in der Pubertät und dem Erwachsenenalter.

Mehrere Autoren berichten von muskulären Defiziten im Nachwuchsbereich (KLEINÖDER und MESTER 2000, LEHMACHER und KLEINÖDER 2000, SCHUR und LEHMACHER 2000). Gerade der Kraftaufbau der Rumpf- und Schultermuskulatur wird nach GAMER (2000) im Kindes- und Jugendalter häufig sträflich vernachlässigt. Die vorliegenden Befunde des Medizinballwurfs belegen diese Einschätzung. So ist für die Gesamtgruppe sowohl beim beidhändigen als auch beim einhändigen Medizinballwurf eine kontinuierliche Abnahme der Wurfweiten (Ausnahme rechter Arm im Vergleich zwischen 2004 und 2005) in dem Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) festzustellen. Im Vergleich zwischen den Jahren 2004 und 2007 lässt sich somit eine Reduktion der Wurfweiten von deutlich über einen halben Meter verzeichnen (Tab. 44, Abb. 56). Da eine ausgeprägte Rumpf- und Schultermuskulatur für den heutigen Tennisspieler sowohl aus leistungsorientierter als auch aus prophylaktischer Sicht einen hohen Stellenwert besitzt, sollte unbedingt frühzeitig mit einem gezielten individuellen Rumpf- und Wurfkrafttraining begonnen werden.

Hinsichtlich der Standardsprungkrafttests werden im Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) unterschiedliche Resultate erzielt. Beim Squat Jump ist im Verlauf eine kontinuierliche Zunahme der Sprunghöhen zu verzeichnen. Im Vergleich zwischen 2004 und 2007 kann ein Anstieg von über 10% festgestellt werden. Beim Counter Movement Jump ist eine ähnliche Entwicklung mit einem Anstieg der Sprunghöhe von über 7% im Vergleich zwischen 2004 und 2007 zu verzeichnen. Hingegen ist beim Drop Jump nach einer Zunahme der Sprunghöhe im Jahre 2005 ein kontinuierlicher Abfall in den Folgejahren festzustellen. Im Vergleich zwischen 2004 und 2007 beträgt die Abnahme der Sprunghöhe ca. 10% (Tab. 46, Abb. 57). Aufgrund komplexer Anforderungen an die Kraftfähigkeiten der Beinmuskulatur und der damit verbundenen Unverzichtbarkeit einer herausragenden Beinarbeit für eine hohe Leistungsfähigkeit im heutigen Spitzentennis muss in Anlehnung an BENKO und LINDINGER (2006) ein umfangreiches Beinarbeitstraining eine wesentliche Säule im Trainingsregime eines Tennisspielers darstellen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass in dem Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) eine unterschiedliche Entwicklung der getesteten Kraftfähigkeiten zu beobachten ist. Hinsichtlich der Rumpf- und Wurfkraft ist im Verlauf eine erhebliche Abnahme der Wurfweiten im Medizinballwurf (beid- und einhändig) zu registrieren. Bei den Standardsprungkrafttests weisen Squat Jump und Counter Movement Jump positive Entwicklungen durch Zunahme der Sprunghöhen auf, während beim Drop Jump eine wechselhafte, eher negative Entwicklung zu verzeichnen ist. Aufgrund des überaus hohen Stellenwertes des Krafttrainings sowohl aus leistungsorientierter als auch aus prophylaktischer Sicht sollte frühzeitig mit einem systematischen und zielgerichteten Krafttraining mit besonderem Augenmerk auf Individualität und Variabilität begonnen werden, begleitet von einer regelmäßigen Kraftdiagnostik.

3.4.3.3 Geschlechtsspezifische Unterschiede

Die Befunde der durchgeführten Schnelligkeitsdiagnostiken weisen in dem Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen bezüglich der Laufzeiten auf. Sowohl beim Linearsprint als auch beim T-Run Sprint erzielen die männlichen Teilnehmer mit Ausnahme des Jahres 2006 im Mittel marginal bessere Laufzeiten als die weiblichen Teilnehmer (Tab. 43, Abb. 58, 59). Hingegen sind bei den durchgeführten Kraftdiagnostiken teilweise sehr wohl statistisch signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede festzustellen. Beim beid- und einhändigen Medizinballwurf erzielen die männlichen Spieler größtenteils hochsignifikant bessere Wurfweiten als die weiblichen Spieler (Tab. 45, Abb. 60). Bei den Standardsprungkrafttests sind jedoch mit Ausnahme der Leistungen im Counter Movement Jump im Jahre 2006 (hochsignifikant bessere Sprunghöhe der männlichen Spieler) keine statistisch relevanten geschlechtsspezifischen Unterschiede zu verzeichnen. Grundsätzlich werden beim Squat Jump, Counter Movement Jump und Drop Jump im Beobachtungszeitraum jedoch von den männlichen Teilnehmern leicht bessere Sprunghöhen erreicht als von den weiblichen Teilnehmern (Tab. 47, Abb. 61).

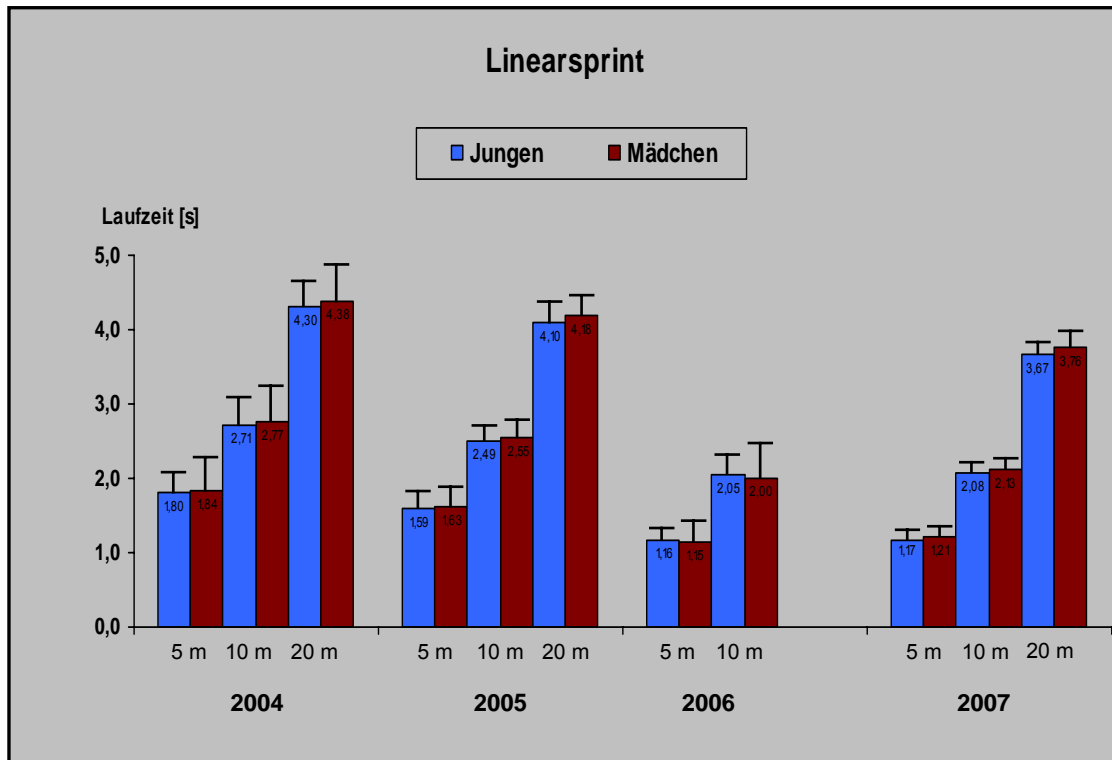


Abb. 58: Laufzeiten im Linearsprint im Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Spielern (U12) in den Jahren 2004 bis 2007.

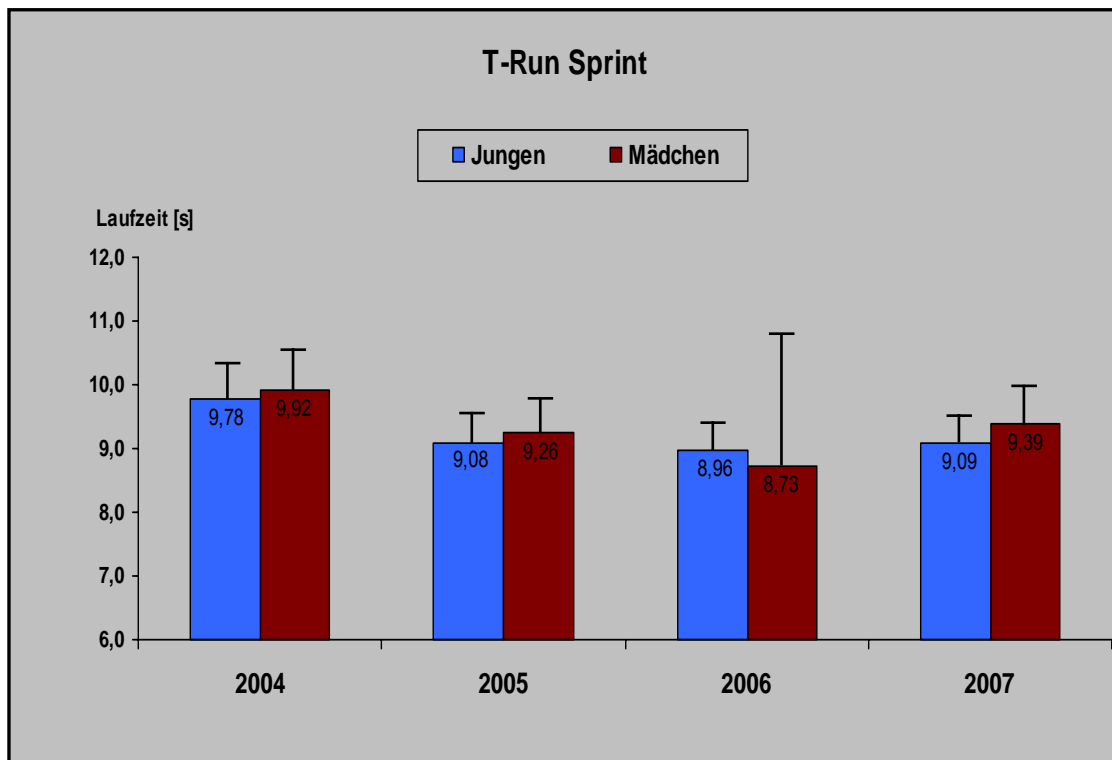


Abb. 59: Laufzeiten im T-Run Sprint im Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Spielern (U12) in den Jahren 2004 bis 2007.

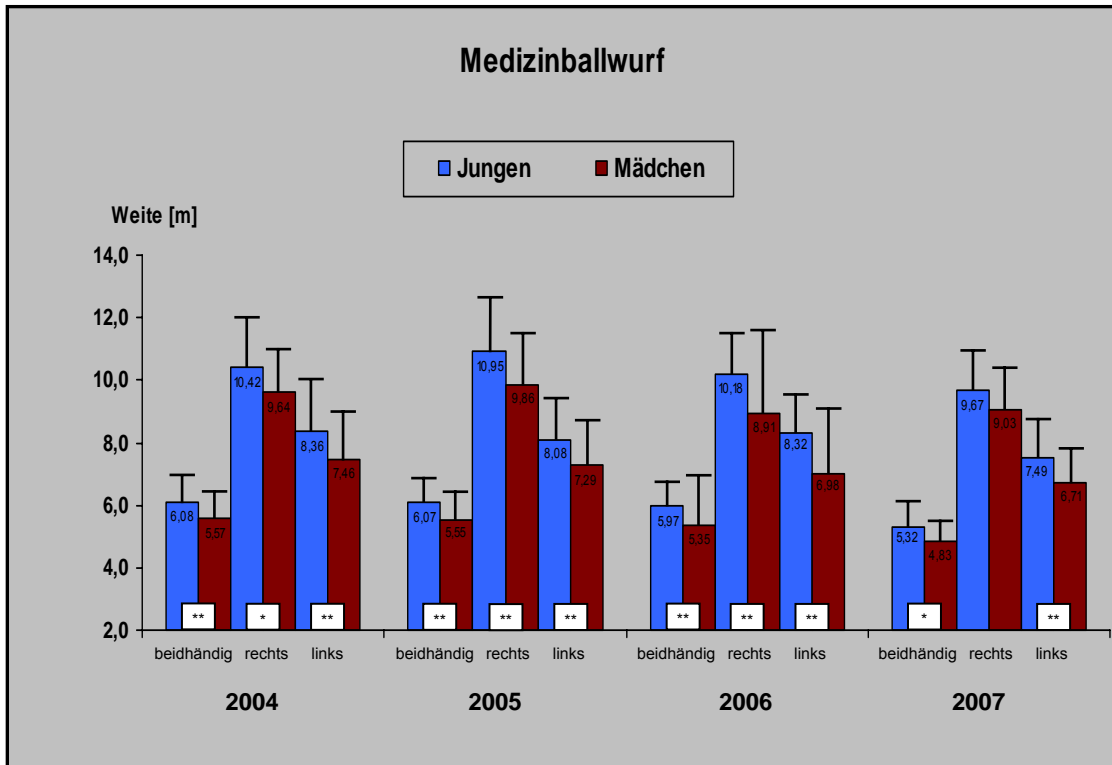


Abb. 60: Wurfweiten im Medizinballwurf (beid- und einhändig) im Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Spielern (U12) in den Jahren 2004 bis 2007.

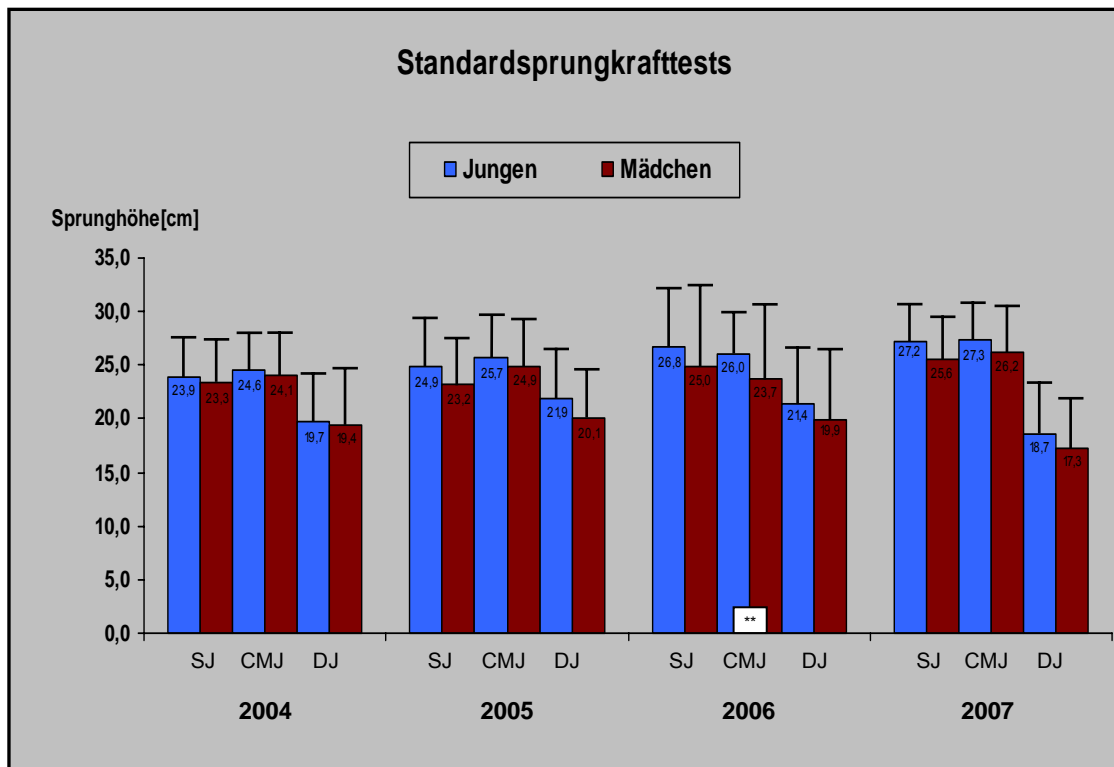


Abb. 61: Sprunghöhen beim Squat Jump (SJ), Counter Movement Jump (CMJ) und Drop Jump (DJ) im Vergleich zwischen männlichen und weiblichen Spielern (U12) in den Jahren 2004 bis 2007.

Nach vorherrschender Meinung unterscheiden sich Jungen und Mädchen bezüglich ihrer physiologischen Leistungscharakteristik bis zum Eintritt in die Pubertät nur unwesentlich voneinander (HARRIS 2000, JENKINS und REABURN 2000, BAR-OR 1993, FRÖHNER 1993, WEINECK 2004). Die vorliegenden Befunde des Linear- und T-Run-Sprints sowie der Standardsprungkrafttests (außer dem Counter Movement Jump im Jahre 2006) untermauern diese Einschätzung. Grundsätzlich lassen sich aber sowohl bei den durchgeführten Standardsprungkrafttests als auch überwiegend bei den Schnelligkeitstests (außer im Jahre 2006) bessere Leistungen der männlichen im Vergleich zu den weiblichen Teilnehmern beobachten, jedoch vorherrschend ohne statistische Relevanz (Tab. 43, 47, Abb. 58, 59, 61). Hingegen sind sowohl beim beid- als auch beim einhändigen Medizinballwurf im Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) erhebliche geschlechtsspezifische Unterschiede mit größtenteils hochsignifikant besseren Wurfweiten der männlichen Teilnehmer zu verzeichnen (Tab.45, Abb. 60). Auch JENKINS und REABURN (2000) berichten von besseren Wurfleistungen vorpubertärer Jungen im Vergleich zu gleichaltrigen Mädchen. Nach Einschätzung von SCHEID (1994) lassen sich die erheblichen Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen bezüglich der Wurfkraft im vorpubertären Alter vorwiegend durch geschlechtstypische Spielgewohnheiten und –erfahrungen erklären. Jungen beschäftigen sich in ihrer Freizeit im Vergleich zu Mädchen vielmehr mit Ballwurfspielen und sind somit in diesem Bereich besser trainiert, während Mädchen eher bei Beweglichkeits- und Geschicklichkeitsübungen im Vorteil sind. Zudem wird Jungen eine grundsätzlich höhere körperliche Aktivität zugesprochen, welche sich ebenfalls vorteilhaft auf ihre Leistungsfähigkeit auswirkt (GEITHNER et al. 2004). Daher sollten die geschlechtsspezifischen Besonderheiten auch schon im vorpubertären Alter im Rahmen des Trainingsprozesses unbedingt Berücksichtigung finden, so dass vorhandene Defizite gezielt beseitigt werden können.

Bis zum Eintritt in die Pubertät unterscheiden sich Jungen und Mädchen bezüglich ihres Hormonstatus nicht wesentlich voneinander (vgl. Kap. 2.1.4).

Mit dem Einsetzen der Pubertät kommt es jedoch zu gravierenden Unterschieden (STOCKHAUSEN 2000). Durch die höhere Freisetzung der Sexualhormone, insbesondere des Testosterons, steigt die Trainierbarkeit der männlichen Jugendlichen in großem Ausmaß (vgl. Kap. 2.2.4, 2.3.1). Während bei Mädchen im Vergleich zu Jungen höhere Zunahmen an Fettmasse zu verzeichnen sind, ist bei Jungen eine stärkere Entwicklung der Muskelmasse festzustellen (HARRIS 2000, GÓMEZ 2000, WEINECK 2004). Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass Wachstum, Entwicklung und Reifung bei Kindern unterschiedlich verlaufen (ARMSTRONG und WELSMAN 1993, BENEKE et al. 2002). Gerade während der Pubertät treten signifikante Unterschiede in der körperlichen Entwicklung sowohl innerhalb als auch zwischen den Geschlechtern auf (vgl. Kap. 2.1). Somit bedarf es im Rahmen des Trainingsprozesses einer besonderen Berücksichtigung des vorhandenen biologischen Entwicklungsstandes, um einerseits Fehl- und Überbelastungen möglichst zu vermeiden und um andererseits das individuelle Leistungspotential bestmöglich auszuschöpfen. Regelmäßig durchgeführte sportartspezifische Diagnostiken können hierbei als hilfreiches Instrument zur Erkennung vorhandener Defizite dienen.

3.4.3.4 Zusammenhänge zwischen Diagnostiken und DTB-Ranglisten

Im folgenden Kapitel wird ein möglicher Zusammenhang zwischen den Platzierungen bei den Diagnostiken und den Platzierungen auf den jeweiligen DTB-Ranglisten (U12) in dem Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) überprüft. Die Vergabe der Ränge bei der jeweiligen Leistungsdiagnostik ergibt sich hierbei aus den erreichten Unterrängen (je besser die Unterränge, desto höher der Gesamtrang eines Verbandes), wobei Jungen und Mädchen in diesem Fall zusammengezählt werden. Indessen ergibt sich die Vergabe der Ränge bei der jeweiligen DTB-Rangliste aus der Anzahl der Spieler eines Verbandes, welche sich auf der Rangliste befinden (je mehr Spieler, desto höher der Rang). Somit kann es auch vorkommen, dass Verbände aufgrund der gleichen Anzahl an Spielern auf der DTB-Rangliste den gleichen Rang erhalten.

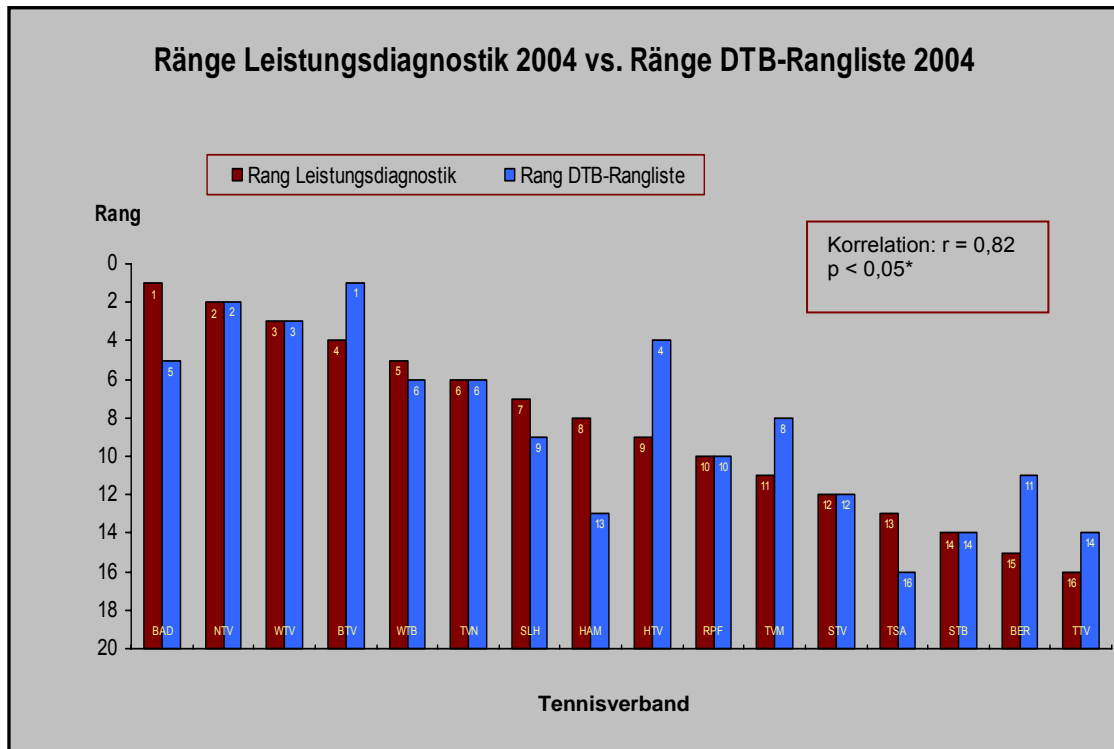


Abb. 62: Vergleich der erreichten Ränge teilnehmender Tennisverbände zwischen Leistungsdiagnostik und DTB-Rangliste im Jahre 2004.

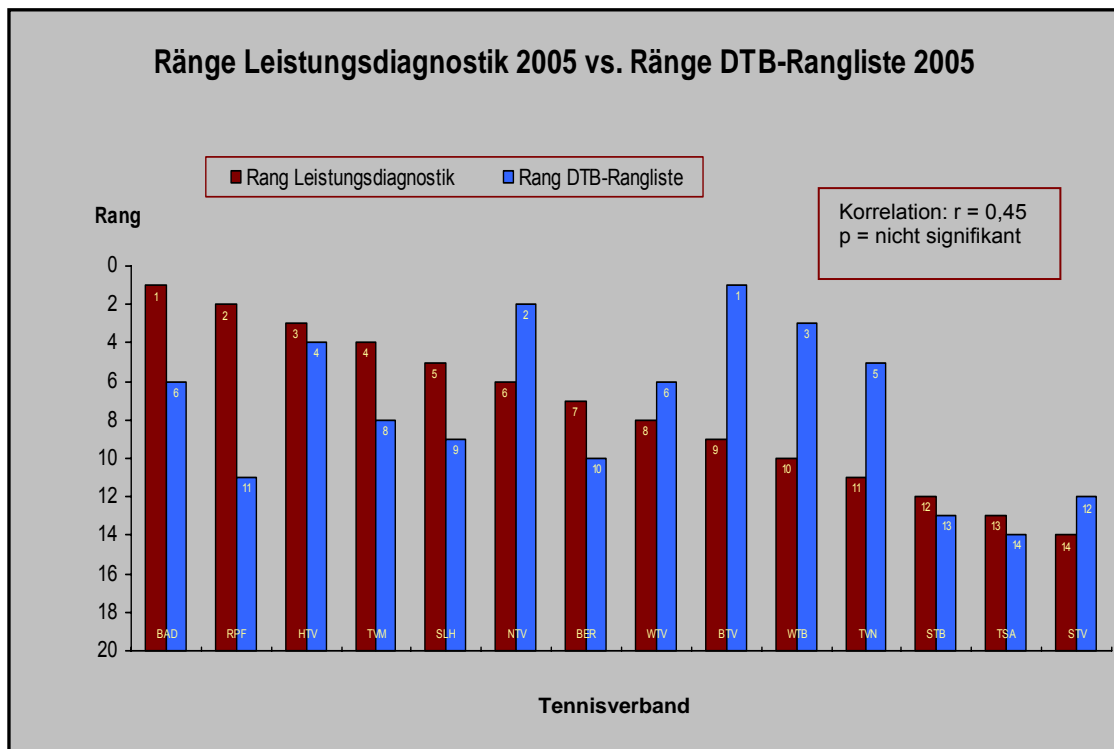


Abb. 63: Vergleich der erreichten Ränge teilnehmender Tennisverbände zwischen Leistungsdiagnostik und DTB-Rangliste im Jahre 2005.

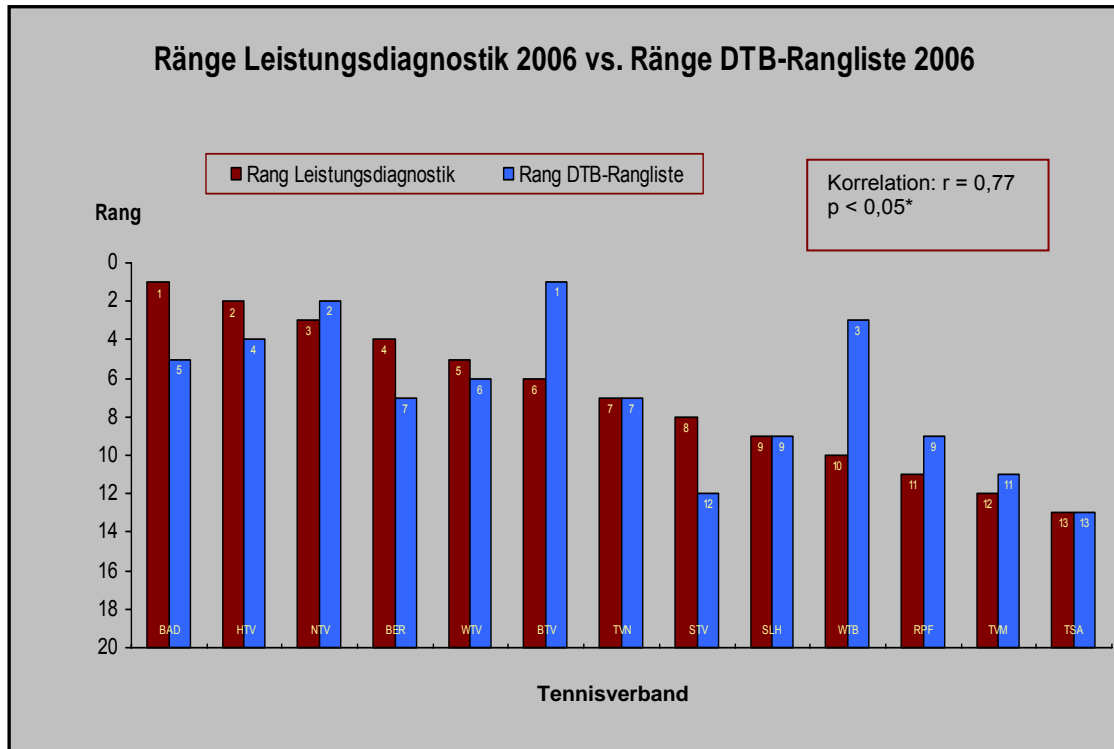


Abb. 64: Vergleich der erreichten Ränge teilnehmender Tennisverbände zwischen Leistungsdiagnostik und DTB-Rangliste im Jahre 2006.

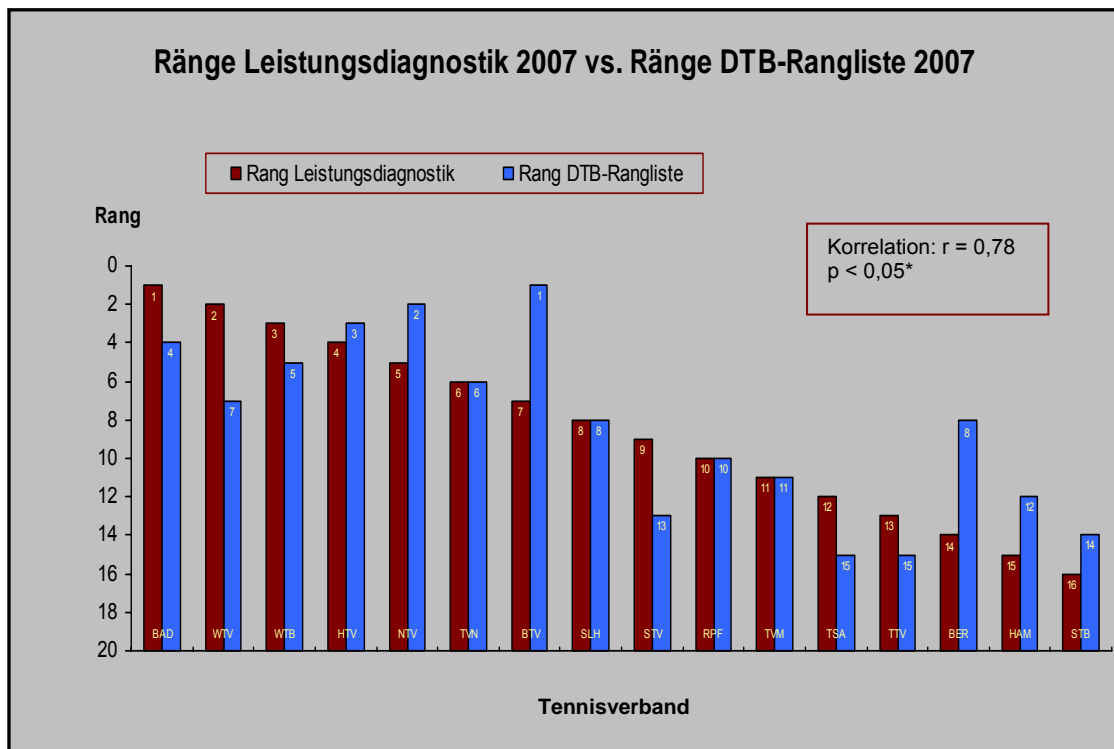


Abb. 65: Vergleich der erreichten Ränge teilnehmender Tennisverbände zwischen Leistungsdiagnostik und DTB-Rangliste im Jahre 2007.

Die vorliegenden Befunde weisen mit Ausnahme des Jahres 2005 (mittlerer Zusammenhang, nicht signifikant) einen hohen und statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen den erreichten Rängen bei den durchgeführten Leistungsdiagnostiken und den Rängen auf der jeweiligen DTB-Rangliste auf (Tab. 48, Abb. 62-65). Beispielsweise stellen die Top fünf Verbände der Leistungsdiagnostik 2007 (BAD, WTV, WTB, HTV, NTV) insgesamt 50% der Spieler (22 Junioren bei Top 50 U12 und 28 Juniorinnen bei Top 50 U12) der Top 50 der DTB-Rangliste U12 Stand März 2007 (Abb. 86, 87). Folglich spielen die Top fünf Verbände der Leistungsdiagnostik 2007 auch in den Top 50 der DTB-Rangliste U12 eine dominierende Rolle. Demnach scheinen sich gute konditionelle Trainingszustände auch schon im vorpubertären Alter durchaus positiv auf die Wettkampfleistung auszuwirken. Folglich sollte dem Konditionstraining schon frühzeitig ein angemessener Stellenwert im Rahmen des Trainingsprozesses zugestanden werden. In diesem Zusammenhang weisen zahlreiche Experten darauf hin, dass im heutigen Spitzentennis aufgrund zunehmender Anforderungen an die Athletik der Spieler keine nennenswerten Erfolge ohne überdurchschnittliche Kondition mehr möglich sind (KÖNIG et al. 2001, SMEKAL et al. 2001, SIEGENTHALER et al. 2006, KOVACS 2007, SCHÖNBORN 1993, GROPPPEL und ROETERT 1992, MÜLLER 2006). Daher muss schon im frühen Kindesalter mit einer umfassenden und systematischen konditionellen Vorbereitung begonnen werden, um einerseits den wachsenden Anforderungen im Wettkampf überhaupt gerecht zu werden sowie andererseits einer dauerhaften Leistungsstagnation aufgrund eines Defizits in Trainingsumfang und –intensität entgegenzuwirken. Zudem soll durch einen überdurchschnittlichen Trainingszustand der Kondition sowohl ein akuter Leistungseinbruch aufgrund von Übertraining vermieden als auch Verletzungsprophylaxe betrieben werden. Darüber hinaus sollten die jungen Talente von einer regelmäßigen sportartspezifischen Leistungsdiagnostik begleitet werden, damit individuelle Defizite identifiziert und durch nachfolgende Trainingsmaßnahmen entsprechend beseitigt werden können.

4 Zusammenfassung

Das heutige Weltklassetennis weist zunehmende Geschwindigkeiten, gesteigerte Anforderungen an die Athletik sowie veränderte Spielstrategien auf und erfordert somit im Einklang höchste technische, konditionelle sowie psychische Fähigkeiten. Demzufolge haben Umfang und Intensität des Leistungstrainings ein kaum überbietbares Ausmaß angenommen, um im internationalen Weltklassetennis mithalten zu können. Folglich ist in vielen Fällen eine Steigerung der Trainingsquantität kaum noch möglich. Daher kommt angesichts dieser stetig zunehmenden Anforderungen vor allem einer Optimierung der Trainingsqualität im Sinne einer effizienten Trainingsplanung und -gestaltung eine wachsende und zunehmend leistungslimitierende Bedeutung zu. Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Beanspruchungsprofil des modernen Spitzentennis und den daraus resultierenden Anforderungen an die Trainingspraxis unter besonderer Berücksichtigung des langfristigen Leistungsaufbaus.

Im Rahmen des ersten Untersuchungsabschnitts wird in einer praxisnahen Studie mithilfe von 20 Leistungstennisspielern der Einfluss von Veränderungen der Belastungsnormative auf den Trainingserfolg mithilfe zahlreich erhobener Parameter systematisch überprüft. Hierbei wird eine intensive Trainingsmethode einer matchorientierten Trainingsmethode am Beispiel von zwei verschiedenen Ballmaschinentests sowie einer matchsimulativen freien Spielform gegenübergestellt. Die Parameter Herzfrequenz und Blutlaktat liefern hierbei Informationen über die physiologische Beanspruchung der jeweiligen Trainingsmethode, ergänzt durch Angaben zum subjektiven Belastungsempfinden (RPE). Die Einflussgrößen Schlaggeschwindigkeit und Schlagpräzision bzw. Ballwechselqualität geben zusätzlich Auskunft über die Schlagqualität während der jeweiligen Belastungsvariante. Die zentrale Zielsetzung dieser Untersuchung richtet sich dabei auf die Ermittlung der effizienteren und praxisnäheren Trainingsmethode, um entsprechend des heutigen Beanspruchungsprofils im Leistungstennis ein Höchstmaß an Trainingsqualität bzw. Leistungsverbesserung zu gewährleisten.

Die wesentlichen Befunde lauten:

1. Für die erhobenen Parameter Herzfrequenz, Blutlaktat und subjektives Belastungsempfinden (RPE) werden bei der intensiven Trainingsmethode im Vergleich zur matchorientierten Trainingsmethode bei allen drei Belastungsvarianten im Mittel größtenteils erheblich höhere Werte erzielt. Insofern lässt sich auf Basis der vorliegenden Resultate festhalten, dass eine Modifikation der Belastungsnormative, bei diesem Testdesign vor allem eine Veränderung der Belastungsdauer, einen bedeutsamen Einfluss auf die erhobenen hämodynamischen, metabolischen und subjektiven Parameter ausübt.
2. Die Parameter Schlagpräzision, Schlaggeschwindigkeit und Ballwechselqualität werden durch eine Veränderung der Belastungsnormative ebenfalls beeinflusst. Die bei den ersten beiden Tests höhere Belastungsdauer beim intensiven Training im Vergleich zum matchorientierten Training schlägt sich in einer relativ ähnlichen Schlagpräzision aber hochsignifikant niedrigeren Schlaggeschwindigkeiten nieder. Zudem wirkt sich die höhere Belastungsdichte bei der intensiven Trainingsmethode während der freien Spielform „Rückhand umlaufen“ (Test 3) dahingehend aus, dass eine hochsignifikant niedrigere Anzahl an Ballwechseln, unforced errors und Treffern in Zone 3 (linke Hälfte Grundlinie) sowie eine geringere Anzahl an ins Aus/Netz gespielten Bällen plus eine höhere Trefferquote in Zone 1 (linkes T-Feld) im Vergleich zur matchorientierten Trainingsmethode festzustellen ist. Die vorliegenden Befunde verdeutlichen jedoch nicht zwangsläufig eine verminderte Schlagqualität beim intensiven Training, sondern vielmehr eine an die Belastungssituation angepasste taktische Ausrichtung, bei der Sicherheit und Ballkontrolle Vorrang vor Geschwindigkeit und Risikobereitschaft haben.

Schlussfolgernd lässt sich aus den vorliegenden Befunden der praxisnahen Tennisuntersuchung ableiten, dass die Wahl der Belastungskomponenten die Qualität des Trainings entscheidend zu beeinflussen vermag. Im Match muss meistens unter schwierigsten technischen, konditionellen sowie psychischen

Bedingungen gespielt werden. Dabei muss die Leistungsfähigkeit trotz zunehmender körperlicher und geistiger Ermüdung mit steigender Matchdauer aufrechterhalten bleiben, um erfolgreich zu sein. Demnach sollten diese schwierigen Bedingungen auch wesentlicher Bestandteil eines leistungsorientierten Trainings sein. Ein ausschließliches Training unter so genannten „optimalen Bedingungen“ spiegelt die tatsächlichen Wettkampfbelastungen, vor allem im Spitzenbereich, meistens nicht wieder. Vielmehr besteht durch ein solches Training die große Gefahr, dass viel zu extensiv und sogar matchfern trainiert wird. Folglich wird im Hinblick auf das Beanspruchungsprofil des heutigen Weltklassetennis (hohe Geschwindigkeiten, hohe Leistungs- und Wettkampfdichte, wachsende Anforderungen an die Athletik, moderne Spielstrategien, kurze Regenerationszeiten) auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse die intensive Trainingsmethode unter Berücksichtigung des individuellen Leistungsniveaus sowie des technischen und/oder taktischen Trainingsziels empfohlen.

Ergänzend zu der praxisnahen Tennisuntersuchung liefern die Resultate einer Expertenbefragung von 16 qualifizierten und erfahrenen Tennistrainern zum Thema Gestaltung und Schwerpunktsetzung des Tennistrainings im Leistungstennis wertvolle Informationen aus der Trainingspraxis. Die wichtigsten Befunde lauten:

3. Die Trainingsschwerpunkte im Leistungstennis sollen nach Einschätzung der befragten Experten eine möglichst hohe Wettkampffinität aufweisen. Knapp ein Viertel aller Befragten (24,2%) misst dem Trainingswettkampf (Match) die größte Bedeutung zu, gefolgt vom kombinierten Technik-Taktiktraining (20,9%) sowie dem Komplexttraining (18,4%).
4. Die Hälfte der Befragten hält einen mittleren Anteil eines intensiven Trainings am gesamten Training für sinnvoll, ein Viertel der Befragten sogar einen hohen Anteil. Ein sehr hoher bzw. geringer Anteil des intensiven Trainings spielt eher eine untergeordnete Rolle. Einen bestmöglichen Trainingserfolg verspricht sich der Großteil der Fachleute (68,7%) durch einen individuellen Mix aus intensivem und matchorientiertem Training.

Innerhalb des zweiten Untersuchungsabschnitts werden Ergebnisse einer umfassenden Testbatterie zur Diagnostik von tennisspezifischer Schnelligkeit und Kraft jugendlicher Verbands- und Bundeskaderathleten (n=160/Jahr) im Rahmen des DTB-Talent-Cups (U12) in den Jahren 2004 bis 2007 vorgestellt und diskutiert. Der zentrale Fokus dieser Studie richtet sich dabei auf die Entwicklung der Schnelligkeits- und KrafftLeistungen in dem Beobachtungszeitraum und deren Stellenwert im Hinblick auf das Beanspruchungsprofil im modernen Spitztennis. Die Befunde des Linear- und T-Run-Sprints liefern hierbei Informationen über die Schnelligkeitsleistungen, während der Medizinballwurf (beid- und einhändig) sowie die Standardsprungkrafttests (Squat Jump, Counter Movement Jump, Drop Jump) Auskunft über die jeweiligen Kraftfähigkeiten geben. Darüber hinaus werden geschlechtsspezifische Unterschiede sowie ein möglicher Zusammenhang zwischen den Platzierungen bei den Diagnostiken und den Platzierungen auf den DTB-Ranglisten überprüft. Die wichtigsten Befunde lauten:

5. In dem Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) ist eine positive Entwicklung der getesteten Schnelligkeitsfähigkeiten zu verzeichnen. Sowohl beim Linearsprint als auch beim T-Run Sprint haben sich die Laufzeiten größtenteils hochsignifikant verbessert. Ausgeprägte Schnelligkeitsfähigkeiten sind für heutige Tennisspieler unabdingbare Voraussetzung, um sich auf nationaler und internationaler Ebene etablieren zu können. Daher muss die Schnelligkeit unbedingt als fester Bestandteil frühzeitig und systematisch in den Trainingsprozess integriert sowie regelmäßig leistungsdiagnostisch überprüft werden.
6. Hinsichtlich der getesteten Krafftfähigkeiten ist eine nicht homogene Entwicklung in dem Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) festzustellen. Beim Medizinballwurf (beid- und einhändig) lässt sich im Verlauf eine erhebliche Abnahme der Wurfweiten registrieren. Bei den Standardsprungkrafttests weisen Squat Jump und Counter Movement Jump positive Entwicklungen durch Zunahme der Sprunghöhen auf, während beim Drop Jump eine wechselhafte, eher negative Entwicklung zu verzeichnen ist. Aufgrund des überaus hohen Stellenwertes des Krafttrainings sowohl aus

leistungsorientierter als auch aus prophylaktischer Sicht sollte frühzeitig mit einem systematischen und zielgerichteten Krafttraining mit besonderem Augenmerk auf Individualität und Variabilität begonnen werden, begleitet von einer regelmäßigen Kraftdiagnostik.

7. Es bestehen erhebliche geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich der Wurfkraft. Beim beid- und einhändigen Medizinballwurf werden größtenteils hochsignifikant bessere Wurfweiten von den männlichen Teilnehmern im Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) erreicht. Zudem erzielen die männlichen Teilnehmer bei den durchgeführten Schnelligkeitsdiagnostiken sowie bei den Standardsprungkrafttests überwiegend bessere Leistungen als die weiblichen Teilnehmer (Ausnahme Schnelligkeitsdiagnostik 2006), jedoch mit Ausnahme des Counter Movement Jumps im Jahre 2006 ohne statistische Relevanz. Folglich sollten geschlechtsspezifische Besonderheiten auch schon im vorpubertären Alter im Rahmen des Trainingsprozesses unbedingt Berücksichtigung finden, so dass vorhandene Defizite gezielt beseitigt werden können.
8. Zwischen den erreichten Rängen bei den durchgeführten Leistungsdiagnostiken und den Rängen auf der jeweiligen DTB-Rangliste lässt sich im Beobachtungszeitraum (2004 bis 2007) mit Ausnahme des Jahres 2005 (mittlerer Zusammenhang, nicht signifikant) ein hoher und statistisch signifikanter Zusammenhang feststellen. Demnach scheinen sich gute konditionelle Trainingszustände auch schon im vorpubertären Alter durchaus positiv auf die Wettkampfleistung auszuwirken.

Resümierend lassen sich aus den vorliegenden Befunden der durchgeführten Untersuchungsreihen zahlreiche praxisrelevante Erkenntnisse gewinnen. Die zunehmende Professionalisierung und das damit veränderte Beanspruchungsprofil im heutigen Spitztennis erfordern moderne Trainingskonzepte. Um den hohen Anforderungen des derzeitigen Leistungstennis gerecht zu werden, muss frühzeitig sehr systematisch, individuell und überwiegend intensiv trainiert werden. Eine Optimierung der Trainingsqualität kann dabei einen ausschlaggebenden Beitrag hinsichtlich einer erfolgreichen Tenniskarriere leisten.

5 Literaturverzeichnis

A

- Almuzaini, K.S. (2007). Muscle function in Saudi children and adolescents: relationship to anthropometric characteristics during growth. *Pediatric Exercise Science*, 19 (3), 319-333.
- Andreacci, J.L., Haile, L., Dixon, C. (2007). Influence of Testing Sequence on a Child's Ability to Achieve Maximal Anaerobic and Aerobic Power. *International Journal of Sports Medicine*, 28 (8), 673-677.
- Apfel, A. (2004). Ein Leitfaden für den Verein. *Tennissport*, 15 (4), 10-14.
- Armstrong, N., Welsman, J. (1993 a). Children's physiological responses to exercise. In M. Lee (Hrsg.), *Coaching Children in Sport* (64-78). London: E & FN SPON.
- Armstrong, N., Welsman, J. (1993 b). Training young athletes. In M. Lee (Hrsg.), *Coaching Children in Sport* (191-203). London: E & FN SPON.
- Armstrong, N., Welsman, J., Winsley, R. (1996). Is peak VO_2 a maximal index of children's aerobic fitness? *International Journal of Sports Medicine*, 17 (5), 356-359.
- Armstrong, N., Welsman, J. (2002). *Young People and Physical Activity*. Oxford: Oxford University Press.
- Armstrong, L.E., Van Heest, J.L. (2002). The Unknown Mechanism of the Overtraining Syndrome: Clues from Depression and Psychoneuroimmunology. *Sports Medicine*, 32 (3), 185-209.
- Asmus, S. (1995). Sensibel genug für sensible Phasen? In J. Nicolaus, K. Zimmermann (Red.), *Sportwissenschaft interdisziplinär* (199-214). Kassel: Gesamthochschul-Bibliothek.
- Aucouturier, J., Baker, J.S., Duché, P. (2008). Fat and carbohydrate metabolism during submaximal exercise in children. *Sports Medicine (Auckland, N. Z.)*, 38 (3), 213-238.

B

- Balsom, P.D., Seger, J.Y., Sjodin, B., Ekblom, B. (1992). Maximal-intensity intermittent exercise: effect of recovery duration. *International Journal of Sports Medicine*, 13 (7), 528-533.
- Baquet, G., Berthoin, S., Dupont, G., Blondel, N., Fabre, C., Van Praagh, E. (2002). Effects of High Intensity Intermittent Training on Peak VO_2 in Prepubertal Children. *International Journal of Sports Medicine*, 23, 439-444.
- Baquet, G., van Praagh, E., Berthoin, S. (2003). Endurance training and aerobic fitness in young people. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 33 (15), 1127-1143.
- Bar-Or, O. (1986). *Die Praxis der Sportmedizin in der Kinderheilkunde*. Berlin: Springer-Verlag.
- Bar-Or, O. (1993). Physiological Perspectives. In B.R. Cahill, A.J. Pearl (Hrsg.), *Intensive Participation in Children's Sports* (127-132). American Orthopaedic Society for Sports Medicine.

- Bar-Or, O. (1995). The young athlete: Some physiological considerations. *Journal of Sports Science*, 13, S31-S33.
- Bar-Or, O., Rowland, T.W. (2004). *Pediatric Exercise Medicine*. Champaign: Human Kinetics.
- Bastiaens, K., Müller, M., Braun, D., et al. (2006). Short and long term effects of a throwing intervention during complex serving training in elite childrens tennis. In M. Raab, A. Arnold, K. Gärtner, J. Köppen, C. Lempertz, N. Tielemann, H. Zastrow (Hrsg.), *Zukunft der Sportspiele: fördern, fordern, forschen* (115-118). Flensburg: Universitätspresse.
- Baur, J. (1987). Über die Bedeutung "sensibler Phasen" für das Kinder- und Jugendtraining. *Leistungssport*, 17 (4), 9-14.
- Baur, J., Bös, K., Singer, R. (1994). *Motorische Entwicklung*. Schorndorf: Hoffmann.
- Bauersfeld, M., Voss, G. (1992). *Neue Wege im Schnelligkeitstraining*. Münster: Philipka.
- Baxter-Jones, A., Goldstein, H., Helms, P. (1993). The development of aerobic power in young athletes. *Journal of Applied Physiology*, 75 (3), 1160-1167.
- Behm, D.G., Faigenbaum, A.D., Falk, B., Klentrou, P. (2008). Canadian Society for Exercise Physiology position paper: resistance training in children and adolescents. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33, 547-561.
- Behringer, M., vom Heede, A., Kleinöder, H., Mester, J. (2009). Thesen zum Krafttraining im Kindes- und Jugendalter. In E. Engelmeyer, J. Mester (Hrsg.), *Position Statements Ausgabe 09/09* (8-10). Köln: Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport.
- Benjamin, H.J., Glow, K.M., (2003). *Strength Training for Children and Adolescents*. *The Physician and Sportsmedicine*, 31 (9), 19-26.
- Benko, U., Lindinger, S. (2006). Differenzielles Koordinations- bzw. Schnelligkeitstraining im Tennis – „Beinarbeit“. In K. Weber, D. Augustin, P. Maier, K. Roth (Hrsg.), *Wissenschaftlicher Transfer für die Praxis der Sportspiele*. *Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft* (170-181). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Bergeron, M.F., Maresh, C.M., Kreamer, W.J., Abraham, A., Conroy, B., Gabaree, C. (1991). Tennis: A Physiological Profile during Match Play. *International Journal of Sports Medicine*, 12 (5), 474-479.
- Bernwick, U., Müller, E. (1995). Aktuelle Spielanalyse im internationalen Spitzentennis der Herren. *Leistungssport*, 25 (4), 23-27.
- Berthoin, S., Baquet, G., Dupont, G., Van Praagh, E. (2006). Critical velocity during continuous and intermittent exercises in children. *European Journal of Applied Physiology*, 98 (2), 132-138.
- Bencke, J., Damsgaard, R., Saekmose, A., Jørgensen, P., Jørgensen, K., Klausen, K. (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12 (3), 171-178.
- Beneke, R., Leithäuser, R.M., Hütler, M. (2002). Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit im Kindes- und Jugendalter. In H. Hebestreit, R. Ferrari, J. Meyer-Holz, W. Lawrenz, B.-K. Jüngst (Hrsg.), *Kinder- und Jugendsportmedizin* (15-26). Stuttgart / New York: Thieme.

- Beneke, R., Hütler, M., Leithäuser, R.M. (2007). Anaerobic performance and metabolism in boys and male adolescents. *European Journal of Applied Physiology*, 101 (6), 671-677.
- Blimkie, C.J.R. (1992). Resistance training during pre- and early puberty: efficacy, trainability, mechanism, and persistence. *Canadian Journal of Sports Science*, 17 (4), 264-279.
- Blimkie, C.J.R. (1993a). Benefits and Risks of Resistance Training in Children. In B.R. Cahill, A.J. Pearl (Hrsg.), *Intensive Participation in Children's Sports* (133-165). American Orthopaedic Society for Sports Medicine.
- Blimkie, C.J.R. (1993b). Resistance Training During Preadolescence. *Sports Medicine*, 15 (6), 389-407.
- Blimkie, C., Bar-Or, O. (1996). Trainability of Muscle Strength, Power and Endurance during Childhood. In O. Bar-Or (Hrsg.), *The Child and Adolescent Athlete* (113-129). Oxford: Blackwell.
- Boisseau, N., Delamarche, P. (2000). Metabolic and Hormonal Responses to Exercise in Children and Adolescents. *Sports Medicine*, 30 (6), 405-422.
- Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign: Human Kinetics.
- Born, H.P. (1997). Optimierung der Aufschlaggeschwindigkeit und Schlagschnelligkeit im Leistungstennis. In H.P. Born, N. Hölting, K. Weber (Hrsg.), *Schnelligkeit im Tennis* (132-135). Hamburg: Czwalina.
- Born, H.P. (2000). Voller Einsatz. *Deutsche Tennis Zeitung*, 10 (7), 36-38.
- Born, H.P. (2001). Das Spielfeld wird kleiner. *Deutsche Tennis Zeitung*, 11 (6), 30-32.
- Born, H.P. (2002). Nicht ohne meinen Trainer. *Deutsche Tennis Zeitung*, 12 (9), 34-37.
- Born, H.P. (2007). Einschlagen – aber richtig. *Deutsche Tennis Zeitung*, 17 (3), 42-45.
- Borms, J. (1986). The child and exercise: an overview. *Journal of Sports Sciences*, 4(1), 3-20.
- Böning, D., Beneke, R. (2008). Laktat in der Sportmedizin – Rückblick und Ausblick. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59 (12), 278-279.
- Bös, W., Fichte, R. B., Frick, U., Schmidtbleicher, D., Stutz, R. (1994). Entwicklung und Erprobung eines Schnelligkeitstests für Tennisspieler. *Leistungssport*, 24 (2), 15-20.
- Bös, K., Schneider, W. (1997). Vom Tennistalent zum Spitzenspieler – Eine Reanalyse von Längsschnittdaten zur Leistungsprognose im Tennis. [Beiträge zur Theorie und Praxis des Tennisunterrichts und -trainings, Bd. 20]. Hamburg: Czwalina.
- Brenner, J.S., Council on Sports Medicine and Fitness (2007). Overuse Injuries, Overtraining, and Burnout in Child and Adolescent Athletes. *Pediatrics*, 119, 1242-1245.
- Brooks, G.A., Brooks, T.G., Brooks, S. (2008). Laktat als metabolisches Signal der Genexpression. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59 (12), 280-286.
- Brouns, F. (1990). Trainingsaspekte des modernen Tennis. *Leistungssport*, 20 (4), 45-48.
- Budgett, R. (1998). Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. *British Journal of Sports Medicine*, 32 (2), 107-110.

Bühl, A., Zöfel, P. (2005). SPSS 12: Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows 9. (überarb. u. erw. Aufl.). München: Pearson Studium.

C

Christmass, M.A., Richmond, S.E., Cable, N.T., Arthur, P.G., Hartmann, P.E. (1998). Exercise intensity and metabolic response in singles tennis. *Journal of Sports Science*, 16, 739-747.

Clauss, G., Finze, F.R., Partzsch, L. (2004). Statistik Grundlagen. Für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner. Frankfurt am Main: Deutsch.

Coakley, J. (1992). Burnout among adolescent athletes: personal failure or social problem? *Sociology of Sport Journal*, 9(3), 271-285.

Conzelmann, A. (2002). Modelle sensibler Phasen als Leitkonzepte für ein entwicklungsgemäßes Training im Kindes- und Jugendalter? In A. Hohmann, D. Wick, K. Claus (Hrsg.), *Talent im Sport* (77-85). Schorndorf: Hofmann.

Conzelmann, A., Blank, M., Baltzer, H. (2004). Talentkriterien im Tennis. *Tennissport*, 15 (4), 4-9.

Committee on Sports Medicine and Fitness (2000). Intensive Training and sports Specialization in Young Athletes. *Pediatrics*, 106, 154-157.

Committee on Sports Medicine and Fitness (2001). Strength Training by Children and Adolescents. *Pediatrics*, 107, 1470-1472.

Council on Sports Medicine and Fitness (2008). Strength Training by Children and Adolescents. *Pediatrics*, 121, 835-840.

D

Dalton, S.E. (1992). Overuse injuries in adolescent athletes. *Sports Medicine*, 13 (1), 58-70.

Davey, P.R., Thorpe, R.D., Williams, C. (2002). Fatigue decreases skilled tennis performance. *Journal of Sports Science*, 20 (4), 311-318.

De Mareés, H. (1996). Sportphysiologie. Köln: Sport und Buch Strauß.

Degel, M. (1999). Belastungsdosierung im Schnelligkeitstraining. *Tennissport*, 10 (3), 17-19.

Deutscher Tennis Bund (1996). Tennis – Lehrplan: Unterricht und Training (Bd. 2). München: BLV.

Dickhuth, H. H., Jansen, P., Mayer, F. (1991). Leistungsdiagnostik im Tennis. *Tennissport*, 2 (6), 7-9.

Dickhuth, H. H. (2000). Einführung in die Sport- und Leistungsmedizin. Schorndorf: Hofmann.

Docherty, D. (1982). A comparison of heart rate responses in racquet games. *British Journal of Sports Medicine*, 16 (2), 96-100.

Dries, C. (1997). Kohlenhydrate – das Muskelbenzin des Tennisspielers. *Tennissport*, 8 (3), 22-24.

E

- Ehlenz, H., Grosser, M., Zimmermann, E. (2003). *Krafttraining*. München: BLV.
- Elliott, B.C., Dawson, B., Pyke, F. (1985). The energetics of single tennis. *Journal of Human Movement Studies*, 11, 11-20.
- Erlinghagen, F. (2007). *Steuerung der optimalen Belastungsdosierung im Tennistraining durch Herzfrequenz und arterielles Blutlaktat*. Diplomarbeit, Deutsche Sporthochschule Köln.
- Everett, A., Harman, A., Rosenstein, M.T., Frykman, P.N., Rosenstein, R.M. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22 (6), 825-833.

F

- Faigenbaum, A.D., Zaichkowsky, L.D., Westcott, W.L., Micheli, L.J., Fehlandt, A.F. (1993). The Effects of a Twice-a-Week Strength Training Program on Children. *Ped. Exerc. Sci.*, 5, 339-346.
- Faigenbaum, A.D., Westcott, W.L., Micheli, L.J., Outerbridge, A.R., Long, C.J., LaRosa-Loud, R., Zaichkowsky, L.D. (1996). The Effects of Strength Training and Detraining on Children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10 (2), 109-114.
- Faigenbaum, A.D., Westcott, W.L., LaRosa Loud, R., Long, C. (1999). The Effects of Different Resistance Training Protocols on Muscular Strength and Endurance Development in Children. *Pediatrics*, 104 (1), e5.
- Faigenbaum, A.D. (2000). Strength training for children and adolescents. *Clinics in Sports Medicine*, 19 (4), 593-619.
- Faigenbaum, A.D., Milliken, L.A., LaRosa Loud, R., Burak, B.T., Doherty, C.L., Westcott, W.L. (2002). Comparison of 1 and 2 Days per Week of Strength Training in Children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73 (4), 416-424.
- Faigenbaum, A., Milliken, L., Moulton, L., Westcott, L. (2005). Early Muscular Fitness Adaptions in Children in Response to Two Different Resistance Training Regimes. *Pediatr. Exerc. Sci.*, 17 (3), 237-248.
- Falk, B., Tenenbaum, G. (1996). The Effectiveness of Resistance Training in Children. A meta-Analysis. *Sports Medicine*, 22 (3), 176-186.
- Falk, B., Radom-Isaac, S., Hoffmann, J.R., Wang, Y., Yarom, Y., Magazanik, A., Weinstein, Y. (1998). The Effect of Heat Exposure on Performance of and Recovery from High-Intensity, Intermittent Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 19, 1-6.
- Falk, B., Eliakim, A. (2003). Resistance training, skeletal muscle and growth. *Pediatric Endocrinology Reviews*, 1 (2), 120-127.
- Falk, B., Dotan, R. (2005). Is children´s faster recovery from exercise due to a higher metabolite clearance rate? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37 (9), 1641.
- Falk, B., Dotan, R. (2006). Child-Adult Differences in the Recovery from High-Intensity Exercise. *Exercise and Sport Science Reviews*, 34, 107-112.
- Faude, O., Meyer, T. (2008). Methodische Aspekte der Laktatbestimmung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59 (12), 305-309.

- Fernandez, J., Fernandez-Garcia, B., Mendez-Villanueva, A. et al. (2005). Activity patterns, lactate profiles and ratings of perceived exertion (RPE) during a professional tennis singles tournament. In M. Crespo, P. McInerney, D. Miley (Hrsg.), *Quality coaching for the future. 14th ITF worldwide coaches workshop*. London: ITF.
- Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., Pluim, B.M. (2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, 40 (5), 387-391.
- Fernandez-Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., Fernandez-Garcia, B., Terrados, N. (2007). Match activity and physiological responses during a junior female singles tennis tournament. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 711-716.
- Ferrauti, A., Weber, K., Steinhöfel, L. (1993). Leistungsdiagnostik und –steuerung von Schnelligkeit und Ausdauer im Tennis. *Tennissport*, 4 (6), 4-9.
- Ferrauti, A., Weber, K. (1994). Leistungsdiagnostik der tennisspezifischen Laufschnelligkeit. In R. Brack, A. Hohmann, H. Wiemann (Hrsg.), *Trainingssteuerung: Konzeptionelle und trainingsmethodische Aspekte (Sportwissenschaft und Praxis, Bd. 6, 272-276)*. Stuttgart: Nagelschmid.
- Ferrauti, A., Fust, Ch. (1997). Bedeutung, Diagnostik und Training der tennisspezifischen Laufschnelligkeit. In H.P. Born, N. Hölting, K. Weber (Hrsg.), *Schnelligkeit im Tennis (99-113)*. Hamburg: Czwalina.
- Ferrauti, A. (1999). *Der Energiestoffwechsel im Tennis*. Sankt Augustin: Academia.
- Ferrauti, A., Fust, C., Leyk, D., Weber, K. (1999). Optimierung des Gruppentrainings im Leistungstennis – metabolische und koordinative Aspekte. In N. Hölting, J. Mester (Hrsg.), *Belastung und Regeneration im Tennis (53-66)*. Hamburg: Czwalina.
- Ferrauti, A., Hufnagel, S., Weber, K. (2000). Diagnostik der Laufschnelligkeit. *Tennissport* 11 (3), 17-19.
- Ferrauti, A., Weber, K. (2000). Diagnostik der Schlagschnelligkeit. *Tennissport* 11 (4), 14-17.
- Ferrauti, A., Pluim, B. M., Weber, K. (2001). The effect of recovery duration on running speed and stroke quality during intermittent training drills in elite tennis players. *Journal of Sports Science*, 19, 235-243.
- Ferrauti, A., Weber, K., Wright, P.R. (2003). Endurance: basic, semi-specific and specific. In M. Reid, A. Quinn, M. Crespo (Hrsg.), *Strength and conditioning for tennis (93-111)*. London: ITF.
- Ferrauti, A., Lottermann, S., Laudenklos, P., Pieper, S., Weber, K. (2005). Diagnostik der Laufschnelligkeit im Fußball und Tennis zur Talentsuche und Talentförderung. In J. Mester, S. Knuth (Red.), *Sport ist Spitze: 19. Internationaler Workshop Sportgespräch - Ruhrolympiade 7. und 8. Juni 2004 (155-177)*. Köln: Meyer & Meyer.
- Ferrauti, A., Maier, P., Weber, K. (2006) *Tennis Training (2. Aufl.)*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Ferrauti, A. (2006). Metabolische Aspekte von Training und Wettkampf im Fußball und Tennis. In K. Weber, D. Augustin, P. Maier, K. Roth (Hrsg.), *Wissenschaftlicher Transfer für die Praxis der Sportspiele. Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (77-88)*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Ferrauti, A., Bastiaens, K. (2007). Short-term effects of light and heavy load interventions on service velocity and precision in elite young tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 750-753.

- Fleischer, H. (1988). Grundlagen der Statistik. Studienbrief der Trainerakademie Köln des Deutschen Sportbundes Band 15. Schorndorf: Hofmann.
- Fournier, M., Ricci, J., Taylor, A.W., Ferguson, R.J., Montpetit, R.R., Chaitman, B.R. (1982). Skeletal muscle adaption in adolescent boys: sprint and endurance training and detraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14 (6), 453-456.
- Friedrich, W., Moeller, H. (1999). Zum Problem der Superkompensation. *Leistungssport*, 29 (5), 52-55.
- Fröhner, G. (1993). Die Belastbarkeit als zentrale Größe im Nachwuchstraining. Münster: Philippka.
- Fry, R.W., Morton, A.R., Keast, D. (1991). Overtraining in athletes. An update. *Sports Medicine*, 12 (1), 32-65.
- Fuchslocher, J., Romann, M. (2009). Ein Talentselektions-Instrument für den Nachwuchsleistungssport: „PISTE“. In G. Neumann (Red.), *Talentdiagnose und Talentprognose im Nachwuchsleistungssport*. 2. BISp-Symposium: Theorie trifft Praxis (151-154). Köln: Sportverlag Strauß.
- Fukunaga, T., Funato, K., Ikegawa, S. (1992). The effects of resistance training on muscle area and strength in prepubescent age. *Ann. Physiol. Anthropol.*, 11 (3), 357-364.
- Fust, Ch., Ferrauti, A., Hufnagel, S., Weber, K. (1997). Möglichkeiten und Grenzen der Schnelligkeitsdiagnostik mittels eines tennisspezifischen Testverfahrens. In H.P. Born, N. Hölting, K. Weber (Hrsg.), *Schnelligkeit im Tennis* (87-98). Hamburg: Czwalina.
- Fust, Ch., Kleinöder, H. (1997). Analyse der Beinarbeit von Nachwuchsspielerinnen im Vergleich zu Weltklassem Spielern mit Hilfe eines High Speed-Videoverfahrens. In H.P. Born, N. Hölting, K. Weber (Hrsg.), *Schnelligkeit im Tennis* (114-124). Hamburg: Czwalina.
- Fust, C. (1999). Belastungsdosierung im Drilltraining. *Tennissport*, 10 (3), 8-11.

G

- Gabler, H., Reetz, J. (1994). Techniktraining, Taktiktraining, Psychologisches Training – Gemeinsamkeiten und Unterschiede. *Tennissport*, 5 (1), 12-14.
- Gamer, R. (2000). Mit Kraft geht's leichter. *Tennissport*, 11 (4), 12-13.
- Geese, R. (1985). Kraft und Schnelligkeit im Tennissport. In H. Gabler, B. Zein (Red.), *Konditionstraining im Tennis* (36-46). Ahrensburg: Czwalina.
- Geese, R., Hillebrecht, M. (2006). *Schnelligkeitstraining*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Geithner, C., Thomis, M.A., van den Eynde, B., Maes, H.H.M., Loos, R.J.F., Peeters, M., Claessens, A.L.M., Vlietinck, R., Malina, R.M., Beunen, G.P. (2004). Growth in Peak Aerobic Power during Adolescence. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36 (9), 16-24.
- Giffenig, E. (1997). Schlagschnelligkeit im Tennis. In H.P. Born, N. Hölting, K. Weber (Hrsg.), *Schnelligkeit im Tennis* (127-131). Hamburg: Czwalina.

- Girard, O., Lattier, G., Micallef, J.P., Millet, G.P. (2006). Changes in exercise characteristics, maximal voluntary contraction, and explosive strength during prolonged tennis playing. *British Journal of Sports Medicine*, 40 (6), 521-526.
- Gollnick, P.D., Bayly, W.M., Hodgson, D.R. (1986). Exercise intensity, training, diet, and lactate concentration in muscle and blood. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18 (3), 334-339.
- Gomez, J.E. (2000). Growth and Maturation. In J.A. Sullivan, S.J. Anderson (Hrsg.), *Care of the Young Athlete (57-63)*. American Academy of Orthopaedic Surgeons and American Academy of Pediatrics.
- Groppe, J.L., Roetert, E.P. (1992). Applied Physiology of Tennis. *Sports Medicine*, 14 (4), 260-268.
- Grosser, M. (1991). *Schnelligkeitstraining: Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Programme*. München: BLV.
- Grosser, M. (1992). Schnelligkeit und sportliche Leistung. *Tennissport*, 3 (3), 4-6.
- Grosser, M. (1993). Schnelligkeitstraining. *Tennissport*, 4 (3), 4-7.
- Grosser, M. (1997). Trainingswissenschaftliche Aspekte zur Schnelligkeit. In H.P. Born, N. Hölting, K. Weber (Hrsg.), *Schnelligkeit im Tennis (20-27)*. Hamburg: Czwalina.
- Grosser, M., Kraft, H., Schönborn, R. (1998). *Schnelligkeitstraining im Tennis*. Sindelfingen: Schmidt & Dreisilker.
- Grosser, M., Schönborn, R. (2001). *Leistungstennis mit Kindern und Jugendlichen*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Grosser, M., Starischka, S., Zimmermann, E. (2004). *Das neue Konditionstraining*. München: BLV.
- Gruber, W. (2002). Trainingslehre. In H. Hebestreit, R. Ferrari, J. Meyer-Holz, W. Lawrenz, B.-K. Jüngst (Hrsg.), *Kinder- und Jugendsportmedizin (15-26)*. Stuttgart / New York: Thieme.
- Gunkel, J., Hebestreit, H. (2002). Auswirkungen von Training im Kindes- und Jugendalter. In H. Hebestreit, R. Ferrari, J. Meyer-Holz, W. Lawrenz, B.-K. Jüngst (Hrsg.), *Kinder- und Jugendsportmedizin (15-26)*. Stuttgart / New York: Thieme.
- Guy, J.A., Micheli, L.J. (2001). Strength training for children and adolescents. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 9 (1), 29-36.
- Güllich, A., Schmidtbleicher, D. (1999). Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50 (7/8), 223-234.

H

- Hahn, E. (1982). *Kindertraining*. München – Wien – Zürich: BLV.
- Harris, S. (2000). Readiness to Participate in Sports. In J.A. Sullivan, S.J. Anderson (Hrsg.), *Care of the Young Athlete (19-24)*. American Academy of Orthopaedic Surgeons and American Academy of Pediatrics.

- Hebestreit, H., Mimura, K.I., Bar-Or, O. (1993). Recovery of muscle power after high-intensity short-term exercise: comparing boys and men. *Journal of Applied Physiology*, (6), 2875-2880.
- Hebestreit, H., Bar-Or, O., McKinty, C., Riddell, M., Zehr, P. (1995). Climate-related corrections for improved estimation of energy expenditure from heart rate in children. *Journal of Applied Physiology*, 79, 47-54.
- Heck, H. (1990) *Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik*. Schorndorf: Hofmann.
- Heck, H., Mader, A., Schulz, H. (1998). Grundlagen der anaeroben Leistungsdiagnostik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 49 (1), 50-55.
- Heck, H., Beneke, R. (2008). 30 Jahre Laktatschwellen – was bleibt zu tun? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59 (12), 297-302.
- Hofstetter, R., Rhodius, U. (2001). Endurance training in school-children. *International Journal of Sports Medicine*, 23 (S2), 93.
- Hollmann, W., Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin: Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin*. Stuttgart: Schattauer.
- Holzer, E., Reischl, G. (1994 a). Trainingsoptimierung im Tennis. *Tennisport*, 5 (5), 9-12.
- Holzer, E., Reischl, G. (1994 b). Trainingsoptimierung im Tennis. *Tennisport* 5 (6), 16-18.
- Holzer, E. (1997). Schnelligkeit im Tennis - Konzeptionelle und trainingsmethodische Aspekte. In H.P. Born, N. Hölting, K. Weber (Hrsg.), *Schnelligkeit im Tennis* (68-86). Hamburg: Czwalina.
- Hooper, S.L., Mackinnon, L.T. (1995). Monitoring Overtraining in Athletes. *Sports Medicine*, 20 (5), 321-327.

I

- Ingle, L., Sleep, M., Tolfrey, K. (2006). The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *Journal of Sports Sciences*, 24 (9), 987-997.

J

- Jacobs, I., Sjödin, B., Svane, B. (1982). Muscle fibre type, cross-sectional area and strength in boys after 4 years endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 123.
- Jenkins, D., Reaburn, P. (2000). *Guiding the young Athlete*. Sydney: Allen & Unwin.
- Jenkins, D. (2000). Training for strength. In D. Jenkins, P. Reaburn (Hrsg), *Guiding the young Athlete* (117-129). Sydney: Allen & Unwin.
- Jeschke, D., Mundinger, A., Heitkamp, H. C., Schuberth, S. (1985). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit bei Tennisspielern. *Leistungssport*, 15 (4), 22-26.
- Joch, R. (1992). *Das sportliche Talent*. Aachen: Meyer & Meyer.

Juel, C. (2004). Laktattransport im Skelettmuskel: Trainingsinduzierte Anpassung und Bedeutung bei körperlicher Belastung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 55 (6), 157-160.

K

Kanehisa, H., Kuno, S., Katsuta, S., Fukunaga, T. (2006). A 2-year follow-up study on muscle size and dynamic strength in teenage tennis players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16 (2), 93-101.

Katch, V.L. (1983). Physical conditioning of children. *Journal of Adolescent Health Care*, 3 (4), 241-246.

Keller, H. (2002). Motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter. In H. Hebestreit, R. Ferrari, J. Meyer-Holz, W. Lawrenz, B.-K. Jüngst (Hrsg.), *Kinder- und Jugendsportmedizin (1-14)*. Stuttgart / New York: Thieme.

Kenttä, G., Hassmén, P. (1998). Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Medicine*, 26 (1), 1-16.

Kenttä, G., Hassmén, P., Raglin, J.S. (2001). Training practices and overtraining syndrome in Swedish age-group athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 22 (6), 460-465.

Keul, J., Berg, A., Stockhausen, W., Jakob, E. (1992). Tennis: Physiologische Grundlagen, ärztliche Betreuung, leistungsfördernde Maßnahmen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 43 (5), 220-227.

Kindermann, W., Schnabel, A., Schmitt, W.M., Flöthner, K., Biro, G., Lehmann, M. (1981). Verhalten von Herzfrequenz und Metabolismus beim Tennis und Squash. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 32 (9), 229-238.

Kleinöder, H., Mester, J. (1991 a). Krafttraining im Tennis – Auswirkungen auf die Bewegungsschnelligkeit. *Tennissport*, 2 (5), 4-7.

Kleinöder, H., Mester, J. (1991 b). Die Praxis des Krafttrainings im Tennis. *Tennissport*, 2 (5), 16-20.

Kleinöder, H., Mester, J. (2000). Schnell ist die Devise. *Tennissport*, 11 (3), 20-21.

Kleinöder, H., Kraft, H. (2005). Mit Kraft zum Ziel. *Tennissport*, 16 (2), 4-9.

Klimek, A., Cempla, J. (2004). Veränderungsdynamik von ausgewählten physiologischen Parametern während 30 Sekunden langen Intervallbelastungen bei Jugendlichen in der Vor- und Nachpubertätsphase. *Österreichisches Journal für Sportmedizin*, 34 (3), 24-31.

Knisel, E. (1997). Belastungsdosierung im Techniktraining. *Tennissport*, 8 (4), 26.

Knödel, M. (2007). Krafttraining auf dem Tennisplatz. *Tennissport*, 18 (2), 4-11.

Kobayashi, K., Kitamura, K., Miura, M., Sodeyama, H., Murase, Y., Miyashita, M., Matsui, H. (1978). Aerobic power as related to body growth and training in Japanese boys: a longitudinal study. *Journal of Applied Physiology*, 44 (5), 666-672.

Koinzer, K. (1987). Energetischer Metabolismus und dessen hormonelle Steuerung bei Kindern und Jugendlichen. *Medizin und Sport*, 27 (7), 208-210.

- Kollath, E., Merheim, G., Braunleder, A., Kleinöder, H. (2006). Sprintschnelligkeit und Sprungkraft von jugendlichen Leistungs-Fußballern. *Leistungssport*, 36 (3), 25-28.
- Kornmayer, A., Spitzenpfeil, P., Gäbe, M., Herdener, L., Wunderlich, P. (2009). Talentdiagnostik und -förderung am Beispiel des FC Bayern München Junior Teams. In G. Neumann (Red.), *Talentdiagnose und Talentprognose im Nachwuchsleistungssport. 2. BISP-Symposium: Theorie trifft Praxis* (129-130). Köln: Sportverlag Strauß.
- Kovacs, M.S. (2004). A comparison of work-rest intervals in men's professional tennis. *Medicine and Science in Tennis*, 9(3), 10-11.
- Kovacs, M.S. (2006). Applied physiology of tennis performance. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 381-386.
- Kovacs, M.S. (2007a). Tennis Physiology: Training the Competitive Athlete. *Sports Medicine*, 37 (3), 189-198.
- Kovacs, M.S., Pritchett, R., Wickwire, P.J., Green, J.M., Bishop, P. (2007b). Physical performance changes after unsupervised training during the autumn/spring semester break in competitive tennis players. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 705-710.
- König, D., Huonker, M., Schmidt, A., Halle, M., Berg, A., Keul, J. (2001). Cardiovascular, metabolic, and hormonal parameters in professional tennis players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33 (4), 654-658.
- Kuno, S., Takahashi, H., Fujimoto, K., Akima, H., Miyamaru, M., Nemoto, I., Itai, Y., Katsuta, S. (1995). Muscle metabolism during exercise using phosphorus-31 nuclear magnetic resonance spectroscopy in adolescents. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 70, 301-304.
- Krahl, H., Mester, J., Weber, K. (2000a). Schwerpunkt-Thema: Leistungsdiagnostik. *Tennissport*, 11 (3), 4-5.
- Krahl, H., Görlich, P., Hoogland, M., Leicher, C. (2000b). Reicht die Kraft fürs Tennis? *Tennissport*, 11 (3), 10-11.
- Kuipers, H., Keizer, H.A. (1988). Overtraining in Elite Athletes. *Sports Medicine*, 13 (6), 79-92.
- Küster, M. (2002). Theoretische und empirische Untersuchungen zum motorischen Leistungsvermögen 12- bis 14jähriger Schulkinder. Aachen: Shaker Verlag.

L

- Lames, M., Augste, C., Dreckmann, C., Görsdorf, K., Schimanski, M. (2008). Der „Relative Age Effect“: Neue Hausaufgaben für den Sport. *Leistungssport*, 38 (6), 4-9.
- Lames, M., Augste, C. (2009). Der relative Alterseffekt – Hausaufgaben für die Verbände. In G. Neumann (Red.), *Talentdiagnose und Talentprognose im Nachwuchsleistungssport. 2. BISP-Symposium: Theorie trifft Praxis* (95-96). Köln: Sportverlag Strauß.
- Landlinger, J., Benko, U. (2006). Entwicklung eines tennisspezifischen Schnelligkeitstests für die Armbewegung. In K. Weber, D. Augustin, P. Maier, K. Roth (Hrsg.), *Wissenschaftlicher Transfer für die Praxis der Sportspiele. Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft* (12-20). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Lehmacher, H., Kleinöder, H. (2000). Nur die Jüngsten überzeugten. *Tennissport*, 11 (4), 9-11.

- Lehmann M., Foster, C., Keul, J. (1993). Overtraining in endurance athletes: a brief review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25 (7), 854-862.
- Lehmann, M.J., Steinacker, J.M., Gastmann, U. (1998). Vom Übertraining zur Leistungsminderung oder Superkompensation. *Sportorthopädie – Sporttraumatologie*, 14 (4), 181-184.
- Lehnertz, K. (1985). Blutlaktat und Trainingssteuerung im schnellkoordinativen Bereich. *Leistungssport*, 15 (1), 29-33.
- LeMura, L.M., von Duvillard, S.P., Hadduck, S., Carlonas, R.L. (1998). Endurance Training and VO_2 max in Children: A Meta-Analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30 (5), 152.
- Leyk, D., Baum, K., Wamser, P., Selle, K., Hoffmann, U., Eßfeld, D. (1996). Laktatkonzentrationen bei intervallartiger Belastung: Squash als Beispiel für konstante Laktatniveaus oberhalb von 4 mmol/l. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 47 (11/12), 551-554.
- Liebhardt, M., Pichler, W. (1994). Neue Möglichkeiten im aeroben Ausdauertraining beim Tennis. *Tennissport*, 5 (3), 4-6.
- Löllgen, H. (2004). Das Anstrengungsempfinden (RPE, Borg-Skala). *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 55 (11), 299-300.

M

- Maassen, N., Böning, D. (2008). Physiologische „Nebenwirkungen“ der Milchsäure. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59 (12), 292-296.
- Macek, M., Mackova, J. (1994). Aerobic and anaerobic energy output in children. *Sbornik Lekarsky*, 95 (2), 95-99.
- Mair, H. (1997). Talentförderung im Tennis. *Tennissport*, 8 (3), 12-13.
- Malina, R. (2006). Weight Training in Youth-Growth, Maturation, and Safety: An Evidence-Based Review. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 16 (6), 478-487.
- Markworth, P. (2002). *Sportmedizin*. Hamburg: Rowohlt.
- Marschand, N. (1997). Fehlerhafte Untersuchungen. *Tennissport*, 7 (4), 27.
- Martin, D., Lehnertz, Carl, K., Lehnertz, K. (1993). *Handbuch Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D., Karoß, S., König, K. (1996). Talentauswahl und -förderung als Bestandteil des Nachwuchstrainingssystems und als Forschungsgegenstand. *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, 3 (1).
- Martin, D., Nicolaus, J. (1997). Die sportliche Leistungsfähigkeit von Kindern und Folgerungen für das Kindertraining. *Leistungssport*, 27 (5), 53-59.
- Martin, D., Nicolaus, J., Ostrowski, C., Rost, K. (1999). *Handbuch Kinder- und Jugendtraining*. Schorndorf: Hofmann.
- Matos, N., Winsley, R.J. (2007). Trainability of young athletes and overtraining. *Journal of Sports Science and Medicine*, 33 (6), 353-367.

- Meen, H.D. (2000). Physical activity in children and adolescents in relation to growth and development. *Tidsskrift for den Norske Laegeforening*, 120 (24), 2908-2914.
- Mellerowicz, H., Matussek, J., Wilke, S., Leier, T., Asamoah, V. (2000). Sportverletzungen und Sportschäden im Kindes- und Jugendalter – eine Übersicht. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51 (3), 78-84.
- Memmert, D. (2009). Zur Taktik-Diagnostik im Nachwuchsleistungssport: Aufwendig, aber hilfreich? In G. Neumann (Red.), *Talentdiagnose und Talentprognose im Nachwuchsleistungssport. 2. BISp-Symposium: Theorie trifft Praxis (131-132)*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Menzi, C., Zahner, L., Kriemler, S. (2007). Krafttraining im Kindes- und Jugendalter. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 55 (2), 38-44.
- Mero, A., Jaakkola, L., Komi, P.V. (1990). Serum hormones and physical performance capacity in young boy athletes during a 1-year training period. *European Journal of Applied Physiology*, 60, 32-37.
- Mersch, F., Stoboy, H. (1989). Strength training and muscle hypertrophy in children. In S. Oseeid und K.H. Carlson (Hrsg.), *International series on sports sciences. Children and exercise XIII (165-192)*. Champaign, Ill.: Human Kinetics.
- Mester, J., Weber, J. (1990). Krafttraining im Tennis – Auswirkungen auf die Koordination?. *Tennissport*, 1 (5), 2-6.
- Mester, J., Perl, J. (2000). Grenzen der Anpassungs- und Leistungsfähigkeit des Menschen aus systemischer Sicht. *Leistungssport*, 30 (1), 43-51.
- Mester, J., Wigger, U., Seifritz, F. (2006). Leistungssport und Wissenschaft: Trainingswissenschaftliche Konzepte im Spannungsfeld zwischen Praxis und Labor. In K. Weber, D. Augustin, P. Maier, K. Roth (Hrsg.), *Wissenschaftlicher Transfer für die Praxis der Sportspiele. Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (12-20)*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Morante, S., Brotherhood, J. (2005). Match Characteristics of Professional Single Tennis. *Medicine & Science in Tennis*. 10 (3), 12-13.
- Morgan, W.P., Brown, D.R., Raglin, J.S., O'Connor, P.J., Ellickson, K.A. (1987). Psychological monitoring of overtraining and staleness. *British Journal of Sports Medicine*, 21, 107-114.
- Mosel, L. (2004). Training oder Match – gleiche Beanspruchung? *Tennissport*, 15 (6), 10-14.
- Müller, E. (1989). Sportmotorische Testverfahren zur Talentauswahl im Tennis. *Leistungssport*, 19 (2), 5-9.
- Müller, J. (2006). Ein ungleiches Paar? *Deutsche Tennis Zeitung*, 16 (3), 24-25.

N

- Nordmann, L. (2009). Stuserhebung der Talentdiagnostik und Talentprognose in Spitzen- und Landesfachverbänden. In G. Neumann (Red.), *Talentdiagnose und Talentprognose im Nachwuchsleistungssport. 2. BISp-Symposium: Theorie trifft Praxis (28-41)*. Köln: Sportverlag Strauß.

O

- Obert, P., Mandigouts, S., Nottin, S., N'Guyen, L.D., Lecoq, A.M. (2003). Cardiovascular responses to endurance training in children: effect of gender. *European Journal of Clinical Investigation*, 33 (3), 199-208.
- O'Donoghue, P. (2001). The most important points in grand slam singles tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72 (2), 125-131.
- O'Donoghue, P. (2001). A notational analysis of elite tennis strategy. *Journal of Sports Science*, 19 (2), 107-115.
- Olivier, N. (1996). *Techniktraining unter konditioneller Belastung*. Schorndorf: Hofmann.
- Ozmun, J.C., Mikesky, A.E., Surburg, P.R. (1994). Neuromuscular adaptations following prepubescent strength training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26 (4), 510-514.

P

- Pate, R.R., Ward, D.S. (1990). Endurance Exercise Trainability in Children and Youth. In W.A. Grana, J.A. Lombardo, B.J. Sharkey, J.A. Stone (Hrsg.), *Advances in Sports Medicine and Fitness (37-55)*. Year Book Medical Publishers Volume 3.
- Pate, R.R., Ward, D.S. (1996). Endurance Trainability of Children and Youth. In O. Bar-Or (Hrsg.), *The Child and Adolescent Athlete (113-129)*. Oxford: Blackwell.
- Payne, V.G., Morrow, J.R. (1993). Exercise and VO_{2max} in children: a meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 64, 305-313.
- Payne, V.G., Morrow, J.R., Johnson, L., Dalton, S.N. (1997). Resistance training in children and youth: a meta-analysis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 68 (1), 80-88.
- Petersen, S.R., Gaul, C. A., Stanton, M.M., Hanstock, C.C. (1999). Skeletal muscle metabolism during short-term, high-intensity exercise in prepubertal and pubertal girls. *Journal of Applied Physiology*, 87 (6), 2151-2156.
- Pfeiffer, R.D., Francis, R.S. (1986). Effects of Strength Training on Muscle Development in prepubescent, Pubescent, and Postpubescent Males. *The Physician and Sportsmedicine*, 14 (9), 134-143.
- Pieper, S., Thauer, D., Zickermann, R., Ferrauti, A., Weber, K. (2003). Einfluss der Belastungsdauer auf die Schlagqualität – Präzision und Schlaggeschwindigkeit – bei Leistungstennispielern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 54 (7/8), 62.
- Pieper, S., Zickermann, R., Fust, C., Weber, K. (2005). Einfluss verschiedener Interventionen auf die Trainingsqualität bei Leistungstennispielern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56 (7/8), 233.
- Pieper, S., Kleinöder, H. (2006). Testverfahren von Schnelligkeits- und Kraftfähigkeiten der Beine. In K. Weber, D. Augustin, P. Maier, K. Roth (Hrsg.), *Wissenschaftlicher Transfer für die Praxis der Sportspiele. Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (347-352)*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Porten, S. (2001). Einfluss der Reizdauer bei Intervallbelastungen im Tennistraining auf metabolische und koordinative Aspekte in Abhängigkeit von der Spielstärke. Diplomarbeit, Deutsche Sporthochschule Köln.

Porten, S. (2004). Krafttraining – aber wie? *Tennissport*, 15 (3), 22-24.

R

Raglin, J., Sawamura, S., Alexiou, S., Hassmén, P., Kenttä, G. (2000). Training Practices and Staleness in 13-18-Year-Old Swimmers: A Cross-Cultural Study. *Pediatric Exercise Science*, 12, 61-70.

Ramsay, J.A., Blimkie, J.R., Smith, K., Garner, S., MacDougall, J.D., Sale, D.G. (1990). Strength training effects in prepubescent boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22 (5), 605-614.

Reaburn, P. (2000). Enhancing recovery. In D. Jenkins, P. Reaburn (Hrsg.), *Guiding the young Athlete* (130-138). Sydney: Allen & Unwin.

Reilly, T., Palmer, J. (1993). Investigations of exercise intensity in male singles lawn tennis. *Journal of Sports Science*, 11, 543-558.

Reuter, K., Buskies, W. (2001). The effects of a soft strength training during childhood and adolescence. *International Journal of Sports Medicine*, 23 (S2), 95.

Rhea, M.R., Alvar, B.A., Burkett, L.N., Ball, S.D. (2003). A Meta-analysis to determine the Dose Response for Strength Development. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35 (3), 456-464.

Rost, R. (1993). Die Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit im Kindes- und Jugendalter. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 44 (2), 72-80.

Rost, K., Martin, D. (1997). Ansätze zur Weiterentwicklung des Nachwuchstrainingssystems im deutschen Spitzensport. *Leistungssport*, 27 (1), 32-33.

Rost, R. (1998). Sportmedizinische Aspekte bei Kindern und Jugendlichen. *Zeitschrift für ärztliche Fortbildung und Qualitätssicherung*, 92 (2), 85-91.

Rowland, T.W. (1985). Aerobic response to endurance training in prepubescent children: a critical analysis. *Medicine and Science in Sports and Medicine*, 17 (5), 493-497.

Rowland, T.W. (1992). Trainability of the cardiorespiratory system during childhood. *Canadian Journal of Sports Sciences*, 17 (4), 259-263.

Rowland, T.W. (1993). Ausdauersport im Kindesalter. In R.J. Shephard, P.-O. Astrand (Hrsg.), *Ausdauer im Sport* (365-373). Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.

Rowland, T.W. (1996). *Developmental Exercise Physiology*. Champaign: Human Kinetics.

Rowland, T.W. (1997). Changes in aerobic fitness following endurance training: Are children's responses inferior to adults'? *Spectrum der Sportwissenschaften*, 9 (2), 7-19.

Rowland, T.W. (2000). Effects of Training on a Child's Body. In J.A. Sullivan, S.J. Anderson (Hrsg.), *Care of the Young Athlete* (57-63). American Academy of Orthopaedic Surgeons and American Academy of Pediatrics.

Rowland, T.W. (2005). *Children's Exercise Physiology*. Champaign: Human Kinetics.

Röcker, K., Dickhuth, H.-H. (2001). Praxis der Laktatmessung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 52 (1), 33-34.

Röcker, K. (2008). Streit um des Kaisers Bart: Welche Laktatschwelle ist die beste? Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 59 (12), 303-304.

S

Sachs, L., Hedderich, J. (2006). Angewandte Statistik (12. Aufl.). Berlin: Springer.

Sadres, E., Eliakim, A., Constantini, N., Lidor, R., Falk, B. (2001). The Effect of Long-Term Resistance Training on Anthropometric Measures, Muscle Strength, and Self Concept in Pre-Pubertal Boys. Pediatric Exercise Science, 13, 357-372.

Sady, S.P. (1986). Cardiorespiratory exercise training in children. Clin. Sports Med., 5 (3), 493-514.

Sailors, M., Berg, K. (1987). Comparison of responses to weight training in pubescent boys and men. J. Sports Med., 27, 30-37.

Sale, D.G. (1989). Strength Training in Children. In C.V. Gisolfi, D.R. Lamb (Hrsg.), Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine (165-216). Indiana: Benchmark.

Saß, H., Vietinghoff, A., Stoll, R. (1997). Zur Verknüpfung konditioneller und technischer Inhalte im Sportspieltraining als wesentliches Element einer ganzheitlich orientierten Technikauffassung. Leistungssport, 27 (3), 4-11.

Schaffelhuber, S. (1999). Belastung und Regeneration im Spitzentennis. In N. Hölting, J. Mester (Hrsg.), Belastung und Regeneration im Tennis (125-127). Hamburg: Czwalina.

Schaper, A., Letzelter, M. (1994). Dimensionen der motorischen Schnelligkeit. Sportwissenschaft, 24 (4), 358-369.

Scheid, V. (1994). Motorische Entwicklung in der mittleren Kindheit. Vom Schuleintritt bis zum Beginn der Pubertät. In J. Baur, K. Bös, R. Singer (Hrsg.), Motorische Entwicklung (276-290). Schorndorf: Hoffmann.

Schmidtbleicher, D. (1994). Entwicklung der Kraft und der Schnelligkeit. In J. Baur, K. Bös, R. Singer (Hrsg.), Motorische Entwicklung (129-142). Schorndorf: Hoffmann.

Schmidtbleicher, D. (2003). Möglichkeiten der Kraftdiagnostik im Fußball. In Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (Hrsg.), Fußball vor der WM 2006: Spannungsbogen zwischen Wissenschaft und Organisation. Ausgewählte Beiträge anlässlich der 19. Jahrestagung der dvs-Kommission Fußball in Kooperation mit dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft in Saarbrücken (Bd. 8, 31-35). Köln: Sport und Buch Strauß.

Schorer, J., Baker, J., Cobley, S., Büsch, D. (2009). Der relative Alterseffekt als Chance? Wenn relativ jüngere Athleten einen Vorteil haben. In G. Neumann (Red.), Talentdiagnose und Talentprognose im Nachwuchsleistungssport. 2. BISp-Symposium: Theorie trifft Praxis (97-99). Köln: Sportverlag Strauß.

Schönborn, R. (1984). Leistungslimitierende und leistungsbestimmende Faktoren im Tennis. In H. Gabler, B. Zein (Red.), Talentsuche und Talentförderung im Tennis (51-75). Ahrensburg: Czwalina.

Schönborn, R. (1993). Schwerpunktsetzung im Tennistraining. Tennissport, 4 (4), 14-18.

Schönborn, R.: (1996). Schnelligkeit im Tennis. Tennissport, 7 (6), 11-13.

- Schönborn, R. (1997a). Training der Schnelligkeit auf dem Tennisplatz am Beispiel des Returns und des Passierballs. In H.P. Born, N. Hölting, K. Weber (Hrsg.), *Schnelligkeit im Tennis* (136-140). Hamburg: Czwalina.
- Schönborn, R. (1997b). Kritische Analyse der DTB-Nachwuchsförderung. *Tennissport*, 8 (6), 6-9.
- Schönborn, R. (1998). Belastungsdosierung im Tennis. *Tennissport*, 9 (3), 8-11.
- Schönborn, R. (2000). *Tennis Techniktraining*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Schönborn, R. (2002). Üben Sie viel – aber bitte das Richtige. *Tennis Magazin*, (7), 44.
- Schönborn (2005). Leistungsabfall – was tun? *Tennissport*, 16 (5), 16-18.
- Schur, M., Lehmacher, H. (2000). Was trainieren sie wirklich? *Tennissport*, 11 (2), 15-16.
- Shephard, R.J. (1992). Effectiveness of Training Programmes for Prepubescent Children. *Sports Medicine*, 13 (3), 194-213.
- Siegenthaler, F., Linder, B., Biaggi, C., Diserent, M. (2006). Neue Impulse für das Konditionstraining. *Tennissport*, 17 (6), 18-21.
- Siewers, M. (2001). Muskeltraining im Kindes- und Jugendalter. *Schleswig-Holsteinisches Ärzteblatt*, (7), 55-60.
- Silva, R.T., Gracitelli, G.C., Saccol, M.F., Frota de Souza Laurino, C., Silva, A.C., Brage-Silva, J.L. (2006). Shoulder strength profile in elite junior tennis players: horizontal adduction and abduction isokinetic evaluation. *British Journal of Sports Medicine*, 40 (6), 513-517.
- Simon, G. (1998). Prinzipien der aeroben Leistungsdiagnostik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 49 (1), 61-63.
- Sinclair, W.H., Crowe, M.J., Spinks, W.L., Leicht, A.S. (2007). Pre-pubertal Children and Exercise in hot and humid environments: A brief review. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 385-392.
- Singh, T., Rhodes, J., Gauvreau, K. (2008). Determinants of Heart Rate Recovery following Exercise in Children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40 (4), 601-605.
- Skorochmonwa, A. (1993). Herzfrequenzprofil im Wettkampftennis russischer Spitzenspieler. *Tennissport*, 4 (4), 9-10.
- Smekal, G., von Duvillard, S.P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., Baron, R., Tschan, H., Bachl, N. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33 (6), 999-1005.
- Stockhausen, W., Weber, K., Born, P., Hinz, H., Krahl, H., Michaelis, U., Pfannkoch, P., Zofka, Z., Keul, J. (1997). Leistungsdiagnostik im Tennis. *Leistungssport*, 26 (5), 34-36.
- Stockhausen, W. (2000 a). Körperliche Entwicklung. *Tennissport*, 11 (3), 12-13.
- Stockhausen, W. (2000 b). Ausdauer. *Tennissport*, 11 (3), 14-16.
- Stojan, S. (1995). Wettkampfmäßig trainieren und arbeiten. *Tennissport*, 6 (5), 10-11.
- Sullivan, J.A., Anderson, S. J. (2000). Care of the Young Athlete. *American Academy of Orthopaedic Surgeons and American Academy of Pediatrics*.

T

- Therminarias, A., Dansou, P., Chirpaz – Oddou, M.F., Gharib, C., Quiron, A. (1991). Hormonal and Metabolic Changes During a Strenuous Tennis Match. Effect of Ageing. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 10-16.
- Thieß, G. (1997). Die Theorie und Methodik des Nachwuchstrainings. *Leistungssport*, 27 (5), 50-52.
- Thienes, G. (1999). Zyklische Schnelligkeit: trainingswissenschaftliche Bestimmung, empirische Befunde, Konsequenzen für die Trainingsgestaltung. *Leistungssport*, 29 (2), 18-22.
- Tidow, G. (1997). Schnelligkeitstraining unter besonderer Berücksichtigung der Krafftähigkeit. In H.P. Born, N. Hölting, K. Weber (Hrsg.), *Schnelligkeit im Tennis* (45-67). Hamburg: Czwalina.
- Tolfrey, K. (2007). Responses to training. In N. Armstrong (Hrsg.), *Paediatric Exercise Physiology* (213-234). Elsevier: Churchill, Livingstone.
- Tsolakis, C.K., Vagenas, G.K., Dessypris, A.G. (2004). Strength Adaptions and Hormonal Responses to Resistance Training and Detraining in Preadolescent Males. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (3), 625-629.

U

- Urhausen, A., Kullmer, T., Schillo, C., Kindermann, W. (1988). Leistungsdiagnostik im Tennis. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 39 (9), 340–346.
- Urhausen, A., Kindermann, W. (2002). Übertraining. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 52 (4), 121-122.

V

- Vaccaro, P., Mahon, A. (1987). Cardiorespiratory responses to endurance training in children. *Sports Medicine*, 4 (5), 352-363.
- Van Dam, B., Pruijboom, L. (1992). Kontralaterales Training zur Steigerung der Schlagpräzision. *Tennissport*, 3 (1), 4-7.
- Vergauwen, L., Arthurs, J., Spaepen, J., Lefevre, J., Hespel, P. (1998). Evaluation of stroke performance in tennis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30 (8), 1281-1288.
- Viru, A. (1993). Der Mechanismus von Training und Adaptation. *Leistungssport*, 23 (5), 5-8.
- Vogel, R. (2001). Übertraining: Begriffserklärungen, ätiologische Hypothesen, aktuelle Trends und methodische Limiten. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 49 (4), 154-162.
- Voss, G., Werthner, R. (1994). Leistungs- und Talentdiagnostik - Konsequenzen aus dem neuen Schnelligkeitstraining. *Leistungssport*, 24 (4), 12-21.
- Vrijens, J. (1978). Muscle strength development in the pre- and post-pubescent age. *Med. Sport*, 11, 152-158.

W

- Washington, R.L., Bernhardt, D.T. (2001). Strength Training by Children and Adolescents. *Pediatrics*, 107 (6), 1470-1472.
- Weber, K., Hollmann, W. (1984). Neue Methoden zur Diagnostik und Trainingssteuerung der tennisspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. In H. Gabler, B. Zein (Red.), *Talentsuche und Talentförderung im Tennis (186-195)*. Ahrensburg: Czwalina.
- Weber, K. (1985 a). Stellenwert des Konditionstrainings im Leistungstennis. In H. Gabler, B. Zein (Red.), *Konditionstraining im Tennis (9-25)*. Ahrensburg: Czwalina.
- Weber, K. (1985 b). Ausdauertraining im Leistungstennis. In H. Gabler, B. Zein (Red.), *Konditionstraining im Tennis (47-69)*. Ahrensburg: Czwalina.
- Weber, K. (1987). *Der Tennissport aus internistisch – sportmedizinischer Sicht*. (Schriften der Deutschen Sporthochschule Köln Bd. 20). Sankt Augustin: Richarz.
- Weber, K., Ferrauti, A. (2002). Analyse des Beanspruchungsprofils im Tennissport aus leistungsphysiologischer Sicht. Persönliche Mitteilung.
- Weber, K., Ferrauti, A., Ünal, A., Porten, S., Rochelt, S. (2002 a). Einfluss der Reizdauer auf die Qualität der Grundlinienschläge im Tennistraining. Persönliche Mitteilung.
- Weber, K., Ferrauti, A., Fust, C., Ünal, A., Porten, S., Rochelt, S. (2002 b). Optimierung der Qualität im Tennistraining mit Kleingruppen. Persönliche Mitteilung.
- Weber, K., Pieper, S., Fust, C. (2006). Rewards and sanctions to enhance stroke quality in tennis training. *Medicine & Science in Tennis*, 11 (3), 34-36.
- Weigelt, S. (1995). Zum trainingswissenschaftlichen Modell der Schnelligkeit. In J. Nicolaus, K.W. Zimmermann (Red.), *Sportwissenschaft interdisziplinär (149-160)*. Kassel.
- Weineck, J. (2000). *Optimales Training – Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Erlangen: Spitta.
- Weineck, J. (2002). *Sportbiologie (8. Aufl.)*. Erlangen: Spitta.
- Welsman, J.R., Armstrong, N., Withers, S. (1997). Responses of young girls to two modes of aerobic training. *British Journal of Sports Medicine*, 31, 139-142.
- Weltman, A., Janney, C., Rians, C.B., Strand, K., Berg, B., Tippitt, S., Wise, J., Cahill, B.R., Katch, F.I. (1986). The effects of hydraulic resistance strength training in pre-pubertal males. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18 (6), 629-638.
- Werthner, R. (2001) Sportmotorische Leistungsdiagnostik als Grundlage für Selektionsentscheidungen bzw. eine prognostisch orientierte „Talent“-Förderung im Fußball. *Österreichisches Journal für Sportmedizin*, 31 (2), 6-12.
- Williams, C.A., Armstrong, N., Powell, J. (2000). Aerobic responses of prepubertal boys to two modes of training. *British Journal of Sports Medicine*, 34 (3), 168-173.
- Wilmore, J.H., Costill, D.L. (2005). *Physiology of Sport and Exercise (Third Edition)*. Champaign: Human Kinetics.
- Wohlmann, R., Liebhardt, M. (1999a). Belastungsdosierung im Techniktraining. In N. Hölting, J. Mester (Hrsg.), *Belastung und Regeneration im Tennis (67-75)*. Hamburg: Czwalina.

Wohlmann, R., Liebhardt, M. (1999b). Belastungsdosierung im Techniktraining. *Tennissport*, 10 (3), 12-16.

Wohlmann, R. (2006). Analysemöglichkeiten. *Tennissport*, 17 (2), 16-21.

Z

Zanconato, S., Buchthal, S., Barstow, T.J., Cooper, D.M. (1993). P-magnetic resonance spectroscopy of leg muscle metabolism during exercise in children and adults. *J. Appl. Physiol.*, 74, 2214-2218.

Zauner, C.W., Maksud, M.G., Melichna, J. (1989). Physiological considerations in training young athletes. *Sports Medicine*, 8 (1), 15-31.

6 Anhang

Im Folgenden sind zusätzliche, im empirischen Teil nicht aufgeführte Befunde der im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchungen in tabellarischer und graphischer Form ergänzend dargestellt.

6.1 Tennisuntersuchung spielnah

Tab. 49: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur **muskulären Leistungsbereitschaft der Beine (MLB)** für die Gesamtgruppe während des **Vorhand-Winner longline** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Muskuläre Leistungsbereitschaft Beine (MLB-Skala)			8er Serie	4er Serie	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Ruhe	\bar{x}	7,7	7,5	0,679
		$\pm s$	1,8	1,7	
		Max	10	10	
		Min	4	4	
	32 Bälle	\bar{x}	6,3	6,9	0,183
		$\pm s$	2,6	1,4	
		Max	10	10	
		Min	2	4	
	64 Bälle	\bar{x}	5,7	6,8	0,027*
		$\pm s$	2,8	1,2	
		Max	10	10	
		Min	1	5	
	96 Bälle	\bar{x}	5,0	6,8	0,001**
		$\pm s$	2,3	1,3	
		Max	10	10	
		Min	1	4	
p-Wert Zeitpunkte			Ruhe vs. 32, 64, 96: 0,01**	ns	Interaktion 0,016*
			32 vs. 96: 0,01**		

Tab. 50: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur **muskulären Leistungsbereitschaft der Beine (MLB)** für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Muskuläre Leistungsbereitschaft Beine (MLB-Skala)			4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Beginn	\bar{x}	6,8	7,4	0,006**
		$\pm s$	2,0	1,2	
		Max	10	10	
		Min	3	5	
	32 Bälle	\bar{x}	5,8	6,9	0,006**
		$\pm s$	2,1	1,4	
		Max	10	10	
		Min	2	4	
	64 Bälle	\bar{x}	5,3	6,7	0,006**
		$\pm s$	2,4	1,6	
		Max	10	10	
		Min	1	4	
p-Wert Zeitpunkte			0,001**	0,001**	Interaktion 0,121

Tab. 51: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur **muskulären Leistungsbereitschaft der Beine (MLB)** für die Gesamtgruppe während des **Freien Spiels „Rückhand umlaufen“** an beiden Untersuchungstagen.

Muskuläre Leistungsbereitschaft Beine (MLB-Skala)			1 x 10 min	5 x 2 min	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Beginn	\bar{x}	6,7	7,5	0,108
		$\pm s$	2,1	1,5	
		Max	10	10	
		Min	3	5	
	Ende	\bar{x}	6,5	6,2	0,473
		$\pm s$	2,3	1,8	
		Max	10	10	
		Min	3	3	
p-Wert Zeitpunkte			0,501	0,001**	Interaktion 0,014*

Tab. 52: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur **zentralen Ermüdung** für die Gesamtgruppe während des **Vorhand-Winner longline** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Zentrale Ermüdung			8er Serie	4er Serie	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Ruhe	\bar{x}	8,4	8,4	0,716
		$\pm s$	1,7	1,6	
		Max	10	10	
		Min	5	5	
	32 Bälle	\bar{x}	8,2	8,3	0,716
		$\pm s$	2,0	1,8	
		Max	10	10	
		Min	4	3	
	64 Bälle	\bar{x}	8,0	8,2	0,716
		$\pm s$	2,2	1,8	
		Max	10	10	
		Min	3	4	
	96 Bälle	\bar{x}	7,9	8,0	0,716
		$\pm s$	2,3	1,9	
		Max	10	10	
		Min	3	3	
p-Wert Zeitpunkte			0,073	0,073	Interaktion 0,703

Tab. 53: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur **zentralen Ermüdung** für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Zentrale Ermüdung			4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich	
Gesamt (n=20)	Beginn	\bar{x}	8,2	8,3	0,189	
		$\pm s$	1,8	1,8		
		Max	10	10		
		Min	5	4		
	32 Bälle	\bar{x}	7,5	8,2	0,026*	
		$\pm s$	2,1	2,1		
		Max	10	10		
		Min	3	2		
	64 Bälle	\bar{x}	7,4	8,0	0,026*	
		$\pm s$	2,7	2,0		
		Max	10	10		
		Min	2	3		
	p-Wert Zeitpunkte			Beginn vs. 32,64: 0,026*	0,189	Interaktion 0,337

Tab. 54: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur **zentralen Ermüdung** für die Gesamtgruppe während des **Freien Spiels „Rückhand umlaufen“** an beiden Untersuchungstagen.

Zentrale Ermüdung			1 x 10 min	5 x 2 min	p-Wert Serienvergleich
Gesamt (n=20)	Beginn	\bar{x}	8,2	8,8	0,356
		$\pm s$	2,0	1,4	
		Max	10	10	
		Min	3	5	
	Ende	\bar{x}	7,4	7,4	0,356
		$\pm s$	3,0	2,5	
		Max	10	10	
		Min	2	2	
p-Wert Zeitpunkte			0,014*	0,014*	Interaktion 0,087

Tab. 55: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur **Laufschwindigkeit (s)** bei der **intensiven Trainingsmethode** für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests.

Laufschwindigkeit (s) Gesamt (n=20)			4er Serie Ball 1-32	4er Serie Ball 33-64	p-Wert Zeitpunkte
Intensives Training (4er Serie)	1. Ball	\bar{x}	1,82	1,80	0,289
		$\pm s$	0,2	0,2	
		Max	2,2	2,2	
		Min	1,6	1,5	
	2. Ball	\bar{x}	2,87	2,83	0,433
		$\pm s$	0,2	0,2	
		Max	3,4	3,2	
		Min	2,5	2,5	
	3. Ball	\bar{x}	6,90	6,70	0,001**
		$\pm s$	0,3	0,3	
		Max	7,4	7,2	
		Min	6,4	6,2	
	4. Ball	\bar{x}	7,84	7,66	0,002**
		$\pm s$	0,3	0,3	
		Max	8,4	8,1	
		Min	7,3	7,0	

Tab. 56: Mittelwerte (\bar{x}), Standardabweichungen ($\pm s$), Maximal- und Minimalwerte sowie Signifikanzen ($p \leq 0,05$ signifikant (*); $p \leq 0,01$ hochsignifikant (**)) zur **Laufschnelligkeit (s)** für die Gesamtgruppe während des **Rückhand-Vorhand Passierball** Tests an beiden Untersuchungstagen.

Laufschnelligkeit (s) Gesamt (n=20)			4er Serie	2er Serie	p-Wert Serienvergleich
32 Bälle	1. Ball	\bar{x}	1,82	1,87	0,001**
		$\pm s$	0,2	0,2	
		Max	2,2	2,2	
		Min	1,6	1,6	
	2. Ball	\bar{x}	2,87	2,90	0,001**
		$\pm s$	0,2	0,2	
		Max	3,4	3,1	
		Min	2,5	2,6	
64 Bälle	1. Ball	\bar{x}	1,80	1,86	0,001**
		$\pm s$	0,2	0,2	
		Max	2,2	2,1	
		Min	1,5	1,5	
	2. Ball	\bar{x}	2,83	2,88	0,001**
		$\pm s$	0,2	0,2	
		Max	3,2	3,1	
		Min	2,5	2,4	
Gesamt	1. Ball	\bar{x}	1,83	1,86	0,001**
		$\pm s$	0,2	0,2	
	2. Ball	\bar{x}	2,85	2,89	0,001**
		$\pm s$	0,2	0,2	
p-Wert Zeitpunkte			32 vs. 64: 0,068	32 vs. 64: 0,068	Interaktion 0,345

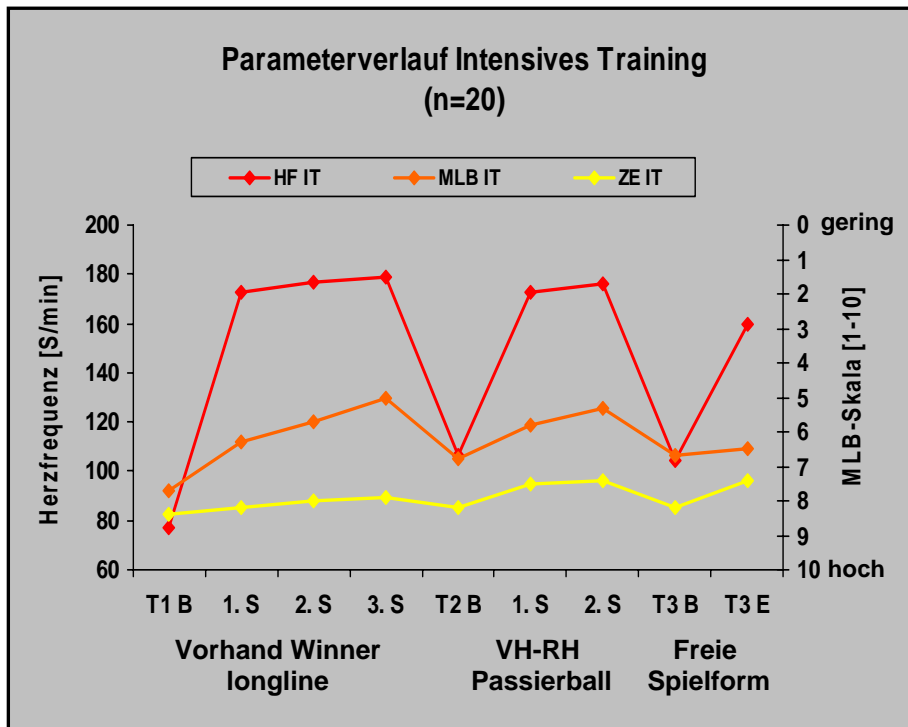


Abb. 66: Parameterverlauf von Herzfrequenz (HF), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der intensiven Trainingsmethode (IT).

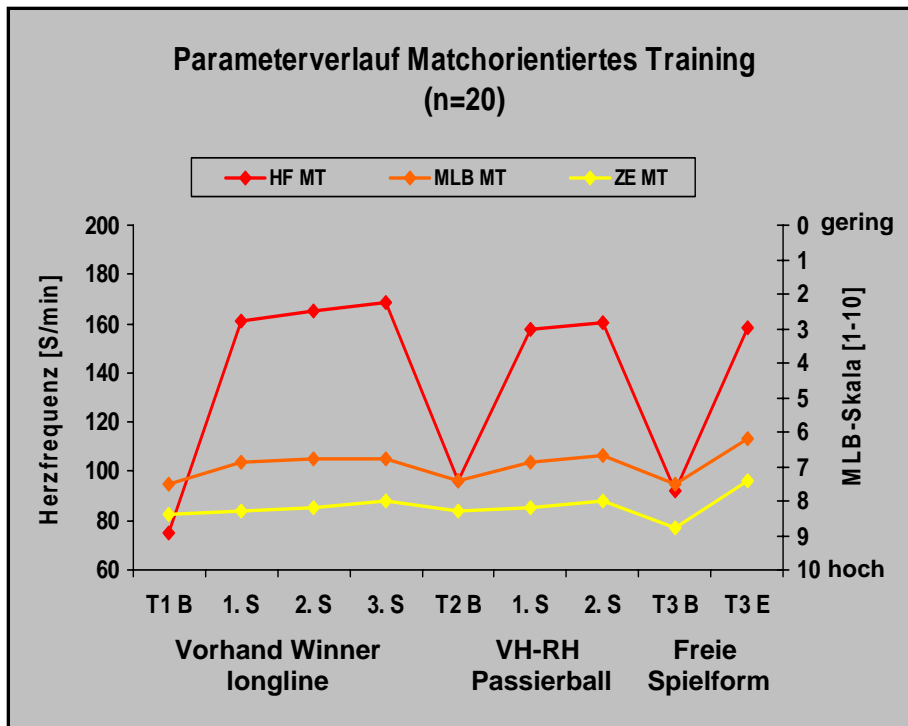


Abb. 67: Parameterverlauf von Herzfrequenz (HF), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der matchorientierten Trainingsmethode (MT).

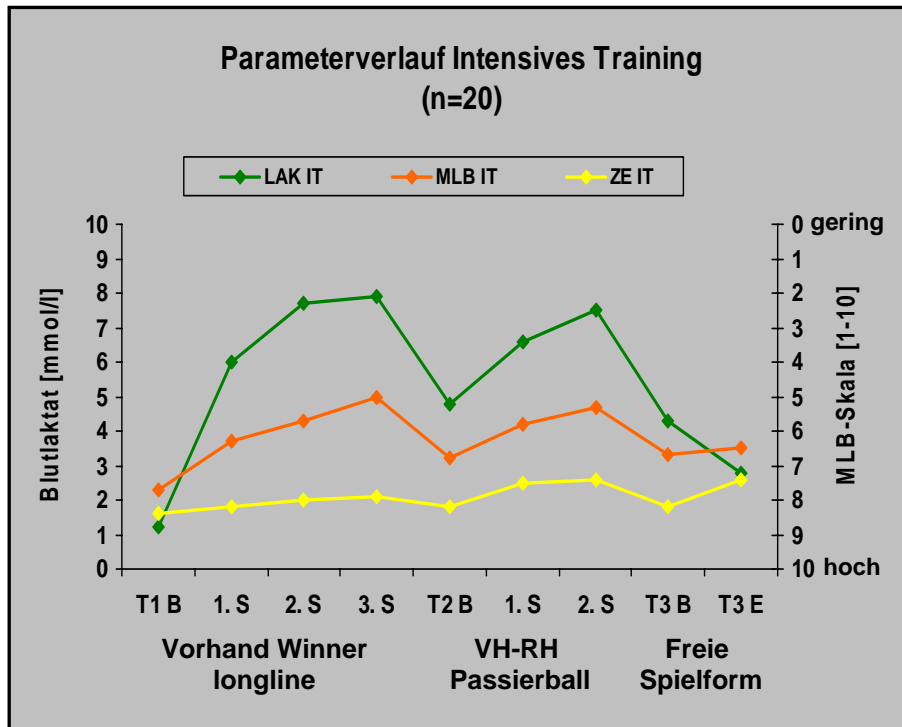


Abb. 68: Parameterverlauf von Blutlaktat (LAK), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der intensiven Trainingsmethode (IT).

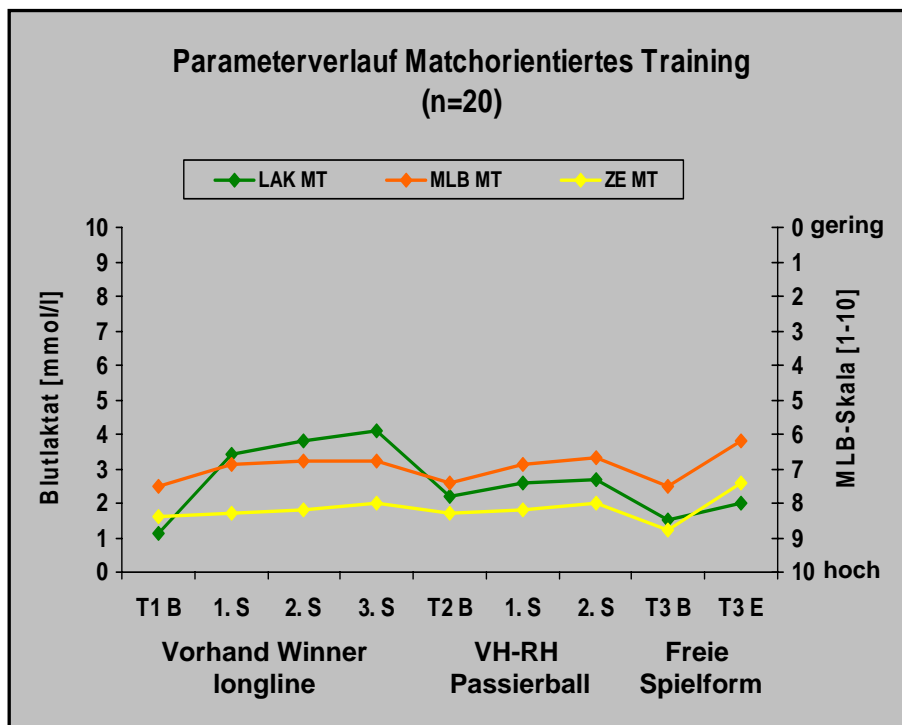


Abb. 69: Parameterverlauf von Blutlaktat (LAK), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der matchorientierten Trainingsmethode (MT).

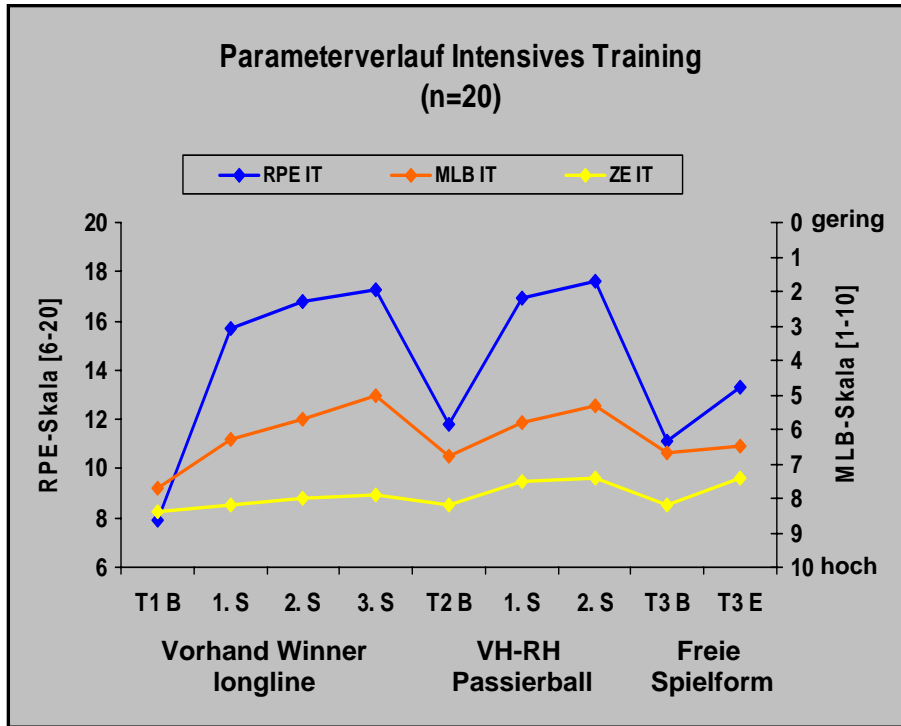


Abb. 70: Parameterverlauf von Subjektivem Belastungsempfinden (RPE), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der **intensiven Trainingsmethode (IT)**.

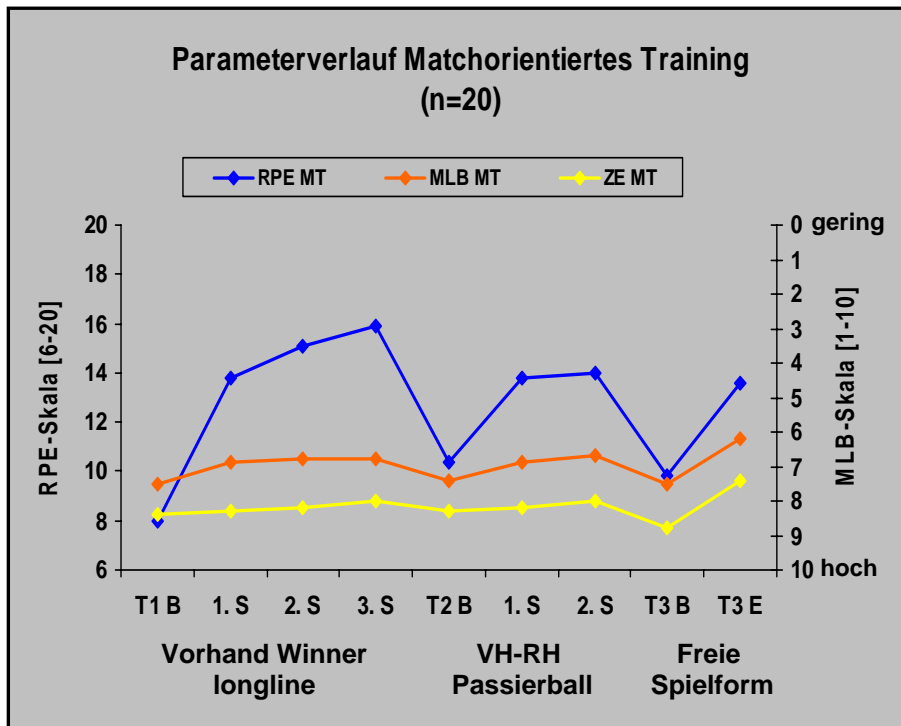


Abb. 71: Parameterverlauf von Subjektivem Belastungsempfinden (RPE), muskulärer Leistungsbereitschaft Beine (MLB) und zentraler Ermüdung (ZE) für die Gesamtgruppe bei der **match-orientierten Trainingsmethode (MT)**.

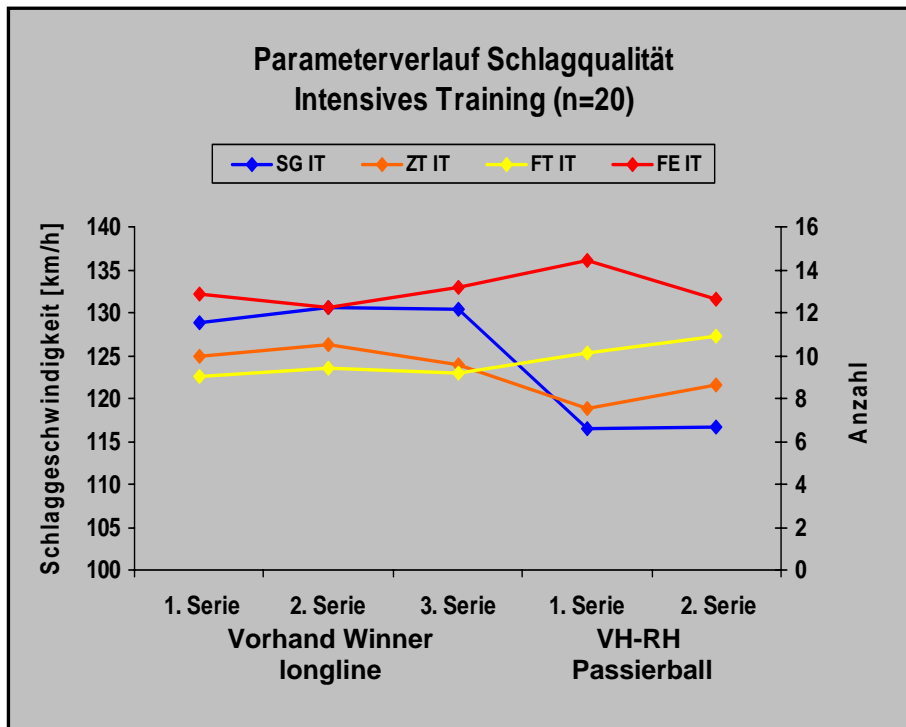


Abb. 72: Parameterverlauf von Schlaggeschwindigkeit (SG), Zieltreffern (ZT), Feldtreffern (FT) und Fehlern (FE) für die Gesamtgruppe bei der intensiven Trainingsmethode (IT).

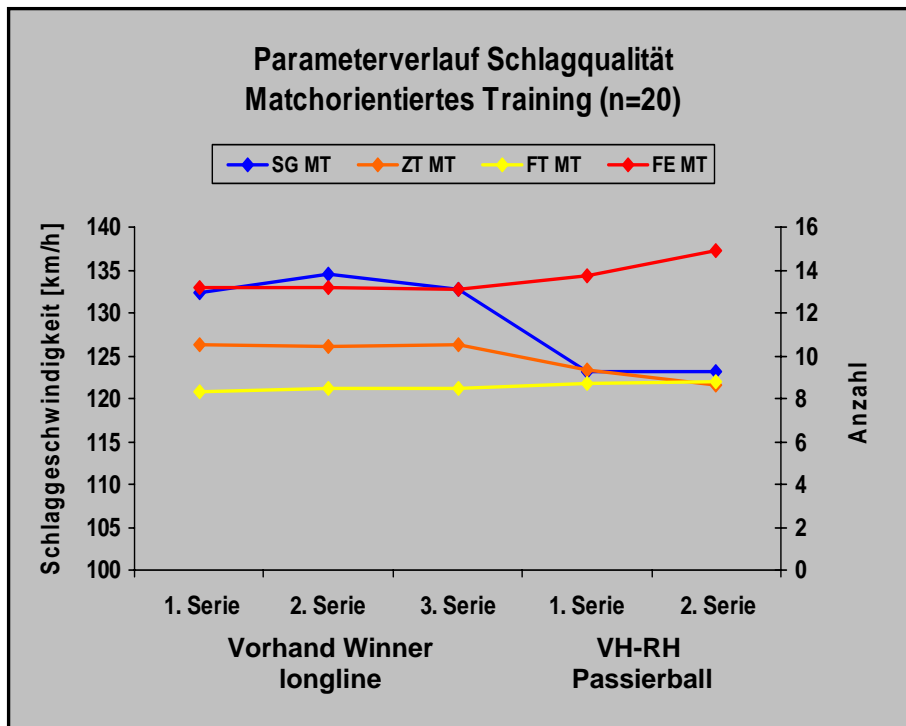


Abb. 73: Parameterverlauf von Schlaggeschwindigkeit (SG), Zieltreffern (ZT), Feldtreffern (FT) und Fehlern (FE) für die Gesamtgruppe bei der matchorientierten Trainingsmethode (MT).

6.2 Tennisspezifische Testverfahren – DTB-Talent-Cup (U12)

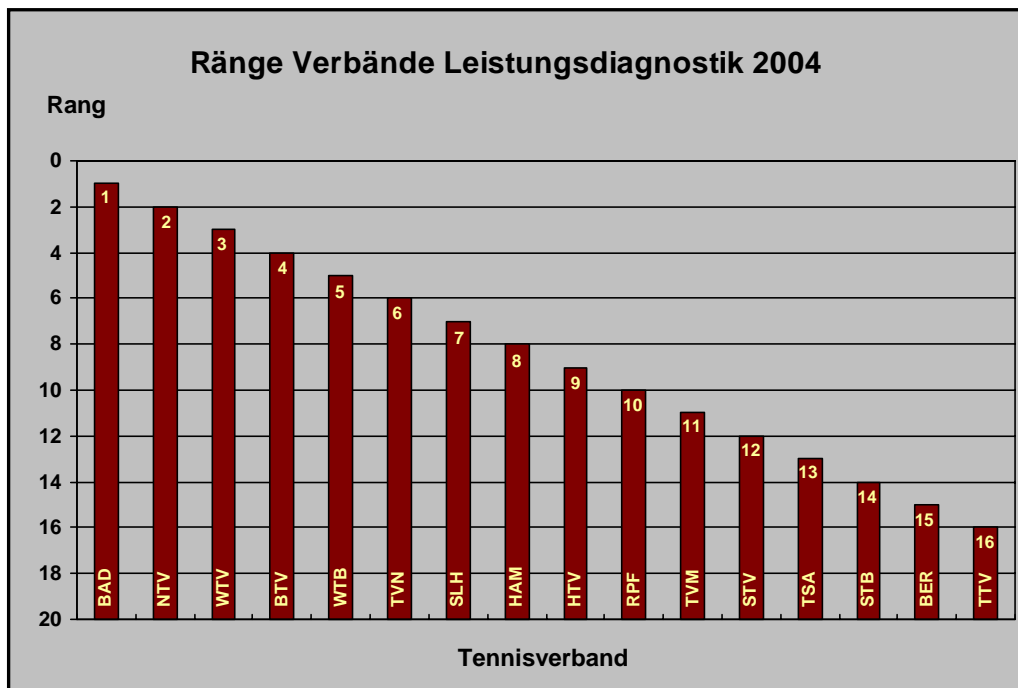


Abb. 74: Ränge der teilnehmenden Verbände bei der Leistungsdiagnostik im Rahmen des DTB-Talent-Cups 2004.

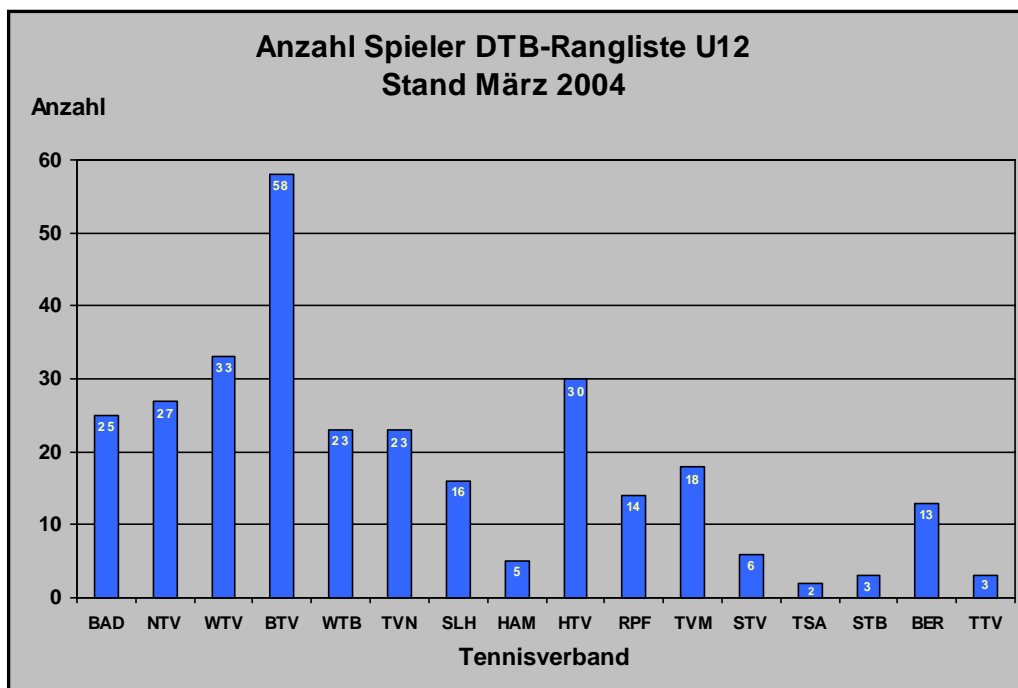


Abb. 75: Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2004 auf der DTB-Rangliste U12 Stand März 2004.

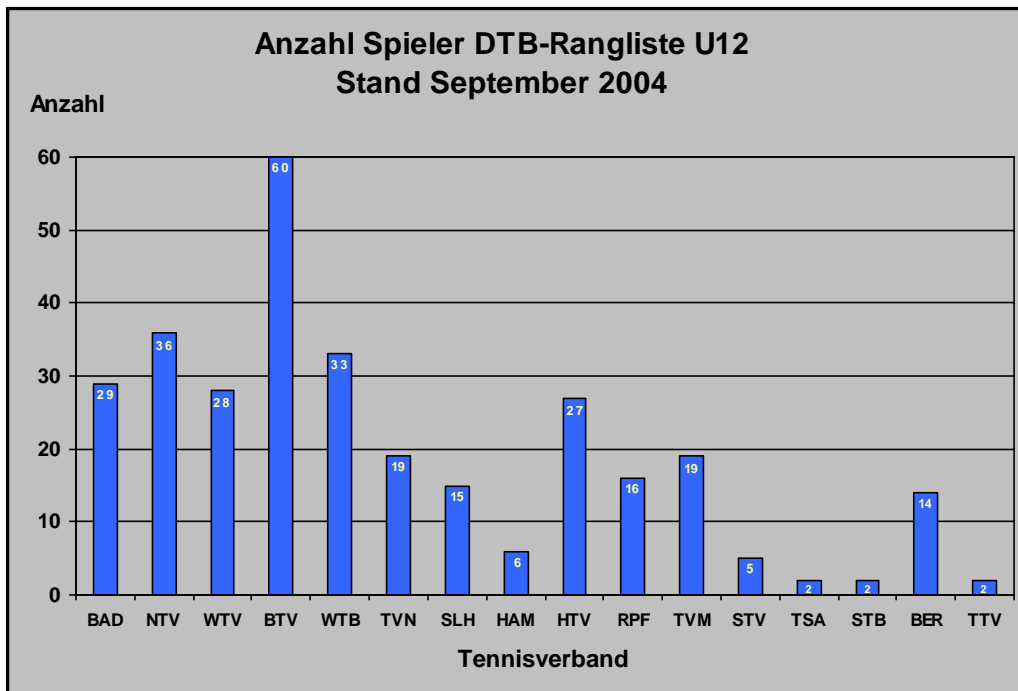


Abb. 76: Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2004 auf der DTB-Rangliste U12 Stand September 2004.

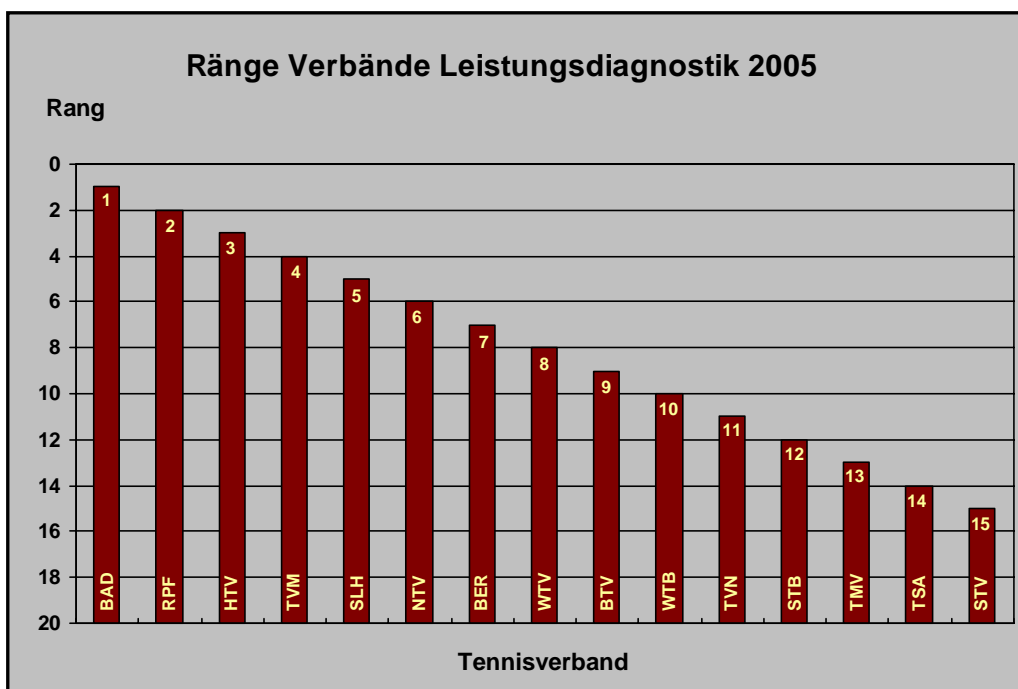


Abb. 77: Ränge der teilnehmenden Verbände bei der Leistungsdiagnostik im Rahmen des DTB-Talent-Cups 2005.

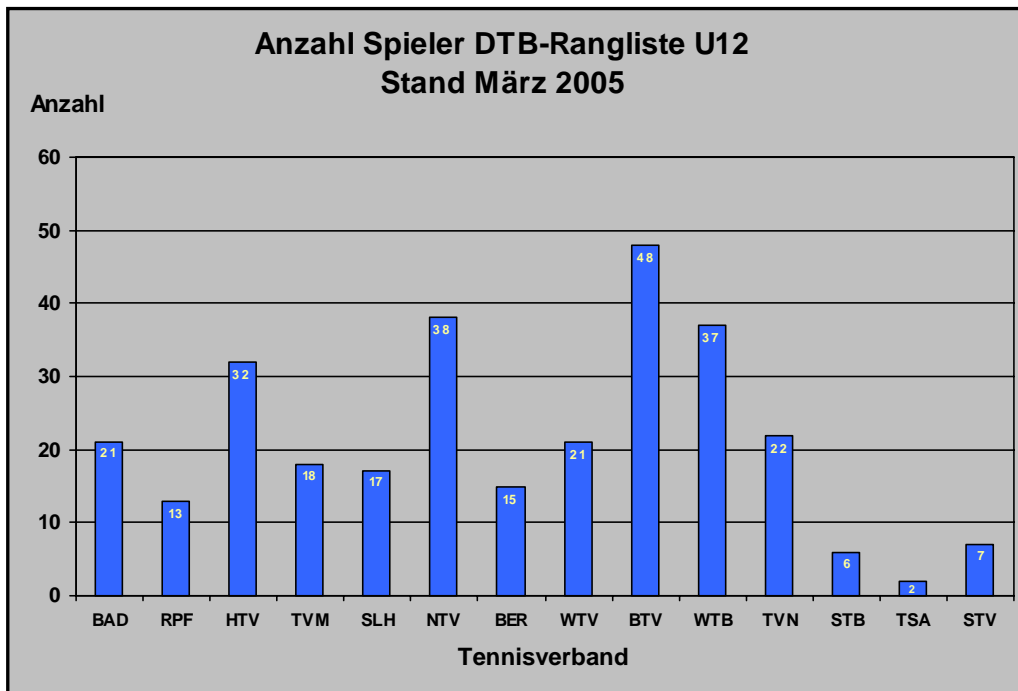


Abb. 78: Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2005 auf der DTB-Rangliste U12 Stand März 2005.

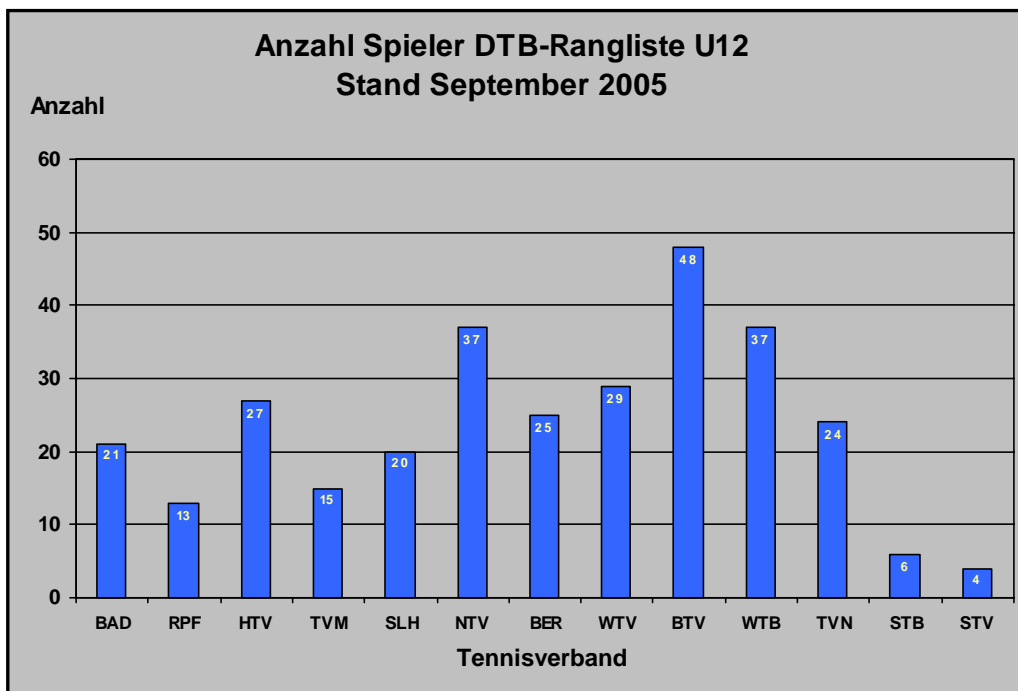


Abb. 79: Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2005 auf der DTB-Rangliste U12 Stand September 2005.

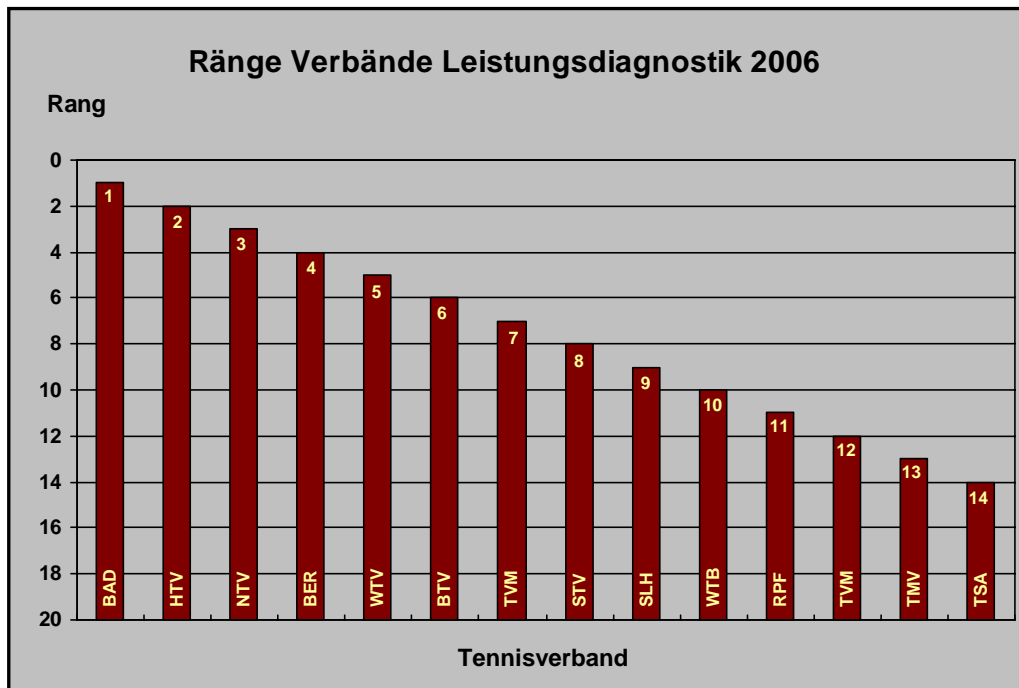


Abb. 80: Ränge der teilnehmenden Verbände bei der Leistungsdiagnostik im Rahmen des DTB-Talent-Cups 2006.

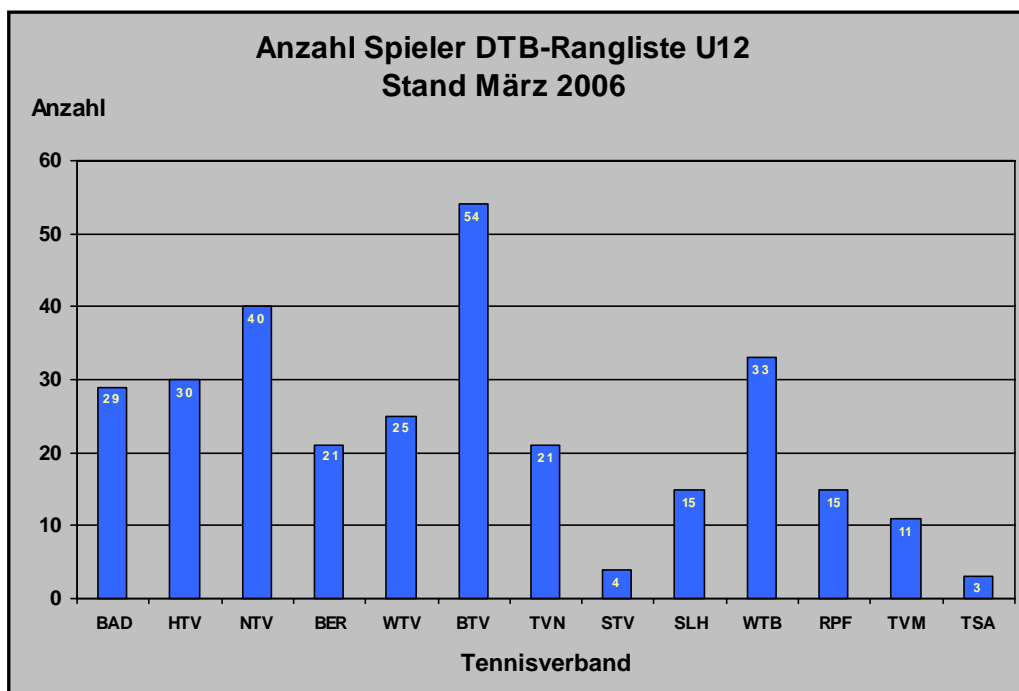


Abb. 81: Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2006 auf der DTB-Rangliste U12 Stand März 2006.

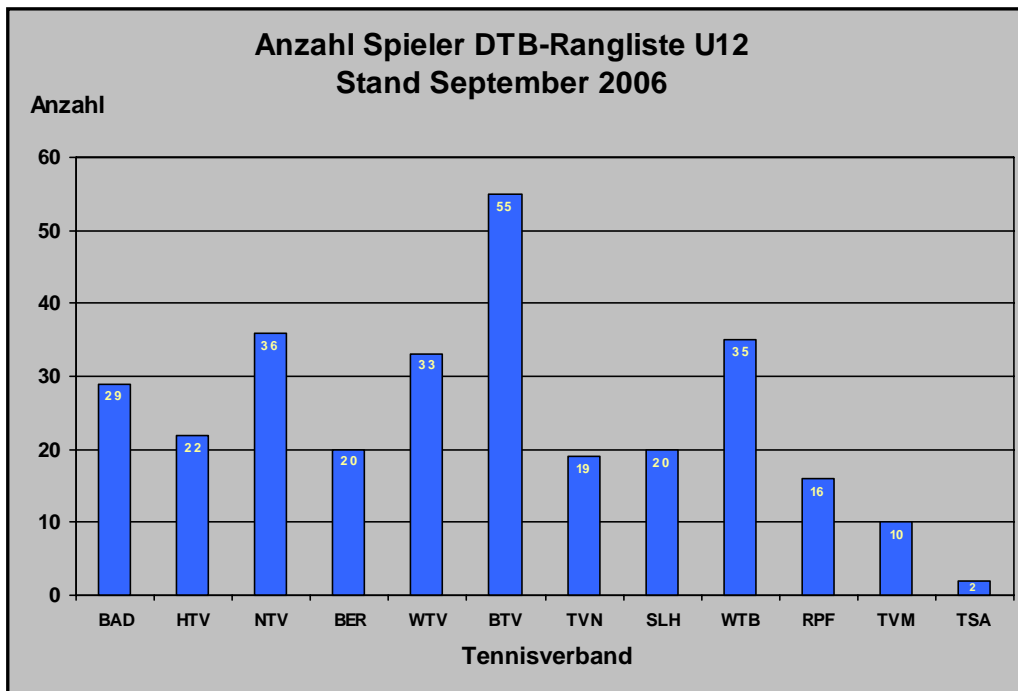


Abb. 82: Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2006 auf der DTB-Rangliste U12 Stand September 2006.

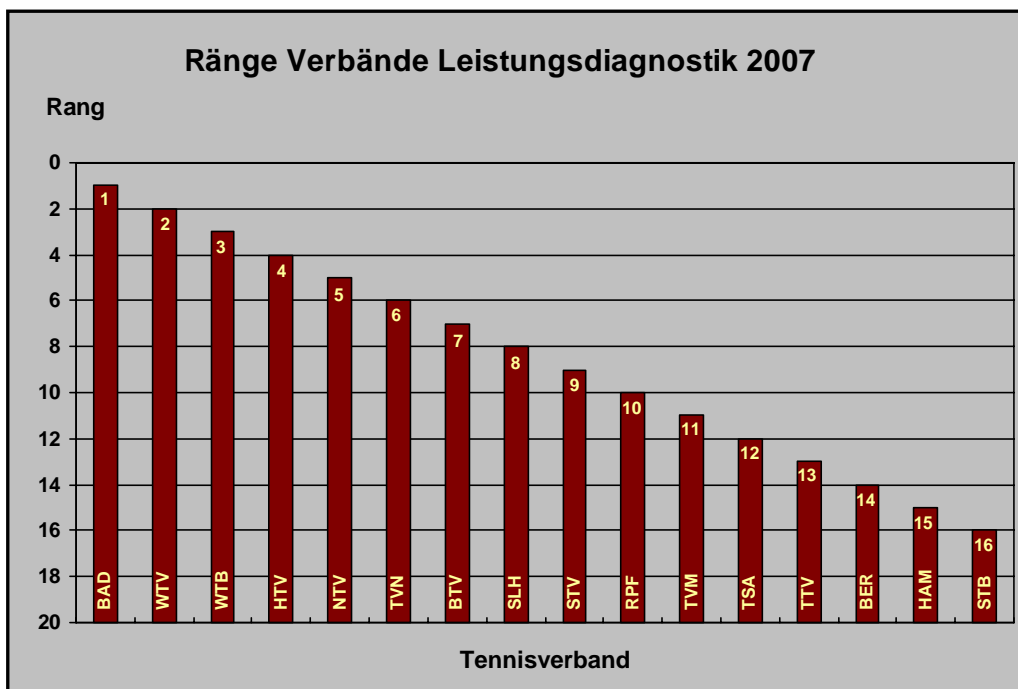


Abb. 83: Ränge der teilnehmenden Verbände bei der Leistungsdiagnostik im Rahmen des DTB-Talent-Cups 2007.

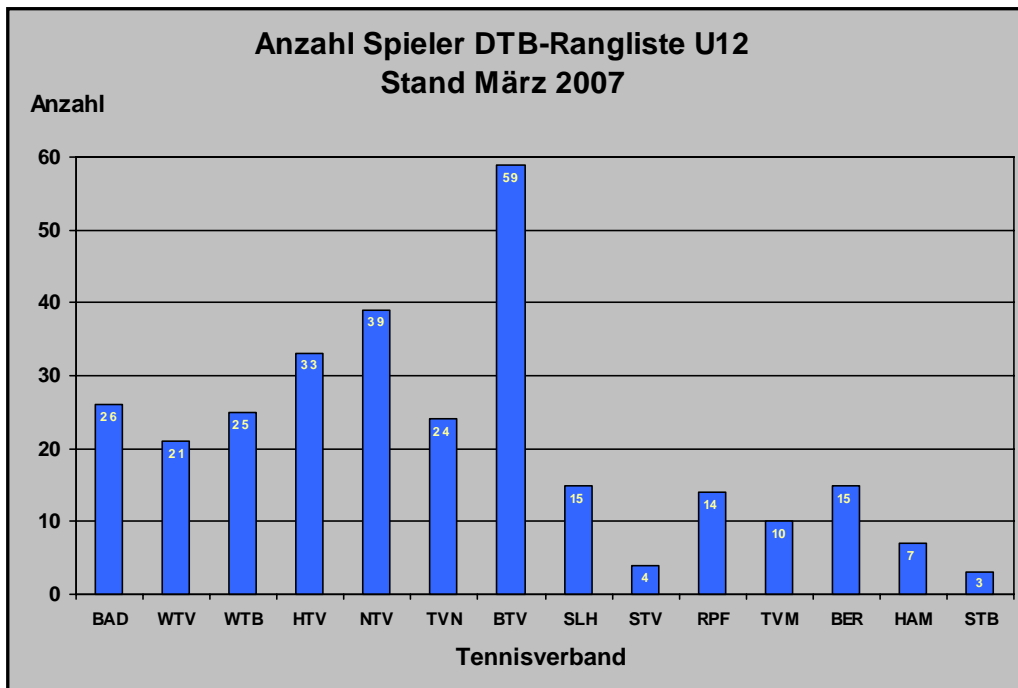


Abb. 84: Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2007 auf der DTB-Rangliste U12 Stand März 2007.

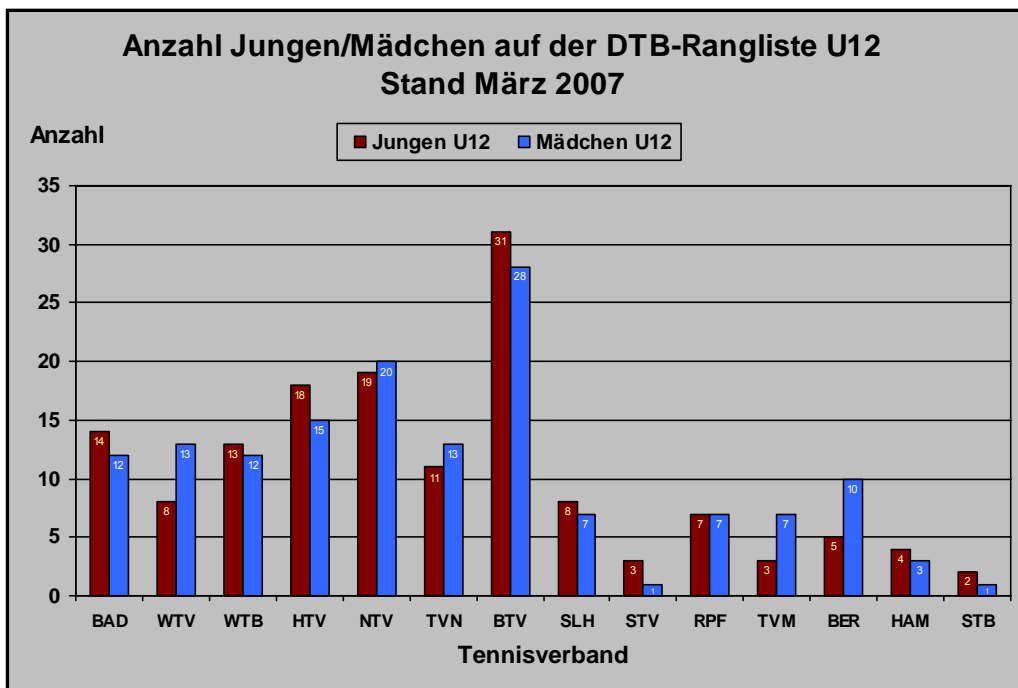


Abb. 85: Anzahl an Jungen und Mädchen der teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2007 auf der DTB-Rangliste U12 Stand März 2007.

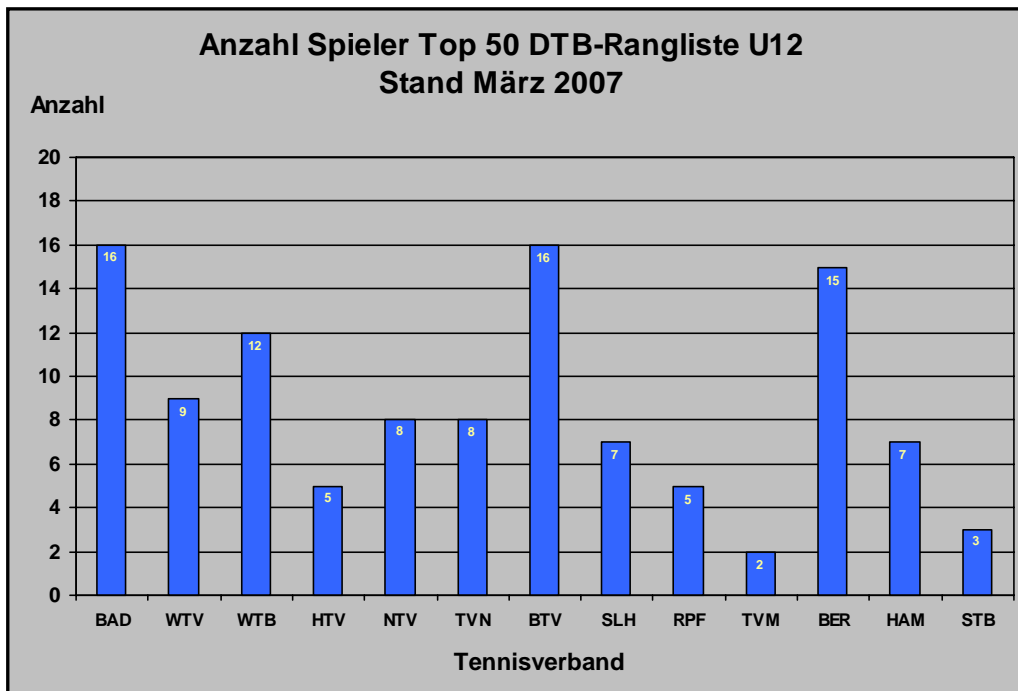


Abb. 86: Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2007 in den Top 50 der DTB-Rangliste U12 Stand März 2007.

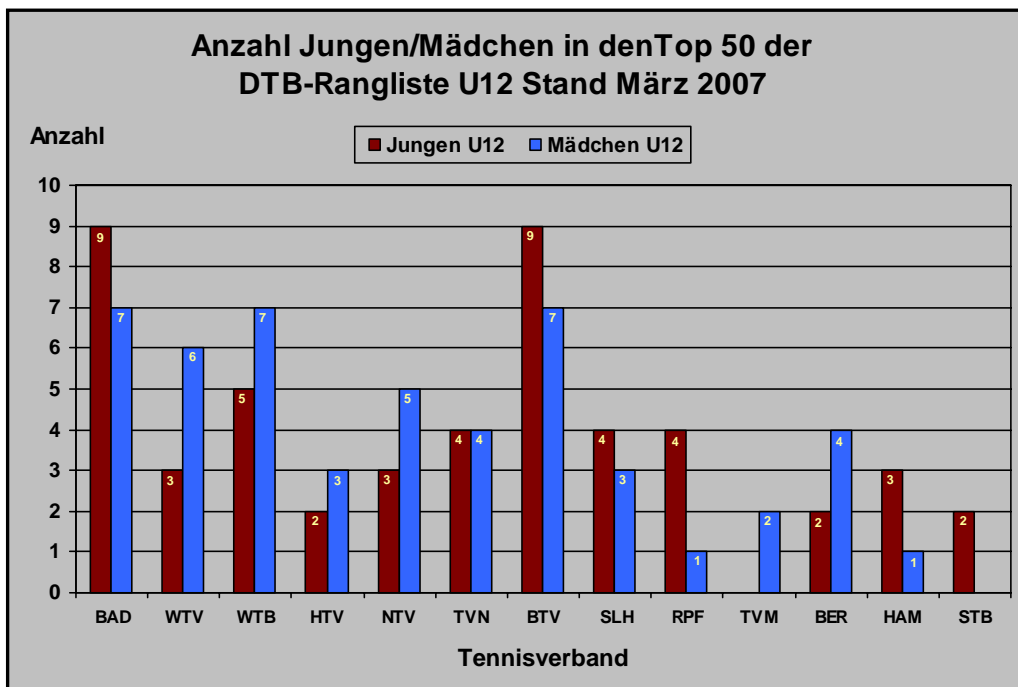


Abb. 87: Anzahl an Jungen und Mädchen der teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2007 in den Top 50 der DTB-Rangliste U12 Stand März 2007.

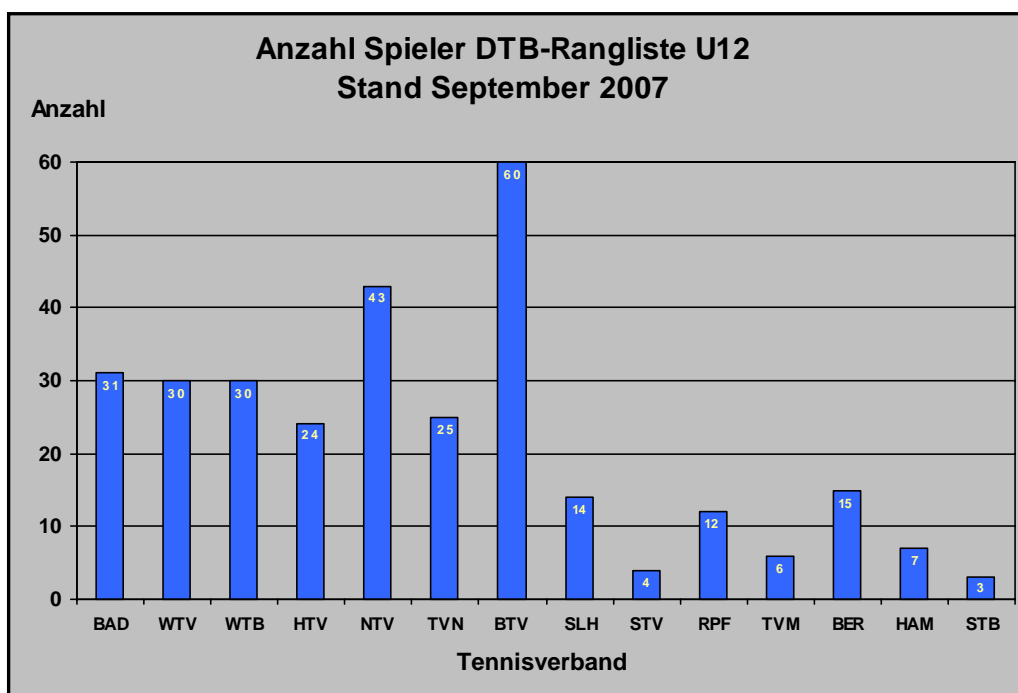


Abb. 88: Anzahl der Spieler teilnehmender Tennisverbände des DTB-Talent-Cups 2007 auf der DTB-Rangliste U12 Stand September 2007.

Lebenslauf

Name: Robert Zickermann
Geburtsdatum: 31.08.1976
Geburtsort: Norden
Familienstand: Ledig

Schulische Ausbildung

1983 – 1987 Grundschule Hage
1987 – 1989 Orientierungsstufe Hage
1989 – 1996 Ulrichsgymnasium Norden
Abitur: 07. Juni 1996

Wehrdienst

09.1996 – 06.1997 Grundwehrdienst Radarführungskompanie 111 in Aurich

Akademische Ausbildung

10.1997 – 06.2003 Diplomstudium der Sportwissenschaft an der Deutschen Sporthochschule Köln
Studienschwerpunkt: Sportökonomie und –management
Diplomabschluss: 02. Juni 2003
Juli 2003 Beginn des Promotionsstudiums an der Deutschen Sporthochschule Köln
Hauptfach: Trainings- und Bewegungslehre
Nebenfach: Sportökonomie und Sportmanagement

Praktische Tätigkeit

11.2003 – 07.2006 Wissenschaftlicher Assistent im Institut für Bewegungswissenschaft in den Sportspielen an der Deutschen Sporthochschule Köln
10.2005 – 12.2006 Freier Mitarbeiter bei der Deutschen Trainer Akademie
Seit Januar 2007 Akademieleiter Deutsche Trainer Akademie
Seit Januar 2008 Angestellter Tennistrainer beim TC GW Bergheim

Abstract

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Beanspruchungsprofil des modernen Spitztennis und den daraus resultierenden Anforderungen an die Trainingspraxis unter besonderer Berücksichtigung des langfristigen Leistungsaufbaus. Im Rahmen des ersten Untersuchungsabschnitts wird in einer praxisnahen Studie mithilfe von 20 Leistungstennisspielern der Einfluss von Veränderungen der Belastungsnormative auf den Trainingserfolg mithilfe zahlreich erhobener Parameter systematisch überprüft. Hierbei wird eine intensive Trainingsmethode einer matchorientierten Trainingsmethode am Beispiel von zwei verschiedenen Ballmaschinentests sowie einer matchsimulativen freien Spielform gegenübergestellt. Ergänzend hierzu liefern die Resultate einer Expertenbefragung von 16 qualifizierten und erfahrenen Tennistrainern wichtige Erkenntnisse aus der Trainingspraxis im Leistungstennis.

Innerhalb des zweiten Untersuchungsabschnitts werden Ergebnisse einer umfassenden Testreihe zur Diagnostik von tennisspezifischer Schnelligkeit und Kraft jugendlicher Nachwuchssportler (n=160/Jahr) im Rahmen des DTB-Talent-Cups (U12) in den Jahren 2004 bis 2007 präsentiert. Der zentrale Fokus dieser Studie richtet sich dabei auf die Entwicklung der Schnelligkeits- und Kraftleistungen in dem Beobachtungszeitraum und deren Stellenwert im Hinblick auf das Beanspruchungsprofil im modernen Spitztennis. Darüber hinaus werden geschlechtsspezifische Unterschiede sowie ein möglicher Zusammenhang zwischen den Platzierungen bei den Diagnostiken und den Platzierungen auf den jeweiligen DTB-Ranglisten überprüft.

Aus den vorliegenden Befunden der durchgeführten Untersuchungsreihen lassen sich zahlreiche praxisrelevante Erkenntnisse gewinnen. Die zunehmende Professionalisierung und die damit verbundenen gesteigerten Anforderungen im heutigen Spitztennis erfordern moderne Trainingskonzepte. Um den hohen Ansprüchen des derzeitigen Leistungstennis gerecht zu werden, muss frühzeitig sehr systematisch, individuell und überwiegend intensiv trainiert werden. Eine Optimierung der Trainingsqualität kann dabei einen ausschlaggebenden Beitrag hinsichtlich einer erfolgreichen Tenniskarriere leisten.

Abstract

The present work addresses the task profile of the modern world-class tennis and the resulting requirements on the training practice, with special attention to the long-term performance. A first empiric part reviewed systematically the impact of changes in the training load by numerous upraised parameters in 20 semi-professional tennis players. In this context an intensive training method and a match-related training method are compared by two different ball machine tests and a match-simulated training form. In addition the results of an expert's questioning of 16 certified and experienced tennis trainers provide important information of training practice in high performance tennis.

The second part results of a comprehensive test battery regarding the diagnosis of tennis specific running speed and strength of cadre athletes (n=160/year). Results of the DTB-Talent-Cup (U12) in the years 2004 to 2007 are presented. This part focused on the development of speed and strength performance in the observation period and their significance in relation to the task profile in the modern top tennis. In addition, gender differences and a possible association between the rankings in the diagnostics and the placements on the respective DTB rankings are reviewed.

The present findings offer a numerous relevant practical insights. The high professionalization and the increased task profile in today's top tennis require advanced training concepts. It is imperative to start professional training since childhood and to exercise very systematically, individually and predominantly intensely. The optimization of the training quality can make a decisive contribution with regard to a successful tennis career.