



universität
wien

MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

„Erhöhung der Aufschlaggeschwindigkeit im Tennis
mittels leichtathletikspezifischen Schnellkraftübungen“

Verfasser

Anton Witz

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaft (Mag. rer. nat.)

Wien, im April 2009

Studienkennzahl lt. Studienblatt: 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt: Sportwissenschaften

Betreuer: Ass.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

Inhaltsverzeichnis

I. Hermeneutische Grundlagen	7
1. Der Tennisaufschlag	7
1.1 Entwicklung des Tennissports.....	7
1.2 Unterschiedliche Tennisaufschläge.....	9
1.3 Definitionen zum Aspekt Technik.....	12
1.4 Die Technik des geraden Aufschlages	12
1.4.1 Ausholphase.....	14
1.4.2 Schlagphase.....	14
1.4.3 Ausschwingphase	15
1.4.4 Bildreihe des ersten Aufschlages.....	16
1.4.5 Verschiedene Absprungpositionen	19
1.5 Biomechanische Prinzipien	20
1.6 Diverse Geschwindigkeitsverläufe während des Aufschlages	25
1.7 Relevante Muskulatur für den Aufschlag	26
2. Leichtathletische Wurfdisziplinen	27
2.1 Stoß- und Wurfweite	27
2.2 Speerwurf und wesentliche Einflussfaktoren.....	28
2.3 Die Technik des Speerwurfs	31
2.3.1 Die Phasen des Speerwurfs	31
2.3.2 Bildreihe des Speerwurfes.....	34
2.4 Diverse Geschwindigkeitsverläufe beim Speerwurf.....	36
2.5 Relevante Muskulatur für den Speerwurf	37
3. Die Schnellkraft.....	40
3.1 Die Subkategorien der Kraft.....	40
3.2 Schnellkraft.....	41
3.2.1 Nähere Erklärung ausgewählter Schnellkraftkomponenten	43
3.2.1.1 Maximalkraft	43
3.2.1.2 Start- und Explosivkraft.....	44
3.2.1.3 Muskelfaserzusammensetzung.....	45
3.3 Schnellkraft im Sport.....	47
3.4 Verschiedene Aspekte zum Schnellkrafttraining	48
3.5 Das Schnellkrafttraining	50
3.5.1 Verschiedene Trainingsmethoden zur Verbesserung der Schnellkraft.....	51
3.6 Messung des Schnellkraftniveaus.....	53
3.6.1 Methoden zur Ermittlung der Schnellkraft ohne Apparate.....	53

3.6.2 Methoden zur Ermittlung der Schnellkraft mit Apparaten	54
II. Empirischer Teil	57
4. Übungskatalog	57
4.1 Trainingsspezifische Aspekte.....	57
4.2 Übungen mit dem Medizinball	58
5. Ziel der Untersuchung.....	68
6. Fragestellung und Forschungshypothese.....	68
7. Methodik	68
7.1 Probandinnen und Probanden	68
7.2 Testinstrumentarium - Ablauf des Tests.....	70
7.3 Trainingsablauf	71
7.4 Statistische Untersuchungsmethodik	71
8. Darstellung und Interpretation der Ergebnisse	72
9. Diskussion	79
10. Zusammenfassung.....	82

Einleitung

In den letzten 30 Jahren hat sich Tennis von einem Sport der vorrangig durch Strategie, Timing und Fitness charakterisiert war, zu einem Sport entwickelt, in dem Kraft, Schnelligkeit und Schnellkraft dominieren (Kovacs, Chandler & Chandler, 2007, S. 1). Dies kann besonders deutlich anhand der Zunahme der Aufschlaggeschwindigkeit sowohl im Damen- als auch im Herrentennis ersehen werden (Schönborn, 2006, S. 114). Auch in der Leichtathletik kam es in den letzten Jahren zu ständigen Leistungsentwicklungen, die vor allem anhand der diversen Weltrekordverbesserungen zu belegen sind. Die Gründe für die Entwicklungen im Sport allgemein sind unter anderem mit der Verbesserung der Sportgeräte, der Technik und der Trainingsmethoden zu erklären. Bezogen auf die Trainingsmethoden, kann vor allem der Trend erkannt werden, dass in verschiedenen Sportarten, bei denen eine Wurfbewegung ausgeführt wird, wie beispielsweise Baseball, diverse leichtathletikspezifische Trainingsübungen wie Medizinballwürfe durchgeführt werden, um eine Erhöhung der Wurfgeschwindigkeit zu erreichen. So wird in einer Studie von Carter, Kaminski, Douex, Knight & Richards (2007, S. 215) berichtet, dass ein für Baseballspieler entwickeltes hoch intensives plyometrisches Training für die oberen Extremitäten, in dem auch Medizinballwürfe enthalten sind, dazu geführt hat, eine signifikante Erhöhung der Wurfgeschwindigkeit zu bewirken.

Im Verlauf der Trainerausbildungen in der Leichtathletik und im Tennis wird auf die diversen Disziplinen der Leichtathletik und die Schlagarten im Tennis eingegangen. Dabei wird unter anderem auch der methodische Aufbau zum Erlernen diverser Bewegungen erklärt. In beiden Ausbildungen wird erwähnt, dass sowohl für das Erlernen der Aufschlag- wie auch der Speerwurfbewegung Wurfübungen aufgrund der Bewegungsverwandtschaft durchgeführt werden sollen.

Diesen Umstand bestätigen auch folgende Autoren:

Schönborn (2008, S. 186) schreibt beispielsweise, dass aus biomechanischer Sicht die Aufschlagbewegung generell einer normalen Wurfbewegung gleicht. Dieser Meinung sind auch Nagel & Spreckels (2003, S. 163), die behaupten, dass der Überkopfschlag im Tennis neben der biomechanischen Betrachtung auch aus der Innensicht dem Kernwurf sehr ähnlich ist. Somit kann das Bewegungsmuster des Kernwurfs und des Überkopfschlags im Tennis aus transfertheoretischer Sicht als annähernd identisch angesehen werden (Nagel & Spreckels, 2003, S. 163). Aus diesem Grund bietet es sich laut Schönborn (2008, S. 186) an, „die technische Entwicklung des Aufschlags mit Wurftraining zu beginnen“.

Für Bechheim (2008, S. 89) ist es wichtig, möglichst vielseitige Wurfübungen mit verschiedenen Wurfgeräten mit Anfängern durchzuführen, um in Zukunft eine

entsprechende Wurfleistung in den leichtathletischen Wurfdisziplinen erzielen zu können. Dieser Meinung ist auch Katzenbogner (2002, S. 125) der noch zusätzlich erwähnt, dass vor allem die Schlagwurfbewegung als wichtigste Wurfart zu sehen ist.

Neben der Parallele im methodischen Aufbau gibt es nach Weineck (2002, S. 269) eine weitere Gemeinsamkeit bezüglich der beiden Bewegungen. Weineck stellt fest (2002, S. 269): „Für die Kraft des Aufschlages sind die gleichen Muskeln wie beim Speerwurf tätig, vor allem aber der pectoralis major und der latissimus dorsi“.

Aufgrund der soeben dargestellten Bewegungsverwandtschaft von Wurf- und Schlagbewegungen und der zuvor erwähnten Studie war es naheliegend, dass diverse Schnellkraftübungen, die in der Leichtathletik und im Baseball zur Erhöhung der Wurfweite beziehungsweise Wurfgeschwindigkeit durchgeführt werden, auch einen positiven Einfluss auf die Aufschlaggeschwindigkeit haben sollten. Aus diesem Grund ergibt sich folgende wissenschaftliche Forschungsfrage: Können leichtathletikspezifische Schnellkraftübungen zur Erhöhung der Aufschlaggeschwindigkeit beitragen?

Die dazu gehörige Hypothese lautet:

Ein leichtathletikspezifisches Schnellkrafttraining erhöht die Aufschlaggeschwindigkeit.

Die anschließend in der Arbeit im Übungskatalog beschriebenen und mit Bildern dargestellten leichtathletikspezifischen Übungen stammen alle aus diversen Kursteilen der Leichtathletik- Trainerausbildung.

Um deren Auswirkungen nach einem fünfwöchigen Training auf die Aufschlaggeschwindigkeit zu analysieren, wird im empirischen Teil dieser Arbeit eine Untersuchung durchgeführt.

Aufgrund der Tatsache, dass der Einfluss der Leichtathletik auf den Tennissport noch ausbaufähig ist, gibt es kaum Literatur, in der ein Zusammenhang zwischen der Speerwurf- und der Aufschlagbewegung hergestellt wird. Die für die Arbeit verwendete Literatur umfasst neben Büchern und Zeitschriften auch einen Beitrag aus dem Internet.

Die Arbeit wird grundsätzlich in zwei Bereiche gegliedert, den hermeneutischen Grundlagen welche die ersten drei Kapitel umfasst und den empirischen Teil der ab dem vierten Kapitel beginnt.

Im ersten Kapitel wird auf die verschiedenen Aufschlagbewegungen, eingegangen und die Aufschlagbewegung des ersten Aufschlages genauer beschrieben und mit einer Reihe von Bildern dargestellt.

Im darauffolgenden Kapitel wird die Speerwurfbewegung ebenso mit einer Bildreihe veranschaulicht und näher erklärt. Ebenso werden wichtige Aspekte, welche die Speerwurfweite maßgeblich beeinflussen, erwähnt.

Kapitel drei beschäftigt sich mit der Schnellkraft, ihren Einflussgrößen und einigen wesentlichen Aspekten, die in Verbindung mit einem Schnellkrafttraining berücksichtigt werden sollten. Auch auf die verschiedenen Möglichkeiten zur Messung der Schnellkraft wird genauer eingegangen.

Anschließend wird in Kapitel vier der Übungskatalog, der zehn Übungen enthält, vorgestellt. Die einzelnen Übungen werden dabei wiederum mit einigen Bildern dargestellt und genauer beschrieben.

In Kapitel fünf wird das Ziel der Untersuchung beschrieben.

Das sechste Kapitel beschäftigt sich mit der Fragestellung und der Forschungshypothese.

Im darauffolgenden Kapitel wird auf die Probandinnen und Probanden, das Testinstrumentarium, den Ablauf des Tests, den Trainingsablauf und die statistische Untersuchungsmethodik eingegangen.

Kapitel acht wird zur Darstellung und Interpretation der Ergebnisse verwendet.

Im vorletzten Kapitel werden die in der Arbeit gewonnen Erkenntnisse und Ergebnisse der aktuellen Literatur gegenübergestellt.

Die wichtigsten Aspekte der Arbeit werden in Kapitel zehn nochmals zusammengefasst.

I. Hermeneutische Grundlagen

1. Der Tennisaufschlag

Zu Beginn dieses Kapitels wird ein kurzer allgemeiner Einblick in den Tennissport gegeben. Danach wird auf die Möglichkeiten der Unterteilung des Tennis- Aufschlages eingegangen und diverse Unterschiede zwischen den verschiedenen Aufschlagarten erwähnt. Bevor auf die optimale Griffhaltung und die Aufschlagtechnik des ersten Aufschlages eingegangen und mit einigen Bildreihen dargestellt wird, sollen allgemeine Definitionen dabei helfen, den Begriff Technik verständlich zu machen. Im Anschluss daran wird auf die wesentlichsten biomechanischen Prinzipien für den Tennissport eingegangen und eine Abbildung mit Geschwindigkeitsverläufen der Schulter, des Ellenbogens, der Hand und des Schlägers vor und unmittelbar nach dem Ballkontakt gezeigt. Zum Schluss des Kapitels wird die für den Aufschlag relevante Muskulatur erwähnt.

1.1 Entwicklung des Tennissports

Obwohl ein Tennismatch gelegentlich auch einige Stunden dauert, ist die effektive Spielzeit bedeutend kürzer. So rechnet man normalerweise mit einem durchschnittlichen Anteil von ungefähr sieben bis acht Prozent auf Gras-, bis maximal dreißig Prozent auf Sandplätzen. Hierbei gibt es allerdings neben Unterschieden im Damen- und Herrentennis natürlich auch individuelle und spielertypbezogene Unterschiede. (Schönborn, 2008, S. 136).

Umgelegt auf die Schlaghäufigkeit auf den diversen Belägen ergibt sich daraus Folgendes:

Tab. 1: Die Schlaghäufigkeiten auf verschiedenen Belägen

Auf Gras	–	2,1 Schläge
Auf Hartplätzen	–	5,1 Schläge
Auf Sandplätzen	–	6,8 Schläge

(Schönborn, 2008, S. 138)

Wie aus der Tabelle (Tab. 1) ersichtlich ist, beträgt die durchschnittliche Schlaghäufigkeit innerhalb eines Punktes zwischen zwei bis sieben Schlägen. Das heißt, dass speziell die

ersten Schläge eines Ballwechsels wie der Aufschlag und der Return eine sehr hohe Bedeutung für den erfolgreichen Abschluss eines Punktes haben.

Aus diesem Grund ist es auch nicht überraschend, dass sich die Aufschlaggeschwindigkeit in den letzten Jahren, sowohl im Damen- als auch im Herrentennis enorm gesteigert hat (Schönborn, 2006, S. 114). Denn je schneller der Aufschlag, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit einen direkten Punkt zu erzielen, beziehungsweise die Gegnerin oder den Gegner von Beginn des Ballwechsels an unter Druck zu setzen.

Die nächste Tabelle macht nun die Entwicklung der Aufschlaggeschwindigkeit der letzten Jahre deutlich.

Tab. 2: Die Entwicklung der Aufschlaggeschwindigkeit im Tennis

	Rekordgeschwindigkeit (km/h)	
	Herren	Damen
1989	210	173
1994	218	183
1999	230	197
2004	244	202

(Schönborn, 2006, S. 114)

Wie in Tabelle (Tab. 2) zu erkennen ist, erhöhte sich die Aufschlaggeschwindigkeit im Damentennis von 1989 bis 2004 um 29 km/h und bei den Herren um 34 km/h. Diese Entwicklung kann unter anderem durch die Verbesserung der technischen Voraussetzungen (Hollmann & Hettinger, 2000, S. 546) wie in diesem Fall dem Tennisschläger, aber auch durch die tendenziell steigende Körpergröße erklärt werden, wie in der nächsten Abbildung (Abb. 1) zu sehen ist.

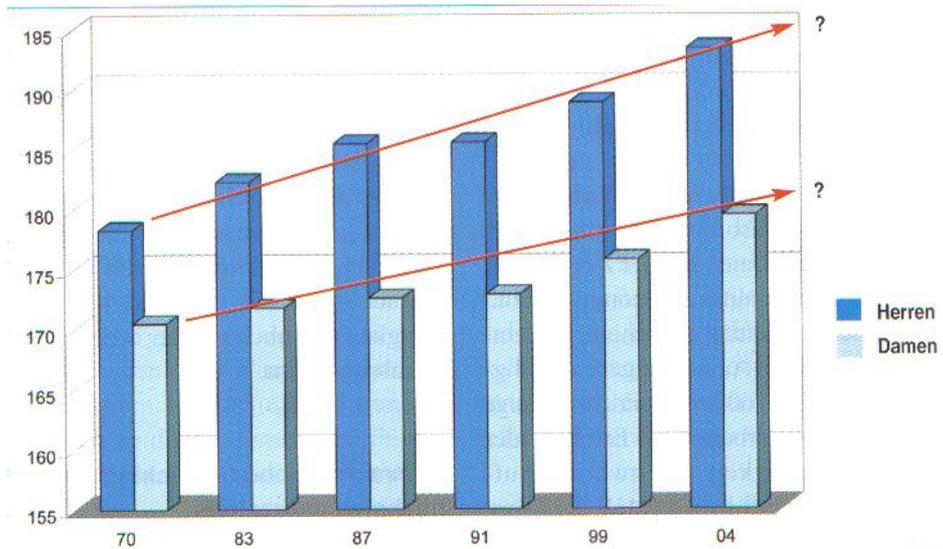


Abb. 1: Die Entwicklung der Körpergröße im Tennis (Schönborn, 2006, S. 108)

Die Abbildung (Abb. 1) zeigt, dass die Körpergröße im Tennis von 1970 bis 2004 sowohl im Damen- wie auch im Herrentennis zwischen zehn bis fünfzehn Zentimeter zugenommen hat.

Durch die steigende Körpergröße erhöht sich die Reichweite zum Treffpunkt beim Aufschlag (Schönborn, 2006, S. 107). Dies wiederum ermöglicht den Spieler/innen den Ball mit hoher Geschwindigkeit unter günstigeren Winkelvoraussetzungen in das eingeschränkte Feld zu schlagen.

1.2 Unterschiedliche Tennisaufschläge

Um Tennis spielen zu können, sollte neben dem Vorhand- und dem Rückhand-Grunds Schlag, dem Vorhand- und dem Rückhand- Volley, dem Smash, auch der Aufschlag ein Bestandteil des Schlagrepertoires sein. Dabei ist gerade der Aufschlag aufgrund der Koordination der komplexen Bewegungen der oberen und unteren Extremitäten der am schwierigsten zu erlernende Schlag (Bahamonde, 2000, S. 579). Er ist durch eine explosive und kraftvolle Bewegung, die durch die starken Muskeln der Hüfte, der Oberschenkel und der Beine initiiert wird (Barnes, 2002, S. 9), gekennzeichnet. Weiters ist der Aufschlag der einzige Schlag, „der ohne Zeitdruck und unabhängig vom Gegner gespielt werden kann“ (Humpert & Schöllhorn, 2006, S. 122). Aufgrund dieser Tatsache gibt es speziell bei diesem Schlag wesentliche individuelle Unterschiede (Humpert & Schöllhorn, 2006, S. 122).

Der Aufschlag kann nunmehr verschieden unterteilt werden. Eine Form der Unterteilung ist jene in einen ersten und einen zweiten Aufschlag. Dabei unterscheiden sich die beiden Schläge vor allem durch den Ballaufwurf und durch ihre Endgeschwindigkeit. Dies geht auch aus einer Studie von Chow, Carlton, Lim, Chae, Shim, Kuenster & Kokubun (2003, S. 529-537) hervor, die besagt, dass der durchschnittliche Ballaufwurf für den ersten Aufschlag signifikant weiter nach vorne ausgeführt wird und auch eine entsprechend höhere Ballgeschwindigkeit hat, als die vergleichbaren Werte des zweiten Aufschlages.

Eine weitere Unterteilung trennt den Aufschlag in einen geraden und einen geschnitten Aufschlag. Der geschnittene Aufschlag wird weiters in einen „Slice“- und einen „Twist“-Aufschlag unterteilt. Der gerade Aufschlag wird im Zuge des ersten Aufschlages durchgeführt und ist durch die höchste Geschwindigkeit gekennzeichnet (Bornemann, Gabler & Reetz, 1992, S. 77).

Der „Slice“- und der „Twist“- Aufschlag werden häufig als zweiter Aufschlag durchgeführt (Bornemann, Gabler & Reetz, 1992, S. 77). Dies ist jedoch vom jeweiligen Spielstand und der daraus gewählten Taktik abhängig.

Slice- Aufschlag

Der Slice- Aufschlag wird ebenso wie der gerade Aufschlag vor dem Körper, jedoch von einer Rechtshänderin beziehungsweise einem Rechtshänder etwas weiter rechts getroffen. Er ist gekennzeichnet durch eine Schlägerbewegung nach rechts und einer stärker gewinkelten Schlägerfläche, welche einen Seitwärtsdrall des Balles erzeugt, der wiederum den Ball beim Bodenkontakt nach links wegspringen lässt. Weltklassetennisspieler/innen erreichen beim Slice- Aufschlag eine Ballgeschwindigkeit von 70 bis 80 Prozent des geraden Aufschlages. Die Schlägergeschwindigkeit beträgt dabei sogar 90 bis 95 Prozent des geraden Aufschlages. Diese hohe Schlägergeschwindigkeit wird benötigt, um den Seitwärtsdrall und eine ausreichende Ballgeschwindigkeit zu erhalten (Knudson, 2006, S. 65). Im Gegensatz zum geraden Aufschlag, bei dem die Schlägerbewegung gerade durch den Ball in Richtung des Zielfeldes geführt wird, wird der der Schläger beim Slice- Aufschlag in einer Bahn nach rechts geführt, die zehn bis zwanzig Grad von der Schlägerbahn des geraden Aufschlages abweicht (Knudson, 2006, S. 66).

Twist- Aufschlag

Der Aufwurf beim Twist- Aufschlag erfolgt nicht so weit nach vorne, dafür näher zum Kopf als zu der Schlagschulter. Der Treffpunkt ist etwas tiefer, um eine länger andauernde Aufwärtsbewegung des Schlägers mit dem Ball zu ermöglichen, die mehr Drall erzeugt, der wiederum das höhere Absprungsverhalten beim Twist- Aufschlag im Vergleich zum Slice- und geraden Aufschlag erklärt. Der sicherste Weg eine aufwärtsgerichtete Schlägergeschwindigkeit zu erreichen, ist die Beine betont kraftvoll zu strecken, anstatt den Rücken zu wölben und zu krümmen. Die Beine werden in der Vorbereitungsphase, also kurz vor dem Treffpunkt um ungefähr 20 Prozent stärker gebeugt als beim geraden Aufschlag (Lo et al. 2004, zit. in Knudson, 2006, S. 68). Ein weiterer Unterschied zum Slice- Aufschlag ist, dass der Ball kurz nach dem Bodenkontakt seitlich nach rechts abspringt (Knudson, 2006, S. 68).

Gerade Aufschlag

Der gerade Aufschlag ist, wie bereits erwähnt wurde, jener Aufschlag mit der höchsten Geschwindigkeit. Auch wenn bei dieser Aufschlagart die Schlagfläche mehr als bei den vorher erwähnten Aufschlagarten auf das Aufschlagfeld ausgerichtet ist und sich nach vorne bewegt, wird der Ball mit einem leichten Drall getroffen, der aus Aufwärts- und Seitwärtsbewegungen des Körpers und des Schlägers resultiert (Elliott, 1983, zit. in Knudson, 2006, S. 49). Auf die Bewegung des geraden Aufschlages wird im weiteren Verlauf der Arbeit noch genauer eingegangen.

Um die Aufschlagbewegung nun so effizient wie möglich durchführen zu können, ist neben den körperlichen Voraussetzungen auch die richtige technische Ausführung von großer Bedeutung. Dies bestätigen auch Kleinöder, Neumaier, Loch & Mester (1995, S. 61) in ihrer Untersuchung, die zeigt, dass sich höhere Abfluggeschwindigkeiten des Balles beim Aufschlag bei Weltklassemädlerinnen und -spielern im Vergleich zu Kreisklassemädlerinnen und -spielern auf eine weitaus bessere Bewegungstechnik zurückführen lassen.

Ferrauti, Maier und Weber (2002, S. 25) schreiben in diesem Zusammenhang „die Technik ist im Tennis der entscheidende leistungsbegrenzende Faktor“.

Nachdem die verschiedenen Aufschlagarten erwähnt wurden, wird nun auf die verschiedenen Griffarten und auf die Aufschlagtechnik eingegangen. Doch zuvor sollen

einige Definitionen der Technik helfen, sich unter diesem Begriff etwas vorstellen zu können.

1.3 Definitionen zum Aspekt Technik

Die Definition von Weineck (1997, S. 563 zit. in Auguste, 2006, S. 24) versteht unter sportlicher Technik „das meist in der Praxis entwickelte Verfahren, eine bestimmte Bewegungsaufgabe auf möglichst zweckmäßige und ökonomische Weise zu lösen.“

Martin, Carl und Lehnertz (1991, S. 45 zit. in Auguste, 2006, S. 24) sehen die sportliche Technik im Vergleich dazu als „eine erprobte, zweckmäßige und effektive Bewegungsfolge zur Lösung einer definierten Aufgabe in Sportsituationen.“

Nach Martin (1991, zit. in Schönborn, 2006, S. 21) wird von einer guten und erfolgreichen Technik dann gesprochen, „wenn damit das aktuelle biomechanische Optimum, ein hoher Grad an Stabilität und Virtuosität, die variable Anwendung und das erwünschte sportliche Resultat erreicht werden“.

Eine weitere Definition von Röthing (1983, zit. in Schönborn, 2006, S. 22) versteht unter Technik „eine spezifische Abfolge von Bewegungen oder Teilbewegungen beim Lösen von Bewegungsaufgaben in Sportsituationen“.

In dieser Definition von Röthing wird die Technik mit einer „spezifischen Abfolge von Bewegungen oder Teilbewegungen in Verbindung gebracht“. Das heißt, dass jede Technik als ein Komplex von Bewegungen gesehen werden muss, die alle gemeinsam an der Bewegung beteiligt sind und somit auch als Einheit gelehrt werden müssen. Ganz im Gegensatz zu der konservativen Lehre bei der das Erlernen der Technik wie zum Beispiel der Schlagablauf der Aufschlagbewegung in einzelne Bereiche getrennt wird, wie beispielsweise der Armbewegung, Beinstellung oder Schlagbewegung (Schönborn, 2006, S. 22). Diese Unterteilung hilft jedoch, wenn sportliche Bewegungen genauer analysiert werden sollen.

1.4 Die Technik des geraden Aufschlages

Ein wesentlicher Bestandteil der Technik ist die Griffhaltung. Die Griffhaltung beschreibt, wie der Schläger am Griffende mit der Schlaghand festgehalten wird. Abhängig von der Schlagbewegung unterscheidet man verschiedene Griffhaltungen. Die geeignetste Griffhaltung für die jeweilige Schlagbewegung soll optimale Voraussetzungen für die Impulsübertragung herstellen (Schönborn, 2008, S. 59). Für den Aufschlag wählen viele Spieler/innen den Kontinentalgriff, wobei von einigen Spitzenprofispieler/innen auch der

Semikontinentalgriff gewählt wird (Schönborn, 2006, S. 47). In Zusammenhang mit dem Kontinentalgriff muss erwähnt werden, dass dieser eine stärkere Handgelenkspronation verlangt, um den Ball treffen zu können, als der Semikontinentalgriff. Dadurch wird klar, dass der Ball mit dem Semikontinentalgriff aufgrund der geringeren Handgelenksbewegung seitwärts, voller getroffen werden kann und somit eine höhere Aufschlaggeschwindigkeit erreicht wird.

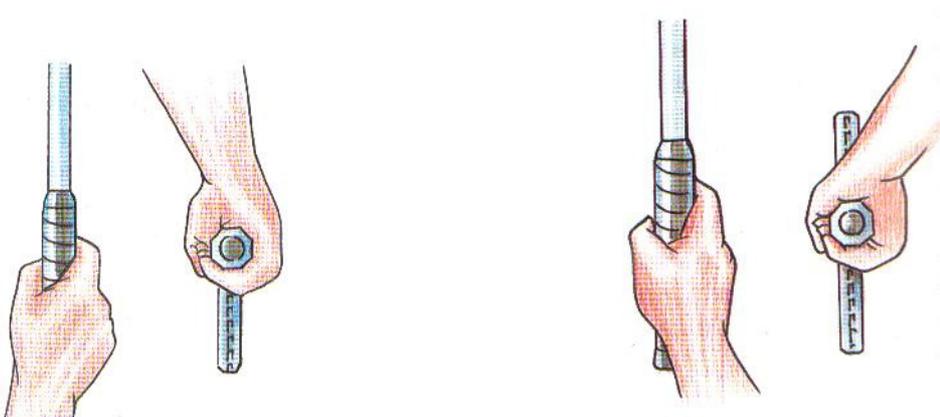


Abb. 2 a) und b): Kontinentalgriff (Schönborn, 2008, S. 62), Semikontinentalgriff (Schönborn, 2008, S. 60)

Nachdem nun auf die Griffhaltung für den ersten Aufschlag eingegangen wurde, soll die Technik des ersten Aufschlages genauer analysiert werden. Hierbei gibt es unterschiedliche Unterteilungen der Aufschlagbewegung. Behm (1988, S. 4) unterteilt die Aufschlagbewegung beispielsweise in eine „Preparation“ (Vorbereitungs-), „Toss“ (Ballaufwurf-), „Backscratch“ (Aushol-), „Contact“ (Kontakt-) und „Follow through“ (Ausschwungphase). Im Gegensatz dazu gliedert der Deutsche Tennis Bund (1995, S. 104-105) die Aufschlagbewegung lediglich in eine Aushol-, Schlag- und Ausschwungphase.

In Folge wird auf die Unterteilung des Deutschen Tennis Bundes genauer eingegangen, wobei sich die Beschreibung der Technik auf eine Rechtshänderin beziehungsweise einen Rechtshänder bezieht. In diesem Zusammenhang soll noch erwähnt werden, dass die Gesamtbewegung des Aufschlages vom Anschwung aus der individuellen Ausgangsposition bis zum Treffpunkt im Mittel ungefähr 1600 Millisekunden und bis zum Ausschwing des Schlägerkopfes im Mittel ungefähr 1900 Millisekunden dauert (Kleinöder & Mester, 2000, S.36).

1.4.1 Ausholphase

- Um einen geraden Aufschlag auszuführen, sollte man zu Beginn etwa einen hüftbreiten Stand einnehmen. „Die linke Fußspitze zeigt zum rechten Netzpfeiler“ (Scholl, 2000, S. 73). Die linke Schulter sowie die Spitze des Schlägers zeigen in Schlagrichtung (Scholl, 2000, S. 73).
- Zu Beginn der Ausholphase wird der Schläger abwärts - aufwärts bewegt und der linke gestreckte Arm beginnt mit der Aufwurfbewegung des Balles. Kurz darauf wird der Oberkörper gedreht und das Körpergewicht auf das hintere Bein verlagert (DTB, 1995, S. 104).
- Der Ball verlässt ungefähr in Stirnhöhe die Hand, um in der Lage zu sein die Wurfhöhe und Wurfrichtung zu kontrollieren (Bornemann, Gabler & Reetz, 1992, S. 78-79). In dieser Phase beginnt sich auch die Schulterachse zunehmend rückwärts - abwärts zu bewegen (DTB, 1995, S. 104).
- Gleichzeitig mit der Verlagerung des Gewichts auf den vorderen Fuß neigt sich der Oberkörper rückwärts. Die Beine werden gebeugt und das Becken wird in Schlagrichtung geschoben. Durch die rückwärtige Oberkörperneigung wird eine Bogenspannung erreicht, die einen langen Beschleunigungsweg ermöglicht (DTB, 1995, S. 104).
- Im Moment des nach vorne Schiebens der Knie und des Beckens, wird aufgrund der Beugung des Ellenbogens der Schläger über die Schlagschulter geführt (DTB, 1995, S. 104).

1.4.2 Schlagphase

- Mit der Streckung der Knie wird die Streckung des Körpers zum Treffpunkt hin eingeleitet. Anschließend erfolgt eine aufeinanderfolgende Kontraktion der Hüft-, Bauch-, Brust- und Schultermuskulatur (DTB, 1995, S. 105).
- Der Schläger erreicht erst den tiefsten Punkt der Schleife hinter dem Rücken, wenn die Knie bereits komplett gestreckt sind.
- Der Beginn der Schlagbewegung leitet die Abwärtsbewegung des linken Armes ein (DTB, 1995, S. 105).
- Neben der Bein- und der Oberkörperstreckung in Richtung des Balles, beginnt auch die Einwärtsdrehung des Handgelenks. Die Einwärtsdrehung bewirkt neben der Richtungsänderung des Schläges im letzten Moment auch eine hohe Beschleunigung des Schlägerkopfes (Nagel & Spreckels, 2003, S. 167).
- Als Folge der aktiven Streckung kommt es zum Absprung. Dieser kann sowohl vom linken Fuß oder auch beidbeinig erfolgen.

- Im Verlauf der Körperstreckung, welche die Auflösung der Bogenspannung bewirkt, beginnt der Oberkörper in Schlagrichtung zu rotieren.
- Der Schläger wird progressiv zum Treffpunkt hin beschleunigt.
- Im Moment des Treffpunktes ist die Schulter des rechten Armes so hoch wie möglich und der rechte Arm ist komplett durchgestreckt (DTB, 1995, S. 105).
- Die aktive Körperstreckung unterstützt den Absprung, der einen hohen Treffpunkt des Balles ermöglicht.
- Der Treffpunkt des Balles erfolgt zwanzig Zentimeter vor der Grundlinie am höchstmöglichen Punkt (Bornemann, Gabler & Reetz, 1992, S.78). Der vordere Fuß, die hintere Schulter und die Schlaghand bilden eine senkrechte Achse. Zur Stabilisierung wird der linke Arm vor den Körper geführt (DTB, 1995, S. 105).

1.4.3 Ausschwingphase

- Nachdem der Ball getroffen wurde, rotiert der Unterarm des Schlagarmes weiter einwärts.
- Als Folge der hohen Beschleunigung des Schlägers in der Hauptaktion und der Einwärtsdrehung des Armes kippt das Handgelenk am Schluss nach rechts - vorwärts ab.
- Der Oberkörper folgt der Schlagrichtung des Balles.
- Die Endposition des Schlagarmes befindet sich letztendlich an der linken Körperseite.
- Um den Schwung der Bewegung abzufangen, wird das Körpergewicht auf dem linken Fuß abgefangen (DTB, 1995, S. 105).

Um die erwähnten Phasen und Knotenpunkte verständlicher zu machen, wird in Folge eine Bildreihe der Aufschlagbewegung des geraden beziehungsweise ersten Aufschlages dargestellt:

1.4.4 Bildreihe des ersten Aufschlages

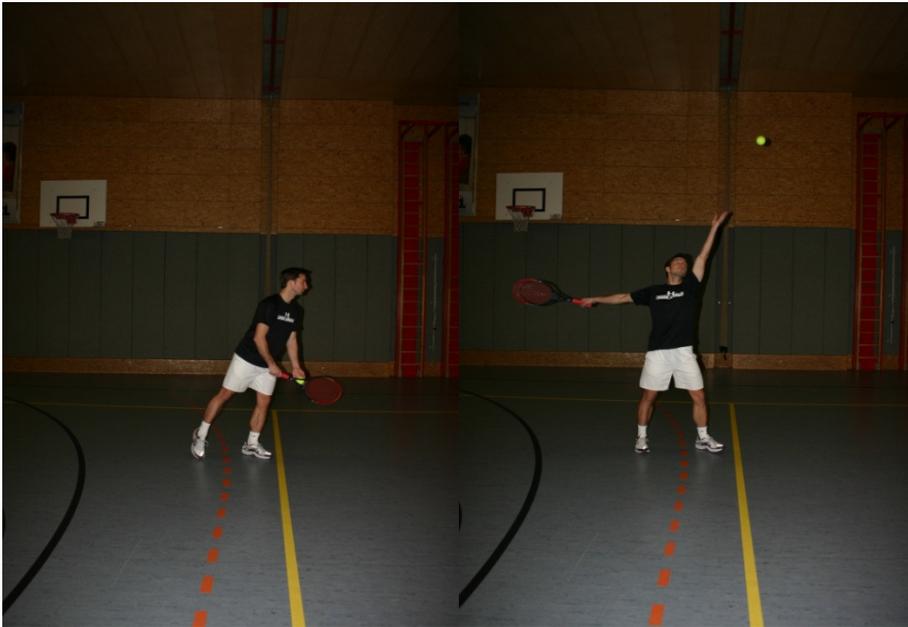


Abb. 3 a) und b): Ausgangsstellung und Ballaufwurf für den ersten Aufschlag

Das erste Bild zeigt den Spieler in der Ausgangsstellung. Hier ist zu erkennen, dass der Spieler einen hüft- bis schulterbreiten Stand einnimmt und mit einer Gewichtsverlagerung nach vorne die Bewegung einleitet. Anschließend wird der Ball mit gestrecktem Arm nach vorne oben aufgeworfen und der Oberkörper wird gegen die Beine gedreht.

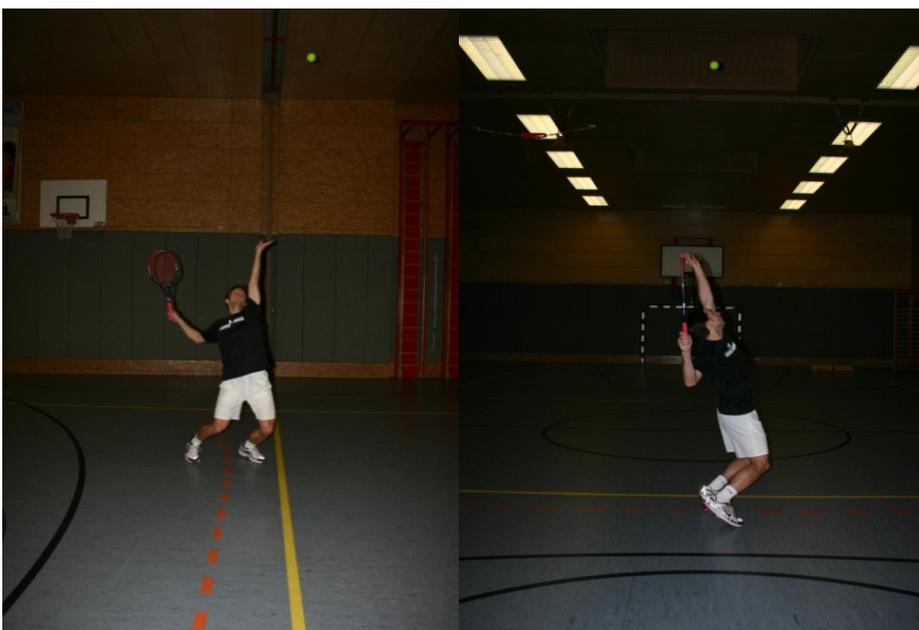


Abb. 4 a) und b): Starke Beinbeugung und schräge Schulterachse im Verlauf des ersten Aufschlages

Auf diesen beiden Bildern sind die ausgeprägte Beinbeugung und die schräge Schulterachse gut zu erkennen.

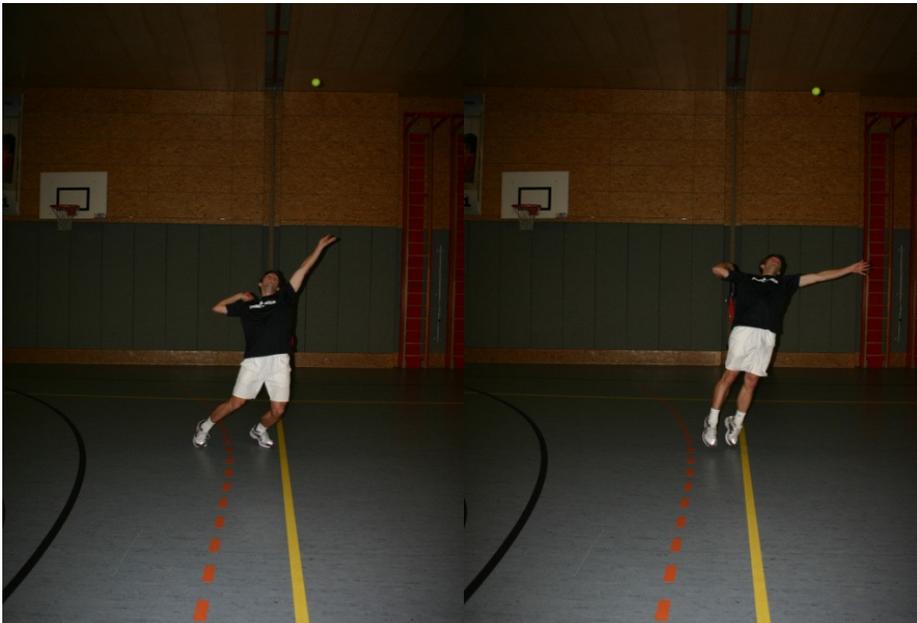


Abb. 5 a) und b): Einleitung der Beinstreckung und tiefster Punkt der Schleife hinter dem Rücken

Die erste Aufnahme zeigt den Spieler unmittelbar vor der Beinstreckung. In der zweiten Aufnahme ist zu erkennen, dass der Schläger erst dann den tiefsten Punkt der Schleife hinter dem Rücken erreicht hat, nachdem die Knie bereits gestreckt sind.



Abb. 6 a) und b): Rotation des Oberkörpers in Schlagrichtung und der kraftvolle Absprung kurz vor dem Treffpunkt

Anhand dieser Bilder ist die Rotation des Oberkörpers kurz vor dem Treffpunkt in Schlagrichtung gut zu erkennen. Auch der kraftvolle Absprung ist ersichtlich.



Abb. 7 a) und b): Treffpunkt und der Moment kurz nach dem Treffpunkt

Die beiden Bilder zeigen den Spieler im Moment des Treffpunktes und unmittelbar nach dem Treffpunkt. Der Schlagarm ist dabei gestreckt und der linke Arm ist vor dem Körper. Wie im zweiten Bild zu ersehen ist, wird der Ball vor dem Körper getroffen.



Abb. 8 a), b) und c): Ausschwingphase und die Landung am linken Bein

Die letzten drei Bilder zeigen den Spieler in der Ausschwingphase. Deutlich zu erkennen ist die Landung des Spielers auf dem linken Bein.

1.4.5 Verschiedene Absprungpositionen

Bezüglich des Absprunges zum Treffpunkt hin, soll noch erwähnt werden, dass wie in der nächsten Abbildung (Abb. 9) zu erkennen ist, dieser aus zwei unterschiedlichen Positionen erfolgen kann.

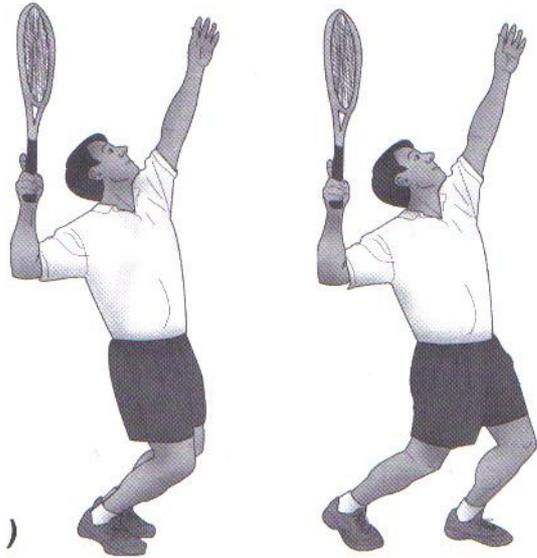


Abb. 9: Verschiedene Absprungpositionen zum Treffpunkt beim Tennisaufschlag (Knudson, 2006, S. 50)

Bei der ersten Position wird der hintere Fuß nahe des vorderen Fußes kurz vor der Beinstreckung platziert. Im Gegensatz dazu wird bei der zweiten Position der hintere Fuß nicht bewegt und der selbe Abstand wie zu Beginn der Bewegung zwischen den Füßen aufrechterhalten. Dabei ist laut Knudson (2006, S. 50) die erste Position für die Erzeugung von vertikalen Bodenreaktionskräften, die sich wiederum positiv auf die Schlägergeschwindigkeit und den Drall des Balles auswirken, besser geeignet als die zweite. Die zweite Position erzeugt im Vergleich dazu größere horizontale Bodenreaktionskräfte. Dies ist speziell für Aufschlag - Volley Spieler von Vorteil, da sie schnellstmöglich ans Netz kommen müssen.

Damit von einer Technik mit hohem Standard gesprochen werden kann, muss sie erfolgreich sein, die Individualität des Einzelnen respektieren und ein biomechanisches Optimum garantieren (Schönborn, 2008, S.15).

Um zu klären, was unter einem biomechanischen Optimum verstanden wird, werden nun die für den Tennissport relevanten biomechanischen Prinzipien näher erläutert.

1.5 Biomechanische Prinzipien

Biomechanische Prinzipien befassen sich einerseits mit zum Teil bereits bekannten, allgemein gültigen Gesetzen, andererseits sind sie zum Teil nur unter gewissen Voraussetzungen anwendbare Richtlinien für eine vorteilhafte Gestaltung der Bewegungstechnik (Schönborn, 2008, S. 17).

Die einzelnen Prinzipien werden jetzt innerhalb des Schlagablaufs von Beginn der Ausholbewegung bis zum Ausschlag aneinandergereiht, wodurch ebenfalls die Reihenfolge der Anwendung und die Zusammenhänge erkennbar werden.

Prinzip der Anfangskraft

Jeder Schlag im Tennis wird durch eine Ausholbewegung eingeleitet. Dabei kommt es zu einer Vordehnung der für den Schlag benötigten Muskulatur (Schönborn, 2008, S. 17). Die Ausholbewegung startet mit der rückwärtigen Rotation des Schultergürtels. Sie wird anschließend über die Rückwärtsrotation der Hüften, wofür die schräge Bauchmuskulatur und die Gesäßmuskulatur notwendig sind, weiter über die Oberschenkelmuskulatur bis zu den Unterschenkelmuskeln weitergeführt. Der Schlagarm wird ungefähr im letzten Drittel dieses Rotationsvorgangs in die Ausholbewegung integriert. Im Bezug auf die Ausholbewegung ist es wichtig, dass neben individuellen Variationen, die ohne weiters akzeptiert werden können, die beschriebene Reihenfolge der Aktivierung der Körperteile eingehalten wird, um eine entsprechende Vordehnung gewährleisten zu können (Schönborn, 2008, S. 18).

Durch den Vordehnungsprozess in Form der Rotation um die Körperachse, kommt es in der kompletten kinematischen Kette von oben nach unten zu einem Spannungsaufbau und einer Energiespeicherung, die für eine ökonomische und biomechanisch optimale Schlagbewegung Voraussetzung ist (Schönborn, 2008, S. 18).

Wenn jedoch die Vordehnung nicht nahtlos in die Schlagbewegung übergeht, kommt es zu einer Abnahme der gespeicherten potentiellen Energie, die für die Haltearbeit verbraucht wird und das für die folgende Schlagbewegung benötigte und noch zu erzeugende Potenzial an kinetischer Energie wird reduziert (Schönborn, 2008, S. 18).

Betrachtet man nun speziell den Aufschlag, wird klar, dass nicht nur die Ausholbewegung für eine größtmögliche Schlägerbeschleunigung verantwortlich ist. So spielt vor allem die

zeitliche Zuordnung und das dynamische Verhältnis von Aushol- und Schlagbewegung eine wesentliche Rolle (Schönborn, 2008, S. 20).

Bezüglich der zeitlichen Zuordnung ist der fließende Übergang der Ausholbewegung in die Schlagbewegung entscheidend. Hinsichtlich des dynamischen Verhältnisses beziehungsweise der Dynamik der Ausholbewegung muss erwähnt werden, dass die Schlagkraft nicht stetig mit der Intensität der Ausholbewegung zunimmt. Erklärt kann dies damit werden, dass, wenn man einem Muskel eine hohe Spannung erteilen will, die Dehnbewegung beziehungsweise die Ausholbewegung gebremst werden muss. Bei diesem Vorgang, der auch negative, nachgebende, bremsende oder auch exzentrische Muskelarbeit genannt wird, entsteht die höchste Kraft. (Schönborn, 2008, S. 20).

Mit Hilfe der exzentrischen Muskelarbeit, die am Ende der Ausholbewegung ihr Maximum erreicht hat, kann eine entscheidend höhere Muskelspannung und größere Energiespeicherung erzielt werden als durch die konzentrische Muskelarbeit, die auch als positive, überwindende oder beschleunigende Muskelarbeit bezeichnet wird. Sie wird für die darauffolgende Schlägerbeschleunigung zum Treffpunkt hin gebraucht. Die Kombination dieser beiden Arbeitsweisen wird diesbezüglich als Reaktivkraft bezeichnet. Sie erzeugt innerhalb von 200 Millisekunden einen höheren Kraftstoß (Schönborn, 2008, S. 20).

Betrachtet man die Ausholbewegung noch etwas genauer muss erwähnt werden, dass die synergistische Muskulatur bereits innerviert und angespannt ist und wie ein Gummiband wirkt. In der Umkehrphase der Ausholbewegung wird die Muskulatur gedehnt und der Schläger wird abgebremst. Die kinetische Energie des rückwärts geführten Schlägers wird in Folge des Abbremsens in Verformungsenergie des Sehnen-/ Muskelsystems transformiert und für einen kurzen Moment gespeichert. Während der darauffolgenden konzentrischen Arbeit findet wieder eine Umwandlung in kinetische Energie statt, was eine Steigerung des konzentrisch gebildeten Kraftstoßes möglich macht (Schönborn, 2008, S. 21).

Aufgrund dessen kann behauptet werden, dass bei der Ausholbewegung, die mit einem exzentrischen Bremsvorgang endet, die Muskelenergie kumuliert, wodurch Energie freigesetzt wird und für die nachfolgende konzentrische Muskelarbeit während der Schlagbewegung vereinfacht und verstärkt wird (Schönborn, 2008, S. 21).

Ein weiteres wichtiges Prinzip, welches die Schwungbewegung und Schwungübertragung im Tennis erklärt, ist das Prinzip der Gegenwirkung.

Prinzip der Gegenwirkung

Das Prinzip der Gegenwirkung demonstriert „die Wichtigkeit und die Wirkung der Verwringung und der zeitlichen Verschiebung des Phasenbeginns“ (Schönborn, 2008, S. 23). Unter der zeitlichen Verschiebung des Phasenbeginns wird verstanden, dass vor und nach einer Phase der gleichzeitigen Bewegung von Rumpf und Arm entsprechend eine Phase der Gegenbewegung stattfindet (Schönborn, 2008, S. 23).

So bewegt sich beispielsweise der Rumpf am Ende der Ausholbewegung schon in die Schlagbewegung, „während sich der Arm mit dem Schläger noch in der rückwärtigen Ausholbewegung befindet“ (Schönborn, 2008, S. 23).

Auch am Ende der Ausschwingbewegung ist dieses Phänomen zu erkennen. Der Schlagarm wird dabei noch, während der Rumpf bereits die Rückbewegung eingeleitet hat, in die Schlagrichtung beschleunigt. Dies führt zu einem ökonomischen Abfangen des Schwungs (Schönborn, 2008, S. 25).

Im Verlaufe eines Schlages sind die Muskeln des Rumpfes und der Beine dafür zuständig, die erforderliche kinetische Energie für die Ausführung des Schlages zu erzeugen. Die Schulter- als auch die Armmuskulatur sind im Vergleich zu den Muskeln des Rumpfes und der Hüft- und Kniegelenke, die eine sehr hohe Anfangskraft beziehungsweise einen sehr hohen Anfangsimpuls besitzen relativ schwach. Dafür sind sie aber feinmotorisch leistungsfähig und sehr schnell (Schönborn, 2008, S. 26).

In diesem Zusammenhang soll Tusker (1994, zit. in Schönborn, 2008, S. 27) erwähnt werden, der feststellt, dass Tennisspieler/innen für die Durchführung eines Aufschlages eine Leistung von ungefähr 4000 Watt benötigen. Mit der Armkraft kann jedoch lediglich eine Leistung von maximal 600 Watt erreicht werden. Auch Hornig (2001, S. 29), tätigt eine ähnliche Aussage, indem er schreibt, dass der Schlagarm an der Erzeugung der Schlägerendgeschwindigkeit nur mit fünfzehn bis zwanzig Prozent beteiligt ist.

Dadurch wird klar, dass für die Durchführung eines Schlages neben der Armmuskulatur auch anderer Muskelgruppen, wie die zuvor erwähnte Rumpf- und Beinmuskulatur benötigt werden, um diesen entsprechend ausführen zu können.

Um nun eine hohe Beschleunigung des Armes und des Schlägers zu erreichen, spielt die Verwringung des Oberkörpers zum Unterkörper, zur Vordehnung und Energiespeicherung und die darauffolgende Rotation des Oberkörpers in Schlagrichtung, bei der vor allem die innere und äußere schräge Bauchmuskulatur und die Drehmuskulatur im Rücken verantwortlich ist, eine entscheidende Rolle (Schönborn, 2008, S. 27).

Nachdem nun das Prinzip der Gegenwirkung beschrieben wurde, wird ein weiteres für den Tennisaufschlag wichtiges Prinzip näher beschrieben.

Prinzip der zeitlichen Koordination der Teilimpulse

Wie zuvor erwähnt, verläuft die Ausholphase durch die Vordehnung der Muskulatur von oben nach unten. Somit ist es einleuchtend, dass das Auflösen und der Verlauf der Schlagphase genau in umgekehrter Richtung, also von unten nach oben durchgeführt werden muss. Es handelt sich dabei um eine sogenannte Impulsübertragung, ausgehend von den Beinen, weiter zum Rumpf, zum Schlagarm und der Schlaghand und letztendlich zum Schläger (Schönborn, 2008, S. 36).

Bei idealer inter- und intramuskulärer Koordination ist die Schlägerendgeschwindigkeit letztendlich die Summe aller Kraftimpulse, „die sowohl nacheinander innerhalb dieser Kette in den einzelnen Gliedern erzeugt als auch vom jeweils vorherigen Glied übernommen worden sind“ (Schönborn, 2008, S. 40). Die schrittweise Übertragung der Körpersegmentimpulse sowie der Trägheitskräfte auf das nächste distale Körpersegment ist physikalisch immer durch das Abbremsen des jeweils vorherigen Gliedes gekennzeichnet (Schönborn, 2008, S. 40). Dabei erfolgt die Übertragung des Kraftimpulses immer dann, wenn die Beschleunigung des Gliedes der Kette ihren Höhepunkt, das bedeutet die optimale Geschwindigkeit erreicht hat (Schönborn, 2008, S. 41).

Das vorletzte Prinzip, das ebenso eine entscheidende Rolle im Tennis spielt, ist das Prinzip der Impulserhaltung.

Prinzip der Impulserhaltung

„Das erste Newtonsche Gesetz besagt, dass ein Körper im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung bleibt, wenn keine Kräfte auf ihn einwirken“ (Schönborn, 2008, S. 43).

Um den Schlägerschwung so gut wie möglich auf den Ball zu übertragen, ist es notwendig, den Schläger mit größtmöglicher Präzision zum Treffpunkt hin zu schwingen (Schönborn, 2008, S. 43). Damit dies erreicht werden kann, muss der Körper im Gleichgewicht sein und der Körperschwerpunkt muss sich weitgehend hinter der Schlaghand befinden. Wenn sich jedoch der Körper bewegt, ändert sich auch die Position des Körperschwerpunktes (Schönborn, 2008, S. 44).

Um nun eine optimale Impulsübertragung zu erreichen, muss einerseits der Körperschwerpunkt vor dem Auslösen der Schlagbewegung hinter der Schlaghand liegen, andererseits sollte der Körper stabil sein oder sich gegen den Ball in die Schlagrichtung bewegen (Schönborn, 2008, S. 44-45). Bezogen auf den ersten Aufschlag trifft in diesem Fall jedoch nur Letzteres zu.

Als letztes Prinzip wird nun das Prinzip des optimalen Beschleunigungsweges beschrieben.

Prinzip des optimalen Beschleunigungsweges

Der wichtigste Teil des gesamten Schlages ist letztendlich der Treffpunkt. Das Problem im Zusammenhang mit dem Treffpunkt ist, dass der Kontakt der Schlägerbespannung mit dem Ball nur zwischen 0,005 und 0,003 Sekunden dauert (Schönborn, 2008, S. 54). Diese Zeitspanne ist für das menschliche Gehirn zu kurz, um dies bewusst wahrnehmen zu können (Schönborn, 2008, S. 54). Das bedeutet, dass der Kontakt des Balles mit dem Schläger erst im Kortex wahrgenommen wird, wenn der Ball den Schläger schon wieder verlassen hat. Genauer gesagt, „die afferente Leitungszeit zwischen den Rezeptoren der Hand und dem des Kortex ist länger als die Ball-Schläger- Kontaktzeit“ (Schönborn, 2008, S. 54). Dieser Umstand macht deutlich, dass der Ball im Treffpunkt nicht mehr beeinflussbar ist und somit die zuvor beschriebenen Faktoren die Grundlage für den optimalen Treffpunkt sind (Schönborn, 2008, S. 54).

Um nun den Schlägerkopf im Treffpunkt in eine bestmögliche Position zum Körper und zur beabsichtigten Schlagrichtung, Schlaggeschwindigkeit und Schlaghöhe positionieren zu können, sind folgende Voraussetzungen notwendig:

- Die Schlaghand soll sich vor dem Körperschwerpunkt befinden.
- Der Kontakt des Balles mit dem Schläger soll im Sweetspot erfolgen.
- Das Handgelenk muss im Moment des Treffpunktes fest fixiert werden.
- Es muss der passende Griff für die jeweilige Schlagart gewählt werden.
- Der Ball soll in einer von der Schlagart und griffabhängigen geeigneten Entfernung zum Körper getroffen werden (Schönborn, 2008, S. 55). Für den Aufschlag würden die zuvor erwähnten 20 cm gelten.

1.6 Diverse Geschwindigkeitsverläufe während des Aufschlages

Gegen Ende dieses Unterkapitels sollen noch die Geschwindigkeitsverläufe der Schulter, des Ellenbogens, der Hand und des Schlägers mittels einer Abbildung veranschaulicht werden.

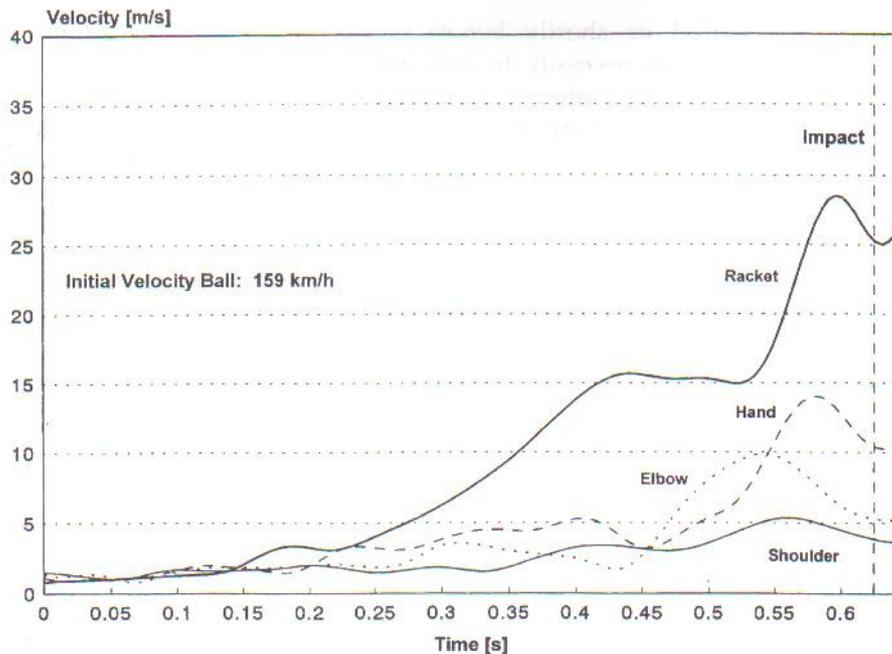


Abb. 10: Geschwindigkeitsverläufe während eines Tennisaufschlages (Kleinöder, Neumaier, Loch & Mester, 1994, zit. in Elliott, 1998, S. 209)

Anhand der Abbildung (Abb. 10) ist zu erkennen, dass die Geschwindigkeit der Schulter im Verlauf der Aufschlagbewegung am geringsten ist. Sie bleibt über den gesamten Zeitraum relativ konstant. Die Geschwindigkeit des Ellenbogens beginnt kurz vor dem Treffpunkt auf zehn m/s zu steigen, um jedoch unmittelbar danach wieder zu fallen und zum Zeitpunkt des Treffpunkts lediglich fünf m/s zu erreichen (Kleinöder, Neumaier, Loch & Mester, 1994, zit. in Elliott, 1998, S. 209). Anschließend bleibt sie dann konstant. Die Geschwindigkeit der Hand steigt ebenso wie die des Ellenbogens kurz vor dem Treffpunkt rasch an. Sie übertrifft diese sogar und beträgt ungefähr vierzehn m/s (Kleinöder, Neumaier, Loch & Mester, 1994, zit. in Elliott, 1998, S. 209). Im Moment des Treffpunkts fällt sie jedoch auf zirka zehn m/s ab (Kleinöder, Neumaier, Loch & Mester, 1994, zit. in Elliott, 1998, S. 209). Danach beginnt sie wieder leicht zu steigen. Die größte Geschwindigkeit erreicht der Schläger mit ungefähr achtundzwanzig m/s. Doch auch hier ist ein Abfall der Geschwindigkeit unmittelbar vor dem Treffpunkt zu erkennen. Nachdem der Ball getroffen wurde, beginnt auch die Schlägergeschwindigkeit, wie zuvor die der

Hand, wieder etwas zu steigen (Kleinöder, Neumaier, Loch & Mester, 1994, zit. in Elliott, 1998, S. 209).

Um einen genaueren Überblick über die bereits teilweise erwähnte, relevante Muskulatur für den Aufschlag zu liefern, werden jetzt im letzten Unterkapitel nochmals die wichtigsten Muskeln in den verschiedenen Phasen des Aufschlages erwähnt.

1.7 Relevante Muskulatur für den Aufschlag

Die Aufschlagbewegung wird jetzt in die „Loading phase“ (Aufladungs-), die „Cocking phase“ (Aufrichtungs-), die „Acceleration phase“ (Beschleunigungs-) und die „Follow-through phase“ (Durchschwungsphase) unterteilt (Ellenbecker & Tiley, 2001, S. 65, zit. in Roetert & Ellenbecker, 2007, S.16).

In der Aufladungsphase erfolgen die Streckung der Beine und die Oberkörperrotation. Für die Streckung der Beine sind der M. gastrocnemius, -soleus, -quadriceps und der Gesäßmuskel (exzentrisch) verantwortlich. Die Oberkörperrotation wird durch den M. obliquus, -abdominalis und den Rückenstreckern (konzentrisch und exzentrisch) ermöglicht (Ellenbecker & Tiley, 2001, S. 65, zit. in Roetert & Ellenbecker, 2007, S.16).

Die Aufrichtungsphase ist durch die Rumpfstreckung, Rumpfrotation und durch die Armbewegung gekennzeichnet. Die verantwortlichen Muskeln für die Rumpfstreckung und Rumpfrotation sind dabei die Rückenstrecker-muskeln (exzentrisch), der M. obliquus (konzentrisch und exzentrisch) und der M. abdominalis (exzentrisch). Verantwortlich für die Armbewegung sind der M. infraspinatus, -teres minor, -supraspinatus, -biceps, -serratus, -anterior, die Handgelenksex tensoren (konzentrisch), der M. subscapularis und der M. pectoralis major (exzentrisch) (Ellenbecker & Tiley, 2001, S. 65, zit. in Roetert & Ellenbecker, 2007, S.16).

In der Beschleunigungsphase spielen der M. gastrocnemius, -soleus, der Gesäßmuskel, der M. quadriceps (konzentrisch) und die rückwärtige Oberschenkelmuskulatur eine wichtige Rolle. Aber auch der Einsatz des M. abdominalis, -obliquus (konzentrisch) und der Rückenstrecker-muskeln (exzentrisch) sind in dieser Phase zur Rumpfrotation notwendig. Die Armbewegung wird durch die Aktivierung des M. subscapularis, -pectoralis major, -serratus anterior, des Triceps, der Handgelenksflexoren, den Vorderarmpronatoren (konzentrisch) und dem Biceps (exzentrisch) ermöglicht (Ellenbecker & Tiley, 2001, S. 65, zit. in Roetert & Ellenbecker, 2007, S.16).

Die letzte Phase, die Durchschwungsphase, wird unter anderem mit Hilfe des M. gastrocnemius, -soleus, -quadriceps und des Gesäßmuskel (exzentrisch) ausgeführt. Noch zu erwähnen sind die Rückenstrecker-muskeln (exzentrisch), der M. obliquus und -

abdominalis, (konzentrisch/exzentrisch) die für die Rumpfrotation verantwortlich sind. Um den Schlagarm wieder abzubremsen, spielen der M. infraspinatus, -teres minor, -serratus, -trapezius, die Rhomboiden, die Handgelenksstrecker und die Vorderarmsupinatoren (exzentrisch) eine entscheidende Rolle (Ellenbecker & Tiley, 2001, S. 65, zit. in Roetert & Ellenbecker, 2007, S.16).

In diesem Kapitel wurden neben einigen allgemeinen Aspekten bezogen auf den Tennissport, auch kurz auf die Unterschiede zwischen dem ersten und dem zweiten Aufschlag und auf die verschiedenen Aufschlagarten eingegangen. Daraufhin folgten einige allgemeine Definitionen zum Thema Technik. Anschließend wurde die Technik des ersten Aufschlages beschrieben und mit einigen Bildreihen nochmals verdeutlicht. Auch auf die unterschiedlichen Absprungpositionen in Richtung des Treffpunktes wurde eingegangen und mit zwei Abbildungen veranschaulicht. Danach folgte eine Aufzählung der für alle Schlagarten im Tennis wesentlichsten biomechanischen Prinzipien. Anschließend werden die Geschwindigkeitsverläufe der Schulter, des Ellenbogens, der Hand und des Schlägers während der Aufschlagbewegung mit einer Abbildung dargestellt. Am Ende dieses Kapitels wurde noch auf die relevante Muskulatur für den Tennisaufschlag genauer eingegangen.

2. Leichtathletische Wurfdisziplinen

In diesem Kapitel werden zu Beginn die mechanischen Faktoren erwähnt, welche die Wurf- und die Stoßweite maßgeblich beeinflussen. Anschließend werden einige wichtige Einflussfaktoren den Speerwurf betreffend mit einer Abbildung dargestellt und weitere noch genauer beschrieben. Danach wird auf die einzelnen Phasen des Speerwurfs eingegangen und mit Hilfe von Bildreihen genauer beschrieben und veranschaulicht. Im Anschluss daran werden die Geschwindigkeitsverläufe des Speers, der Schulter, des Ellenbogens und der Hüfte einer Speerwerferin, ab dem Abdruck beim drittletzten Schritt mit einer Abbildung veranschaulicht und näher beschrieben. Zum Schluss wird auf die für den Speerwurf relevante Muskulatur eingegangen und mit einer Abbildung dargestellt.

2.1 Stoß- und Wurfweite

In der Leichtathletik unterscheidet man bezüglich der Wurfdisziplinen zwischen dem Kugelstoß, dem Hammer-, dem Diskus- und dem Speerwurf.

Das vorrangige Ziel all dieser Disziplinen ist es, das Gerät so weit wie möglich zu werfen beziehungsweise zu stoßen. Nach Hollmann & Hettinger (2000, S. 185) hängt die größtmögliche Wurf- beziehungsweise Stoßweite von folgenden mechanischen Faktoren ab:

- „Abwurf- beziehungsweise Abstoßgeschwindigkeit, das heißt die Geschwindigkeit des Geräteschwerpunktes,
- Abwurfwinkel, das heißt der Winkel zwischen der Tangente der Bahnkurve des Geräteschwerpunktes und der Horizontalen beim Wurf; der optimale Wert ist von Abwurfgeschwindigkeit, Abwurfhöhe und aerodynamischen Bedingungen abhängig,
- Abwurfhöhe, das heißt die Höhe des Geräteschwerpunktes über dem Boden,
- Anstellwinkel, das heißt der Winkel zwischen ausgezeichneten Achsen beziehungsweise Ebenen des Wurfgerätes mit der Tangente der Bahnkurve,
- Rotationsfrequenz des Gerätes um seine Symmetrieachse“

2.2 Speerwurf und wesentliche Einflussfaktoren

Nachdem kurz auf die mechanischen Einflussfaktoren in Bezug auf die Stoß- beziehungsweise Wurfweiten der leichtathletischen Wurfdisziplinen eingegangen wurde, wird die folgende Abbildung (Abb. 11) auf die wesentlichsten Einflussfaktoren für die Speerwurfweite nochmals eingegangen. Anschließend werden weitere Einflussfaktoren erwähnt und genauer erklärt.

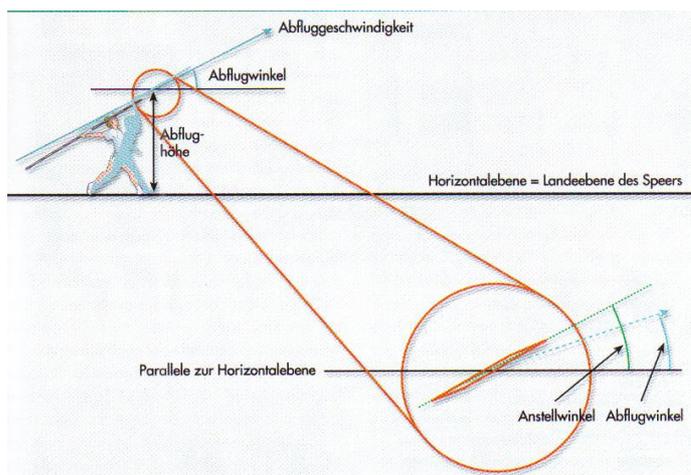


Abb. 11.: Einflussfaktoren auf die Speerwurfweite (Güllich, Heß, Jakobs., Lehmann, Mäde, Müller, Oltmanns & Schön, 2004, S. 137)

Abfluggeschwindigkeit des Speers:

Die Abfluggeschwindigkeit wird von der Anlaufgeschwindigkeit und der im Abwurf erzielten Impulsübertragung bestimmt (Güllich et al., 2004, S. 136).

Abflugwinkel des Speers:

Bei Windstille beträgt der optimale Abflugwinkel zwischen 30° und 36°. Die Abflughöhe hat wegen der im Verhältnis großen Flugweite eine eher geringe Bedeutung (Güllich et al., 2004, S. 136-137).

Aerodynamische Faktoren in der Flugphase des Speers:

In diesem Zusammenhang ist der Auftrieb, der Luftwiderstand, die Windgeschwindigkeit, die Windrichtung, die Abfluggeschwindigkeit und der Abflugwinkel zu erwähnen. Bei unterschiedlicher Flugstabilität und Fluglage des Speers kommt es bei identem Abflugwinkel und Abfluggeschwindigkeit auch zu unterschiedlichen Flugweiten (Güllich et al., 2004, S. 137).

So sorgen ein ungünstiger Anstellwinkel für Abtrieb und ein günstiger Anstellwinkel für Auftrieb. Wie in der nächsten Tabelle (Tab. 3) unter anderem ersichtlich wird, wird der Idealwert von der Windrichtung und der Windstärke bestimmt (Güllich et al., 2004, S. 137).

Tab. 3.: Verschiedene Einflüsse auf den Anstell- und Abflugwinkel

Wind	Abflugwinkel	Anstellwinkel
windstill	30 – 36°	10 – 15°
Gegenwind	flacher	steiler
Rückenwind	steiler	flacher
Seitenwind	je nach Ausrichtung, ggf. im Rahmen der Möglichkeiten Anlauf- und Abwurfrichtung verändern	je nach Ausrichtung, ggf. im Rahmen der Möglichkeiten Anlauf- und Abwurfrichtung verändern

(Güllich et al., 2004, S. 137)

Bezüglich des Auftriebs ist zu erwähnen, dass dieser nur so lange wirken kann so lange die Lage des Speers stabil und konstant ist. Die stabile Fluglage wird dabei durch die Rotation des Speers um seine Längsachse erreicht, die in Folge eines leicht dezentralen Kraftstoßes auf die Wicklung beim Abwurf verursacht wird. Die Abnahme des Auftriebs mit zunehmender Flugdauer wird durch das nach vorne Kippen des Speers hervorgerufen. Das Kippen wiederum erfolgt aufgrund der Tatsache, „da der Schwerpunkt des Speers vor seinem Druckpunkt liegt“ (Güllich et al., 2004, S. 138). Die folgende Abbildung (Abb. 12) zeigt nun die Kraftwirkungen auf den Speer und die Veränderung der Speerlage im Verlauf des Fluges in Relation zur Schwerpunktbahn.

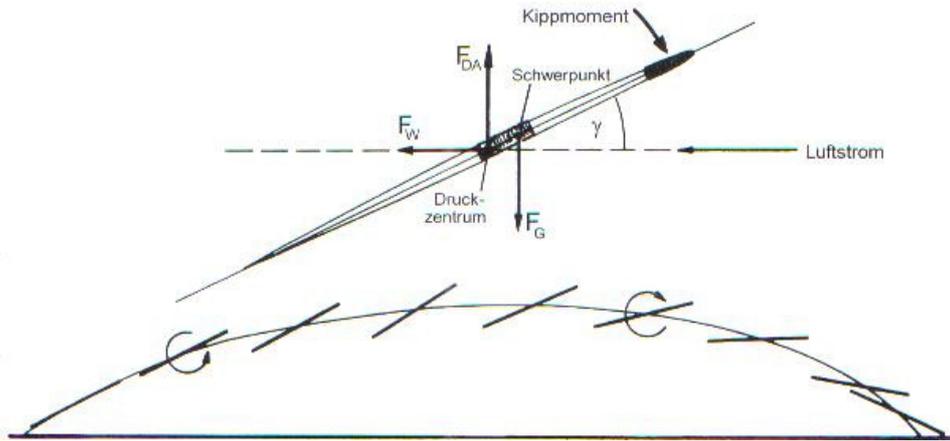


Abb. 12: Kraftwirkungen auf den Speer und Veränderung der Speerlage im Verlauf des Fluges (F_w - Widerstandskraft F_{DA} - dynamische Auftriebskraft, F_G - Gewichtskraft), (modifiziert nach Terauds, 1985, zit. in Wank, 2006, S. 134)

Neben den mechanischen Einflussfaktoren haben nach Jonath, Krempel, Haag & Müller (1995, S. 139) auch die Länge des Impulsschrittes sowie des Stemmschrittes und ihr Verhältnis zueinander, als auch die Anlaufgeschwindigkeit und der Beschleunigungsweg eine große Auswirkung auf die Wurfweite. Nicht zu vergessen ist, dass natürlich auch zahlreiche biomechanische Aspekte eine entscheidende Rolle spielen, um den Speer weitestmöglich werfen zu können. Dazu zählen:

- Ein einwandfreier Übergang vom zyklischen zum azyklischen Anlaufabschnitt.
- Ein idealer Neigungswinkel der Körperlängsachse zum Zeitpunkt der Landung nach dem Impulsschritt.
- Eine geringstmögliche Abnahme der Anlaufgeschwindigkeit im Verlauf des Fünf-Schritt- Rhythmus.
- Eine ideale Impulsübertragung über die Gliederkette bestehend aus Hüfte, Rumpf und Wurfarm/Speer im Verlauf der Stemmphase.
- Eine größtmögliche Abfluggeschwindigkeit des Speers bei gleichzeitig idealen Anstell- und Abflugwinkel (Jonath et al., 1995, S. 147).

In diesem Zusammenhang soll eine Studie von Bartlett, Müller, Lindinger, Brunner & Morriss (1996, S. 70) erwähnt werden, die in Folge einer Analyse den Speerwurf betreffend herausfanden, dass speziell die Abflug- beziehungsweise Abwurfgeschwindigkeit maßgeblich für große Wurfweiten verantwortlich sind. Diese biomechanischen Aspekte stehen wiederum wie bereits erwähnt wurde, in engem Zusammenhang mit der Speerwurftechnik. Aus diesem Grund beschäftigt sich der nächste Abschnitt der Arbeit mit der Technik des Speerwurfs.

2.3 Die Technik des Speerwurfs

Wie auch im Tennis lassen sich beim Speerwerfen verschiedene Griffarten unterscheiden. Dazu zählen, wie in der folgenden Abbildung (Abb. 13) dargestellt, der Daumen-Mittelfinger, der Daumen- Zeigefinger- und der Zangen- Griff (Jonath et al., 1995, S. 134).

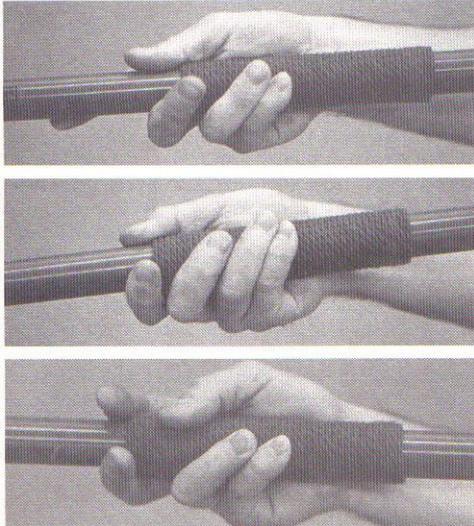


Abb. 13: Verschiedene Griffarten beim Speerwurf (Jonath, et al., 1995, S. 134)

Wichtig bei all den erwähnten Griffarten ist die lockere Handhaltung, und dass alle Finger Kontakt zur Wicklung haben (Jonath et al., 1995, S. 135).

Nachdem die verschiedenen Griffarten aufgezeigt wurden, werden die einzelnen Phasen des Speerwurfs erwähnt und genauer erklärt. Die Beschreibung der Technik bezieht sich auf eine Rechtshänderin beziehungsweise einen Rechtshänder.

2.3.1 Die Phasen des Speerwurfs

Der Speerwurf lässt sich nach Jonath (1995, S. 134) grundsätzlich in folgende Phasen unterteilen:

- Anlauf
- Fünf- Schritt- Rhythmus
- Abwurf
- Abfangen

Anlauf

Im zyklischen Anlauf, der je nach Sprintfähigkeit acht bis zwölf Schritte lang ist, beträgt die Geschwindigkeit bei professionellen Speerwerferinnen und Speerwerfern sechs bis

sieben m/s (Ritschel & Lehmann, 2007, S. 28). Der Speer wird dabei mit minimaler Spitzenneigung in Kopfhöhe gehalten (Jonath et al., 1995, S. 135).

Fünf- Schritt- Rhythmus

Nach Jonath et al. (1995, S. 136 f) folgt der *Fünf- Schritt- Rhythmus* ohne Unterbrechung nach dem zyklischen Anlauf. Die Schrittfolge für eine Rechtsworferin beziehungsweise einen Rechtsworfer lautet: links- rechts- links- rechts- links- Wurf. Am Ende des ersten Schrittes zeigen sowohl die Fußspitze als auch der Oberkörper und der Blick in Wurfrichtung. Die Wurfhand bewegt sich in Form einer Ausholbewegung etwas nach vorne. Der Schritt wird auch zum Start der Tempoerhöhung genutzt. Der zweite und dritte Schritt dient der weiteren Beschleunigung, wobei der Oberkörper nicht vorgeneigt wird. Es kommt zu einem Vorseilen der Beine, das zu einer Oberkörperücklage führt. Die Wurf Schulter und der Wurfarm bleiben zurück. Der Abwurf wird durch die Speerrückführung vorbereitet. Dabei wird der Speer in Höhe der Schulter solange geradlinig zurückgeführt, bis der Arm gestreckt ist. Durch die Speerrückführung beginnt die für den Wurf entscheidende Vordehnung der Muskulatur. Der Speer, die Schulter- und die Beckenachse zeigen in Wurfrichtung (Jonath et al., 1995, S. 136). Der vierte Schritt, der auch Impulsschritt genannt wird, startet mit dem Abdruck des linken Beines (Jonath et al., 1995, S. 137). Bei den Frauen variiert die Länge des Impulsschrittes zwischen 1,60 und 1,90 Metern (Ritschel & Lehmann, 2007, S. 28). Zu Beginn des Impulsschritts erreicht der Körperschwerpunkt das linke Bein. Das rechte Bein befindet sich klar vor dem linken Bein. Der Impulsschritt ist durch eine schnelle und flache Ausführung charakterisiert und ist der längste aller Schritte des Fünf- Schritt- Rhythmus. Weiters wichtig zu erwähnen ist, dass die Wurf Schulter das Becken überholt hat, dass Knie leicht gebeugt und der Wurfarm durchgestreckt sind (Jonath et al., 1995, S. 137). Kurz vor Setzen des Stemmbeins sollten die Speerwerfer/innen ihre höchste Körpergeschwindigkeit erreichen und die daraus erzeugte kinetische Energie kurzfristig speichern. Ziel ist es letztendlich die kinetische Energie in Energie der elastischen Verformung (Vordehnung von Muskeln und Sehnen) mit anschließenden Rückgewinn für die Oberkörper-, Wurfarm- und Speerbeschleunigung zu transformieren (Bartonietz, 2007, S. 21). Das fortgesetzte Eindrehen des rechten Fußes und des rechten Knies in Wurfrichtung und dem Verschieben der rechten Hüftseite leitet den fünften Schritt mit Aufsatz des gestreckten linken Stemmbeins über die Ferse zur Wurfauslage ein. In der Wurfauslage ist der Blick geradeaus nach vorne gerichtet und die Speer- und Schulterachse sind parallel zueinander. Um einen Spannungsaufbau zu erzeugen, wird der Wurfarm weit hinten in Verlängerung der Schulter gehalten. Das linke Bein bleibt gestreckt und die linke Körperseite wird stabilisiert. In Abwurfrichtung verläuft

der Körperschwerpunkt über das hintere Bein und wird aufgrund des gestreckten vorderen Beines daran gehindert sich weiter zu bewegen. Die Bogenspannung, die den vollen Einsatz von Beinen, Rumpf und Wurfarm möglich macht, wird dadurch erzeugt, da das linke Bein die linke Körperhälfte stabilisiert und sich die Brust zum selben Zeitpunkt nach vorne bewegt. Sie wird durch den noch immer zurückgehaltenen Wurfarm verstärkt (Jonath et al., 1995, S. 137).

Abwurf

Ein wesentliches Kriterium für eine gut ausgeführte *Abwurfbewegung* ist der zeitlich korrekte aufeinanderfolgende Einsatz der Teilbewegungen Schulter, Oberarm und Hand. Zu Beginn kommt es zu einem aktiven Vorbringen der Wurf Schulter, auf welche die Eindrehung des Wurfarms folgt.

Im Verlauf des *Abwurfs*, der senkrecht über den linken Fuß stattfindet, verlässt der Speer durch ein aktives Herausschleudern des rechten Unterarms die Hand (Jonath et al., 1995, S. 138). „Der Abflugwinkel des Speers beträgt etwa 30 und 36 Grad“ (Hommel, 2008, S. 37). In der Abwurfphase sind der Kopf und der Rumpf ein wenig nach links geneigt. Die ideale Kraftübertragung auf den Wurfarm wird durch den fixierten linken Arm nahe dem Rumpf gewährleistet.

Abfangen

Das Abfangen resultiert aus dem Umspringen in Wurfrichtung auf das rechte Bein, wobei das Kniegelenk stark gebeugt wird, das wiederum zu einer Absenkung des Körperschwerpunkts führt (Jonath et al., 1995, S. 138).

Nachdem nun ein allgemeiner Überblick über die Phasenstruktur des Speerwurfs gegeben wurde, wird in Folge eine Bildreihe gezeigt, welche die erwähnten Schwerpunkte in den einzelnen Phasen nochmals darstellt:

2.3.2 Bildreihe des Speerwurfes



Abb. 14 1), 2), 3) und 4): Angehschritte und Einleitung der Speerrückführung (Bartonietz, 2007, S. 22-23)

Nach einigen Angehschritten ist der Sportler im ersten Bild der Bildreihe mit dem Speer in Kopfhöhe und gebeugten Arm zu sehen. Im übernächsten Bild, kurz vor dem Bodenkontakt mit dem linken Fuß, beginnt die Speerrückführung. Beim nächsten Bodenkontakt (Bild fünf) mit dem rechten Fuß, ist die Rücknahme des Speers vollendet. Das bedeutet, dass sich die Speerrücknahme über zwei Schritte erstreckt.



Abb. 15 5), 6), 7) und 8): Ende der Speerrücknahme und Rotation des Oberkörpers gegen die Wurfriechtung (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)

In den anschließenden Bildern sechs, sieben und acht ist vor allem die Rotation des Oberkörpers, der kräftige Abdruck des rechten Beines und die Streckung des Armes zu erkennen.



Abb. 16 9), 10), 11) und 12): Hinterstütz und Achsenparallelität im Moment des Bodenkontaktes zum Impulsschritt (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)

Zum Zeitpunkt des Bodenkontaktes zum Impulsschritt, zu sehen in den Bildern neun bis zwölf, gelangt der Sportler in einen ausgeprägten Hinterstütz. Auch die Achsenparallelität von Speer-, Schulter- und Hüftachse beim Setzen des Druckbeines ist hier deutlich zu erkennen.



Abb. 17 13), 14), 15) und 16): Achsenparallelität, Streckung des Stemmbeines und maximale Bogenspannung vor dem Abwurf (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)

In Bild dreizehn kann neben der Achsenparallelität auch festgestellt werden, dass der Sportler eine leichte Rücklage einnimmt um den Stemmschritt vorbereiten zu können. In den nächsten zwei Bildern ist das nach vorne - unten Arbeiten des Druckbeins klar ersichtlich. Auch das gestreckte zukünftige Stemmbein ist gut zu erkennen. Das letzte Bild in dieser Bildreihe veranschaulicht sehr deutlich die maximale Bogenspannung des Sportlers kurz vor dem Abwurf. Die Speerspitze befindet sich dabei auf Augenhöhe.



Abb. 18 17), 18), 19) und 20): Auflösung der Verwirrung, Stemmarbeit des linken Beines und Beginn des Schwungabfangens (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)

Bild 17 zeigt die Auflösung der Verwirrung zwischen Hüfte und Schulter. In den folgenden zwei Bildern ist die Stemmarbeit des linken Beines zum Zeitpunkt des Abwurfs deutlich zu beobachten. Auf dem anschließenden Bild beginnt der Sportler mit dem Schwungabfangen.



Abb. 19 21), 22), 23) und 24): Schwungabfangen durch Landung auf dem rechten Bein (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)

Die letzte Bildreihe zeigt den Sportler dabei, wie er versucht, den Schwung mittels Landung am rechten Bein abzufangen.

Nachdem die Technik des Speerwurfs durch eine genaue Beschreibung der einzelnen Phasen und durch eine Bildreihe dargestellt wurde, sollen noch einige Fakten ergänzend erwähnt werden. Dazu gehören die Geschwindigkeitsverläufe des Speers, der Schulter, des Ellenbogens und der Hüfte einer Speerwerferin, ab dem Abdruck beim drittletzten Schritt.

2.4 Diverse Geschwindigkeitsverläufe beim Speerwurf

Die hier gezeigte Abbildung (Abb. 20) zeigt die Geschwindigkeitsverläufe einer Speerwerferin vom Moment des Abdrucks des drittletzten Schrittes bis zum Lösen des Speeres von der Hand.

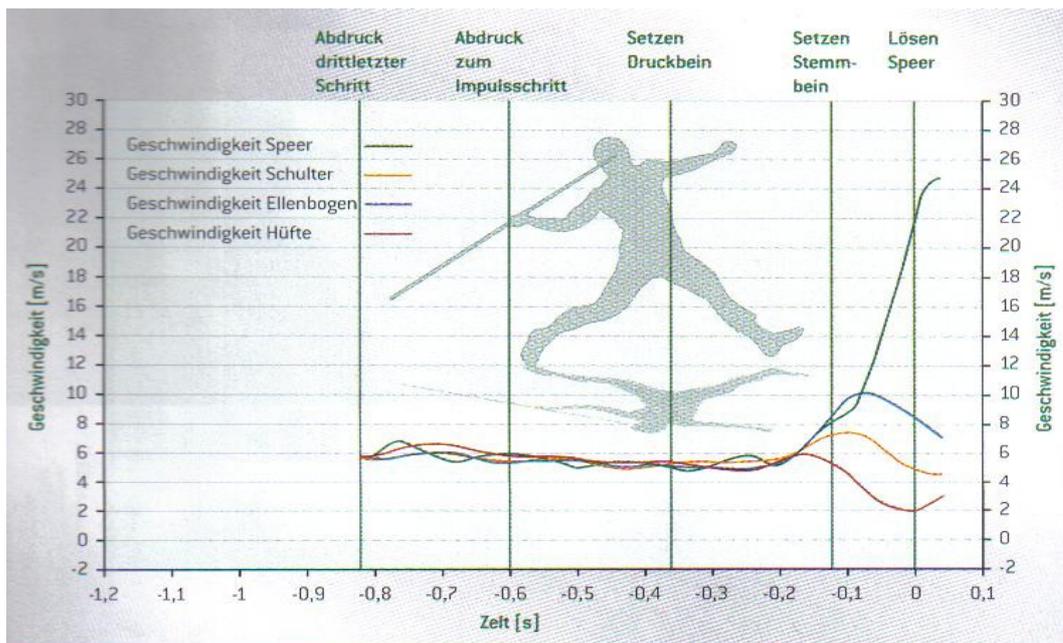


Abb. 20: Geschwindigkeitsverläufe einer Speerwerferin (Ritschel & Lehmann, 2007, S. 33)

Wie hier zu erkennen ist, ist zu Beginn des Abdrucks des drittletzten Schritts die Geschwindigkeit sowohl des Speers, der Schulter, des Ellenbogens und der Hüfte ident. Kurz vor Setzen des Stemmbeins beginnt jedoch die Geschwindigkeit des Ellenbogens zuzunehmen. Zum selben Zeitpunkt, nur viel deutlicher, ist ein Geschwindigkeitsanstieg des Speers zu erkennen. Diese steigt von anfänglich ungefähr vier m/s auf ungefähr 25 m/s nach Lösen des Speers. Die Geschwindigkeit der Hüfte nimmt zu Beginn der Messung leicht zu, bleibt dann relativ konstant, fällt kurz vor Setzen des Stemmbeins ab und ist zum Zeitpunkt des Lösen des Speers mit ungefähr zwei m/s am Geringsten (Ritschel & Lehmann, 2007, S. 33). Nachdem der Speer die Hand verlassen hat, nimmt die Geschwindigkeit letztendlich wieder leicht zu. Der Geschwindigkeitsverlauf der Schulter ist zu Beginn des Abdrucks des drittletzten Schritts bis kurz vor Setzen des Stemmbeins dem der Hüfte sehr ähnlich. Doch kurz davor nimmt die Geschwindigkeit der Schulter im Gegensatz zu der der Hüfte ein wenig zu, um unmittelbar danach wieder auf den ursprünglichen Wert abzufallen (Ritschel & Lehmann, 2007, S. 33).

Ein weiterer Aspekt, der aus der Abbildung (Abb. 20) herausgelesen werden kann, ist, dass vom Abdruck des Impulsschrittes bis zu dem Moment, in dem der Speer die Hand verlässt, 0.6 Sekunden vergehen.

Der letzte entscheidende Faktor, der eine wichtige Rolle im Speerwurf spielt, ist die Muskulatur. Auf diese wird jetzt in Folge eingegangen.

2.5 Relevante Muskulatur für den Speerwurf

Bei der Speerwurfbewegung spielt die Kraft, speziell die Schnellkraft, eine entscheidende Rolle. Dabei variiert, wie in der folgenden Abbildung (Abb. 21) ersichtlich wird, die Kraftentfaltungsmöglichkeit mit der Muskellänge.

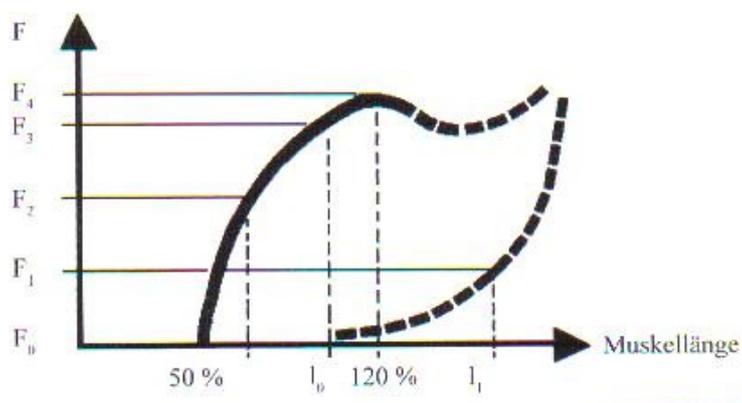


Abb. 21: Kraftentwicklung im Zusammenhang mit der Muskellänge (Wirhed, 1984, S. 12, zit. in Geese & Hillebrecht, 2006, S. 55)

Laut Geese & Hillebrecht (2006, S. 54 f) bedeutet das, dass der Muskel im verkürzten Zustand, also unterhalb der Ruhelänge, weniger Kraft entwickeln kann als im gedehnten Zustand oder bei Ruhelänge. Bei einem Dehnungsgrad von ungefähr 120% der Ruhelänge wird das Maximum der Kraft erreicht. Der Grund dafür kann einerseits sein, dass sowohl oberhalb als auch unterhalb des idealen Dehnungsgrades die Aktin- und die Myosinfilamente in einem ungünstigen geometrischen Verhältnis für die Kraftübertragung stehen. Andererseits nimmt die Aktivität des Muskels aufgrund des Dehnungsreflexes gleichermaßen mit dem Dehnungsgrad zu. In diesem Zusammenhang darf auch die viskoelastische Eigenschaft der Muskulatur nicht vergessen werden. Sie führt mit steigender Dehnung und Dehngeschwindigkeit zu einer größer werdenden Stiffness und Rückstellkraft des tendomuskulären Systems, wie dies mit Hilfe der Abbildung anhand der unteren gestrichelten Linie zu erkennen ist. Daher ist eine gute Technik dadurch charakterisiert, die Muskulatur unter den günstigsten Verhältnissen wirken zu lassen (Geese & Hillebrecht, 2006, S. 54-55). Da die reflexinduzierte Muskelaktivität bedeutend von der Dehnintensität abhängt und nur in einem kurzen Zeitraum von ungefähr 200 Millisekunden vollständig genutzt werden kann, sollte auf eine zweckmäßige Koordination von Teilkörperbewegungen geachtet werden, damit die Muskulatur kurz vor ihrem (konzentrischen) Einsatz vorgedehnt und somit exzentrisch belastet wird (Hochmuth, 1982, S. 172, zit. in Geese & Hillebrecht, 2006, S. 55). So wird bei einem gut koordinierten Speerwurf, beginnend bei den unteren Extremitäten, die „Arbeitsmuskulatur“ bis hin zum Wurfarm nacheinander, jedoch mit zeitlicher Überlappung so eingesetzt, dass die untere, zeitlich vorher aktivierte Muskulatur die zeitlich nachfolgende, höher sitzende Muskulatur vorspannt.

Welche Muskulatur nun für die Speerwurfbewegung relevant ist, kann anhand der rot gekennzeichneten Fläche in der nachfolgenden Abbildung (Abb. 22) erkannt werden. Das erste Bild zeigt die speerwerfende Person in der Wurfauslage. Im nächsten Bild wird die Person in der Phase der Bogenspannung dargestellt. Und das letzte Bild stellt die Rumpfschlagbewegung dar (Weineck, 2002, S. 238).

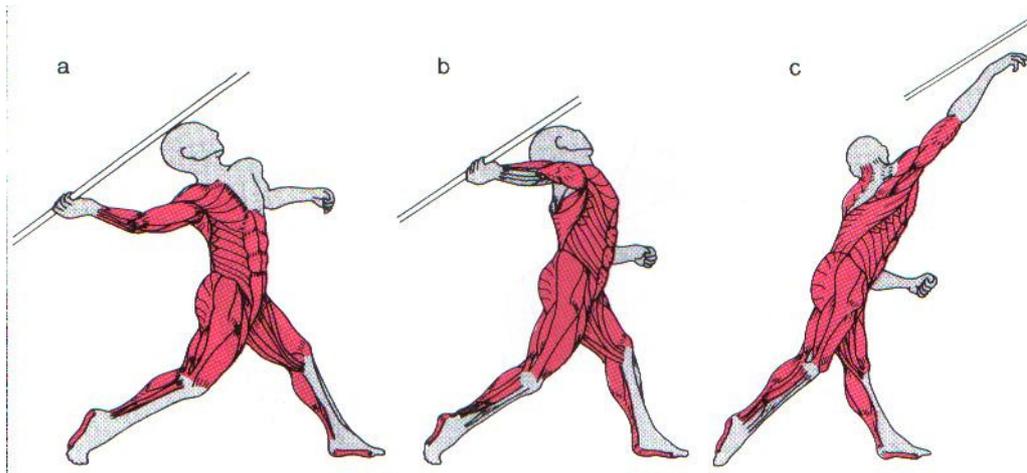


Abb. 22: Relevante Muskulatur für den Speerwurf (Weineck ,2002, S. 238)

Wie in Abbildung 22 ersichtlich wird, spielt die Beinkraft im Speerwurf eine wichtige Rolle. Denn sowohl für die Stemmbeinarbeit als auch für die Streckbeinarbeit wird eine Vielzahl an Muskeln benötigt (Weineck, 2002, S. 238). Dazu gehören zuerst einmal die Muskeln für die Kniestreckung, der M. rectus femoris, der M. vastus medialis und lateralis und intermedius. Sie werden alle als Mm. quadriceps femoris zusammengefasst (Schünke, Schulte, Schumacher, Voll & Wesker, 2005, S. 420). Die Muskeln die für die Hüftstreckung zuständig sind, sind der M. gluteus maximus und der Mm. ischiocrurales (Weineck, 2002, S. 238). Der Mm. ischiocrurales besteht aus dem Mm. semitendinosus, semimembranosus und dem biceps femoris (Schünke et al., 2005, S. 420).

Neben der Beinkraft hat auch die Rumpfkraft einen erheblichen Anteil daran, die Speerwurfbewegung effizient und technisch korrekt ausführen zu können. Dabei ist vor allem die Bauchmuskulatur als auch die Rumpfdrehmuskulatur zu erwähnen. Sie haben in den Phasen der Wurfbewegung aus der Wurfauslage, der Bogenspannung und letztendlich der Rumpfschlagbewegung eine unterstützende Funktion. Auch die Hüftbeuger, zu denen der M. rectus femoris, der M. iliopsoas und der M. tensor fasciae latae zählen, sind in der letzten Phase des Speerwurfs von großer Bedeutung (Weineck, 2002, S. 238).

Am Ende der Speerwurfbewegung ist noch die Armkraft entscheidend. Hierbei ist die Armsenkermuskulatur wie der M. pectoralis major und der M. latissimus dorsi sowie die Armstreckmuskulatur wie der M. triceps brachii für die Schlagwurfbewegung entscheidend (Weineck, 2002, S. 238).

In diesem Kapitel werden am Anfang die mechanischen Faktoren erwähnt, die einen großen Einfluss auf die Wurf- und die Stoßweite haben. Daraufhin werden einige wichtige Einflussfaktoren den Speerwurf betreffend mit Hilfe einer Abbildung dargestellt und weitere erwähnt. Anschließend wird auf die einzelnen Phasen des Speerwurfs eingegangen und mit einigen Bildreihen dargestellt. Danach werden die Geschwindigkeitsverläufe des Speers, der Schulter, des Ellenbogens und der Hüfte einer Speerwerferin, ab dem Abdruck beim drittletzten Schritt mit einer Abbildung veranschaulicht und näher erläutert. Am Ende des Kapitels wird eine weitere Abbildung dafür verwendet, um die relevante Muskulatur für den Speerwurf aufzuzeigen.

3. Die Schnellkraft

Zu Beginn dieses Kapitels wird eine Abbildung gezeigt, welche die Subkategorien der Kraft und deren verschiedenen Krafftähigkeiten und Erscheinungsweisen darstellt. Danach sollen einige Definitionen helfen, ein Verständnis für den Bereich Schnellkraft zu bekommen. Anschließend werden einige ausgewählte Aspekte, die in engem Zusammenhang mit der Schnellkraft stehen, genauer beschrieben. Danach folgt ein Unterkapitel, das den Anwendungsbereich der Schnellkraft im Sport näher beschreibt. Anschließend werden verschiedene Aspekte zur Schnellkraft wie beispielsweise die optimale Form der Vorbereitung auf ein Schnellkrafttraining erwähnt. Daraufhin folgen einige Definitionen zum Thema Schnellkrafttraining. Im nächsten Unterkapitel werden verschiedene Trainingsmethoden zur Verbesserung der Schnellkraft dargestellt. Schließlich werden Methoden zur Ermittlung der Schnellkraft aufgezeigt.

3.1 Die Subkategorien der Kraft

Die folgende Abbildung (Abb. 23) dient dazu die verschiedenen Subkategorien der Kraft darzustellen.

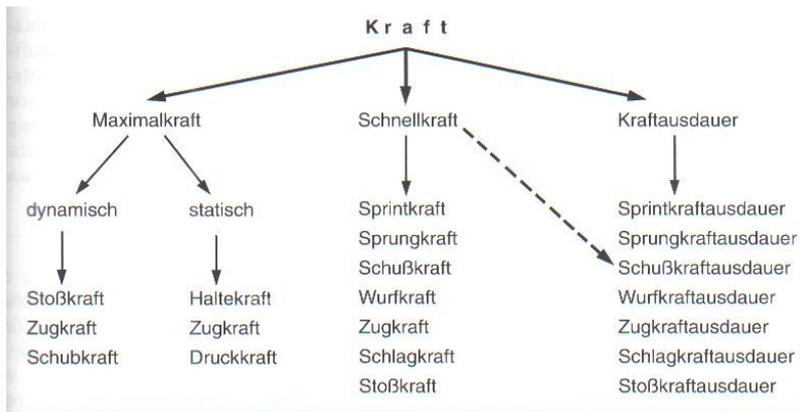


Abb. 23: Kraft und ihre verschiedenen Subkategorien und Erscheinungsweisen (nach Letzelter & Letzelter, 1986, S. 66, zit. in Weineck, 2004, S. 237)

Wie aus der Abbildung (Abb. 23) hervorgeht, wird die Kraft in die Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer unterteilt. Nach Boeckh- Behrens & Buskies (2006, S. 35) ist die Maximalkraft die höchste Kraft, „die das neuromuskuläre System bei einer maximalen willkürlichen (willentlichen) Kontraktion entfalten kann“. Bei der Maximalkraft wird wiederum zwischen statischer und dynamischer Maximalkraft unterschieden. Dabei ist die statische Maximalkraft die höchste Kraft, „die das Nerv- Muskel- System bei willkürlicher Kontraktion gegen einen unüberwindlichen Widerstand auszuüben vermag“ (Frey, 1977, 341, zit. in Weineck, 2004, S. 238). Ihre Erscheinungsformen sind die Halte-, Zug- und die Druckkraft. Die dynamische Maximalkraft ist andererseits die höchste Kraft, „die das Nerv- Muskel- System bei willkürlicher Kontraktion innerhalb eines Bewegungsablaufs zu realisieren vermag“ (Weineck, 2006, S. 238). Sie tritt als Stoß-, Zug- und Schubkraft auf.

Unter Kraftausdauer versteht Harre (1976, 125, zit. in Weineck, 2004, S. 242), „die Ermüdungswiderstandsfähigkeit des Organismus bei lang andauernden Kraftleistungen“. verstanden. Einerseits basiert sie auf den Anpassungsformen der Ausdauerfähigkeiten und andererseits auf jenen der Kraft. „Sie ist daher keine reine Krafftähigkeit wie die Maximalkraft oder die Schnellkraft“ (Scheid & Prohl, 2003, S. 97).

Da sich die folgende Arbeit mit der Schnellkraft auseinandersetzt, sollen jetzt die kommenden Definitionen helfen, diese Form der Kraft besser zu verstehen.

3.2 Schnellkraft

Unter Schnellkraft wird laut Hohmann & Lames & Letzelter (2007, S. 78) „die Fähigkeit verstanden, einen möglichst hohen Impuls in möglichst kurzer Zeit zu entfalten“.

Hegner (2006, S. 128) versteht unter Schnellkraft die Fähigkeit, „einen großen Impuls (Kraftstoß) innerhalb einer kurzen Zeit zu realisieren, Widerstände mit hoher Kontraktionsgeschwindigkeit zu überwinden und einen Gegenstand oder den eigenen Körper zu beschleunigen“.

Schnellkraft beinhaltet für Weineck (2004, S. 238) „die Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, den Körper, Teile des Körpers (z.B. Arme, Beine) oder Gegenstände (z.B. Bälle, Kugeln, Speere, Disken etc.) mit maximaler Geschwindigkeit zu bewegen“.

Für Schmidtbleicher (1984, zit. in Wirth & Schmidtbleicher, 2007, S. 35) ist die Schnellkraft „die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, einen möglichst großen Impuls, in der zur Verfügung stehenden Zeit zu produzieren“. „Die Schnellkraft setzt sich aus den Komponenten Start-, Explosiv- und Maximalkraft zusammen“ (Wirth & Schmidtbleicher, 2007, S. 35).

Nach de Marées (2003, S. 191-192) liegt eine Schnellkraftbeanspruchung dann vor, „wenn die Ausführung der betreffenden Bewegung (z.B. beim Reißen im Gewichtheben) in einer vorgegebenen Zeit die Entwicklung einer möglichst großen Kraft bzw. einer möglichst hohen Winkelgeschwindigkeit erfordert“. Die Schnellkraft ist abhängig

- „vom aktiven Muskelquerschnitt (und damit der Maximalkraft),
- von der Muskelfaserzusammensetzung („slow twitch“, „fast twitch“; und damit von der Rekrutierung der motorischen Einheiten),
- von der maximalen Zahl von Aktionspotentialen pro Zeit (und damit vom sogenannten Frequenzierungsvermögen),
- von der sportmechanischen Situation beim Krafteinsatz; dazu zählen:
 -) die Muskellänge (Vordehnung)
 -) die Gelenkwinkel- Verhältnisse (Hebelgesetz)
 -) die Dauer der geplanten Bewegung“

Die folgende Abbildung (Abb. 24) von Bührle und Schmidtbleicher (1981, 25, zit. in Weineck, 2000, S. 291) soll nun eine weitere Übersicht über die Komponenten der Schnellkraft geben.

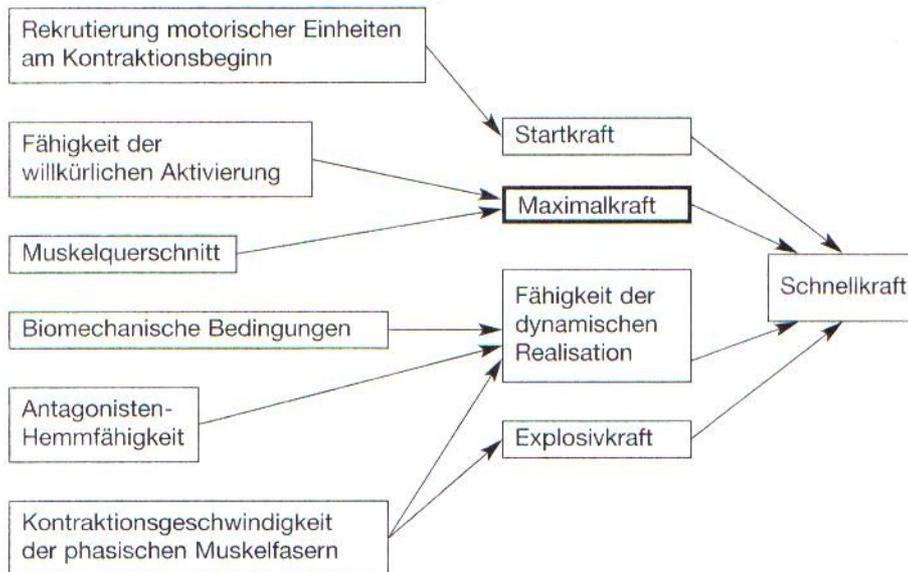


Abb. 24: Komponenten der Schnellkraft (nach Bührle & Schmidtbleicher 1981, 25, zit. in Weineck, 2000, S. 291)

3.2.1 Nähere Erklärung ausgewählter Schnellkraftkomponenten

Nachdem einige Definitionen von verschiedenen Autoren erwähnt und auf die wesentlichsten Schnellkraftkomponenten eingegangen wurde, befasst sich der nächste Abschnitt der Arbeit damit, einige Aspekte, welche die Schnellkraft beeinflussen, näher zu erklären. Dazu zählen die Maximalkraft, die Start- und Explosivkraft, die Muskelfaserzusammensetzung und auch die verschiedenen Muskelfasertypen.

3.2.1.1 Maximalkraft

Wie gerade beschrieben, ist die Schnellkraft unter anderem auch von der Maximalkraft abhängig. Es muss jedoch beachtet werden, dass der Einfluss der Maximalkraft mit Höhe der zu überwindenden Last steigt (Zatsiorsky, 1995, zit. in Wirth & Schmidtbleicher, 2007, S. 36).

Gegen einen geringen Widerstand kann wiederum nur ein Teil des maximal möglichen Kraftwerts umgesetzt werden (Wirth & Schmidtbleicher, 2007, S.36). Letzelter und Letzelter (1990, zit. in Wirth & Schmidtbleicher, 2007, S. 36) bemerken, dass beispielsweise „gegen eine Last von 3,5 kg nur etwa 40 Prozent der Maximalkraft eingesetzt werden können“. Der Umstand, dass gegen geringere Widerstände nicht die maximale Kraft mobilisiert werden kann, wird von Müller (1987, zit. in Wirth & Schmidtbleicher, 2007, S. 36) wie folgt erklärt:

Die maximal mögliche Kontaktzeit der Aktin- und Myosinmoleküle nimmt mit zunehmender Verkürzungsgeschwindigkeit ab. Dadurch wird der zeitliche Anteil der Kontaktphase am Gesamtzyklus geringer. Da die Querbrücken unmittelbar nach ihrer Kontaktbildung wieder gelöst werden müssen, ohne genügend Zeit für den Aufbau der Kraft zu haben, „nimmt im statistischen Mittel der Anteil der assoziierten Querbrücken im Muskel ab und die produzierte Kraft wird geringer“.

3.2.1.2 Start- und Explosivkraft

Neben der Maximalkraft setzt sich die Schnellkraft, wie zuvor schon anhand der Aussage von Wirth und Schmidtbleicher (2007, S. 35) erwähnt, auch aus den Komponenten Start- und Explosivkraft zusammen.

Dabei spielt bei Belastungen, die länger als 250 Millisekunden dauern, die Maximalkraft eine entscheidende Rolle für die Schnellkraftleistung. Bei kürzer dauernden Belastungen wirken wiederum die Start- und die Explosivkraft auf die Schnellkraftleistung limitierend. (Schmidtbleicher, 1994, zit. in Hohmann & Lames & Letzelter, 2007, S. 79).

Unter Startkraft, die als eine Subkategorie der Explosivkraft gilt, wird das Vermögen verstanden, einen möglichst hohen Kraftanstiegsverlauf zu Beginn der muskulären Anspannung erreichen zu können beziehungsweise am Beginn der Kontraktion innerhalb von 30 Millisekunden einen hohen Kraftwert zu erreichen (Hegner, 2006, S. 128). Sie ist speziell bei Sportarten leistungsbestimmend, in denen eine hohe Anfangsgeschwindigkeit erforderlich ist. Dazu zählen beispielsweise Sportarten wie Boxen oder Fechten. Weitere Merkmale der Startkraft sind, dass sie durch eine gewisse Kraftunabhängigkeit gekennzeichnet ist und hauptsächlich auf einem schnellen Bewegungsprogramm beruht (Weineck, 2004, S. 241-242).

Bei der Explosivkraft geht es darum, einen möglichst steilen Kraftanstiegsverlauf erzielen zu können. Dabei steht der Kraftzuwachs pro Zeiteinheit an erster Stelle. Die Explosivkraft ist von der Zahl der kontrahierten motorischen Einheiten, der Kontraktionskraft der rekrutierten Fasern und von der Kontraktionsgeschwindigkeit der motorischen Einheiten der „fast-twitched“ (FT)- Fasern abhängig (Weineck, 2004, S. 242).

Die nunmehr gezeigte Abbildung (Abb. 25) dient dazu, die getätigten Aussagen mit Hilfe einer Abbildung zu verdeutlichen.

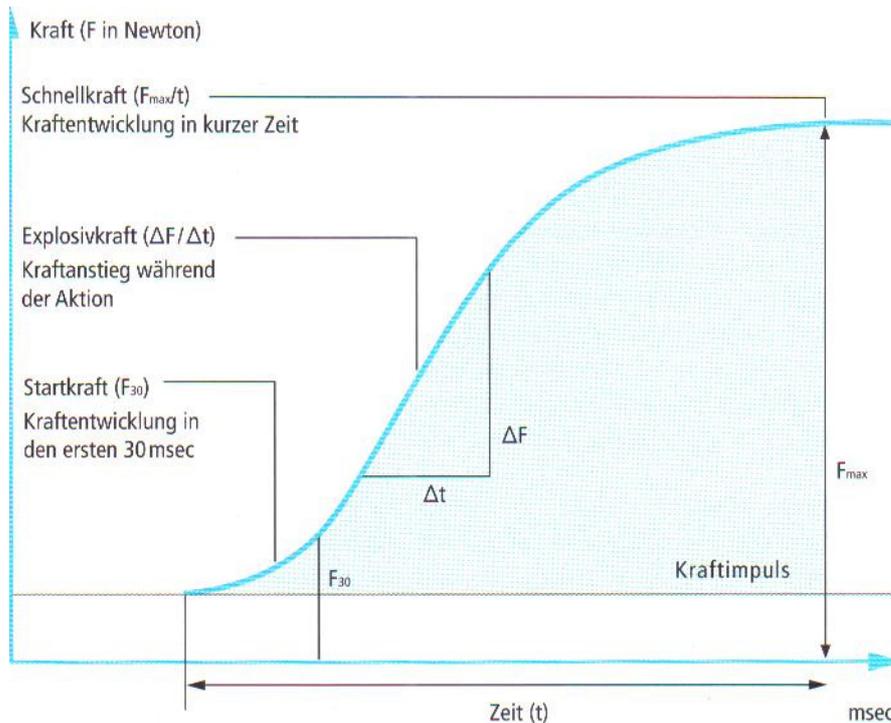


Abb. 25: Die Kraftentwicklungskurve in Zusammenhang mit der Zeit (Hegner, 2006, S. 129)

Dass ein Zusammenhang zwischen Explosivkraft und der Muskelfaserzusammensetzung besteht, auf die nun in Folge näher eingegangen wird, konnten auch Viitasalo und Komi (1978, zit. in Wirth & Schmidtbleicher, 2007, S. 38) nachweisen, indem sie herausfanden, „dass ein hoher Anteil an schnellen Fasern auch höhere Explosivkraftwerte mit sich bringt“.

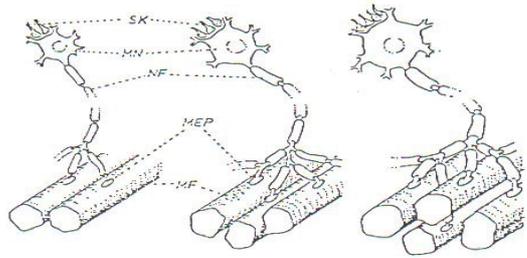
3.2.1.3 Muskelfaserzusammensetzung

Dass die Muskelfaserzusammensetzung, vor allem ein hoher Anteil an schnellen Typ-II-Fasern positiv auf Schnellkraftleistungen wirkt, wurde bereits durch deren Einfluss auf die Explosivkraft festgestellt. Auch Weineck (2004, S. 241) vertritt diese Meinung, da biochemische Untersuchungen zeigen, dass „der Ausprägungsgrad des anfänglichen Kraftimpulses direkt mit dem prozentualen Anteil an FT- Fasern korreliert“.

Doch ein hoher Anteil an Typ-II-Fasern beeinflusst nicht nur die Explosiv- sondern auch die Maximalkraft. Begründet wird dies damit, „da Hypertrophie- Effekte der Skelettmuskulatur in erster Linie die Typ-II-Fasern betreffen“ (Biletter & Hoppeler, zit. in Wirth & Schmidtbleicher, 2007, S. 38) und somit ein großer Anteil dieses Fasertyps die Grundlage für ein ausgeprägtes Dickenwachstum der Muskulatur und damit indirekt für die Entwicklung der Maximalkraft darstellen.

Muskelfasertypen

Nachdem nun der Einfluss der Muskelfaserzusammensetzung auf die Explosiv- und die Maximalkraft und dadurch auf die Schnellkraft behandelt wurde, soll nun die folgende Abbildung (Abb. 26) behilflich sein, einen Überblick über die verschiedenen Fasertypen zu bekommen.



	Typ I (S)	Typ IIc/IIa (FR)	Typ IIb (FF)
Motoneuron, Durchmesser	ca. 30 μm	40 bis 60 μm	bis 70 μm
Erregungsschwelle	niedrig	mittel	hoch
Nervenfasern, Durchmesser	ca. 9 μm	10 bis 15 μm	ca. 20 μm
axonale Leitungsgeschwindigkeit	30–40 m/s	40–90 m/s	70–120 m/s
Entladungsfrequenz	bis 30 Imp./s eher kontinuierlich	bis ca. 90 Imp./s	bis 150 Imp./s eher in „bursts“
Muskelfaser-Querschnitt	2 000–4 000 μm^2	2 000–6 000 μm^2	2 000–10 000 μm^2
MF-Leitungsgeschwindigkeit	ca. 2,5 m/s	3 bis 5 m/s	ca. 5,5 m/s
MF-Kraft, Einzelzuckung	70 mg	80–90 mg	100 mg
MF-kraft, tetan. Kontraktion	ca. 140 mg	ca. 400 mg	ca. 700 mg
Ermüdbarkeit	niedrig	niedrig	hoch
Kontraktions-Zeit, Einzelzuckung	ca. 100 ms	50–90 ms	ca. 40 ms
Kontraktions-Zeit, ballist. Kontrak.	ca. 150 ms	80–140 ms	ca. 60 ms
Innervationsverhältnis (Axon/Muskelfaser)	1/10 bis 1/500	1/100 bis 1/700	bis 1/1 000
Kraft/motorische Einheit	2–13 gr	5–50 gr	30–130 gr

Abb. 26: Muskelfasern und ihre Eigenschaften (Weineck, 2004, S. 83)

Anhand der Abbildung (Abb. 26) können verschiedene Unterschiede zwischen den Fasertypen erkannt werden. Auf die wesentlichsten Unterschiede wird in Folge kurz eingegangen.

Wie in der Abbildung (Abb. 26) zu erkennen ist, lassen sich die Muskelfasern in „Slow-Twitch“, ST- Fasern oder auch Typ-I-Fasern und in „Fast-Twitch“, FT- Fasern beziehungsweise Typ-IIa, b oder c- Fasern unterteilen (Weineck, 2004, S. 82). Der erste in der Abbildung deutlich herauszulesende Unterschied betrifft den Durchmesser der Motoneuronen der ST- Fasern, der bei zirka 30 μm und bei den FT- Fasern zwischen 40 und 70 μm liegt. Auch der Durchmesser der Nervenfasern, der bei der ST- Faser bei zirka neun μm und bei der FT- IIb- Faser bis zu 20 μm betragen kann, ist divergierend. Ein

weiterer klar zu erkennender Unterschied zwischen den verschiedenen Fasertypen besteht bezüglich der Kontraktionszeit einer Einzelzuckung, der bei ST- Fasern (100 ms) mehr als doppelt so lang dauert als bei den Typ IIb- Fasern (40 ms).

Weitere wichtig zu erwähnende Aspekte, die nicht in der Abbildung (Abb. 25) aufscheinen, betreffen den Stoffwechsel. FT- Fasern sind beispielsweise reich an energiereichen Phosphaten und Glykogen und verfügen auch über genügend Enzyme für die anaerobe Energiegewinnung. ST- Fasern zeichnen sich ebenso durch ihren Glykogenreichtum aber insbesondere durch ihren große Anzahl an Enzymen des aeroben Stoffwechsels aus (Weineck, 2004, S. 82-84).

Abschließend ist noch anzumerken, dass die Muskelfaserzusammensetzung vorwiegend genetisch festgelegt ist (Terzis, Stratakos, Manta & Georgiadis, 2008, S. 1198). Dabei ist laut Howald (1984, 12, zit. in Weineck, 2004, S.85) im Spitzen- Ausdauersport eine Umwandlung von FT- in ST- Fasern möglich. Unmöglich ist jedoch eine Umwandlung von ST- in FT- Fasern, da die Schnelligkeit nicht über die gleichen Trainingswirkungszeiten mit verändertem Impulsmuster wie die Ausdauer trainiert werden kann.

3.3 Schnellkraft im Sport

Schnellkraft spielt in der Praxis dort eine entscheidende Rolle, wo Sportgeräte wie zum Beispiel der Speer, der eigene Körper wie beispielsweise im Sprint, oder einzelne Körperteile mit oder ohne Gerät wie beim Boxen oder im Tennis schnellstmöglich beschleunigt werden müssen. Sie tritt bei einem Großteil der Sportarten durch eine explosive zyklische beziehungsweise azyklische Bewegungsausführung und einem hohen Krafteinsatz in kurzer Zeit auf. Dabei pendelt die azyklische Schnellkraft wie sie beim Badminton (Clearschlag) oder beim Gewichtheben (Reißen) vorkommt, abhängig von der „Höhe der äußeren Widerstände zwischen der Schnelligkeit (Bewegungsschnelligkeit) und der Maximalkraft“ (Pampus, 1995, S. 9).



Abb. 27: Azyklische Schnellkraft (Pampus, 1995, S. 9)

Im Vergleich dazu kommt die Schnellkraft bei zyklischer Bewegungsausführung wie beispielsweise dem Rudern oder 400-m-Lauf in Kombination mit der Ausdauer vor. Der Wirkungsbereich der zyklischen Schnellkraft kann dabei, wie in der nächsten Abbildung

(Abb. 28) ersichtlich wird, mit der Kraft- oder Schnellkraftausdauer als gleichwertig angesehen werden. Sind die Kräfteinsätze gering, dass heißt unter 30%, wird die sportliche Bewegung vorwiegend durch eine aerobe Ausdauer- beziehungsweise Stoffwechselleistung ermöglicht (Pampus, 1995, S. 9-10).



Abb. 28: Zyklische Schnellkraft (Pampus, 1995, S. 10)

Es können jedoch innerhalb der Sportarten weitere Unterschiede bezogen auf die Schnellkraft gemacht werden. So gibt es Sportarten mit ballistischen Schnellkraftbewegungen mit dem Ziel einer minimalen zeitlichen Dauer wie beispielsweise Boxen oder Fechten, bei denen nach Hochmuth (1981, zit. in Hohmann & Lames & Letzelter, 2007, S. 79) „vor allem ein hoher initialer Kraftanstieg leistungsbestimmend“ ist. Im Vergleich dazu beruhen Schnellkraftleistungen mit dem Ziel einer maximalen Endgeschwindigkeit wie beim Speerwurf oder beim Tennisaufschlag, primär darauf, dass die aufgewendete Kraft über den zur Verfügung stehenden Beschleunigungsweg so lang als möglich zunimmt (Wick & Krüger & Hohmann, 2003, zit. in Hohmann & Lames & Letzelter, 2007, S. 79).

Nachdem nun auf die azyklische und zyklische Schnellkraft eingegangen wurde, werden in Folge verschiedene Trainingsmethoden erwähnt, welche die Schnellkraftfähigkeit beeinflussen.

3.4 Verschiedene Aspekte zum Schnellkrafttraining

Um mit Schnellkrafttraining überhaupt beginnen zu können, sollte die Person über ein geeignetes Muskelkorsett verfügen, dass sich in einem muskulären Gleichgewicht befindet. Denn speziell Kraftungleichgewichte können zu Verletzungen führen (Watkinson, 1997, S. 43). Diese muskulären Kraftungleichgewichte treten beispielsweise sehr häufig im Bereich der Schulter in Überkopfwurf- Sportarten wie dem Tennis oder dem Speerwurf auf. Denn wenn die vorderen Schultermuskeln, die in erster Linie für die Beschleunigung des Armes im Moment des Vorwärtsschwungs bei der Aufschlagbewegung verantwortlich sind, stärker als die hinteren Schultermuskeln sind, die wiederum hauptsächlich das

Abbremsen des Armes in der Ausschwungsphase bewirken, kann die Spielerin oder der Spieler den Arm nicht stabilisieren und abbremsen, was wiederum die Gefahr einer Verletzung erhöht (Chandler, Ellenbecker & Roetert, 1998, S. 7).

Weitere wesentliche Aspekte, die in Verbindung mit einem Kraft- oder aber auch einem Schnellkrafttraining zu berücksichtigen sind, sind die Periodisierung des Trainings und die Sportartenspezifität. Die Periodisierung des Trainings dient vorrangig dem Ziel, die Sportlerinnen und Sportler schrittweise auf ein höheres Trainingsniveau ohne Entstehung eines Übertrainings zu bringen (Watkinson, 1997, S. 43). Für Judge (2007, S. 42) besteht die Periodisierung aus einem periodischen Wechsel von Trainingszielen, der Trainingsbelastung und des -inhalts und kann weiter als eine Unterteilung des Trainingsjahres erklärt werden, die dazu dient spezifische Ziele zu erfüllen, um ein hohes Leistungsniveau zu bestimmten Zeiten zu erreichen.

Unter Sportartenspezifität wird verstanden, dass die Prinzipien der spezifischen Inhalte des Trainings so genau wie möglich den Anforderungen der jeweiligen Sportart entsprechen (Watkinson, 1997, S. 43). In diesem Zusammenhang soll auch Pretz (2004, S. 64- 65) erwähnt werden, der in seinem Artikel schreibt, dass ein Kraft- und Konditionsprogramm nur dann effektiv ist, wenn es die biomechanischen und physiologischen Ansprüche der jeweiligen Sportart genau nachahmt.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt, der im Zusammenhang mit einem Schnellkrafttraining nicht vergessen werden soll, ist die entsprechende Vorbereitung auf das Training. Schnellkraftübungen sollen erst dann ausgeführt werden, wenn man sich entsprechend aufgewärmt beziehungsweise vorbereitet hat. Dabei wird unter einer entsprechenden Vorbereitung ein sorgfältiges Einarbeiten mit einer langsamen Belastungssteigerung im Verlauf der Trainingseinheit verstanden (Schnabel, Harre & Krug, 2008, S. 331).

Spengemann-Bach (1992, zit. in Thienes, 2000, S. 71) empfiehlt zur allgemeinen Vorbereitung und zur Erhöhung des Ausnutzungsgrades der muskulären Leistungsfähigkeit eine Beweglichmachung der Strukturen des passiven und aktiven Bewegungsapparates. Intensives statisches Dehnen jener Muskeln, welche im Anschluss maximale Schnellkraftleistungen erbringen sollen, ist mit dem Ziel, die volle muskuläre Leistungsfähigkeit zu erreichen, jedoch eher hinderlich.

So kam es bei einer Untersuchung, bei der ein intensives statisches Dehnen ohne Warmlaufen erfolgte, zu einer Reduktion der maximalen Sprunghöhe im beidbeinigen Vertikalsprung (Hennig & Podzienly, 1994, zit. in Thienes, 2000, S. 71). Auch nach einem vorher durchgeführten Laufprogramm kam es nach intensivem Stretching zu einer minimalen Abnahme des Schnellkraftniveaus.

Aus diesem Grund sollten die zur Vorbereitung auf Schnellkraftleistungen durchgeführten Übungen zur Beweglichmachung im Bereich eines mittleren Intensitätsbereiches liegen. Das bedeutet, dass die Übungen nicht wesentlich über den in der darauffolgenden Beanspruchung eingesetzten Amplitudenbereich hinausgehen. Unter dem Gesichtspunkt der koordinativen Vorbereitung sollten vor allem aktiv dynamische Übungen ein Bestandteil der Vorbereitung werden (Thienes, 2000, S. 71).

Zusammenfassend ist zu sagen, dass ein positiver Effekt eines Dehnprogramms auf nachfolgende Schnellkraftanforderungen nur dann zu erwarten ist, wenn zur allgemeinen Erwärmung durch ganzkörperliche Belastung wie beispielsweise Laufen oder Schwimmen die Dehnung ein ideales Niveau nicht übersteigt (Thienes, 2000, S. 71).

Nach dem Training sind wiederherstellungsfördernde Maßnahmen ebenso unerlässlich wie eine entsprechende Vorbereitung auf das Training (Schnabel, Harre & Krug, 2008, S. 331). Als wiederherstellende Maßnahmen wird hierbei ein lockeres Auslaufen mit einem anschließenden leichten Dehnprogramm verstanden.

3.5 Das Schnellkrafttraining

Schnabel, Harre & Krug (2008, S. 329) bezeichnen als Schnellkrafttraining jene Belastungsformen des Krafttrainings, „die durch „explosive“ Krafteinsätze gegen Widerstände im Bereich wettkampfspezifischer Schnellkraftanforderungen charakterisiert sind“.

Für Hohmann, Lames & Letzelter (2007, S. 80) ist im Schnellkrafttraining vor allem die Verbesserung der schnellen Kontraktionsfähigkeit von zentraler Bedeutung, da diese für die in den Schnelligkeits- und Schnellkraftdisziplinen beabsichtigte Erhöhung der Kraftbildungsgeschwindigkeit zuständig ist.

Nach Oliver, Marschall & Büsch (2008, S. 223) wird die Verbesserung der Schnellkraft sowohl durch ein Training mit moderaten Lasten als auch durch ein Training mit hohen Beanspruchungsintensitäten und durch ein Reaktivkrafttraining erzielt. Nach Pretz (2006, S. 36) ist ein Reaktivkrafttraining beziehungsweise Plyometrietaining ein für die Erhöhung des muskulären Kraftoutputs in einem minimalen Zeitraum konzipiertes Training. Die reaktiven- oder plyometrischen Bewegungen sind dabei durch eine exzentrische Aufladung mit einer unverzüglichen darauffolgenden konzentrischen Kontraktion gekennzeichnet (Kovacs, Roetert & Ellenbecker, 2008, S. 58). In der exzentrischen Phase, in der es zur Aufladung kommt, erfolgt auch eine Vordehnung der Muskulatur, die sehr wichtig ist, da dadurch die Erregbarkeit der neuronalen Rezeptoren zunimmt, die

wiederum die Reaktivität des neuromuskulären Systems erweitert (Pezzullo, Karas, Irrgang, 1995, S. 23).

Das Training mit moderaten Lasten dient speziell der Verbesserung der Schnellkraft und das Training mit hohen Belastungsintensitäten der Verbesserung der neuromuskulären Koordination, wobei für den gewünschten Trainingseffekt bei der letztgenannten Trainingsmethode, die willentliche maximale Aktivierung zu Kontraktionsbeginn wichtig ist. Die daraus resultierende ausgelöste neuronale Anpassung kommt durch eine verbesserte Rekrutierung und Frequenzierung der motorischen Einheiten zum Ausdruck (Oliver, Marschall & Büsch, 2008, S. 223).

Pampus (1995, S. 41) wird bei seiner Formulierung die Ziele eines Schnellkrafttrainings betreffend etwas genauer und versteht darunter vor allem „die Verbesserung der allgemeinen und speziellen Schnellkraft und deren Komponenten“, um dadurch die konditionelle Leistungsfähigkeit des neuromuskulären Systems zu steigern.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der noch nicht erwähnt wurde, aber bei der Durchführung eines Schnellkrafttrainings berücksichtigt werden muss, ist die richtige Pausengestaltung. Der Grund dafür ist, dass die Wirkung des Schnellkrafttrainings vorwiegend von der optimalen Erregung des Nervensystems als auch des Muskels abhängt. Bei unzureichender Pausengestaltung kann es zu einer Verlangsamung der Bewegung und/oder zu Innervationsstörungen kommen (Pampus, 1995, S. 53). Sind die Pausen jedoch zu lange, wird der Erregungszustand des neuromuskulären Systems verringert, was die Schnellkraftleistung ebenfalls negativ beeinflusst (Schmidtbleicher & Frick, 2001, S. 80). Die geeignete Pausenlänge ist von der jeweiligen Methode abhängig und kann zwischen den einzelnen Wiederholungen bis zu zehn Sekunden dauern (Pampus, 1995, S. 53). Zwischen den Serien ist prinzipiell eine Pause von nicht weniger als drei Minuten einzuhalten (Pampus, 1995, S. 54).

Nach dem allgemeinen Überblick über die verschiedenen Methoden sollen weitere Trainingsmethoden angeführt werden, welche auf die Verbesserung der Schnellkraft abzielen.

3.5.1 Verschiedene Trainingsmethoden zur Verbesserung der Schnellkraft

Die anschließende Tabelle (Tab. 4) zeigt nun einige Trainingsmethoden, die sich dazu eignen, die Schnellkraft zu verbessern.

Tab. 4: Trainingsmethoden zur Verbesserung der Schnellkraft

Trainingsmethoden	Belastung	Intensität	Tempo	Wiederholungen	Serien	Pause
SCHNELLKRAFT-METHODE	konzentrische submaximale Krafteinsätze	30-50 %	maximal	6-12	3-5	> 2 min
ZEITKONTROL-LIERTE SCHNELLKRAFTMETHODE (Leistungssport)	konzentrische submaximale Krafteinsätze	40-60 %	maximal	6-8 Einzelwiederholungen nach jeweils 10 s	3-5	> 3 min
KONTRAST-METHODE (Leistungssport)	konzentrische submaximale Krafteinsätze	60-80 und 105-120 %	maximal	jeweils 3-5 abwechselnd auf jeder Laststufe	jeweils 1-3 pro Laststufe	> 3 min
PYRAMIDEN-METHODE (Fitness-/Gesundheitssport)	konzentrische submaximale Krafteinsätze	30-35-40-45-50 %	maximal	12-8	jeweils 1 pro Laststufe	> 3 min

(Hohmann, Lames & Letzelter, 2007, S. 81)

Wie in der Tabelle (Tab. 4) zu erkennen ist, können vier Methoden, die Schnellkraft- die zeitkontrollierte Schnellkraft-, die Kontrast- und die Pyramidenmethode zur Verbesserung der Schnellkraft unterschieden werden. Dabei ist die Belastung bei allen durch konzentrisch- submaximale Krafteinsätze gekennzeichnet. Auch im Bezug auf das Bewegungstempo, das maximal ist, gibt es keine Unterschiede. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den verschiedenen Methoden ist jedoch bei der Intensität zu erkennen. Sie ist bei der Schnellkraft- und der Pyramidenmethode mit 30-50% am geringsten und bei der Kontrastmethode mit 60-120% am Höchsten. In diesem Zusammenhang ist jedoch zu erwähnen, dass sowohl bei der Kontrast- als auch bei der Pyramidenmethode zwischen drei Laststufen mit unterschiedlichen Intensitäten zu differenzieren ist. Die divergierenden Wiederholungszahlen von bis zu zwölf bei der Schnellkraftmethode und bis zu lediglich fünf bei der Kontrastmethode sind aufgrund ihrer verschiedenen Intensitäten nicht überraschend. Die Serienanzahl erstreckt sich in einem Rahmen von jeweils einer pro Laststufe bei der Pyramidenmethode auf bis zu fünf bei der zeitkontrollierten Schnellkraft- und der Schnellkraftmethode. Die Serienanzahl der Kontrastmethode liegt mit ein bis drei pro Laststufe genau zwischen den anderen Methoden. Hinsichtlich der Pausendauer unterscheiden sich die vier Methoden nur geringfügig voneinander. Denn nur die Schnellkraftmethode weist eine Pausendauer von zwei Minuten auf. Die anderen Methoden haben eine um eine Minute länger dauernde Pause (Hohmann, Lames & Letzelter, 2007, S. 81).

Die nächsten Methoden, die der Verbesserung der Schnellkraft dienen, werden in zwei verschiedene Typen unterteilt und berücksichtigen die von Hochmuth (1981, zit. in

Hohmann, Lames & Letzelter, 2007, S. 79) und Wick & Krüger & Hohmann (2003, zit. in Hohmann, Lames & Letzelter, 2007, S. 79) zuvor erwähnten unterschiedlichen Beschleunigungscharakteristika der verschiedenen Sportarten.

Typ I zielt auf eine Steigerung des Start- und Explosivkraftverhaltens, durch eine Bewegungsausführung mit hoher Anfangsbeschleunigung ab (Martin, Carl & Lehnertz, 1993, S. 131, zit. in Pampus, 1995, S.53). Dabei beträgt die zu bewältigende Lastgröße zwischen fünfunddreißig und fünfzig Prozent. Es werden sieben Wiederholungen mit insgesamt fünf Serien durchgeführt. Die Serienpause beträgt mindestens drei Minuten (Martin, Carl & Lehnertz, 1993, S. 131, zit. in Pampus, 1995, S.54).

Typ II ist durch eine Bewegungsausführung mit einer progressiven Beschleunigung und einer entsprechenden Kraftbildung gekennzeichnet, um die größtmögliche Endgeschwindigkeit auf dem zur Verfügung stehenden Bewegungsweg zu erreichen (Martin, Carl & Lehnertz, 1993, S. 131, zit. in Pampus, 1995, S.53). Bei dieser Methode wird ebenso mit einer Lastgröße von fünfunddreißig bis fünfzig Prozent gearbeitet. Auch hinsichtlich der Wiederholungsanzahl, Serienanzahl und der Serienpause gibt es zur vorher genannten Methode keine Unterschiede. (Martin, Carl & Lehnertz, 1993, S. 131, zit. in Pampus, 1995, S.54).

3.6 Messung des Schnellkraftniveaus

Nachdem nun auf die Schnellkraft, das Schnellkrafttraining und auf diverse Schnellkrafttrainingsmethoden eingegangen wurde, werden vorerst einige Methoden vorgestellt, die ohne jegliche Apparaturen die Schnellkraft bestimmen können. Anschließend werden Methoden erwähnt, bei denen die Schnellkraft mit Hilfe von Apparaten ermittelt wird.

3.6.1 Methoden zur Ermittlung der Schnellkraft ohne Apparate

- Die Zeitmessung

Im Verlauf dieser Methode wird mit einer Stoppuhr die Zeit gemessen, die für eine festgelegte geringe Anzahl von Wiederholungen mit einer konstanten geringen bis mittleren Last bei größtmöglicher Frequenz benötigt wird. Nach Berger (1965, 1090, zit. in Weineck, 2004, S. 322) gelten zehn bis fünfzehn Sekunden Belastungszeit als ideale Zeitspanne.

- Die Höhen- beziehungsweise Weitenmessung

Bei diesen Methoden wird die Schnellkraft indirekt über die erzielten Höhen beziehungsweise Weiten bestimmt (Weineck, 2004, S. 322). Laut Bös & Tittlbach (2001, zit. in Scheid & Prohl, 2003, S. 94) eignen sich dafür Sprungtests wie beispielsweise der Jump-and-Reach-Test. So kann von der Sprunghöhe im intra- und interindividuellen Vergleich auf das Niveau der Schnellkraft geschlossen werden. Bezogen auf den interindividuellen Vergleich bedeutet das, dass jene Person mit der größeren Sprunghöhe auch über mehr Schnellkraft verfügt. In diesem Zusammenhang müssen jedoch Unterschiede hinsichtlich des Körpergewichtes berücksichtigt werden. Das bedeutet, „die Sprunghöhe muss auf das Körpergewicht relativiert werden“ (Scheid & Prohl, 2003, S. 94). Ebenfalls hat sich das Schnellkraftniveau einer Person durch ein Schnellkraft- oder Maximalkrafttraining gesteigert, wenn sich die Sprunghöhe nach dem Training erhöht hat (intraindividueller Vergleich). Weiters zu berücksichtigen ist die Ausgangssituation vor dem Test. Um zu vermeiden, dass eine größere Sprunghöhe durch ein wiederholtes Üben einer Bewegung von einer Person und einem damit verbundenen koordinativen Vorteil erzielt wird, sollte vor dem Test eine Gewöhnung an die Testbewegung für alle Personen erfolgen (Scheid & Prohl, 2003, S. 94).

Zur Ermittlung der horizontalen Sprungkraft gelten hingegen der Standweitsprung oder der Dreierhop als probate Mittel (Weineck, 2004, S. 324). Auch bei diesen Methoden sollten vor Testbeginn Probeversuche durchgeführt werden, um die Validität der Tests gewährleisten zu können.

3.6.2 Methoden zur Ermittlung der Schnellkraft mit Apparaten

- Mit Hilfe des Schnelltrainers, der zur Ermittlung beziehungsweise Aufzeichnung der Schnellkraft, der Schnellkraftkurve beziehungsweise des Kraftimpulses dient, ist es möglich, präzise Informationen über verschiedene Komponenten des Schnellkraftvermögens beispielsweise der Beinstrecker zu erhalten (Weineck, 2004, S. 325- 326).

So kann die Messung der Schnellkraft relativ, das bedeutet körpergewichtsbezogen oder absolut, das heißt ohne Berücksichtigung des Körpergewichts, erfolgen (Weineck, 2004, S. 326). Laut einigen Untersuchungen von Grützner & Weineck, 1998, 122, zit. in Weineck, 2004, S.327) unterscheiden sich dabei die relativen und absoluten Schnellkraftwerte in den verschiedenen Sportarten.

Diese Unterschiede sind auf die sportartspezifische, trainings- und selektionsbedingte Ursachen zurückzuführen (Weineck, 2004, S.327).

Im Bezug auf die Schnellkraftkurve ist zu erwähnen, dass der Verlauf der Kurve bei einem Spitzenathleten durch einen beinahe waagrechten Verlauf gekennzeichnet ist. Dieser Umstand ist dabei ein Hinweis für ein hohes Kraftniveau in den verschiedenen positiv und negativ dynamischen Bereichen der Geschwindigkeit (Weineck, 2004, S. 327).

Wie kurz zuvor erwähnt, ist der letzte Bereich, der mit Hilfe des Schnelltrainers ermittelt werden kann, der Kraftimpuls. Dabei kann über die Beurteilung der Kurvenverläufe, die im Verlauf einer Kraftimpulsmessung entstehen, sowohl das Start- als auch das Explosivkraftniveau von Sportlerinnen und Sportlern festgestellt werden. Diese Niveaus können jedoch, wie aus der anschließenden Abbildung (Abb. 29) hervorgeht sehr unterschiedlich sein (Weineck, 2004, S. 327).

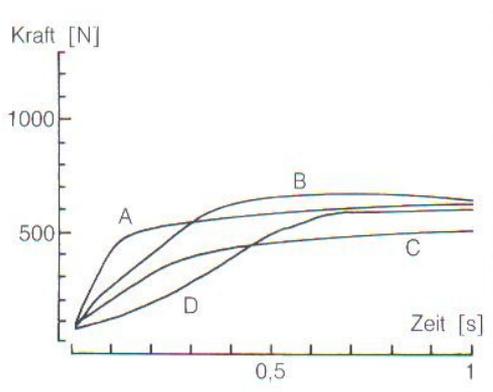


Abb. 29: Kraftimpuls- Kurvenverläufe verschiedener Personen (Weineck, 2004, S. 327)

Wie aus der Abbildung (Abb. 29) ersichtlich wird, verfügt Spieler A, dessen Kurve sehr steil und rasch ansteigt, über die höchste Start- und Explosivkraft (Weineck, 2004, S.327-328). Die Kurve des Spielers D benötigt im Gegensatz dazu einen deutlich längeren Zeitraum, um nahezu das gleiche Maximalkraftniveau zu realisieren. Diese Tatsache lässt darauf schließen, dass der Spieler D über eine wesentlich geringere Start- und Explosivkraft verfügt (Weineck, 2004, S.328).

Da die Sprungkraft eine der wichtigsten Subkategorien der Schnellkraft ist, werden in Folge noch kurz einige Verfahren zur Ermittlung der Sprungkraft erwähnt.

Die Messung der Sprungkraft, vor allem die der vertikalen Sprungkraft, erfolgt dabei mit Hilfe von Kontaktmatten. Einerseits kann dadurch anhand der Aufzeichnung der Kontaktzeiten auf das individuelle reaktive Kraftniveau geschlossen werden, andererseits kann aufgrund der Flugzeitbestimmung die Sprunghöhe ermittelt werden (Weineck, 2004, S. 328).

Die Ermittlung des reaktiven Kraftniveaus kann mit Hilfe des Vergleichs der Sprunghöhen des Counter- Movement- Jumps, ein Strecksprung mit Ausholbewegung, des Squat- Jumps, ein Strecksprung aus der Kniebeuge ohne Schwung- beziehungsweise Ausholbewegung und des Drop- Jumps, einen Niederhochsprung erfolgen (Théraulaz 1993, 7 f., zit. in Weineck, 2004, S. 328).

Counter- Movement- Jump:

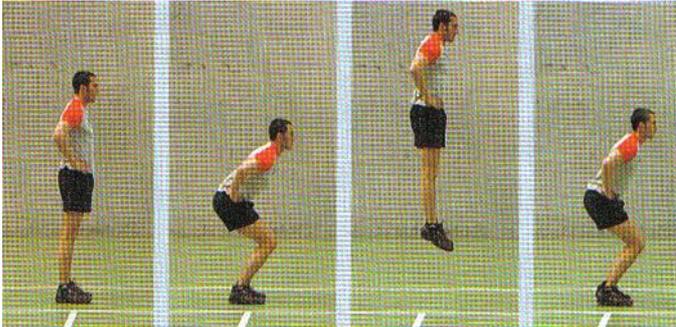


Abb. 30: Counter- Movement- Jump (Hegner, 2006, S. 170)

Squat- Jump:

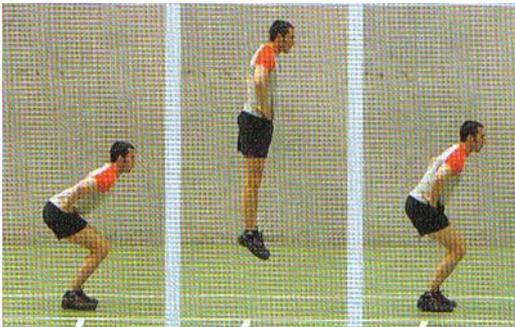


Abb. 31: Squat- Jump (Hegner, 2006, S. 170)

Drop- Jump:



Abb. 32: Drop- Jump (Hegner, 2006, S. 171)

In diesem Kapitel werden anfangs die Subkategorien der Kraft und deren verschiedenen Kraftfähigkeiten und Erscheinungsweisen erläutert. Danach werden Definitionen erwähnt, um ein Verständnis für den Bereich Schnellkraft zu bekommen. Im Anschluss werden einige ausgewählte Aspekte, die in engem Zusammenhang mit der Schnellkraft stehen, beschrieben. Das nächste Unterkapitel geht auf die Anwendungsbereiche der Schnellkraft im Sport näher ein. Als nächstes werden verschiedene Aspekte zur Schnellkraft wie beispielsweise die optimale Form der Vorbereitung auf ein Schnellkrafttraining erwähnt. Es folgen einige Definitionen zum Thema Schnellkrafttraining. Im vorletzten Unterkapitel werden verschiedene Trainingsmethoden zur Verbesserung der Schnellkraft dargestellt. Den Abschluss bildet das Unterkapitel, in dem verschiedene Methoden zur Ermittlung der Schnellkraft erwähnt werden.

II. Empirischer Teil

4. Übungskatalog

Dieses Kapitel erwähnt zu Beginn einige wichtige Hinweise bezüglich des Trainings. Danach werden die einzelnen Schnellkraftübungen einer Weltklasse- Speerwerferin aus Deutschland, zur Erhöhung der Aufschlaggeschwindigkeit im Tennis dargestellt.

4.1 Trainingsspezifische Aspekte

Die dargestellten Übungen stammen von dem Trainingsprogramm eines renommierten Leichtathletik-Trainers einer erfolgreichen Speerwerferin. Neben Medizinballwürfen zu Boden und Medizinballwürfen gegen die Wand, bei denen die Reaktivkraft im Vordergrund steht, werden im Zuge des Übungskataloges auch reaktive beziehungsweise plyometrische Sprungübungen durchgeführt.

Die Wiederholungszahl soll bei konzentrisch maximalen Kräfteinsätzen die in maximalen Bewegungstempo durchgeführt werden laut Hohmann, Lames & Letzelter (2007, S. 81) bei sechs bis maximal zwölf Wiederholungen liegen.

Die Wiederholungszahl der im Übungskatalog dargestellten Medizinballübungen betrug sechs bis acht, da bei dieser Wiederholungszahl ein Trainingseffekt gegeben ist und die Qualität der Übungen über die gesamte Trainingseinheit aufrechterhalten werden kann.

Die Wiederholungszahl der Sprünge war ein wenig niedriger und betrug zwischen fünf bis sieben.

Bezüglich der Sprungübungen soll erwähnt werden, dass diese mit maximalem Tempo durchgeführt werden, sodass wie bereits in Kapitel 3.5 (Pezzullo, Karas, Irrgang, 1995, S. 23) die Reaktivität des neuromuskulären Systems erweitert werden kann. Dies wird nach Pretz (2006, S. 36) als Reaktivkrafttraining bezeichnet.

Hinsichtlich der Pausengestaltung wurde darauf geachtet diese nicht zu lange und auch nicht zu kurz zu gestalten da beides wie in Kapitel 3.5 eine negative Wirkung auf die Schnellkraftleistung haben kann. Deshalb wurde zwischen den einzelnen Übungen eine Pause von jeweils zwei Minuten und zwischen den Serien eine Pause von fünf Minuten durchgeführt.

Es wurden zwei Serien durchgeführt. Begründet wird dies einerseits mit der Dauer des Trainings, dass mit ungefähr zwei Stunden mehr als ausreichend war und andererseits mit der Gefahr einer Überlastung, die durch die ungewohnten Belastungen für die Probandinnen und Probanden gegeben war.

4.2 Übungen mit dem Medizinball

Übung 1: Medizinballwurf zu Boden (6-8WH)

Ausgangsstellung:

- die Füße sind parallel zueinander, etwas breiter als hüftbreit, um eine stabile Position zu erreichen und nur leicht gebeugt
- die Arme befinden sich gestreckt über dem Kopf
- der Medizinball wird mit beiden Händen über dem Kopf gehalten
- es ist wichtig, eine Grundspannung im Körper vor der Übungsausführung aufzubauen

Durchführung:

- der Medizinball wird nun mit gestreckten Armen explosiv zu Boden geworfen
- die Arme werden parallel zum Boden abgestoppt
- während der Übungsausführung soll die Spannung im Körper aufrecht erhalten werden



Abb. 33 a) und b): Streckung der Arme über dem Kopf und abstoppen der Arme parallel zum Boden

Übung 2: Erweiterter Medizinballwurf zu Boden (6-8 WH)

Ausgangsstellung:

- die Füße sind parallel zueinander, etwas breiter als hüftbreit, um eine stabile Position zu erreichen und nur leicht gebeugt
- die Arme werden über den Kopf geführt und im Ellenbogengelenk um 90° gebeugt
- die Ellenbogen befinden sich nahe am Kopf in Kopfhöhe
- auch hier soll eine Grundspannung im Körper vor der Übungsausführung aufgebaut werden

Durchführung:

- der Medizinball wird nun eingeleitet durch eine Streckung im Ellenbogengelenk zu Boden geworfen
- die Arme werden parallel zum Boden gestoppt
- während der Übungsausführung soll die Spannung im Körper aufrecht erhalten werden



Abb. 34 a), b) und c): 90° gebeugte Arme im Ellenbogengelenk, gestreckte Arme über dem Kopf und abstoppen der Arme parallel zum Boden

Übung 3: Eingesprungener Medizinballwurf in die Wurfauslage (6-8 WH)

Ausgangsstellung:

- die Füße sind parallel zueinander
- der Medizinball befindet sich in den Händen der gestreckten Armen über den Kopf

Durchführung:

- die Übung wird durch die Beugung der Beine eingeleitet
- danach wird in die Schrittposition gesprungen
- die Landung erfolgt am hinteren Bein nur auf dem Fußballen und am vorderen Bein auf dem ganzen Fuß
- der vordere Fuß wird dabei wieder nach innen gedreht
- es folgt die Oberkörperüberstreckung und eine Beugung der Arme, die jedoch minimal sein soll
- anschließend wird der Medizinball explosiv in Höhe des linken Fußes zu Boden geworfen
- die Arme werden nach unten Richtung Boden geführt



Abb. 35 a), b) und c): Gestreckte Arme über dem Kopf, in Schrittposition springen, und Abwurf des Balles in Höhe des linken Fußes

Übung 4: Medizinballwurf gegen die Wand (6-8 WH)

Ausgangsstellung:

- ungefähr mit zwei Meter Abstand zur Wand
- die Füße sind parallel zueinander
- der Medizinball befindet sich in den Händen der gestreckten Armen über den Kopf

Durchführung:

- die Übung wird durch die Beugung der Beine eingeleitet
- danach wird in die Schrittposition gesprungen
- die Landung erfolgt am hinteren Bein nur auf dem Fußballen und am vorderen Bein auf dem ganzen Fuß
- der vordere Fuß wird dabei wieder nach innen gedreht
- es folgt die Oberkörperüberstreckung und eine Beugung der Arme im Ellenbogengelenk zu 90°
- die Ellenbogen bleiben in Kopfhöhe eng zusammen
- eingeleitet durch den Druck des hinteren Beines, der Auflösung der Bogenspannung und durch die Streckung im Ellenbogengelenk wird der Medizinball explosiv gegen die Wand geworfen und wieder gefangen
- die Arme werden in Wurfrichtung geführt

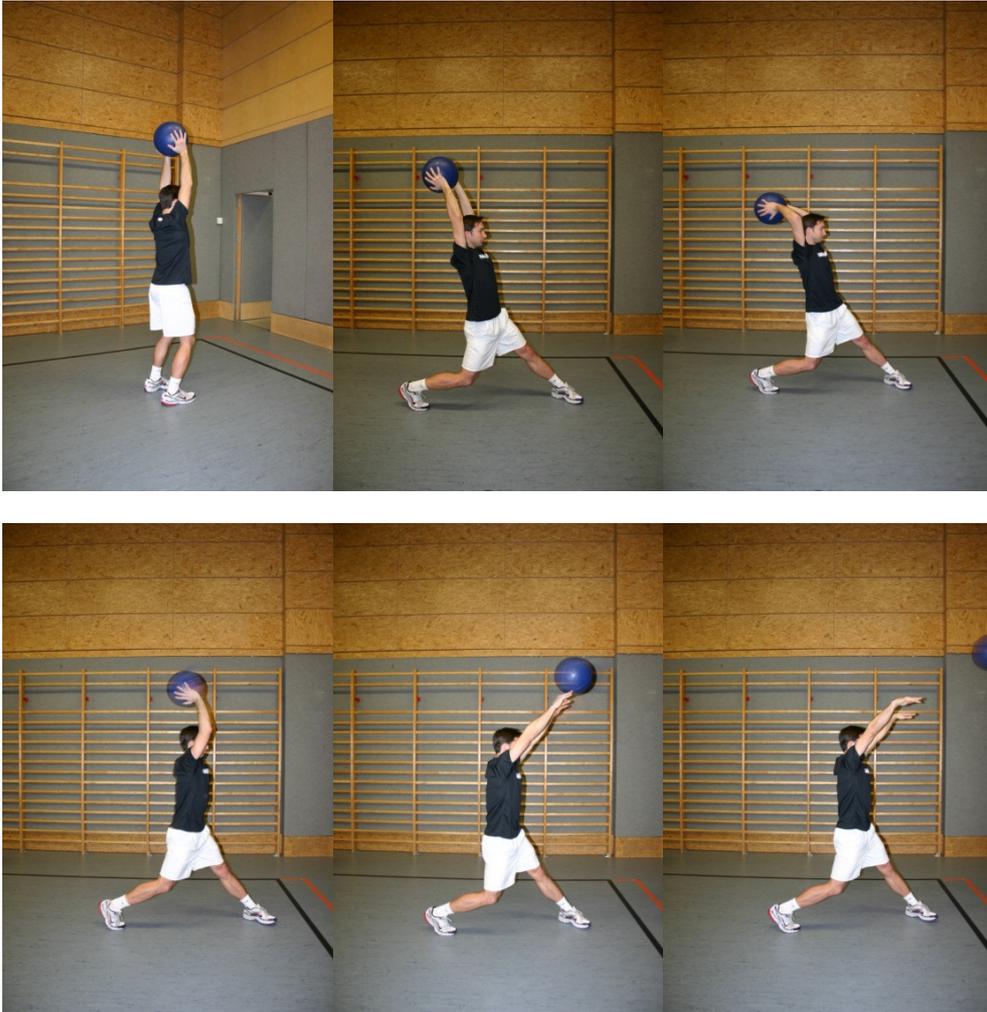


Abb. 36 a), b), c), d), e) und f): Arme gestreckt über dem Kopf, Schrittposition, beugen der Arme, Auflösung der Bogenspannung, Streckung der Arme und Abwurf des Balles

Übung 5: Medizinballwurf gegen die Wand mit geringerem Abstand (Reaktiv) (5-7 WH)

Ausgangsstellung:

- ungefähr mit einem Meter Abstand zur Wand
- die Füße sind parallel zueinander
- der Medizinball befindet sich in den Händen der gestreckten Arme über dem Kopf

Durchführung:

- der Medizinball wird mit gestreckten Armen explosiv gegen die Wand geworfen
- danach wird der Medizinball über dem Kopf gefangen und sofort wieder weggeworfen

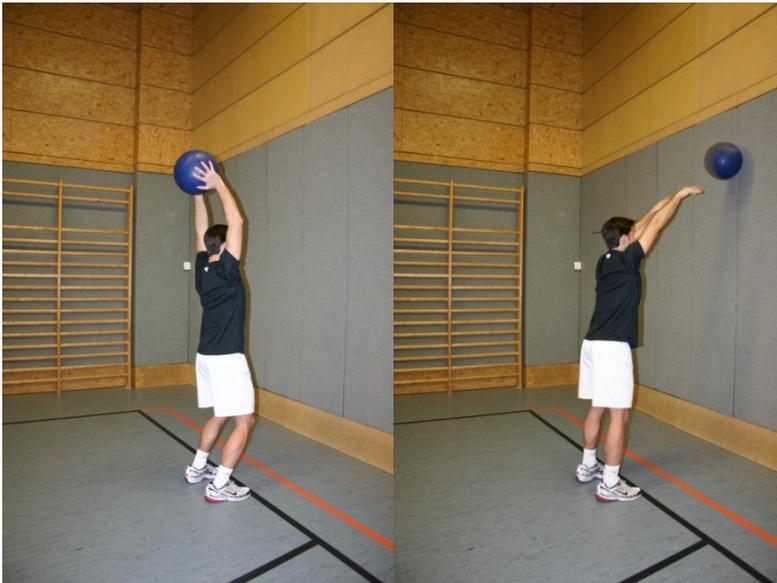


Abb. 37 a) und b): Arme gestreckt über dem Kopf und Abwurf des Balles gegen die Wand

Übung 6: Medizinballwurf mit Oberkörperrotation: (6-8 WH)

Ausgangsstellung:

- die Füße sind eng beisammen und der Oberkörper befinden sich seitlich zur Wurfrichtung
- der Medizinball befindet sich vor dem Körper

Durchführung:

- die Übung wird mit einem Schritt des hinteren Fußes nach hinten eingeleitet
- das hintere Bein wird stark gebeugt
- gleichzeitig wird der Medizinball mit gestreckten Armen von vorne unten nach hinten oben geführt und der Oberkörper weiter nach hinten geführt
- der Oberkörper wird wieder überstreckt
- im Moment des höchsten Punktes, den der Medizinball in der Übung erreicht, beginnt man vom rechten hinteren Fuß über das hintere Knie, zur rechten Hüfte, dem Rumpf und letztendlich den Armen die Wurfbewegung mit stark gebeugten Armen nach vorne oben auszuführen
- im Moment des Abwurfes zeigt der Oberkörper frontal zur Wurfrichtung
- die Arme werden in Wurfrichtung geführt, das vordere Bein bleibt gestreckt und der vordere Fuß ist leicht eingedreht

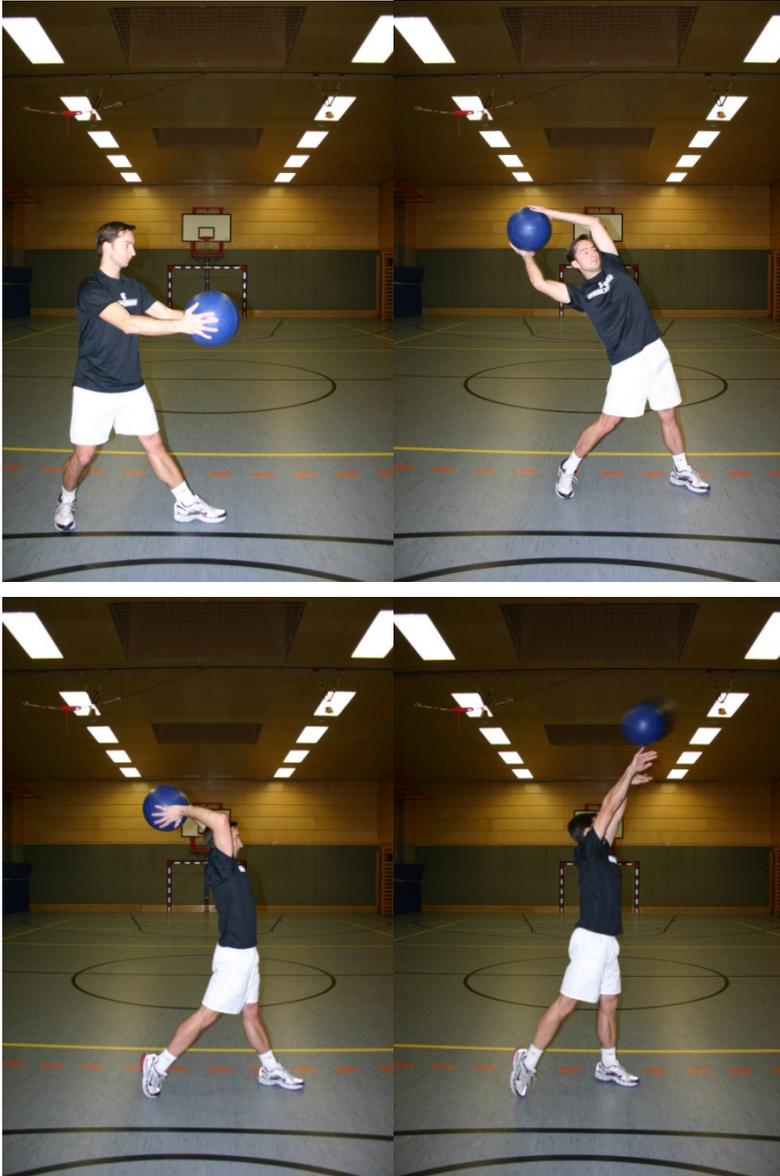


Abb. 38 a), b), c) und d): Medizinball vor dem Körper, zurückführen des Balles und Rotation des Oberkörpers, Oberkörper zeigt in Wurfrichtung und Abwurf des Balles mit gestreckten Armen

4.3. Weitere Übungen zur Verbesserung der Schnellkraft (6 Sprünge pro Bein)

Übung 7: Reifensprünge

Ausgangsstellung:

- es werden 12 Reifen leicht versetzt nebeneinander aufgelegt

Durchführung:

- die Sportler sollen nun von jedem Reifen mit einem Kniewinkel von 120-130° explosiv nach vorne oben in den nächsten Reifen springen

- das Hüftgelenk soll dabei gestreckt werden
- die Arme sollen als Schwungelemente eingesetzt und vor dem Körper ungefähr in Brusthöhe abrupt abgestoppt werden
- die Landung erfolgt auf dem Schwungbein



Abb. 39 a), b), c): Einbeinstand mit 120- 130° gebeugten Bein, explosiver Abdruck und Landung auf dem Schwungbein

Übung 8: Drop Jump (5-7 WH)

Ausgangsstellung:

- die Probandinnen und Probanden lassen sich beidbeinig von einem 30 cm hohen Kastenoberteil fallen
- die Hände stützen in den Hüften

Durchführung:

- bei Bodenkontakt sollen die Probandinnen und Probanden schnellstmöglich auf den nächsten Kastenoberteil springen
- die Fußspitzen sollen kurz vor Bodenkontakt und der Landung am Kasten angezogen werden
- im Gegensatz zu den nachfolgenden Übungen werden keine Schwungelemente eingesetzt



Abb. 40 a), b) und c): Stand auf dem Kastenoberteil, Landung am Boden und explosiver Absprung mit kurzem Bodenkontakt

Übung 9: Beidbeinige Sprünge in die Höhe (5- 7 Sprünge)

Ausgangsstellung:

- die Probandinnen und Probanden stellen sich in schulterbreitem Stand und gebeugten Beinen (120° Kniewinkel) vor der Hürde auf
- die Hürdenhöhe beträgt 20 cm

Durchführung:

- die Probandinnen und Probanden springen beidbeinig über die sieben hintereinander aufgestellten Hürden
- es soll darauf geachtet werden, dass der Absprung explosiv und immer aus dem gleichen Kniewinkel erfolgt und die Arme als Schwungelemente eingesetzt werden
- die Beine sollten während der Flugphase nahezu gestreckt sein
- die Zehenspitzen sollten leicht angezogen werden

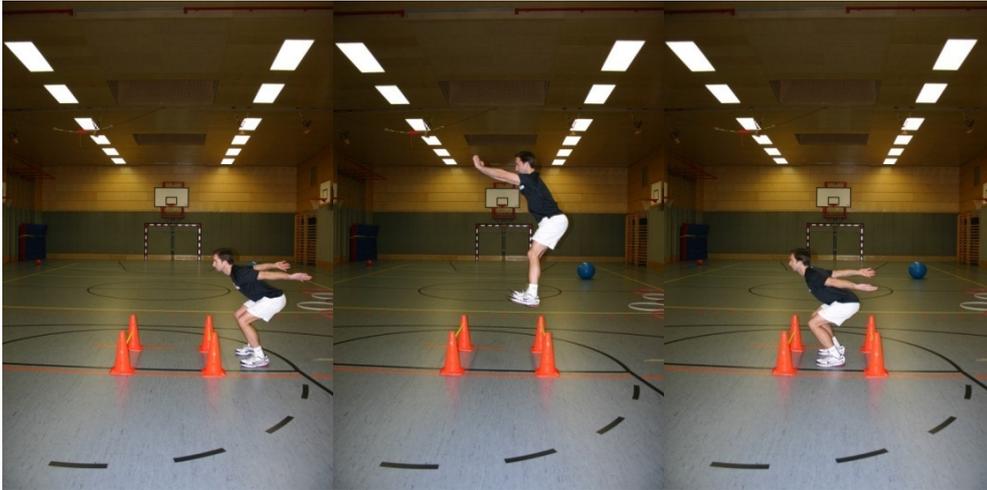


Abb. 41 a), b) und c): Absprungposition, explosiver Absprung in die Höhe und Landung

Übung 10: Beidbeinige Sprünge in die Weite (5-7 Sprünge)

Ausgangsstellung:

- die Probandinnen und Probanden stellen sich in schulterbreitem Stand und gebeugten Beinen (ungefähr 120° Kniewinkel) vor einer Linie auf

Durchführung:

- die Probandinnen und Probanden springen beidbeinige Sprünge hintereinander in die Weite
- es soll darauf geachtet werden, dass der Absprung explosiv und immer aus dem gleichen Kniewinkel erfolgt und die Arme als Schwungelemente eingesetzt werden

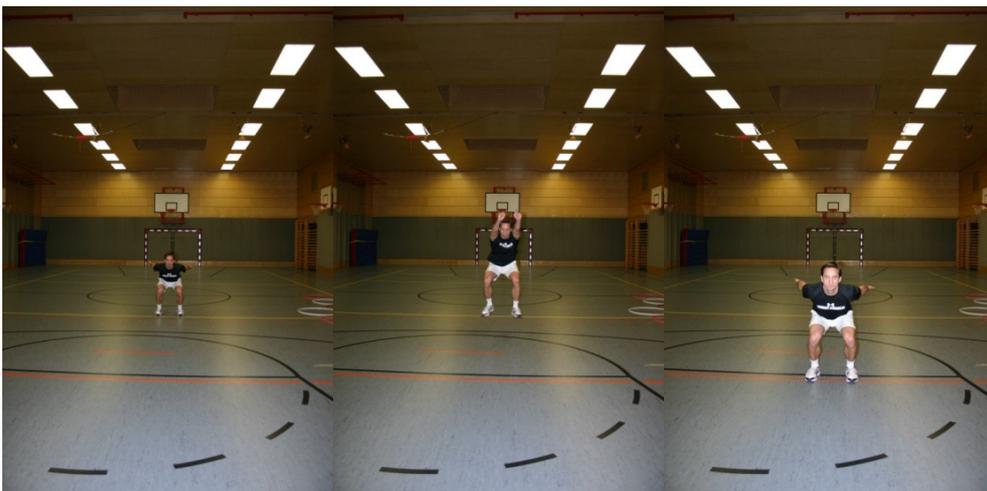


Abb. 42 a), b) und c): Absprungposition, explosiver Absprung in die Weite und Landung

5. Ziel der Untersuchung

Das Ziel meiner Magisterarbeit ist zu untersuchen, ob der dargestellte Übungskatalog der über einen Zeitraum von fünf Wochen mit jeweils zwei Trainingseinheiten pro Woche, dazu beitragen kann die Aufschlaggeschwindigkeit einer Tennisspielerin beziehungsweise eines Tennisspielers zu erhöhen. Dafür war es notwendig zehn Aufschlaggeschwindigkeiten von jeder Person vor und nach dem Training zu messen und anschließend miteinander zu vergleichen.

6. Fragestellung und Forschungshypothese

Die Fragestellung der Untersuchung bezieht sich darauf, ob die getesteten Probandinnen und Probanden nach einem fünfwöchigen leichtathletikspezifischen Schnellkrafttraining, wie zuvor dargestellt, mit jeweils zwei Einheiten pro Woche in der Lage sind, ihre Aufschlaggeschwindigkeit zu erhöhen.

Somit lautet die Forschungshypothese: Nach einem fünfwöchigen leichtathletikspezifischen Schnellkrafttraining sind die von mir trainierten Personen in der Lage ihre Aufschlaggeschwindigkeit zu erhöhen.

7. Methodik

Zu Beginn des Kapitels wird auf die Probandinnen und Probanden der Untersuchung eingegangen. Es werden Tabellen gezeigt, welche die Geschlechtsverteilung, das Alter und den BodyMass- Index (BMI) in den beiden Gruppen, der Test- und Kontrollgruppe darstellen. Anschließend erfolgt eine Beschreibung des Messgerätes mit dem die Aufschlaggeschwindigkeit der einzelnen Probandinnen und Probanden gemessen wurde. Daraufhin wird der Trainingsablauf erwähnt und die statistische Untersuchungsmethodik erläutert.

7.1 Probandinnen und Probanden

Die dreißig Personen die an der Untersuchung teilnahmen sind alle regionale Meisterschaftsspieler/innen. Sie wurden in zwei gleich große Gruppen, einer Test- und einer Kontrollgruppe zu jeweils fünfzehn Personen geteilt. Die Testgruppe absolvierte im

Gegensatz zur Kontrollgruppe zusätzlich zum normalen Tennistraining ein fünfwöchiges Schnellkrafttraining. Bezüglich der Gruppeneinteilung muss erwähnt werden, dass darauf geachtet wurde, dass sowohl in der Versuchs- als auch in der Kontrollgruppe die Anzahl an Frauen und Männern ident war und zum Anderen das Durchschnittsalter in beiden Gruppen annähernd gleich war. Die Altersgrenze erstreckte sich von fünfundzwanzig bis fünfzig Jahren. Der ähnlich verteilte Mittelwert des BMI kam nur durch Zufall zustande.

Die erste Tabelle (Tab. 5) veranschaulicht die Aufteilung der Geschlechter in den beiden Gruppen:

Tab. 5: Aufteilung der Geschlechter in der Test- und Kontrollgruppe

Geschlecht * Testgruppe Crosstabulation

Count

		Testgruppe				Total
		Testgruppe vorher	Testgruppe nachher	Kontrollgruppe vorher	Kontrollgruppe nachher	
Geschlecht	weiblich	7	7	7	7	28
	männlich	8	8	8	8	32
Total		15	15	15	15	60

Wie in der Tabelle (Tab. 5) zu sehen ist, waren sowohl in der Testgruppe vor und nach dem Training als auch in der Kontrollgruppe vorher und nachher jeweils sieben Frauen und acht Männer enthalten.

Die zweite Tabelle (Tab. 6) zeigt das Durchschnittsalter der beiden Gruppen:

Tab. 6: Durchschnittsalter der Test- und Kontrollgruppe

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
TGWA	7	25	49	36,43	9,624
TGMA	8	29	50	37,25	7,996
KGWA	7	29	48	39,14	6,230
KGMA	8	32	47	39,75	5,339

In dieser Tabelle (Tab. 6) ist das jeweilige Durchschnittsalter der weiblichen und männlichen Probandinnen und Probanden der Test- (TGWA/TGMA) und der Kontrollgruppe (KGWA/KGMA) ersichtlich. Dabei wird die vorher erwähnte Altersgrenze

die zwischen fünfundzwanzig und fünfzig Jahren liegt bei allen Gruppen eingehalten. Das Durchschnittsalter ist in allen Gruppen nahezu ident. Es befindet sich bei der weiblichen Testgruppe (TGWA) bei 36,4 Jahren und bei der männlichen Testgruppe (TGMA) bei 37,3 Jahren. Das Durchschnittsalter der weiblichen Kontrollgruppe (KGWA) beträgt 39,1 Jahre und das der männlichen Kontrollgruppe (KGMA) 39,8 Jahre.

Der BodyMass- Index (BMI) wird in der nächsten Tabelle (Tab. 7) dargestellt:

Tab. 7: BodyMass- Index der Test- und Kontrollgruppe

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
TGWBMI	7	18,3	25,8	21,986	2,7450
TGMBMI	8	21,5	28,1	24,500	2,4290
KGWBMI	7	19,3	26,1	22,871	2,4676
KGMBMI	8	21,6	26,3	23,750	1,5937

Diese Tabelle (Tab. 7) veranschaulicht den jeweiligen durchschnittlichen BMI der beiden Gruppen sowie das Minimum und das Maximum. Letzteres liegt bei 28,1 in der Testgruppe der Männer (TGMBMI). Das Minimum findet sich in der weiblichen Testgruppe (TGWBMI) wieder. Der Durchschnitts-BMI beträgt bei der Testgruppe (TGWBMI) 22 und 24,5 (TGMBMI) und bei der Kontrollgruppe 22,9 (KGWBMI) und 23,8 (KGMBMI).

7.2 Testinstrumentarium - Ablauf des Tests

Jede Person die an der Untersuchung teilnahm, absolvierte zehn Aufschläge. Die Aufschläge sollten so schnell als möglich ausgeführt und in einen bestimmten Bereich geschlagen werden, um von dem Messgerät erfasst zu werden. Das Messgerät, „SpeedTrac X“ wurde unmittelbar hinter dem Netz platziert. Es macht sich den Doppler-Effekt zu nutzen um Geschwindigkeiten messen zu können. Dabei sendet der Sensor im Inneren des Gerätes Radiowellen auf einer Frequenz von 10.525 GHz aus. Wenn der Tennisball in den Sendebereich gelangt, verändert sich die Frequenz des zurückgesendeten Signals. Die daraus resultierende Frequenzänderung, die auch Doppler- Effekt genannt wird, ist proportional zur Geschwindigkeit des Balles. Das reflektierte Signal wird vom Messgerät verarbeitet. Die Ballgeschwindigkeit wird daraufhin auf einer LED- Anzeige dargestellt. Das Gerät zeigt Geschwindigkeiten je nach Bedarf entweder in km/h oder MPH (miles per hour) an. Die Messungen reichen von fünf km/h

bis 199 km/h und starten von neun Meter abwärts bis ungefähr zwei Meter vor dem Gerät (www.emgcompanies.com).

Wurde die Geschwindigkeit eines Aufschlages von dem Messgerät nicht erfasst, so führte die Person einen weiteren Aufschlag durch.

7.3 Trainingsablauf

Den Probandinnen und Probanden wurden mittels e-mail drei verschiedene Termine für das Training angeboten, von denen sie zwei auswählen mussten.

Das Training erstreckte sich über einen Zeitraum von insgesamt fünf Wochen und dauerte jedes Mal in etwa zwei Stunden.

Im Verlauf des ersten Trainings, wurde darauf geachtet, dass die Übungen den Personen zuerst genau erklärt und beschrieben werden. Unterstützend wurde ein Video gezeigt, dass die Olympia- Zweite im Speerwurf von Athen bei der Durchführung der Übungen zeigt.

Die Medizinballwürfe wurden von den Frauen mit einem zwei und den Männer mit einem drei Kilo schweren Medizinball ausgeführt. Da sie vorwiegend die Oberkörpermuskulatur beanspruchten, wurden sie mit den Sprungübungen abwechselnd durchgeführt, um die Gefahr einer Überlastung zu vermeiden. In diesem Zusammenhang ist auch die Pausengestaltung zu erwähnen, auf die besonders geachtet wurde, um die Qualität des Trainings aufrechterhalten zu können und um das Verletzungsrisiko zu minimieren. Zu Beginn und am Ende jedes Trainings erfolgte ein Aufwärm- beziehungsweise Abwärmprogramm, das grundsätzlich jenem in Kapitel 3.4 entsprach. Es wurden zusätzlich noch spezifische Aufwärmübungen wie beispielsweise lockere Würfe mit Tennisbällen aus der Bewegung, aus dem Lauf und aus dem Sprung ausgeführt um die in Folge beanspruchte Muskulatur optimal auf die Belastung vorzubereiten. Bei der Durchführung der Übungen wurde darauf geachtet, dass sie so schnell wie möglich durchgeführt werden, um eine neuronale Anpassung zu erreichen.

7.4 Statistische Untersuchungsmethodik

Um einen Vergleich der gemessenen Aufschlaggeschwindigkeiten durchführen zu können, wurde der Mittelwert von zehn Aufschlägen jeder Person berechnet. Anschließend wurden die Mittelwerte von jeder in der Test- und Kontrollgruppe befindlichen Personen aus den Ausgangs- und Endtestwerten summiert.

Die Auswertung erfolgte mit STATISTICA Vers. 6.0 (StatSoft Europe GmbH, Hamburg) und SPSS 17.0. Es wurde das deskriptive Statistikverfahren, ein T- Test für gepaarte Stichproben, ein Mann- Whitney U- Test und ein Wilcoxon Test durchgeführt. Um ein statistisch abgesichertes Ergebnis zu erhalten, wurde folgende Nullhypothese erstellt:

HO: Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der Aufschlaggeschwindigkeit vor und nach dem leichtathletikspezifischen Schnellkrafttraining.

Somit lautet die Alternativhypothese:

H1: Es besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der Aufschlaggeschwindigkeit vor und nach dem leichtathletikspezifischen Schnellkrafttraining.

Bevor die T- Tests für abhängige Stichproben durchgeführt werden konnten, erfolgte jedoch eine Überprüfung ob eine Normalverteilung vorliegt. Da dies bei jedem Test der Fall war konnten die nun folgenden Tests durchgeführt werden:

8. Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

Zu Beginn soll erwähnt werden, dass die Testgruppe im Verlauf dieses Kapitels auch als Trainings- oder Interventionsgruppe bezeichnet wird.

Durch die Anwendung des deskriptiven Statistik- Verfahrens, des T-Tests für gepaarte Stichproben, des Mann- Whitney U- Tests und des Wilcoxon Tests konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

Übersicht der Aufschlaggeschwindigkeiten getrennt nach Geschlecht, Ausgangs- und Endtest, sowie Testgruppe und Kontrollgruppe:

Tab. 8: Übersicht über die diversen Aufschlaggeschwindigkeiten

Variable	Deskriptive Statistik (Tennisaufschlag.sta)						
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.
D Ausg	7	93,5143	87,0000	65,0000	119,2000	463,1348	21,52057
D End	7	98,6143	96,9000	67,7000	120,8000	397,8548	19,94630
H Ausg	8	134,3625	139,1000	94,1000	170,0000	747,2598	27,33605
H Endt	8	138,0125	142,6000	97,7000	170,9000	698,1870	26,42323
DKontvor	7	81,7429	75,2000	58,9000	114,3000	441,2795	21,00665
DKontn	7	78,4000	77,1000	60,7000	108,2000	327,8667	18,10709
HKontv	8	141,5500	138,9000	124,5000	164,4000	194,3257	13,94008
Hkontn	8	141,6125	141,0500	124,9000	160,4000	188,6727	13,73582

Die Aufschlaggeschwindigkeit der Damen (Testgruppe) im Ausgangstest betrug $93,5 \pm 21,5$ km/h, im Endtest $98,6 \pm 19,9$ km/h. Dies entspricht einer prozentuellen Verbesserung von 5,2%. Eine Steigerung der Aufschlaggeschwindigkeit um 2,6% konnte auch bei den Männern der Testgruppe verzeichnet werden. Sie stieg von $134,4 \pm 27,3$ auf $138 \pm 26,4$ km/h. Im Gegensatz dazu nimmt die Aufschlaggeschwindigkeit bei den Damen der Kontrollgruppe von $81,7 \pm 21$ auf $78,4 \pm 18,1$ km/h ab, was einer Verschlechterung um 4% entspricht. Eine minimale Zunahme der Aufschlaggeschwindigkeit der Männer der Kontrollgruppe von $141,6 \pm 13,9$ auf $141,6 \pm 13,7$, was 0,04% entspricht, ist anhand der Tabelle (Tab. 8) ebenfalls zu erkennen.

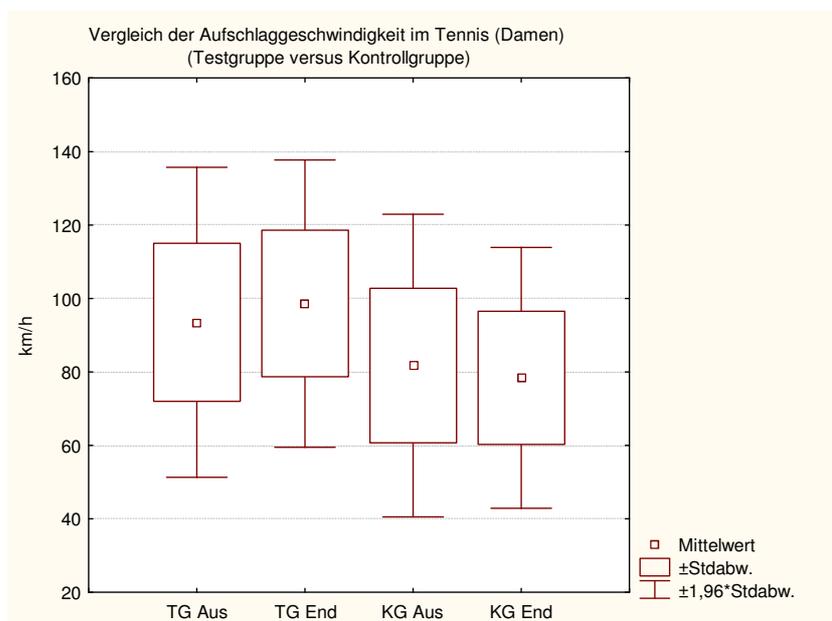


Abb. 43: Vergleich der Aufschlaggeschwindigkeit der Damen der Test- und Kontrollgruppe

Wie anhand dieser Abbildung (Abb. 43) zu erkennen ist, verbesserte sich der Mittelwert der Aufschlaggeschwindigkeit der Damen im Vergleich Endtest mit Ausgangstest mit der

Standardabweichung $\pm 1,96$ um ca. fünf Stundenkilometer. Im Gegensatz dazu nahm der Mittelwert der Aufschlaggeschwindigkeit der Damen der Kontrollgruppe um ca. drei Stundenkilometer ab.

Tab. 9: T-Test für gepaarte Stichproben für die Aufschlaggeschwindigkeit der Damen der Interventionsgruppe

t-Test für gepaarte Stichproben Damen IG Markierte Differenzen signifikant für $p < ,05000$								
Variable	Mittelw.	Stdabw.	N	Diff.	Stdabw. Diff.	t	FG	p
D Ausg	93,51429	21,52057						
D End	98,61429	19,94630	7	-5,10000	4,517005	-2,98723	6	0,024407

Tab. 10: T-Test für gepaarte Stichproben für die Aufschlaggeschwindigkeit der Damen der Kontrollgruppe

t-Test für gepaarte Stichproben Damen KG Markierte Differenzen signifikant für $p < ,05000$								
Variable	Mittelw.	Stdabw.	N	Diff.	Stdabw. Diff.	t	FG	p
DKontvor	81,74286	21,00665						
DKontn	78,40000	18,10709	7	3,342857	4,737389	1,866929	6	0,111151

Die Tabelle 9 zeigt, dass für die Aufschlaggeschwindigkeit der Damen der Interventionsgruppe ein statistisch signifikantes Ergebnis vorliegt, da die Irrtumswahrscheinlichkeit (p) 0,024 beträgt und somit kleiner als 0,05 ist. Aus der anschließenden Tabelle (Tab. 10) welche die Mittelwerte der Aufschlaggeschwindigkeiten der Damen der Kontrollgruppe vergleicht, kann wiederum aufgrund einer Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von 0,1 von einem nicht signifikanten Ergebnis gesprochen werden. Somit kann behauptet werden, dass der in der Arbeit dargestellte Übungskatalog neben dem zusätzlich absolvierten Tennistraining, eine signifikante Auswirkung auf die Erhöhung der Aufschlaggeschwindigkeit der Damen der Testgruppe hat. Bei den Damen, die neben dem Tennistraining kein zusätzliches Schnellkrafttraining durchgeführt haben, konnte keine signifikante Erhöhung der Aufschlaggeschwindigkeit erzielt werden.

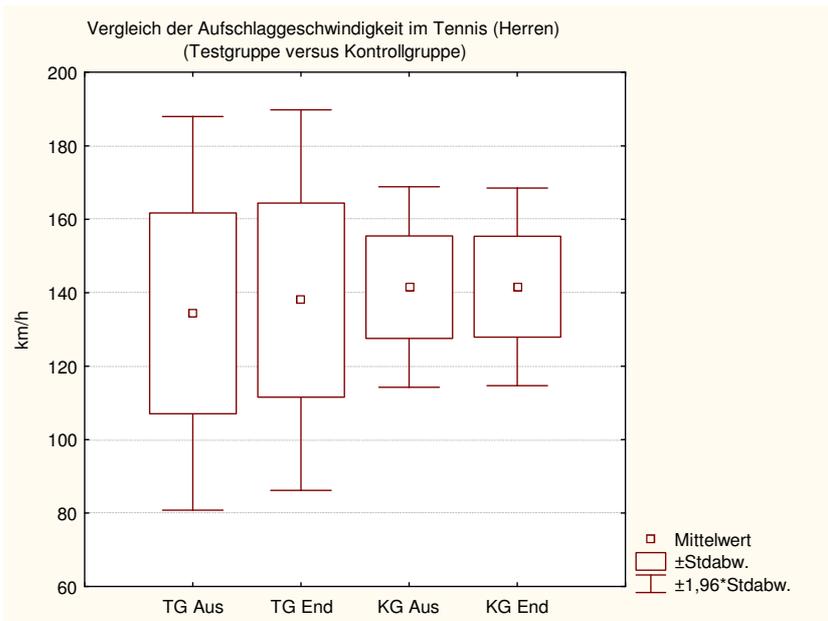


Abb. 44: Vergleich der Aufschlaggeschwindigkeit der Herren der Test- und Kontrollgruppe

Mit Hilfe dieser Abbildung (Abb. 44) kann erkannt werden, dass sich der Mittelwert der Aufschlaggeschwindigkeit der Herren der Testgruppe von 134,4 km/h auf 138 km/h bei einer Standardabweichung von $\pm 1,96$ erhöht hat. Die Aufschlaggeschwindigkeit der Herren der Kontrollgruppe blieb nahezu unverändert und verzeichnete einen minimalen Anstieg von 0,06 km/h.

Die nächsten beiden Tabellen (Tab. 11 und Tab. 12) geben Aufschluss über das statistische Ergebnis der Herren der Testgruppe beziehungsweise der Kontrollgruppe. Aus Tabelle 11 kann aufgrund der Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von 0,02 von einem statistisch signifikanten Ergebnis gesprochen werden. Im Vergleich dazu zeigt Tabelle 12 aufgrund der Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von 0,97 ein nicht signifikantes Ergebnis.

Tab. 11: T-Test für gepaarte Stichproben für die Aufschlaggeschwindigkeit der Herren der Testgruppe

t-Test für gepaarte Stichproben Herren TG								
Markierte Differenzen signifikant für $p < ,05000$								
Variable	Mittelw.	Stdabw.	N	Diff.	Stdabw. Diff.	t	FG	p
H Ausg	134,3625	27,33605						
H Endt	138,0125	26,42323	8	-3,65000	3,386528	-3,04848	7	0,018623

Tab. 12: T-Test für gepaarte Stichproben für die Aufschlaggeschwindigkeit der Herren der Kontrollgruppe

t-Test für gepaarte Stichproben KG								
Markierte Differenzen signifikant für $p < ,05000$								
Variable	Mittelw.	Stdabw.	N	Diff.	Stdabw. Diff.	t	FG	p
HKontv	141,5500	13,94008						
Hkontn	141,6125	13,73582	8	-0,062500	4,831722	-0,036587	7	0,971836

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Übungskatalog neben den Damen auch den Männern der Testgruppe dazu verholfen hat die Aufschlaggeschwindigkeit statistisch signifikant zu erhöhen. Das Ergebnis für die Kontrollgruppe der Männer welches wie bereits angesprochen nicht signifikant ist, lässt die Schlussfolgerung zu, dass die fehlende Kombination eines Tennistrainings mit einem Schnellkrafttraining keine Verbesserung der Aufschlaggeschwindigkeit ermöglicht.

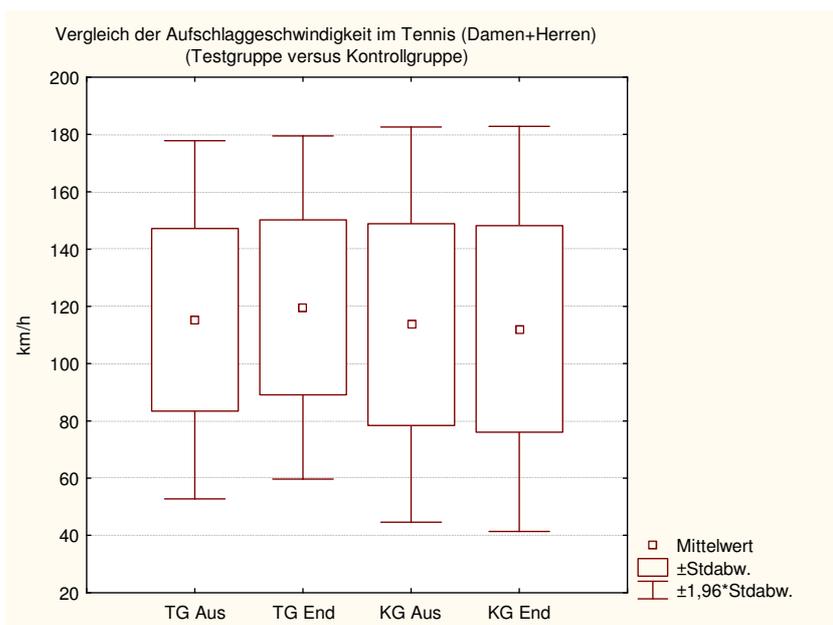


Abb. 45: Vergleich der Aufschlaggeschwindigkeit der Damen und Herren der Test- und Kontrollgruppe

Wie diese Abbildung (Abb. 45) zeigt, verändert sich der Mittelwert der Aufschlaggeschwindigkeit der Testgruppe des Ausgangs- und des Endtest um einige km/h im Gegensatz zum Mittelwert der Aufschlaggeschwindigkeit des Ausgangs- und des Endtests der Kontrollgruppe, bei dem eine geringfügige Verschlechterung zu erkennen ist.

Die Tabellen (Tab. 13 und Tab. 14) veranschaulichen das statistische Ergebnis der gesamten Testgruppe und der Kontrollgruppe. Aus Tabelle 13 kann aufgrund der Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von 0,000987 von einem statistisch höchst signifikanten Ergebnis (Untersteiner, 2007, S. 129) gesprochen werden. Im Vergleich dazu zeigt Tabelle 14 aufgrund der Irrtumswahrscheinlichkeit (p) von 0,33 ein nicht signifikantes Ergebnis.

Tab. 13: Wilcoxon- Test für die Aufschlaggeschwindigkeit der gesamten Testgruppe für den Ausgangs- und Endtest

Variablenpaar	Wilcoxon-Test gepaarte Stichpr. Markierte Tests signifikant ab $p < ,05000$			
	Gültige N	T	Z	p-Niveau
Ausgangstest vs Endtest	15	2,000000	3,294179	0,000987

Tab. 14: Wilcoxon- Test für die Aufschlaggeschwindigkeit der gesamten Kontrollgruppe für den Ausgangs- und Endtest

Variablenpaar	Wilcoxon-Test gepaarte Stichpr.KG Markierte Tests signifikant ab $p < ,05000$			
	Gültige N	T	Z	p-Niveau
Ausgangs- vs. Endtest	15	43,00000	0,965535	0,334278

Die soeben dargestellten Ergebnisse lassen wiederum darauf schließen, dass das von der Testgruppe durchgeführte leichtathletikspezifische Schnellkrafttraining einen nachweisbar positiven Einfluss auf die Aufschlaggeschwindigkeit hat. Das bedeutet aber auch, dass die gesamte Kontrollgruppe, die neben dem Tennistraining kein Schnellkrafttraining absolviert hat, keine signifikante Verbesserung der Aufschlaggeschwindigkeit erzielen konnte.

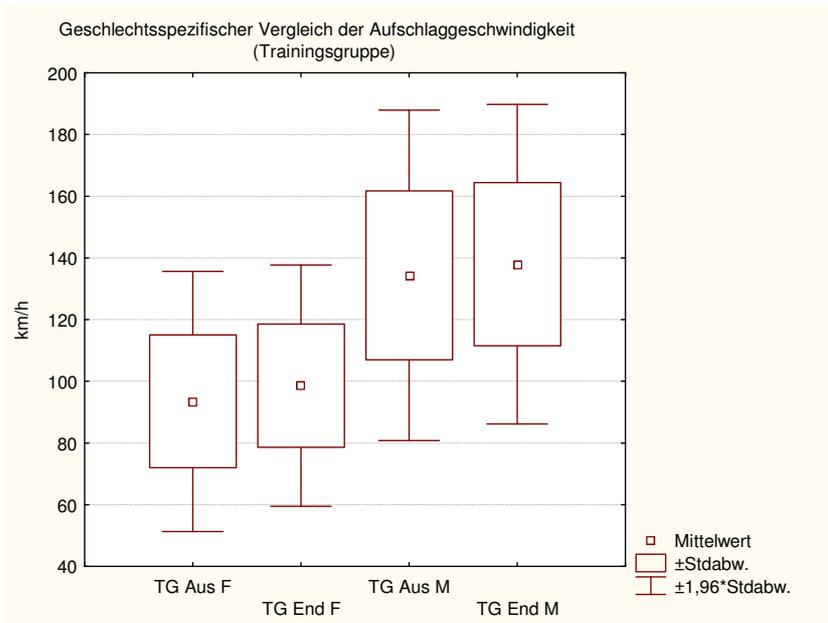


Abb. 46: Geschlechtsspezifischer Vergleich der Aufschlaggeschwindigkeit der Trainingsgruppe

Mit Hilfe dieser Abbildung (Abb. 46) kann einerseits erkannt werden, dass sich der Mittelwert der Aufschlaggeschwindigkeit sowohl der Frauen als auch der Männer der Testgruppe gesteigert hat. Andererseits ist ersichtlich, dass die Mittelwerte der Aufschlaggeschwindigkeiten der Männer zu beiden Testzeitpunkten deutlich höher sind als jene der Frauen.

Im Untersuchungszeitraum verbesserte sich, wie in Abbildung 47 und Tabelle 15 erkennbar ist, die Testgruppe hinsichtlich der Aufschlaggeschwindigkeit um $4,3 \pm 3,9$ km/h während sich im gleichen Zeitraum bei der Kontrollgruppe die Aufschlaggeschwindigkeit um $-1,5 \pm 4,9$ km/h verminderte. Der statistische Vergleich in Tabelle 16 (Mann-Whitny U-Test für unabhängige Stichproben) zeigt, dass dieser Unterschied signifikant ($p < 0,05$) ist. Die wurfspezifische Trainingsintervention führte also bei der Testgruppe zu einer signifikanten Verbesserung der Aufschlagleistung.

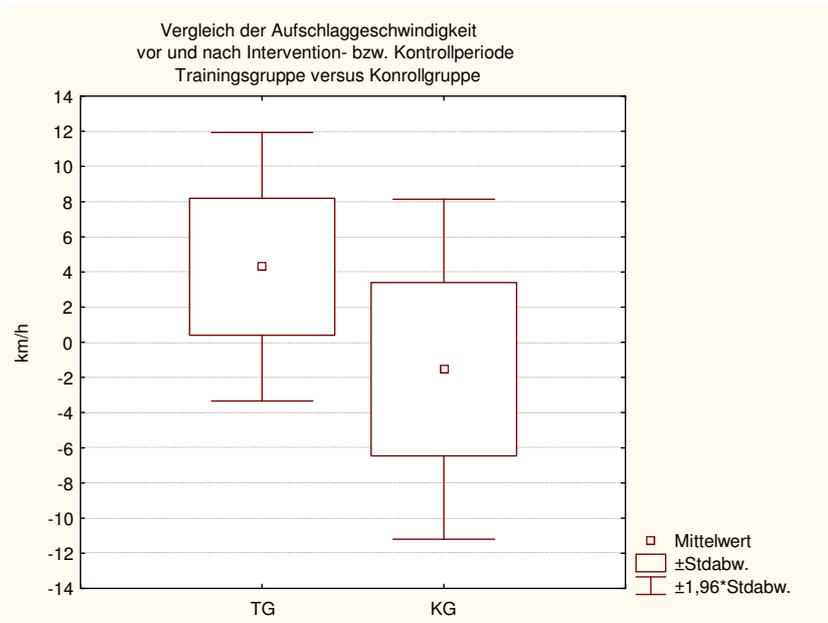


Abb. 47: Vergleich der Aufschlaggeschwindigkeit der Trainings- und Kontrollgruppe vor und nach der Interventions- beziehungsweise Kontrollperiode

Tab. 15: Veränderung der Aufschlaggeschwindigkeit der Test- und Kontrollgruppe vor/nach dem Training

Variable	Deskriptive Stat. Aufschlaggeschwindigkeit vor/nach				
	Gült. N	Mittelw.	Minimum	Maximum	Stdabw.
TG	15	4,29333	-0,5000	12,40000	3,895137
KG	15	-1,53333	-10,6000	8,00000	4,933076

Tab. 16: Mann- Whitney U- Test zur Signifikanzüberprüfung der Aufschlaggeschwindigkeitsveränderungen

Mann-Whitney U-Test Trainingsgruppe (n=15) vs. Kontrollgruppe (n=15)								
Nach Var.: KG								
Markierte Tests signifikant ab $p < ,05000$								
Variable	Rgsumme Gruppe 1	Rgsumme Gruppe 2	U	Z	p-Niveau	Z korr.	p-Niveau	2*eins. exakt p
KG	305,0000	160,0000	40,00000	3,007160	0,002637	3,008164	0,002629	0,001963

9. Diskussion

Vergleichende Analysen der Bewegungsverwandtschaft von Schlagbewegungen wie dem Tennisaufschlag und von Wurfbewegungen wie dem Speerwurf sind in der aktuellen Literatur kaum zu finden. Dass diese beiden Bewegungen durchaus ähnlich sind, kann damit bestätigt werden, da sie laut der in der Einleitung erwähnten Autorinnen und

Autoren, beide einer Wurfbewegung gleichen und deshalb auch entsprechend mit Hilfe von Wurfübungen erlernt werden. Somit ist es verständlich, wie ebenfalls in der Einleitung mittels eines Zitates von Weineck (2004) bekräftigt wurde, dass dieselbe Muskulatur im Verlauf der Bewegung eingesetzt wird.

Aufgrund der bestätigten Bewegungsverwandtschaft und der identen beanspruchten Muskulatur im Verlauf der Bewegung, ist es naheliegend, dass ein leichtathletikspezifisches Schnellkrafttraining, dass bei einer außerordentlich erfolgreichen Speerwerferin dazu beiträgt ihre Speerwurfleistung zu steigern auch die Aufschlaggeschwindigkeit positiv beeinflussen sollte.

Das ein Programm, welches unter anderem aus hoch intensiven plyometrischen Übungen indem auch Medizinballwürfe ein Bestandteil waren, einen positiven Einfluss auf andere Bewegungsverwandte Sportarten hat, bestätigt die in der Einleitung erwähnte Untersuchung von Carter et al (2007). Hier konnte eine signifikante Erhöhung der Wurfgeschwindigkeit von Baseballspielern nachgewiesen werden.

Auch Radcliff (1990, S. 26) erwähnt in seinem Bericht, dass Medizinballwürfe die gesamte Kraftherzeugung verbessern, was wiederum für die Überkopfwurfbewegung wie sie im Baseball, Football oder auch im Speerwurf vorkommt sehr nützlich ist.

Pretz (2004, S. 65) berichtet in seinem Artikel ebenfalls darüber, dass ein Programm für Baseballspieler/innen mit plyometrischen Übungen, indem ebenso Medizinballwürfe durchgeführt wurden, ein effektiver Weg ist die Kraft und Leistung der Schultermuskulatur zu verbessern und somit einen positiven Einfluss für die Wurfleistung erreichen zu können.

Auch Watkinson (1997, S. 47) schreibt in seinem Bericht, dass das gezeigte Programm, welches unter anderem Medizinballwürfe beinhaltet zur Erhöhung der Wurfgeschwindigkeit im Baseball beiträgt. Dabei erwähnt er jedoch ausdrücklich, dass in erster Linie darauf geachtet werden soll, die Übungen so schnell und so kräftig wie möglich durchzuführen damit sie effektiv sind.

Auch die gezeigte plyometrische Sprungübung von McDermott (1986, S. 52) soll erwähnt werden. Diese Übung unter dem Namen Drop - Jump bekannt, unterscheidet sich jedoch von der in der Arbeit dargestellten Übung hinsichtlich der Höhe des Kastenteils. Denn die Höhe des Kastenteils wurde bei der Übung des Übungskataloges niedriger gewählt da die Probandinnen und Probanden nicht in der Lage gewesen wären, diese Höhe ohne Qualitätseinbuße zu bewältigen. Und wie bereits zuvor in Kapitel 3.5 erwähnt, ist die explosive Durchführung der Übungen bei einem Schnellkrafttraining Grundvoraussetzung

um den gewünschten Trainingseffekt zu gewährleisten und nicht in Gefahr zu kommen falsche Bewegungsmuster einzuschleifen sowie das Verletzungsrisiko nicht zu erhöhen.

Neben den Studien die von einem positiven Effekt in Verbindung mit Medizinballwürfen und/beziehungsweise plyometrischen Übungen berichten, gibt es auch Studien die belegen, dass diverse Trainingsformen nicht den erhofften Nutzen bringen.

So berichten Newton & McEvoy (1994, S. 200- 201), dass es in Folge eines achtwöchigen Trainings bei dem zwei Mal pro Woche plyometrische Medizinballwürfe mit einem drei Kilogramm schweren Medizinball, in Verbindung mit ihrem normalen Baseballtraining durchgeführt wurden, zu keiner Erhöhung der Wurfgeschwindigkeit kam. Als Grund hierfür werden zwei Erklärungen angeführt. Einerseits entsprechen die Bewegungsmuster die im Verlauf von Medizinballwürfen durchgeführt werden nicht ausreichend den spezifischen Bewegungsmuster des Baseballwurfes. Andererseits verbessert das Training mit Medizinbällen nicht die neuromuskulären Qualitäten bezogen auf das Kraftoutput und den Grad der Kraftentwicklung, da die Überlastung des Muskels während der Beschleunigung des Medizinballes nicht ausreichend ist um eine Trainingsanpassung hervorrufen zu können (Newton & McEvoy, 1994, S. 201). Letztendlich kommen sie jedoch zu dem Schluss, dass auf ein Training mit Medizinbällen zur Erhöhung der Wurfgeschwindigkeit nicht verzichtet werden kann und darauf geachtet werden soll, dass sich das Gewicht des Balles nach der individuellen Kraft und Größe der Athleten richten soll um effektiv sein zu können (Newton & McEvoy, 1994, S. 202).

In diesem Zusammenhang soll noch festgestellt werden, dass das beschriebene Aufwärmprogramm in dieser Untersuchung wonach die Personen vor den Medizinballwürfen ein fünf minütiges Einlaufen mit darauffolgenden statischen Dehnübungen und einigen lockeren submaximalen Würfen, grundsätzlich dem im Kapitel 3.4 erwähnten Aufwärmprogramm entspricht. Wiederherstellungsfördernde Maßnahmen deren Bedeutung ebenfalls in Kapitel 3.4 erwähnt wurde, waren jedoch kein Bestandteil dieser Untersuchung.

Eine weitere Studie von Tillaar aus dem Jahre 2004 fasst die Auswirkungen von verschiedenen Untersuchungen zusammen, bei denen drei unterschiedliche Trainingskonzepte untersucht wurden, die das Ziel hatten die Wurfgeschwindigkeit von Baseball- und Handballspielern zu erhöhen. Das eine Konzept basiert auf dem Prinzip der Überlastung an Kraft, dass mit einem Training mit „übergewichtigen“ Bällen, (zwanzig bis über hundert Prozent schwerer als der normale Baseball oder Handball) erreicht wird. Das andere Konzept basiert auf dem Prinzip der Überlastung an Geschwindigkeit, dass mit einem Training mit „untergewichtigen“ (leichter als ein Base- oder Handball) Bällen erzielt

wird. Im letzten Konzept werden sowohl die „übergewichtigen“ als auch die „untergewichtigen“ Bälle abwechselnd verwendet (Tillaar, 2004, S. 388- 389).

Die Ergebnisse zeigen, dass es bei jeder Untersuchung, bei der ein Training mit „untergewichtigen“ Bällen oder einer Kombination von „untergewichtigen“ und „übergewichtigen“ Bällen zu einer Erhöhung der Wurfgeschwindigkeit gekommen ist. Das Training mit „übergewichtigen“ Bällen führte andererseits nur bei einer Untersuchung zu einer eindeutigen Erhöhung der Wurfgeschwindigkeit (Tillaar, 2004, S. 393).

Als mögliche Erklärung der positiven Auswirkungen des Trainings mit „untergewichtigen“ Bällen oder der Kombination von „untergewichtigen“ und „übergewichtigen“ Bällen auf die Erhöhung der Wurfgeschwindigkeit wird die neuronale Anpassung, wie die höhere Nervenaktivität, die Synchronisation der motorischen Einheiten und die höhere Frequenz gesehen. Denn die neuronale Anpassung von Muskeln kann den Übertragungseffekt unterstützen, wenn geringere Geschwindigkeiten eingesetzt werden (Tillaar, 2004, S. 393). Diese Erklärung widerspricht jedoch nicht der in Kapitel 3.5 erwähnten Aussage von Oliver, Marschall & Büsch (2008, S. 223), bei der eine neuronale Anpassung durch ein Training mit hohen Belastungsintensitäten hervorgerufen wird.

10. Zusammenfassung

Leichtathletikspezifische Schnellkraftübungen wie Medizinballwürfe und plyometrische-Sprünge werden in diversen Sportarten wie beispielsweise Baseball oder Handball eingesetzt um die Wurfgeschwindigkeit zu erhöhen. Dabei ist bei diversen Schnellkraftbelastungen darauf zu achten, dass die Athletinnen und Athleten ein entsprechendes Aufwärmprogramm durchführen. Dabei sollten einerseits, unterem dem Gesichtspunkt der koordinativen Vorbereitung dynamische Übungen, andererseits ein Dehnprogramm das in einem mittleren Intensitätsbereiches liegt und somit nicht wesentlich über den in der darauffolgenden Beanspruchung eingesetzten Amplitudenbereich hinausgeht, durchgeführt werden. Auch auf ein entsprechendes Abwärmprogramm, das ebenfalls aus einem lockeren Auslaufen und einem Dehnprogramm besteht darf nicht vergessen werden. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass die Schnellkraftübungen zu Beginn genau erklärt werden und ein sorgfältiges Einarbeiten mit einer langsamen Belastungssteigerung im Verlauf der Trainingseinheit erfolgt. Auch hinsichtlich der gewählten Last soll darauf geachtet werden, dass sie entsprechend des Leistungsniveaus der Person gewählt wird, um die Qualität der Bewegungsausführung zu gewährleisten, damit nicht die Gefahr besteht falsche

Bewegungsmuster einzuschleifen. Ein häufig zu wenig beachteter Aspekt ist die Pausengestaltung während eines Schnellkrafttrainings. Dieser ist jedoch für die Qualität des Trainings ebenfalls sehr entscheidend, da die Wirkung des Schnellkrafttrainings hauptsächlich von der optimalen Erregung des Nervensystems des Muskels abhängt. Bei zu kurzer Pausengestaltung kann es zu einer Verlangsamung der Bewegung und/oder zu Innervationsstörungen kommen. Wenn die Pausen andererseits zu lange sind, wird der Erregungszustand des neuromuskulären Systems verringert, was ebenfalls einen negativen Effekt auf die Schnellkraftleistung hat. Die optimale Pausenlänge hängt jedoch von der jeweiligen Schnellkraftmethode ab. Dies gilt auch für die Wiederholungs- und Serienanzahl.

Dass ein leichtathletikspezifisches Schnellkrafttraining dazu beitragen kann die Aufschlaggeschwindigkeit zu erhöhen, konnte mit den gezeigten Ergebnissen der Untersuchung bestätigt werden.

Aus diesem Grund kann die von mir erstellte Forschungshypothese beibehalten werden: Ein leichtathletikspezifisches Schnellkrafttraining erhöht die Aufschlaggeschwindigkeit.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung tragen jedoch nicht dazu bei mit Sicherheit davon ausgehen zu können, dass der in der Arbeit dargestellte Übungskatalog auch bei anderen Personen dazu beitragen wird die Aufschlaggeschwindigkeit zu erhöhen. Denn neben weiteren Untersuchungen mit einem ähnlichen Übungsprogramm die ebenfalls von positiven Entwicklungen hinsichtlich der Verbesserung der Wurfgeschwindigkeit berichten, gibt es auch Untersuchungen bei denen es im Gegensatz dazu zu keinerlei Effekten in Verbindung mit Medizinballwürfen und/beziehungsweise plyometrischen Übungen kam.

Somit kann dieses Programm auf jeden Fall als Ergänzung zu bereits bewährten Trainingsmethoden zur Erhöhung der Wurf- beziehungsweise Schlagkraft gesehen werden, um den oftmals monotonen Trainingsalltag etwas abwechslungsreicher zu gestalten.

Abstract

Verbesserung der Aufschlaggeschwindigkeit im Tennis mit Hilfe eines leichtathletikspezifischen Schnellkrafttrainings

Hintergrund der Studie: Die Fähigkeit hohe Aufschlaggeschwindigkeiten zu erreichen, ist der leistungsbestimmende Faktor im modernen Tennis. Aus biomechanischer Sicht sind die leichtathletischen Wurfbewegungen dem Tennisaufschlag in ihrem Bewegungsmuster sehr ähnlich.

Ziel der Studie: Der Zweck der aktuellen Studie ist daher die Effekte eines spezifischen Schnellkrafttrainings, welches in der Vorbereitungsphase von einer Weltklasse-Speerwerferin durchgeführt wurde, für die Aufschlaggeschwindigkeit von Meisterschaftsspieler/innen zu untersuchen.

Methoden: Eine Gruppe von 30 gesunden Meisterschaftsspieler/innen (regionales Niveau) im Alter zwischen 25-50 Jahren (14 Frauen und 16 Männer) nahmen an dieser Studie teil. Die Gruppe wurde in eine Test- und eine Kontrollgruppe, die jeweils aus 15 Probandinnen und Probanden (7 Frauen und 8 Männer) bestand, geteilt. Zusätzlich zum spezifischen Tennistraining absolvierte die Testgruppe ein leichtathletikspezifisches Schnellkrafttraining, das 10 Übungen / 2 Durchgänge (Medizinballwürfe; plyometrische Sprünge) beinhaltete und über einen Zeitraum von 5 Wochen, mit 2 Einheiten pro Woche durchgeführt wurde. Die Kontrollgruppe absolvierte zur gleichen Zeit ausschließlich das gewohnte spezifische Tennistraining. Die Tennis- Aufschlaggeschwindigkeit (der Durchschnitt von 10 Aufschlägen) wurde vor und nach der 5 wöchigen Trainingsperiode mittels eines digitalen Doppler Radargerätes gemessen. Die Auswertung erfolgte mit STATISTICA Vers. 6.0 (StatSoft Europe GmbH, Hamburg). Ein gepaarter t- Test, Wilcoxon- Test und Mann- Whitney U- Test wurden durchgeführt, um die gewonnenen Daten vor und nach der Trainingsintervention sowie die Unterschiede der Gruppen zu vergleichen.

Ergebnisse: Die Testgruppe konnte ihre Aufschlaggeschwindigkeit signifikant ($p < 0.001$) verbessern (4.3 ± 3.9 km/h), während sich die Aufschlaggeschwindigkeit der Kontrollgruppe im Vergleich zu deren Ausgangswerten nur leicht, nicht signifikant verringerte (-1.5 ± 4.9 km/h).

Fazit: Die Ergebnisse dieser aktuellen Studie demonstrieren, dass wurfspezifisches Schnellkrafttraining dazu verwendet werden kann, die Aufschlaggeschwindigkeit im Tennis zu verbessern.

Improving the service velocity in tennis using athletic specific power training

Background of the study: The ability to generate high service velocities is a key determinant of success in modern tennis. From the biomechanical point of view throwing movements in athletics and the service in tennis are closely related movement patterns.

Aim of the study: The purpose of the present study therefore was to examine the effects of a specific power training programme used in the preparation of world-class javelin throwers on the service velocity of competitive tennis players.

Methods: A group of 30 healthy competitive tennis players (regional level) aged 25-50 yrs (14 female and 16 male) participated in this study and were divided into a training group and a control group, each consisting of 15 players (7 female and 8 male respectively). In addition to tennis-specific training the training group performed a specific power training program consisting of 10 exercises / 2 sets (medicine ball throw; plyometric jumping) twice a week over 5 weeks, whereas the control group only performed their regular tennis-specific training in this period. Tennis serve-velocity (mean of 10 serves) was measured before and after the 5 wk training period using a digital Doppler radar gun. The interpretation was accomplished with STATISTICA Vers. 6.0 (StatSoft Europe GmbH, Hamburg). A paired t-test, Wilcoxon test and Mann-Whitney U-Test was performed to compare pre- and post training data and group differences respectively.

Results: The training group significantly ($p < 0.001$) improved serving velocity (4.3 ± 3.9 km/h), whereas serving velocity was slightly, non-significantly reduced in the control group compared to baseline values.

Conclusion: The findings of the present study demonstrate that throwing-specific power training can be used to improve serving velocity in tennis.

Curriculum Vitae

n Persönliche Daten

Name: Toni Witz
Geburtsdatum/-ort:: 01.06.1979 in Wien, Österreich
Anschrift: Leopold-Ernstgasse 34-36/42
1170 Wien
Telefon: 0664 8334940
Staatsangehörigkeit: Österreich
Familienstand: ledig

n Schulbildung

09/85 - 07/89 Öffentliche Volksschule in Wien
09/89 - 06/93 Bundesrealgymnasium in Wien
09/93 - 06/98 Oberstufenrealgymnasium in Wien
06/98 Abschluss: Matura

n Präsenzdienst

07/98 – 03/99 Heeresspital in Wien

n Hochschulausbildung

10/99 - 05/06 Studium Sportwissenschaft/Management an der
Universität Wien
05/06 - 01/08 Bakkalaureatsstudium Sportwissenschaft/Leistungssport
Ab 01/08 Magisterstudium Sportwissenschaft
Seit 01/09 Diplomarbeit: „Erhöhung der Aufschlaggeschwindigkeit im
Tennis mittels leichtathletikspezifischen
Schnellkraftübungen“.

n Berufsausbildung

04/99 – aktuell Firma Sportlights – Tennis- und Konditionstrainer,
Mitarbeit bei Tenniscamps im In- und Ausland und bei
dem Projekt „Ball auf jeden Fall“

n Sonstige Qualifikationen

Sprachkenntnisse: gute Englisch- und Französischkenntnisse in Wort und
Schrift,
Führerschein: Klasse B

n Weitere Ausbildungen

15.03.98.....Ausgebildeter Übungsleiter (Tennis)
08.11.02.....Ausgebildeter Lehrwart (Tennis)
07.05.04.....Ausgebildeter Lehrer (Tennis)
17.10.05.....Abgeschlossener Trainergrundkurs der BSPA Wien
22.05.07.....Ausgebildeter Trainer (Tennis)
02/03.07.....Ausgebildeter Lehrwart (Leichtathletik)
11.10.08.....Ausgebildeter Trainer (Leichtathletik)

n Hobbys und Interessen

Tennis, Leichtathletik und Skifahren

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde daher weder an einer anderen Stelle eingereicht (z.B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z. B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt“.

Literaturverzeichnis

- Auguste, C. (2006). *Techniktraining und konditionelle Belastungen*. (1. Auflage). (Wissenschaftliche Berichte und Materialien, 11). Köln: Sportverlag Strauß.
- Bahamonde, R. E. (2000). Changes in angular momentum during the tennis serve. *Journal of Sports Sciences*, 8, 579- 592.
- Bartlett, R., Müller, E., Lindinger, S., Brunner, F. & Morriss, C. (1996). Three- dimensional evaluation of the kinematic release parameters for javelin throwers of different skill levels. *Journal of applied Biomechanics*, 1, 58- 71.
- Barnes, M. (2002). Training the shoulder for racquet Sports. *NSCA's Performance Training Journal*, 1 (1). 9- 12.
- Bartonietz, K. (2007). Aus der Vertikalen in die Horizontale. *Leichtathletiktraining* 5 (07), 20- 27.
- Bechheim, Y. (2008). *Leichtathletik für Kinder- Spielerische Übungsformen zum Laufen, Springen und Werfen*. Wiebelsheim: Limpert.
- Behm, D. (1988). Sports Performance Series: A kinesiological analysis of the tennis service. In: Sport- Specific Muscle Strength Imbalances in Tennis. *Strength and Conditioning Journal*, 10 (5). 4- 14.
- Boeckh- Behrens, W. –U. & Buskies, W. (2006). *Fitness- Krafttraining- Die besten Übungen und Methoden für Sport und Gesundheit* (10. Auflage). Hamburg: Rowohlt.
- Bornemann, R., Gabler, H. & Reetz, J. (1992). *Lehrbuch Tennis- Deutscher Tennis Bund*. München: BLV.
- Carter, A., Kaminski, T., Douex, A., Knight, C. & Richards, J. (2007). Effects of high volume upper extremity plyometric training on throwing velocity and functional strength ratios of the shoulder rotators in collegiate baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (1). 208- 215.
- Chandler, T. J., Ellenbecker, T. S. & Roetert, E. P. (1998). Sport- Specific Muscle Strength Imbalances in Tennis. *Strength and Conditioning Journal*, 27 (5), 7- 10.
- Chow, J.W., Carlton, L.G., Lim, Y.T., Chae, W.S., Shim, J.H., Kuenster, A.F. & Kokubun, K. (2003). Comparing the pre- and post- impact ball and racquet kinematics of elite tennis players' first and second serves: a preliminary study. [Elektronische Version] *International Journal of Sports Science and Medicine* 21, 7, S. 529-537.
- De Marées, H. (2003). *Sportphysiologie* (korrigierter Nachdruck der 9., vollständig überarbeitenden und erweiterten Auflage). Köln: Verlag Sport und Buch Strauß.
- Deutscher Tennis Bund. (1995). *Tennis- Lehrplan. Band 1 Technik & Taktik. 7* (völlig neuüberarbeitete Auflage, Neuausgabe). München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Elliott, B. (1998). *Training in Sport- Applying Sport Science*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

- Ferrauti, A., Maier, P. & Weber, K. (2002). *Tennistraining*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Geese, R. & Hillebrecht, M. (2006). *Schnelligkeitstraining* (2. Auflage). Aachen: Meyer & Meyer.
- Güllich, A., Heß, W.- D., Jakobs, K., Lehmann, F., Mäde, U., Müller, F., Oltmanns, K. & Schön, R. (2004). *Schüler- Leichtathletik. - Offizieller Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für das Grundlagentraining*. Münster: Philippka.
- Hegner, J. (2006). *Training fundiert erklärt- Handbuch der Trainingslehre* (1. Auflage). Magglingen: IINGOLDVERLAG/BASPO.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2007). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (4., überarbeitete und erweitert Auflage). Wiebelsheim: Limpert.
- Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin- Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin* (4. Auflage). Stuttgart: F. K. Schattauer.
- Hommel, H. (2008). Würfe beobachten und analysieren. *leichtathletiktraining* 5 (08), 32- 37.
- Hornig, M. (2001). *Champions Coach- Dein privater Tennistrainer*. Paderborn: Bonifatius.
- Humpert, V. & Schöllhorn, W. (2006). Vergleich von Techniktrainingsansätzen zum Tennisaufschlag. In A. Ferrauti & H. Remmert (Hrsg.), *Trainingswissenschaft im Freizeitsport. Symposium der dvs-Sektion Trainingswissenschaft vom 7.-9. April 2005 in Bochum* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 157, S. 121- 124). Hamburg: Czwalina.
- Jonath, U., Krempel, R., Haag, E. & Müller, H. (1995). *Leichtathletik 3- Werfen und Mehrkampf*. Hamburg: Rowohlt .
- Judge, L. W. (2007). Developing Speed Strength: In- season Training Program for the Collegiate Thrower. *Strength and Conditionig Journal*, 29 (5). 42- 54.
- Katzenbogner, H. (2002). *Kinder- Leichtathletik- Spielerisch und motivierend üben in Schule und Verein*. Münster: Philippka.
- Kleinöder, H. & Mester, J. (2000). Zeitbudget und Zeitmanagement im Tennis. In P. Koch (Hrsg.), *Ziele und Inhalte von Lehre und Ausbildung im Tennis. Symposium der dvs- Kommission Tennis vom 6.- 8.11.1997 in Saarbrücken* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaften, 102, S. 35- 42). Hamburg: Czwalina.
- Kleinöder, H., Neumaier, A., Loch, M. & Mester, J. (1995). Untersuchung zur Variation beim Aufschlag- Ausgewählte Aspekte zu biomechanischen Merkmalen im Spitzentennis. In P. Koch & P. Maier (Hrsg.), *Tennisvermittlung als Interpretation und Auswertung sportwissenschaftlicher Erkenntnisse. Symposium der dvs-Kommission Tennis vom 7.-9.10.1993 in Köln* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaften, 65 S. 41-63). Sankt Augustin: Academia.
- Knudson, D. (2006). *Biomechanical Principles of Tennis Technique- Using Science to improve your strokes*. California: Racquet Tech Publishing.

- Kovacs, M. Roetert, P. & Ellenbecker, T. (2008). Efficient Deceleration: The Forgotten Factor in Tennis- Specific Training. *Strength and Conditioning Journal*, 30 (6). 58- 69.
- Kovacs, M., Chandler, W. B. & Chandler, T. J. (2007). *Tennis Training- Enhancing On- Court Performance*. California: Racquet Tech Publishing.
- McDermott, A. (1986). Plyometric training for the throwing events. *National Strength and Conditioning Association*, 8 (4). 52- 55.
- Nagel, V. & Spreckels, C. (2003). *Mit Ballspielen zum Tennis*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Newton, R. U. & McEvoy, K. P. (1994). Baseball Throwing Velocity: A Comparison of Medicine Ball Training and Weight Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 8 (3). 198- 203.
- Oliver, N., Marshall, F. & Büsch, D. (2008). *Grundlagen der Trainingswissenschaft und –lehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Pampus, B. (1995). *Schnellkraft. Theorie- Methoden- Praxis*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Pezzullo, D. J., Karas, S. & Irrgang, J. J. (1995). Functional Plyometric Exercises for the Throwing Athlete. *Journal of Athletic Training*, 30 (1), 22- 26.
- Pretz, R. (2006). Plyometric Exercises for Overhead- Throwing Athletes. *Strength and Conditional Journal*, 28 (1). 36- 42.
- Pretz, R. (2004). "Ballistic Six" Plyometric Training for the Overhead Throwing Athlete. *Strength and Conditional Journal*, 26 (6). 62- 66.
- Radcliffe, J. (1990). Plyometric Exercise- The Medicine Ball Overhead Pass. *National Strength and Conditioning Journal*, 12 (1). 26- 27.
- Ritschel, M. & Lehmann, F. (2007). Deutschlands beste Speerwerferinnen. *leichtathletiktraining* 1(07), 28- 37.
- Roetert, E. P. & Ellenbecker T. S. (2007). *Complete Conditioning For Tennis*. United States Tennis Association Incorporated.
- Scheid, V. & Prohl, R. (2003). *Trainingslehre*. (8., völlig neu überarbeitete Auflage). Wiebelsheim: Limpert.
- Schmidtbleicher, D. & Frick, U. (2001). Neuromuskuläre Funktionen und Ermüdungsreaktionen im Kraft-/Schnellkraft- Training (Thesen). In H. A. Thorhauer, K. Carl & U. Türck- Noack (Hrsg.), *Muskel- Ermüdung- Forschungsansätze in der Trainingswissenschaft. Jahrestagung 1999 der dvs- Sektion „Trainingswissenschaft“ Zweites Jenaer Kolloquium zur Trainingswissenschaft 25./26. Juni 1999*. (1. Auflage). 79- 80. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Schnabel, G., Harre, H. D. & Krug, J. (2008). *Trainingslehre- Trainingswissenschaft. Leistung- Training- Wettkampf*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Scholl, P. (2000). *Richtig Tennis- BLV Sportpraxis Top*. München: BLV.
- Schönborn, R. (2008). *Tennis- Techniktraining*. Aachen: Meyer & Meyer.

- Schönborn, R. (2006). *Optimales Tennistraining- Der Weg zum erfolgreichen Tennis*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M. & Wesker K. (2005). *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem – Prometheus- Lernatlas der Anatomie*. Stuttgart: Georg Thieme.
- Terzis, G., Stratakos, G., Manta, P. & Georgiadis, G. (2008). Throwing Performance After Resistance Training And Detraining. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (4). 1198-1204.
- Thienes, G. (2000). *Beweglichkeitstraining. Grundlagen- Methoden- Leistungssteigerung- Übungen*. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Tillar, R. (2004). Effect Of Different Training Programs On The Velocity Of Overarm Throwing: A Brief Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (2). 388- 396.
- Untersteiner, H. (2007). *Statistik- Datenauswertung mit Excel und SPSS* (2. überarbeitete Auflage). Wien: Facultas.
- Wank, V. (2006). Biomechanik und leistungsrelevante Parameter der leichtathletischen Wurfdisciplinen. In K. Wohlgefahrt & S. Michel (Hrsg.), *Beiträge zur Speziellen Trainingswissenschaft Leichtathletik*. Symposium der dvs- Kommission Leichtathletik vom 10.-11.10. 2002 in Bad Blankenburg. 131- 144. Hamburg: Czwalina.
- Watkinson, J. (1997). A Strength, Speed, Power Approach to Improving Throwing Velocity in Baseball. *Strength and Conditional Journal*, 42- 47.
- Weineck, J. (2000). *Sportbiologie* (7., überarbeitete und erweiterte Auflage). Balingen: Spitta.
- Weineck, J. (2002). *Sportanatomie* (15. Auflage). Balingen: Spitta.
- Weineck, J. (2004). *Optimales Training- Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtraining* (14. Auflage). Balingen: Spitta.
- Wirth, K. & Schmidtbleicher, D. (2007). Periodisierung im Schnellkrafttraining. Teil 1: Theoretische Grundlagen der Periodisierung und ihre praktische Anwendung im Schnellkrafttraining. In *Leistungssport*. 35- 40.
- www.emgcompanies.com (2009). Zugriff am 02. März 2009 unter http://www.speedtrac.com/Speedtrack_operation_instructions.htm

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Die Schlaghäufigkeiten auf verschiedenen Belägen	7
Tab. 2: Die Entwicklung der Aufschlaggeschwindigkeit im Tennis	8
Tab. 3.: Verschiedene Einflüsse auf den Anstell- und Abflugwinkel	29
Tab. 4: Trainingsmethoden zur Verbesserung der Schnellkraft	52
Tab. 5: Aufteilung der Geschlechter in der Test- und Kontrollgruppe	69
Tab. 6: Durchschnittsalter der Test- und Kontrollgruppe.....	69
Tab. 7: BodyMass- Index der Test- und Kontrollgruppe.....	70
Tab. 8: Übersicht über die diversen Aufschlaggeschwindigkeiten	73
Tab. 9: T-Test für gepaarte Stichproben für die Aufschlaggeschwindigkeit der Damen der Interventionsgruppe.....	74
Tab. 10: T-Test für gepaarte Stichproben für die Aufschlaggeschwindigkeit der Damen der Kontrollgruppe.....	74
Tab. 11: T-Test für gepaarte Stichproben für die Aufschlaggeschwindigkeit der Herren der Testgruppe.....	75
Tab. 12: T-Test für gepaarte Stichproben für die Aufschlaggeschwindigkeit der Herren der Kontrollgruppe.....	76
Tab. 13: Wilcoxon- Test für die Aufschlaggeschwindigkeit der gesamten Testgruppe für den Ausgangs- und Endtest	77
Tab. 14: Wilcoxon- Test für die Aufschlaggeschwindigkeit der gesamten Kontrollgruppe für den Ausgangs- und Endtest	77
Tab. 15: Veränderung der Aufschlaggeschwindigkeit der Test- und Kontrollgruppe vor/nach dem Training.....	79
Tab. 16: Mann- Whitney U- Test zur Signifikanzüberprüfung der Aufschlaggeschwindigkeitsveränderungen.....	79

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Entwicklung der Körpergröße im Tennis (Schönborn, 2006, S. 108)	9
Abb. 2 a) und b): Kontinentalgriff (Schönborn, 2008, S. 62), Semikontinentalgriff (Schönborn, 2008, S. 60)	13
Abb. 3 a) und b): Ausgangsstellung und Ballaufwurf für den ersten Aufschlag	16
Abb. 4 a) und b): Starke Beinbeugung und schräge Schulterachse im Verlauf des ersten Aufschlages	16
Abb. 5 a) und b): Einleitung der Bein Streckung und tiefster Punkt der Schleife hinter dem Rücken	17
Abb. 6 a) und b): Rotation des Oberkörpers in Schlagrichtung und der kraftvolle Absprung kurz vor dem Treffpunkt	17
Abb. 7 a) und b): Treffpunkt und der Moment kurz nach dem Treffpunkt	18
Abb. 8 a), b) und c): Ausschwingphase und die Landung am linken Bein	18
Abb. 9: Verschiedene Absprungpositionen zum Treffpunkt beim Tennisaufschlag (Knudson, 2006, S. 50)	19
Abb. 10: Geschwindigkeitsverläufe während eines Tennisaufschlages (Kleinöder, Neumaier, Loch & Mester, 1994, zit. in Elliott, 1998, S. 209)	25
Abb. 11.: Einflussfaktoren auf die Speerwurfweite (Güllich, Heß, Jakobs,, Lehmann, Mäde, Müller, Oltmanns & Schön, 2004, S. 137)	28
Abb. 12: Kraftwirkungen auf den Speer und Veränderung der Speerlage im Verlauf des Fluges (Fw- Widerstandkraft FDA- dynamische Auftriebskraft, FG- Gewichtskraft), (modifiziert nach Terauds, 1985, zit. in Wank, 2006, S. 134)	30
Abb. 13: Verschiedene Griffarten beim Speerwurf (Jonath, et al., 1995, S. 134)	31
Abb. 14 1), 2), 3) und 4): Angehschritte und Einleitung der Speerrückführung (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)	34
Abb. 15 5), 6), 7) und 8): Ende der Speerrücknahme und Rotation des Oberkörpers gegen die Wurfrichtung (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)	34
Abb. 16 9), 10), 11) und 12): Hinterstütz und Achsenparallelität im Moment des Bodenkontaktes zum Impulsschritt (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)	34
Abb. 17 13), 14), 15) und 16): Achsenparallelität, Streckung des Stemmbeines und maximale Bogenspannung vor dem Abwurf (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)	35
Abb. 18 17), 18), 19) und 20): Auflösung der Verwirrung, Stemmarbeit des linken Beines und Beginn des Schwungabfangens (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)	35
Abb. 19 21), 22), 23) und 24): Schwungabfangen durch Landung auf dem rechten Bein (Bartonietz, 2007, S. 22- 23)	36
Abb. 20: Geschwindigkeitsverläufe einer Speerwerferin (Ritschel & Lehmann, 2007, S. 33)	36
Abb. 21: Kraftentwicklung im Zusammenhang mit der Muskellänge (Wirhed, 1984, S. 12, zit. in Geese & Hillebrecht, 2006, S. 55)	37
Abb. 22: Relevante Muskulatur für den Speerwurf (Weineck ,2002, S. 238)	39
Abb. 23: Kraft und ihre verschiedenen Subkategorien und Erscheinungsweisen (nach Letzelter & Letzelter, 1986, S. 66, zit. in Weineck, 2004, S. 237	41
Abb. 24: Komponenten der Schnellkraft (nach Bührlé & Schmidtbleicher 1981, 25, zit. in Weineck, 2000, S. 291)	43
Abb. 25: Die Kraftentwicklungskurve in Zusammenhang mit der Zeit (Hegner, 2006, S. 129)	45

Abb. 26: Muskelfasern und ihre Eigenschaften (Weineck, 2004, S. 83).....	46
Abb. 27: Azyklische Schnellkraft (Pampus, 1995, S. 9)	47
Abb. 28: Zyklische Schnellkraft (Pampus, 1995, S. 10)	48
Abb. 29: Kraftimpuls- Kurvenverläufe verschiedener Personen (Weineck, 2004, S. 327)	55
Abb. 30: Counter- Movement- Jump (Hegner, 2006, S. 170)	56
Abb. 31: Squat- Jump (Hegner, 2006, S. 170)	56
Abb. 32: Drop- Jump (Hegner, 2006, S. 171)	56
Abb. 33 a) und b): Streckung der Arme über dem Kopf und abstoppen der Arme parallel zum Boden.....	59
Abb. 34 a), b) und c): 90° gebeugte Arme im Ellenbogengelenk, gestreckte Arme über dem Kopf und abstoppen der Arme parallel zum Boden.....	60
Abb. 35 a), b) und c): Gestreckte Arme über dem Kopf, in Schrittposition springen, und Abwurf des Balles in Höhe des linken Fußes	61
Abb. 36 a), b), c), d), e) und f): Arme gestreckt über dem Kopf, Schrittposition, beugen der Arme, Auflösung der Bogenspannung, Streckung der Arme und Abwurf des Balles.....	62
Abb. 37 a) und b): Arme gestreckt über dem Kopf und Abwurf des Balles gegen die Wand.....	63
Abb. 38 a), b), c) und d): Medizinball vor dem Körper, zurückführen des Balles und Rotation des Oberkörpers, Oberkörper zeigt in Wurfrichtung und Abwurf des Balles mit gestreckten Armen...	64
Abb. 39 a), b), c): Einbeinstand mit 120- 130° gebeugten Bein, explosiver Abdruck und Landung auf dem Schwungbein	65
Abb. 40 a), b) und c): Stand auf dem Kastenoberteil, Landung am Boden und explosiver Absprung mit kurzem Bodenkontakt	66
Abb. 41 a), b) und c): Absprungposition, explosiver Absprung in die Höhe und Landung.....	67
Abb. 42 a), b) und c): Absprungposition, explosiver Absprung in die Weite und Landung.....	67
Abb. 43: Vergleich der Aufschlaggeschwindigkeit der Damen der Test- und Kontrollgruppe	73
Abb. 44: Vergleich der Aufschlaggeschwindigkeit der Herren der Test- und Kontrollgruppe	75
Abb. 45: Vergleich der Aufschlaggeschwindigkeit der Damen und Herren der Test- und Kontrollgruppe.....	76
Abb. 46: Geschlechtsspezifischer Vergleich der Aufschlaggeschwindigkeit der Trainingsgruppe ...	78
Abb. 47: Vergleich der Aufschlaggeschwindigkeit der Trainings- und Kontrollgruppe vor und nach der Interventions- beziehungsweise Kontrollperiode	79

Anhang

Die folgenden Tabellen zeigen einen Überblick über die Mittelwerte, den Median, das Minimum, das Maximum, die Varianz und die Standardabweichung der zehn Aufschläge der Damen und der Männer der Test- und der Kontrollgruppe zu den verschiedenen Testzeitpunkten:

Tab. a) und b): Zusammenfassung der zehn Aufschläge der Damen der Testgruppe vor und nach der Trainingsintervention

Variable	Deskriptive Statistik (Damen Testgruppe Ausgangstest)						
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.
D TG vor1	10	115,1000	115,0000	110,0000	119,0000	10,9889	3,31495
D TG vor2	10	119,2000	122,5000	99,0000	135,0000	100,8444	10,04213
D TG vor3	10	74,6000	73,5000	70,0000	82,0000	14,4889	3,80643
D TG vor4	10	82,4000	83,0000	76,0000	88,0000	17,3778	4,16867
D TG vor5	10	111,3000	111,5000	104,0000	119,0000	25,3444	5,03433
D TG vor6	10	87,0000	87,0000	75,0000	98,0000	65,5556	8,09664
D TG vor7	10	65,5000	66,0000	57,0000	72,0000	20,9444	4,57651

Variable	Deskriptive Statistik (Damen Testgruppe Endtest)						
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.
D TG nach1	10	120,8000	121,5000	111,0000	126,0000	23,28889	4,825856
D TG nach2	10	119,5000	119,5000	112,0000	126,0000	20,50000	4,527693
D TG nach3	10	87,0000	87,5000	81,0000	92,0000	10,88889	3,299832
D TG nach4	10	85,7000	85,5000	81,0000	93,0000	13,12222	3,622461
D TG nach5	10	112,7000	113,5000	104,0000	123,0000	48,01111	6,929005
D TG nach6	10	96,9000	98,0000	87,0000	104,0000	30,76667	5,546771
D TG nach7	10	67,7000	69,0000	59,0000	72,0000	17,12222	4,137901

Tab. : Zusammenfassung der zehn Aufschläge der Herren der Testgruppe vor der Trainingsintervention

Variable	Deskriptive Statistik (Herrn Testgruppe Ausgangstest)						
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.
H TG vor1	10	149,9000	150,5000	138,0000	158,0000	28,9889	5,38413
H TG vor2	10	159,6000	165,0000	125,0000	174,0000	231,6000	15,21841
H TG vor3	10	124,9000	124,5000	114,0000	132,0000	42,3222	6,50555
H TG vor4	10	142,2000	145,0000	127,0000	153,0000	71,5111	8,45642
H TG vor5	10	98,2000	98,5000	87,0000	105,0000	28,4000	5,32917
H TG vor6	10	94,1000	96,0000	77,0000	112,0000	165,4333	12,86209
H TG vor7	10	170,0000	170,0000	165,0000	177,0000	13,7778	3,71184
H TG vor8	10	136,0000	136,0000	120,0000	149,0000	68,6667	8,28654

Tab. : Zusammenfassung der zehn Aufschläge der Herren der Testgruppe nach der Trainingsintervention

Variable	Deskriptive Statistik (Herrn Testgruppe Endtest)						
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.
H TG nach1	10	150,9000	153,5000	121,0000	162,0000	144,5444	12,02266
H TG nach2	10	163,7000	163,5000	151,0000	172,0000	40,4556	6,36047
H TG nach3	10	133,0000	132,5000	127,0000	139,0000	14,0000	3,74166
H TG nach4	10	147,1000	147,0000	139,0000	155,0000	34,5444	5,87745
H TG nach5	10	97,7000	98,0000	92,0000	101,0000	7,7889	2,79086
H TG nach6	10	102,7000	104,0000	89,0000	117,0000	88,2333	9,39326
H TG nach7	10	170,9000	171,5000	154,0000	183,0000	76,5444	8,74897
H TG nach8	10	138,1000	136,0000	133,0000	153,0000	33,4333	5,78216

Tab. a) und b): Zusammenfassung der zehn Aufschläge der Damen der Kontrollgruppe beim Ausgangs- und Endtest

Variable	Deskriptive Statistik (Damen Kontrollgruppe Ausgangstest)						
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.
D KG vor1	10	64,3000	64,5000	46,0000	78,0000	105,3444	10,26374
D KG vor2	10	83,9000	87,0000	65,0000	94,0000	77,2111	8,78699
D KG vor3	10	105,7000	108,5000	89,0000	113,0000	55,5667	7,45431
D KG vor4	10	75,2000	76,5000	65,0000	83,0000	35,7333	5,97774
D KG vor5	10	58,9000	59,0000	51,0000	65,0000	18,3222	4,28045
D KG vor6	10	69,9000	69,0000	54,0000	80,0000	79,8778	8,93744
D KG vor7	10	114,3000	118,0000	101,0000	122,0000	59,3444	7,70353

Variable	Deskriptive Statistik (Damen Kontrollgruppe Endtest)						
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.
D KG nach1	10	63,2000	62,0000	50,0000	75,0000	71,5111	8,45642
D KG nach2	10	81,7000	81,0000	69,0000	97,0000	76,4556	8,74389
D KG nach3	10	95,1000	97,0000	76,0000	110,0000	100,9889	10,04932
D KG nach4	10	77,1000	78,0000	65,0000	85,0000	36,9889	6,08185
D KG nach5	10	60,7000	61,5000	54,0000	65,0000	14,0111	3,74314
D KG nach6	10	62,8000	64,5000	52,0000	71,0000	59,5111	7,71434
D KG nach7	10	108,2000	107,0000	97,0000	124,0000	75,2889	8,67692

Tab. : Zusammenfassung der zehn Aufschläge der Herren der Kontrollgruppe beim Ausgangstest

Variable	Deskriptive Statistik (Herrn Kontrollgruppe Ausgangstest)						
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.
H KG vor1	10	138,8000	139,5000	128,0000	146,0000	37,0667	6,08824
H KG vor2	10	128,2000	129,0000	120,0000	138,0000	33,5111	5,78888
H KG vor3	10	124,5000	125,5000	111,0000	139,0000	77,8333	8,82232
H KG vor4	10	131,7000	136,5000	115,0000	145,0000	135,1222	11,62421
H KG vor5	10	153,4000	155,5000	129,0000	168,0000	156,9333	12,52730
H KG vor6	10	152,4000	151,5000	141,0000	161,0000	48,9333	6,99524
H KG vor7	10	139,0000	138,5000	130,0000	147,0000	23,3333	4,83046
H KG vor8	10	164,4000	163,5000	155,0000	173,0000	43,1556	6,56929

Tab. : Zusammenfassung der zehn Aufschläge der Herren der Kontrollgruppe beim Endtest

Variable	Deskriptive Statistik (Herrn Kontrollgruppe Endtest)						
	Gült. N	Mittelw.	Median	Minimum	Maximum	Varianz	Stdabw.
H KG nach1	10	140,2000	140,5000	135,0000	146,0000	19,5111	4,41714
H KG nach2	10	124,9000	124,0000	117,0000	134,0000	40,5444	6,36745
H KG nach3	10	127,8000	129,5000	119,0000	135,0000	27,5111	5,24510
H KG nach4	10	129,0000	129,5000	110,0000	151,0000	191,3333	13,83233
H KG nach5	10	151,9000	156,5000	129,0000	162,0000	112,3222	10,59822
H KG nach6	10	160,4000	160,5000	154,0000	166,0000	18,9333	4,35125
H KG nach7	10	141,9000	142,0000	131,0000	150,0000	41,6556	6,45411
H KG nach8	10	156,8000	159,5000	132,0000	173,0000	123,5111	11,11356