KINEMATISCHE UND BIOMECHANISCHE BEWEGUNGSANALYSE ZUR ERFASSUNG UND OPTIMIERUNG SPORTARTSPEZIFISCHER TECHNIKEN BEIM FECHTEN

Dargestellt an Beispielen zur Analyse des rückseitigen Coupés (Wurfstoß)

DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES
DES DOKTORS DER SOZIALWISSENSCHAFTEN
AN DER UNIVERSITÄT KONSTANZ,
FACHBEREICH GESCHICHTE UND SOZIOLOGIE
FACH SPORTWISSENSCHAFT

vorgelegt von

Mohamed Soliman M. Hussein

Referenten:
Prof. Dr. Hartmut Riehle
PD Dr. Manfred Vieten
Mündlichprüfung am 01.12.2004

Danksagung

Zuerst möchte ich meinen herzlichen Dank Herrn Prof. Dr. Hartmut Riehle für seine hervorragende fachliche und persönliche Betreuung meiner Promotion aussprechen.

Auch bei Herrn PD Dr. Manfred Vieten bedanke ich mich für seine umfassende fachliche Betreuung meiner Doktorarbeit. Meinen ägyptischen Freunden, die mir bei der Durchführung meiner Arbeit geholfen haben, gilt mein besonderer Dank.

Darüber hinaus danke ich auch den Probanden der deutschen Nationalmannschaft, den Trainern und der Leitung des Olympiastützpunktes in Tauberbischofsheim, ohne die diese Unteersuchung nicht möglich gewesen wäre.

Ferner möchte ich mich bei meinen deutschen Arbeitskollegen, insbesondere bei Frau Bettina Hamann M.A. für die Korrekturen und Hilfe bei dieser Arbeit und Andreas Bucher für seine fachliche Hilfe bedanken. Auch bei allen Leuten, die mir in Deutschland geholfen und mich während meines Aufenthaltes unterstützt haben, möchte ich mich bedanken.

Bei der ägyptischen Regierung, insbesondere bei der El-Minia Universität, bedanke ich mich für das Gewähren meines Stipendiums, ohne das meine Promotion in Deutschland nicht durchführbar gewesen wäre.

Ich möchte meinen herzlichen Dank meinen Eltern, die mich immer unterstützt haben, meiner Frau Ingy und meiner Tochter für ihre Geduld und Unterstützung bedanken. Ihnen sei diese Promotion gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1	**EINLEITUNG**	**1**
2	**THEORETISCHE GRUNDLAGEN**	**4**
2.1	Einführung in die Biomechanik	4
2.1.1	Kinematik	8
2.1.2	Dynamik	8
2.2	Das Fechten	8
2.2.1	Der Begriff des Fechtens	8
2.2.2	Die Waffenarten des Fechtens	8
2.2.2.1	Florett	9
2.2.2.2	Der Degen	11
2.2.2.3	Der Säbel	12
2.2.3	Die Ausrüstung	14
2.2.3.1	Fechtanzug	14
2.2.3.2	Maske	14
2.2.3.3	Schuhe	15
2.2.3.4	Stümpfe	15
2.2.3.5	Weste	15
2.2.3.6	Handschuhe	15
2.2.4	Die Fechtbahn	15
2.2.5	Elektrische Treffanzeige	16
2.2.6	Die Grundtechnik	18
2.2.6.1	Der Angriff beim Fechten	20
2.2.6.1.1	Die Definition des Angriffes	20
2.2.6.1.2	Angriffsarten	21
2.3	Forschungsstand	27
2.3.1	Arabische Forschung	27
2.3.1.1	A Ägyptische Forschung (Originaltext)	27
2.3.1.2	B Ägyptische Forschung (Übersetzung des Originaltextes)	27
2.3.1.3	A Ägyptische Forschung (Originaltext)	28
2.3.1.4	B Ägyptische Forschung (Übersetzung des Originaltextes)	29
2.3.1.5	A Ägyptische Forschung (Originaltext)	29
2.3.1.6	B Ägyptische Forschung (Übersetzung des Originaltextes)	30
2.3.2	Nichtägyptische Forschung	31
2.3.3	Autoren, Ergebnisse, Methoden der oben genannten Untersuchungen	39
2.3.4	Zusammenfassung:	42
3	**FRAGESTELLUNG, HYPOTHESEN UND ZIELE**	**44**

3.1 Fragestellung 44
3.2 Hypothesen 44
3.3 Ziele der Arbeit 45
3.4 Abgrenzung der Arbeit 45
4 METHODIK 47
4.1 Die erste Pilotuntersuchung 47
4.2 Die zweite Pilotuntersuchung 48
4.3 Die Hauptuntersuchung 49
4.3.1 Ausblick 49
4.3.2 Probanden 49
4.3.3 Vorbereitung des Aufnahmeortes 50
4.3.4 Der Versuchsaufbau 50
4.3.5 Durchführung der Aufnahmen 53
4.3.5.1 Messen der Anthropometrie 53
4.3.5.2 Vorbereitung der Fechter 53
4.3.5.3 Durchführung der Aufnahmen 54
4.3.6 Die Ausrüstung und Messverfahren 54
4.3.6.1 Messsystem und Messverfahren 55
4.3.6.1.1 Verarbeitung der Aufnahmen im Computer 55
4.3.6.1.2 Verarbeitung der Digitalisierungsdaten durch Human Builder und SDS 62
4.3.6.1.3 Vorbereitung der Daten für Statistica 69
5 ERGEBNISSE 76
5.3 Die Mittelwertposition des bewaffneten Arms aller Probanden auf der Y-Achse 80
5.4 Die Mittelwertgeschwindigkeit des bewaffneten Arms aller Probanden auf der X-Achse 81
5.5 Die Mittelwertgeschwindigkeit des bewaffneten Arms aller Probanden auf der Y-Achse 82
5.6 Die Waffenposition aller Probanden auf der X-Achse 84
5.7 Die Waffenposition aller Probanden auf der Y-Achse 85
5.8 Die Waffengeschwindigkeit aller Probanden auf der X-Achse 86
5.9 Die Waffengeschwindigkeit aller Probanden auf der Y-Achse 87
5.10 Die Muskelenergie aller Probanden 88
5.11 Die gesamten Mittelwert der Muskelenergie aller Probanden 89
6 DISKUSSION 91
7 ZUSAMMENFASSUNG 98

8 LITERATUR 100
9 VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN 102
10 LISTE DER ABKÜRZUNGEN 105
11 ANHANG 106

1 Einleitung

Der Sport ist ein ebenso umfassender Bereich wie Medizin, Mathematik, Chemie und Kunst, der von zahlreichen modernen Ländern repräsentiert werden. Alle Länder sind bemüht, im Bereich des Sports ein hohes Leistungsniveau zu erreichen. Durch die Teilnahme an Olympischen Spielen oder Weltmeisterschaften können die Länder ein hohes Niveau erreichen. Individualsportarten wie Kunstturnen, Gewichtheben und Fechten können zahlreiche Medaillen bekommen, weil die einzelnen Sportler mehrfach Medaillen in den verschiednen Disziplinen Medaillen erringen können. Mannschaftssportarten hingegen können nur jeweils eine Medaille bekommen. Das bedeutet, dass die Individualsportarten von großem Interesse sind, um den Medaillenspiegel der einzelnen Länder möglichst Optimal zu gestallten und das Prestige eines Landes in der Weltöffentlichkeit zu haben.

Fechten ist eine der Individualsportarten, es zählt zu den Kampfsportarten, die mit Hieb- und Stoßwaffen ausführt werden, d.h. zwei Gegner fechten gegeneinander mit Hieb- oder Stoßwaffe, um Treffer zu erzielen (BECK 1990,10). Diese Sportart verlangt viele Fertigkeiten (Angriffsfertigkeiten wie Gerader Stoß, Cavation (Umgehung), Coupé und Doppel sowie Verteidigungsfertigkeiten wie Parade (nebenseitiger Halbkreis, Vollkreis und Cross) und Parade Riposte). Diese Fertigkeiten müssen vom Sportler beherrscht werden.

Damit der Fechter ein hohes Niveau erreichen kann, muss er Fertigkeitsleistungen beim Fechten erkennen und ermitteln, außerdem die Diagnostikwissenschaften wie Tests, Physiologie und Biomechanik anwenden, um herauszufinden, auf welchem Niveau der Fechter steht und zudem seine Leistungsfertigkeit verbessern, um sein Leistungsniveau im Wettkampf zu erhöhen.

Fechten beinhaltet wie andere Sportarten auch entsprechende Taktiken, Regeln und Fertigkeiten (Angriff – Abwehr), die im nächsten Kapitel vorgestellt werden.

Bei den Wettkämpfen werden jeweils die Neuheiten im allgemeinen Sport und insbesondere im Fechten gezeigt, außerdem werden dabei die neuen Produktionen aus Training und Lehre vorgestellt. Um die Leistungen ihrer Sportler zu verbessern, interessieren sich die Sportfunktionäre und Trainer für die Neuheiten. Nach den Wettkämpfen werden die Neuheiten analysiert, und Trainer und Spieler wenden sie für ihren Bereich an.

Auch das moderne Sportfechten ist eine Weiterentwickelung des Fechtens, die Bestandteil einer wissenschaftlich logisch aufgebauten Lehre wurde. D.h. im Fechten haben sich beispielsweise Taktik, Training, Ausrüstung und Fertigkeiten weiterentwickelt.

Deswegen wurde eine neue Ausführung des Coupéangriffes erfunden, die bei Weltmeisterschaften gezeigt wurde und außerdem damals eine außerordentliche Rolle spielte, um den Kampf zu gewinnen.

Coupé ist eine indirekte Angriffsart, die zuerst aus der Brust heraus, dann aber als Neuheit aus dem Rücken ausführt wird. In der vorliegenden Untersuchung wird diese neue Ausführung biomechanisch untersucht.

„Die wissenschaftlichen Grundlagen der Biomechanik sind die Mechanik sowie die biologischen Bedingungen und Gesetzmäßigkeiten der Bewegungssteuerung“ (BAUMANN 1989, 7).

Die Biomechanik ist eine der wissenschaftlichen Methoden, die menschliche Bewegungen untersucht, ihre Ursachen und Erscheinungen erkennt und dadurch versucht, die

Leistungstechnik der sportlichen Bewegung zu verbessern. Nach DONSKOI (1975, 14-15), BAUMANN (1989, 135), untersucht die Biomechanik die sportliche Bewegung in zwei Richtungen, entweder beschäftigt sie sich mit der Ausführung und den Ursachen der Bewegung oder sie erforscht die Optimierung der sportlichen Bewegung.

Im Bereich des Sports untersucht die Biomechanik die sportliche Bewegung und ihre mechanischen Bedingungen unter Anwendung mechanischer Gesetze und versucht, die Bewegungseigenschaften und die beweglichen Körper zu messen. Außerdem ermittelt sie die Unterschiede und Zusammenhänge (BAUMANN 1989, 7).

Nach BUCHMANN (1980, 10) ist die Biomechanik sportlicher Bewegungen in hohem Maß fähig, zur Erhöhung der sportlichen Leistung beizutragen, außerdem orientiert sich die Biomechanik an den mechanischen beschreibbaren Strukturelementen.

In Anlehnung an DONSKOI (1975, 14-15) wurden die Aufgaben der Biomechanik nach ihrem Ziel untergeteilt. Beispielweise wurden sie von ihm in allgemeine und besondere Aufgaben eingeteilt. Die allgemeinen Aufgaben forschen nach der Effektivität der angewandten Kräfte zur Erreichung des gestellten Ziels, die besonderen Aufgaben hingegen untersuchen die Bedingungen, unter denen die menschliche Bewegung verwirklicht wird (DONSKOI 1975, 15).

In Anlehnung an BAUMANN (1989), WILLIMCZIK (1989) und BALLREICH (1988) wurden die biomechanischen Untersuchungen nach drei Zielen (Leistungsbiomechanik, anthropometrische Biomechanik, präventive Biomechanik) aufgeteilt, wovon wiederum jeder Teil unterteilt wurde. Das erste Ziel befasst sich sowohl mit Technikanalyse, Techniksteuerung und -optimierung als auch mit Konditionsanalyse und –Steuerung. Das zweite Ziel befasst sich mit Eignungsdiagnose und Leistungsprognose, und das dritte Ziel befasst sich sowohl mit Belastungsanalyse als auch Belastungsgestaltung.

Im Weiteren eröffnet die Biomechanik, insbesondere die qualitative Analyse sportlicher Übungen, die Fähigkeit und Möglichkeit zur objektiven Bestimmung des Wesens technischer Fehler im Bewegungsablauf, und sie hilft aufzuzeigen, wo der Fehler liegt, wie er beseitigt werden kann und wie er im Trainingsprozess behandelt wird, d.h., ein erfolgreicher Kampf gegen Fehler reduziert die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens und das Ausmaß ihrer Ausprägung (KORENBERG 1980, 18).

In Anlehnung daran wurde die Biomechanik auch im Fechten angewandt, insbesondere beim Coupé als Angriffsaktion, damit die Technik beschrieben und optimiert werden konnte.

Einige Untersuchungen erforschten die kinematischen Parameter der Bewegung für die obere und untere Extremität während des Ausfalls sowie Geschwindigkeitsmessungen der Waffe während einer gleichförmigen Bewegung. HASSAN und KLAUCK untersuchten Parameter der Koordination der oberen und unteren Extremität während des Ausfalls; HASSAN untersuchte auch den Körperschwerpunkt des Fechters sowie die Geschwindigkeit der Waffe während des Ausfalls.

Nach DONSKOI (1975) und BALLREICH (1988) befasst sich die Leistungsbiomechanik mit der Technikanalyse. Dadurch verbessern sich sowohl die Bewegungsqualität (z.B. Rhythmus, Kopplung, Fluss, Genauigkeit, Konstanz, Umfang, Tempo und Stärke) als auch die Bewegungsquantität (kinematische Merkmale wie Geschwindigkeit, Zeit und Beschleunigung sowie dynamische Merkmale wie Kräfte, Arbeit, Energie, Impuls und Leistung).

Wie bereits erwähnt befassen sich die oben genannten Untersuchungen mit quantitativen und qualitativen Bewegungsleistungen. Außerdem untersuchten sie den geraden Stoß, die Umgehung und den Ausfall.

Bei der vorliegenden Arbeit wird das Coupé untersucht, weil es dabei eine neue Ausführungsmethode gibt (BECK 1990, 79). Diese Neuheit ist der Endstoß des Coupés auf den Rücken. Vorher wurde das Coupé vom Fechter auf der vorderen Trefffläche (Brust und Bauchbereich) entweder in oberer Linie oder unterer Linie ausgeführt. In der vorliegenden Literatur gibt es meines Wissens nach keinen Aufsätzen zu diesem Thema außer BECK (1990).

Außerdem existiert bis heute sowohl praktisch keine direkte Abwehrtechnik als auch keine bestimmte mechanische Beschreibung davon.

Daher ist das Ziel dieser vorliegenden Arbeit, das die Technik des Coupés beschreiben und optimieren wird. Die mechanischen Parameter (kinematische sowie dynamische Parameter) sollen bestimmt werden, um die Technik erfolgreich auszuführen. Außerdem kann der Fechter auch den Bewegungsablauf unter seinen Bedingungen beherrschen und die Bewegung unter irgendeinem Verhältnis ausführen.

2 Theoretische Grundlagen

Durch den Sport wurden die meisten Länder bekannt, d.h. es gab kleine Länder, die auf der Landkarte unbekannt waren und dadurch ihre Teilnahme an Weltmeisterschaften oder Olympischen Spielen bekannt wurden.

Deshalb sollte jedes Land sportlich aktiv sein, denn der Sport fördert Bekanntschaften und Freundschaften besser als die Politik, außerdem hilft er den Leuten, sich und andere Zivilisationen kennen zu lernen.

Sport umfasst zahlreiche Sportarten, wovon eine das Fechten ist. Fechten ist eine attraktive, moderne Sportart für Jung und Alt, weil es Konzentration auf körperliche Übungen in kurzen Zeitintervallen beinhaltet, außerdem hängt es nicht vom Wetter ab und benötigt keinen großen oder besonderen Platz wie bei anderen Sportarten.

Es ist eine faszinierende Sportart, die höchste Ansprüche an Geist und Körper stellt .Die gesamt Palette menschlicher Fähigkeiten wie Schnelligkeit, Tempogefühl, Geschmeidigkeit, Konzentration und Einfühlungsvermögen wird verlangt.

Beim Fechten spielen allgemeine und spezifische Fähigkeiten eine besondere Rolle. Es hat besondere Vorteile, die der Körper nutzen kann, es entwickelt und verknüpft Körper und Geist, es entwickelt und fördert sowohl allgemeine Vorteile wie schnelles Denken, Eleganz, Disziplin und besondere Vorteile wie Körperhaltung, Reaktionsschnelligkeit, Gleichgewicht, Schnelligkeit und Muskelsteuerung, außerdem verlangt diese Sportart vollständige Konzentration während jeder Teil des Körpers trainiert wird (BEAUMONT 1977, 13).

Fechten belastet auch Herz oder Lunge nicht übermäßig und kann dadurch sehr früh begonnen und in aktiver Form viel länger als manch andere Sportart ausgeübt werden (BEAUMONT 1977, 13).

Fechten ist ein Zweikampf mit Hieb- und Stoßwaffen, d.h. jeder Fechter versucht den Gegner zu treffen ohne selbst getroffen zu werden. Im Fechten gibt es zahlreiche Wettkämpfe, außerdem ist es seit 1896 bei den Olympischen Spielen vertreten (SCHIRMER 1993, 10).

Fechten enthält wie andere Sportarten auch die entsprechenden Taktiken, Regeln und Fertigkeiten (Angriff – Abwehr).

2.1 Einführung in die Biomechanik

Die technische Erkenntnis über jede Leistung oder Bewegung bedeutet, diese Leistung mit Qualität und wenig Energie gleichzeitig auszuführen (TALHA HUSSEIN 1990, 10).

Die Bedeutung der Biomechanik liegt darin, die gewonnenen Erkenntnisse über die optimale Leistung für alle Sportarten zu verallgemeinern, außerdem versucht sie einige einfache Wege zu finden, um sportliche Leistung zu lehren, damit sie dem Trainer, Lehrer und Sportler beim Aufdecken seiner Fehler hilft.

Die Biomechanik bringt anatomische und physiologische Erkenntnisse, weil sie die Beziehung und den Zusammenhang zwischen der Form und dem Körper des Menschen erklärt.

„Die Biomechanik ist die Wissenschaft, die die mechanische Bewegung in lebenden Organismen, ihre Ursachen und Erscheinungen untersucht“ (DONSKOI 1975, 11).

Jede Wissenschaft, darunter auch die Biomechanik, wird neben dem Objekt der Erkenntnis noch den Kreis von Erscheinungen und Prozess suchen.

Das Objekt der Erkenntnis der Biomechanik sind die Bewegungshandlungen des Menschen als System des gegenseitigen Zusammenhanges von aktiver Bewegung und Haltung.

Der Bereich der Untersuchung der Biomechanik sind die mechanischen und biologischen Prinzipen des Entstehens von Bewegung und die Besonderheiten ihrer Ausführung. DONSKOI hat die Aufgaben der Biomechanik nach allgemeinen und besonderen Aufgaben eingeteilt.

Sie sucht nach der Effektivität der angewandten Kräfte zur Erreichung des dargestellten Ziels.

Die Biomechanik untersucht die menschlichen Bewegungen und Bewegungen physikalischer Objekte sowie die Ergebnisse der Bewegungsaufgabe und Bedingungen, unter denen sie verwirklicht wird.

Diese Aufgaben ergeben sich entweder aus der Notwendigkeit einer neuen Bewegung oder der Verbesserung einer existierenden Bewegung.

Die Biomechanik untersucht in Ägypten die wichtigsten Sportarten, außerdem wird sie in sportliche Bewegungslehre unterteilt. Der Bereich Biomechanik war vor 25 Jahren bei ägyptischen Wissenschaftlern unbekannt im Vergleich zum Forschungsstand in Europa und insbesondere in Osteuropa, Russland und Deutschland.

In den vergangenen 20 Jahren beschäftigten sich ägyptische Wissenschaftler zunehmend mit Biomechanik und entwickelten eigene Untersuchungen in diesem Bereich. Außerdem kümmerten sich nun die Regierung und das Erziehungs- und Ausbildungsministerium um die Studenten und Stipendiaten, damit sie neue Entwicklungen in den verschiedenen Wissenschaften lernen und anschließend nach Ägypten transportieren und weiterentwickeln können.

In Anlehnung daran schickten die ägyptischen sportwissenschaftlichen Fakultäten ihre Doktoranden in die USA und Europa, damit sie generell die Sportwissenschaften und insbesondere die Bewegungslehre und Biomechanik weiterentwickeln konnten, wobei die sportwissenschaftliche Fakultät der Universität El Minia an mehrere Doktoranden Stipendien vergeben hatte, damit diese Biomechanik in Deutschland lernen und weiterentwickeln können. Später werden sie diese neuen biomechanischen Erkenntnisse an die kommende Generation weitergeben.

Beispielweise gab es im Bereich Fechten 1990 nur sechs biomechanische Publikationen, zwischen 1990 und 1998 wurden 18 Untersuchungen durchgeführt, d.h. 10 Aufsätze in acht Jahren mehr durchgeführt, nachdem sich in Ägypten mehr Wissenschaftler mit Biomechanik beschäftigt hatten.

Die Biomechanik hat in Anlehnung an BALLREICH (1988, 13) und WILLIMCZIK (1989, 16-18) mehrere Ziele:

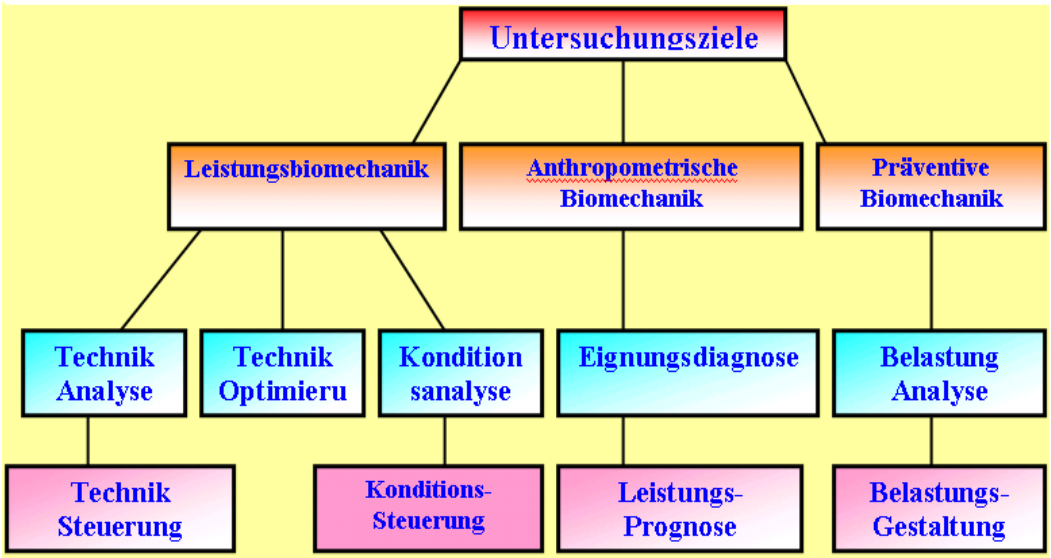


Abb. 2.1: Ziele der Biomechanik

Nach BRÜGGEMANN (1984) gibt es acht Problembereiche der Biomechanik:

- Beschreibung und Erklärung sportlicher Bewegungsabläufe
- Analyse der Technik und ihre Optimierung
- Definition biomechanische Einflussgrößen der sportlichen Bewegung
- Gewichtung biomechanische Einflussgrößen der sportlichen Bewegung
- Aufstellung biomechanischer Normen, Gesetze und Prinzipien
- Analyse von Technik- und Konditionsübungen in Bezug auf ihre Effizienz für die Entwicklung der sportmotorischen Leistung
- Erstellen von Bewegungsindikatoren für die motorischen Eigenschaften
- Analyse der mechanischen Belastung des Bewegungsapparates bei sportlichen Bewegungen.

Schon 1980 hatten BALLREICH und KUHLOW eine Systematik für die Aufgaben einer trainingswissenschaftlich orientierten Sportbiomechanik erstellt. Als Ziele hatten sie Leistung, Eignung und Prävention ausgewählt. Demnach unterschieden sie die Aufgaben der Leistungsbiomechanik, der anthropometrischen Biomechanik sowie der präventiven Biomechanik.

Danach hat die Leistungsbiomechanik folgende Aufgaben:

- **Ziel der Technikanalyse** ist die Identifikation biomechanischer Einflussgrößen des technomotorischen Leistungszustandes sowie die Schätzung der Einflusshöhe auf die sportmotorische Leistung.
- **Ziel der Technikansteuerung** ist die Veränderung des individuellen technomotorischen Leistungszustandes oder der sportmotorischen Leistung und die Beschleunigung des Ansteuerungsvorgangs.
- **Ziel der Technikoptimierung** ist die Untersuchung konkurrierender sportmotorischer Techniken in Bezug auf ihre Effektivität sowie die Entwicklung neuer Techniken.
- **Ziel der Konditionsanalyse** ist sowohl die Identifikation valider Leistungsindikatoren für die konditionellen Variablen motorische Kraft, motorische Schnelligkeit und Gelenkigkeit als auch das Aufsuchen einer bewegungsstrukturellen Affinität zwischen konditionellen Übungen und disziplinspezifischen Bewegungsabläufen. Zudem sollte die Einflusshöhe konditioneller Variablen auf die sportmotorische Leistung geschätzt werden.
- **Ziel der Konditionsansteuerung** ist die Änderung der konditionellen Leistung in Richtung eines Sollwertes sowie die Beschleunigung dieses Ansteuerungsvorgangs.

Die anthropometrische Biomechanik umfasst folgende Aufgaben:

- **Ziel der Eignungsdiagnose** ist die Identifizierung biomechanisch - anthropometrischer Anforderungsprofile der sportmotorischen Leistung und die Erstellung entsprechender Eignungsfaktoren.
- **Ziel der Leistungsprognose** ist die Aufstellung und Verifikation biomechanisch - anthropometrisch orientierter prognostischer Modelle.

Die präventive Biomechanik schließlich umfasst folgende Aufgaben:

- **Ziel der Belastungsanalyse** ist sowohl die Identifizierung mechanischer Faktoren der Belastung des Bewegungsapparates als auch die Wirkungsanalyse mechanischer Belastungsfaktoren auf den Bewegungsapparat.
- **Ziel der Belastungsgestaltung** ist die Abstimmung der mechanischen Beanspruchung auf die Belastbarkeit des Bewegungsapparates für eine präventive Belastungsgestaltung sowie die Entwicklung sportmotorischer Techniken, Böden und Geräten zur Minimierung von Verletzungen und Schäden.

Davon wurde die Vorliegende Arbeit nach dem ersten Untersuchungsziel im Verbindung mit dem Coupé erforschen und untersuchen, es wurde die Technikanalyse und Optimierung durch die Kinematik sowie Dynamik durchgeführt. (WILLIMCZIK 1989, 16-18).

2.1.1 Kinematik

Bewegungen sind Ortsveränderungen von Körpern in Raum und Zeit. Es gibt keine absoluten Bewegungen. Bewegungen sind nur in Bezug auf einen anderen Körper feststellbar. Als Bezugssystem können Sportplatz, Hallenboden, Sportgerät dienen (WILLIMCZIK 1989, 59).

2.1.2 Dynamik

Dynamik untersucht die Wirkung von Kräften auf Körper und gliedert sich in Statik und Kinetik. Die Statik befasst sich mit den Bedingungen, unter denen Kräfte im Gleichgewicht sind. Die Kinetik untersucht den Zusammenhang zwischen den einwirkenden Kräften und den Bewegungen der Körper (WILLIMCZIK 1989, 69).

In Anlehnung daran untersucht die Biomechanik verschiedene Sportarten, wovon ein Fechten ist. Über das Fechten verbunden mit der Biomechanik gibt es zahlreiche Publikationen. Die Biomechanik untersucht dabei nicht nur die Fechtbewegung, sondern versucht auch, die Bewegung zu verbessern und zu optimieren. Die Untersuchung von SIMONIAN/ FOX (1974) weist die Biomechanik als Anwendung beim Fechten nach.

2.2 Das Fechten

2.2.1 Der Begriff des Fechtens

Fechten ist wie der Faustkampf und das Ringen eine der klassischen Sportarten, die schon 1896 zum Olympischen Programm in Athen zählten. Es existiert seit Tausenden von Jahren und ist in seiner Ausprägung immer eng mit dem sozial-kulturellen Entwicklungsstand der Gesellschaften verknüpft (SCHIRMER 1993, 10).

Fechten kann unter zwei Begriffen folgendermaßen definiert werden:

Allgemeiner Begriff:

„Fechten ist eine Kampfsportart mit Hieb- und Stoßwaffe“, d.h. zwei Gegner fechten gegeneinander mit Hieb- und Stoßwaffen um Treffer zu landen. (BECK 1990, 10).

Besonderer Begriff:

„Treffen ohne getroffen zu werden“ (BECK 1990, 10).

Das moderne Sportfechten ist eine Weiterentwickelung des Fechtens, das Bestandteil einer wissenschaftlich-logisch aufgebauten Lehre wurde. Es wird je nach Art der Waffe verschieden gestalt. Florett und Degen sind reine Stoßwaffen. Beim Säbel werden sowohl Hiebe als auch Stöße als gültige Treffer gezählt. Oberstes Gebot im Fechten ist der Grundsatz „Treffen ohne selbst getroffen zu werden“ (BECK 1990, 10).

2.2.2 Die Waffenarten des Fechtens

Der Fechtsport wird heutzutage mit drei Waffen ausgeübt: mit dem Florett, dem Degen, und dem Säbel.

2.2.2.1 Florett

Das Florett ist die Waffe, mit der man beginnen sollte, das Fechten zu erlernen, weil das Florett die leichteste und dadurch am einfachsten zu handhabende Waffe ist, zum andern kann man mit ihm alle Fechtbewegungen ausführen, was bei Degen und Säbel nicht immer möglich ist (BEAUMONT 1977, 17).

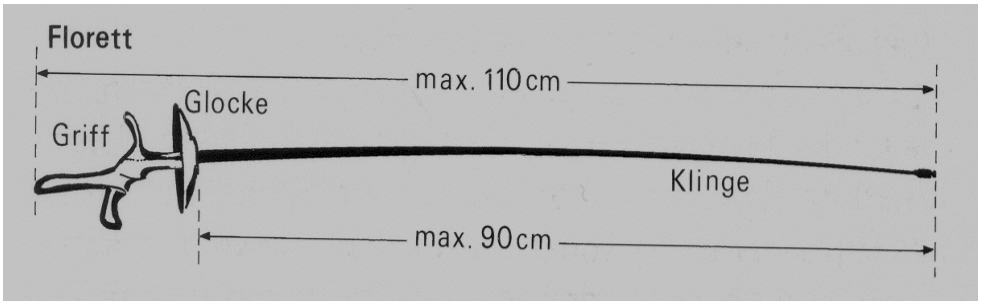


Abb. 2.2: Das Florett

Das Florett ist eine reine Stoßwaffe, die aus Klinge (mit beweglicher Spitze), Glocke, Griff, Glockenpolster und Stecker besteht. Die Offensivaktion wird mit der Spitze ausgeführt.

Der untere Teil der Spitze muss ebenso wie die Klinge mit Isolierband umwickelt sein. Die Klinge hat eine Längsrille (Litze), in welcher ein Stromführender Draht eingeklebt ist, der die Spitze mit dem Glockenstecker verbindet. Der Glockenstecker ist innerhalb der Glocke über dem Griffansatz montiert (SCHIRMER 1993, 20).

Die Klinge teilt sich in die Angel, Klingenstärke, Klingenmitte sowie Klingenschwäche. Mit der Klingenstärke wird pariert und mit der Klingenmitte werden die Klingenschläge durchgeführt (BECK 1990, 12).

Die Gesamtlänge des Floretts darf maximal 110 cm messen, wobei die Klinge vor der Glocke 90 cm lang sein und eine Durchbiegung von höchstens 2 cm aufweisen darf.

Bei der Klinge muss eine elastische Biegung von mindestens 5,5 cm, höchstens aber 9,5 cm eingehalten werden (BECK 1990, 12).

Die Glocke muss einen Durchmesser von mindestens 9,5 cm (bis höchstens 12 cm) haben, die dem Schutz der Hand dient. Das komplette gebrauchsfertige Florett darf ein Gewicht von 500 g nicht überschreiten.

Länge	Gewicht	Länge der Klinge	Durchbiegung	Glocke
110 cm	500 g	90 cm	2cm	9,5-12 cm

Abb. 2.3: Die Eigenschaften des Floretts

Die Eigenschaften des Floretts

Das Florett hat drei verschiedene Grifftypen, den italienischen, französischen und den orthopädischen, wobei der letztgenannte am besten in die Hand liegt, weil er sich anschmiegt und präzise Bewegungen ermöglich (SCHIRMER 1993, 20).

Um Treffer beim Florett zu zählen, muss es mit der Spitze über 500 g auf die gültige Treffläche drücken.

Die Treffläche

Gültige Treffflächen sind im Fechten die Körperpartien und -teile, die man mit der Klingenspitze oder der Säbelschneide erreichen muss, um einen Treffer gutgeschrieben zu bekommen. Treffer, die jenseits dieser gültigen Treffläche erzielt werden, zählen als ungültig. Für die drei Waffen wurden verschiedne Treffflächen festgelegt (SCHIRMER 1993, 22 f.).

Beim Florettfechten unterteilt man gültige Treffflächen. Die **gültige Treffläche** ist der Rumpf, vom Kragen bis zu den Leistenfurchen. Die seitliche und obere Begrenzung liegt an der Ärmelnaht, die über dem Ende des Oberarmknochens verlaufen muss. Unten auf der Rückseite liegt die Begrenzung in der horizontalen Verbindungslinie von der Wirbelsäule zu den Hüftknochenoberkanten und geht nach vorne in die Leistenfurchen über. Die **ungültige Treffläche** ist der Kopf, die Arme, die Beine und das Gesäß.

Ungültige Treffer unterbrechen ein Gefecht. Die gültige Treffläche wird wie folgt unterteilt:

- Äußere obere Blöße
- Äußere untere Blöße
- Innere untere Blöße
- Innere obere Blöße

Die äußeren Blößen sind auf der Seite des Waffenarms (s. Abbildung).

Stöße, die auf einer an sich nicht gültigen Treffläche aufkommen, werden als gültig gezählt, wenn der Fechter durch anormale Haltung diese nicht gültige Treffläche an die Stelle der gültigen setzt. Jeder Treffer, der auf gültiger oder ungültiger Treffläche aufkommt, unterbricht das Gefecht (SCHIRMER 1993, 20).

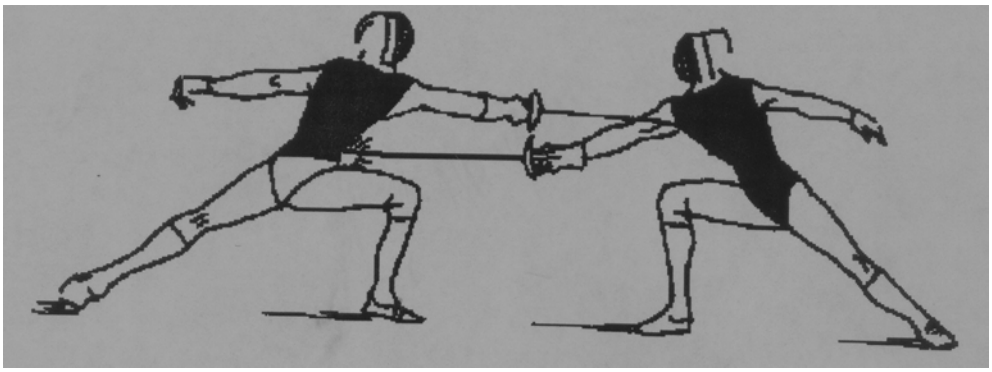


Abb. 2.4: Treffläche beim Florettfechten

Treffervorrecht beim Fechten

Derjenige, der zuerst den Angriff startet, hat Treffervorrecht, auf der anderen Seite kann der Gegner in diesem Augenblick keinen Angriff beginnen, sondern muss die auf ihn gerichtete Offensivaktion parieren, um selbst einen Angriff einleiten zu können.

Beim Florettfechten ist das Angriffsrecht zu beachten: die Klinge des Angreifenden muss erst pariert (d.h. abgewehrt) oder beseitigt werden, bevor eine Reposte (d.h. ein Gegentreffer) gesetzt werden darf. Treffen beide, bekommt der Fechter den Punkt gutgeschrieben, der das Angriffsrecht (wie oben genannt) hat.

Fangen beide gleichzeitig mit einem korrekten Angriff an und treffen, wird kein Punkt vergeben.

2.2.2.2 Der Degen

Degen ist die zweite und zudem schwierigste Waffe. Wie auch beim Florett muss hier, um einen gültigen Treffer zu erzielen, beim Einstoßen über 750 g zusammengedrückt werden.

Der Degen besteht aus Klinge (mit Spitze), Glocke, Griff, Glockenpolstern und Stecker. Die Länge vom Knauf zur Spitze beträgt wie beim Florett 110 cm, die Klinge vor der Glocke ist auf 90 cm begrenzt, sie hat keine scharfen Kanten (SCHIRMER 1993, 20 f.).

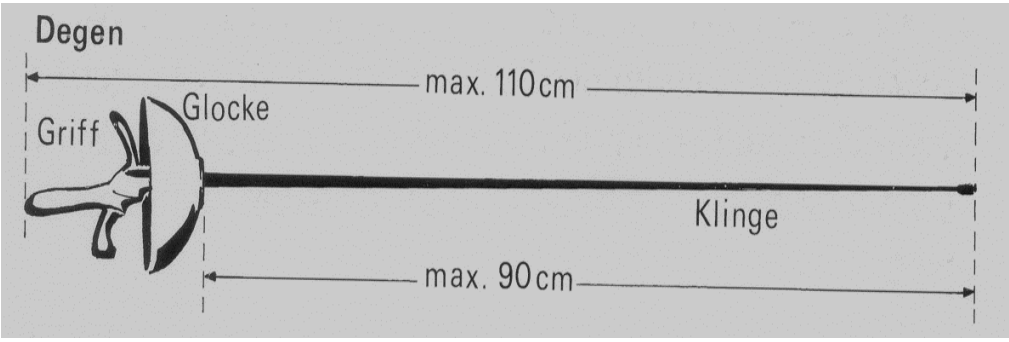


Abb. 2.5: Der Degen

Sie darf eine Durchbiegung von höchstens 1 cm aufweisen, die Elektrospitze wird mit dem Glockenstecker durch zwei in eine Rille eingeklebte Stromführende Drähte verbunden. Der Durchmesser beträgt 13,5 cm (SCHIRMER 1993, 20 f.).

Beim Griff gibt es zwei Typen, nämlich den französischen und den orthopädischen Griff.

Länge	Gewicht	Länge der Klinge	Durchbiegung	Glocke
110 cm	700 g	90 cm	1cm	13,5cm

Abb. 2.6: Die Eigenschaften des Degens

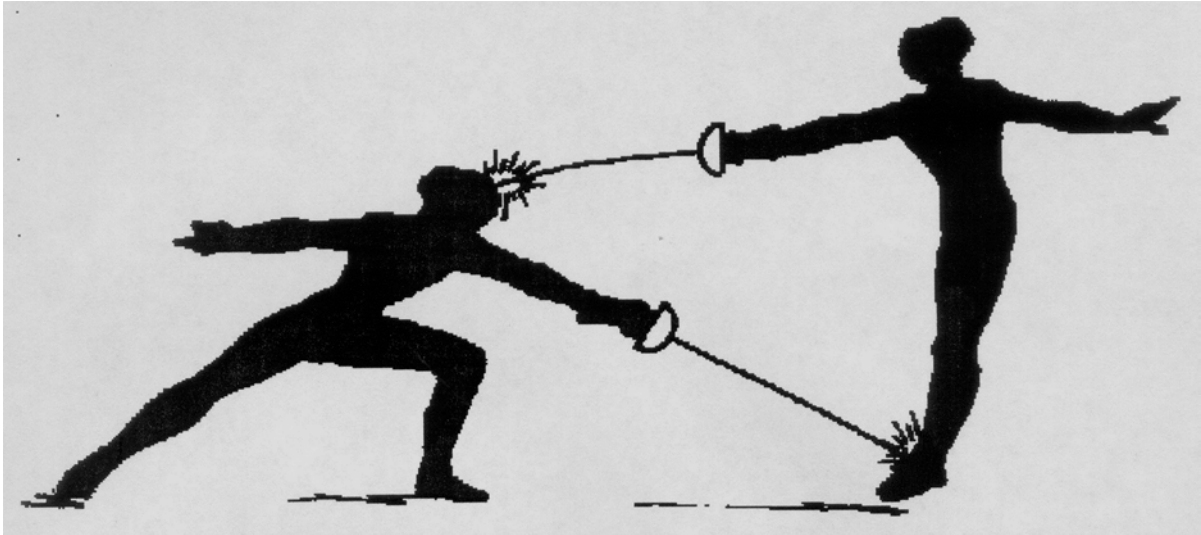


Abb. 2.7: Treffläche beim Degenfechten

Die Treffläche

Im Degenfechten ist der ganz Körper einschließlich Kleidung und Ausrüstung gültige Treffläche. Daher zählt jeder aufkommende Treffer; gleichgültig, auf welchem Teil des Körpers zwischen Scheitel und Fuß, der Kleidung oder Ausrüstung er aufkommt (SCHIRMER 1993, 23).

Treffvorrecht

Es gibt beim Degen kein Angriffsrecht. Nur wenn beide Gegner absolut gleichzeitig treffen (im Bruchteil einer Sekunde), gibt es einen Doppeltreffer.

Das fehlende Treffervorrecht bedingt im Degen, dass nur bestvorbereitete Angriffe erfolgreich sein können (BARTH/ BECK 2000, 250). Wenn außerdem beim Degenfechten zwei Fechter sich gleichzeitig treffen, gelten diese Treffer, d.h. sie werden für beide Fechter als Punkt gezählt.

2.2.2.3 Der Säbel

Der Säbel ist die dritte Waffe beim Fechten, er entspricht am meisten dem Klischee vom Fechten, da damit ihm auf Hieb und Stich gekämpft wird.

Der Säbel besteht aus Klinge, Glocke, Griff, Glockenpolster und Stecker sowie einem Sensor, der sowohl den Hieb als auch den Stich angezeigt. Mit einer Gesamtlänge von 105 cm ist der 500 g schwere Säbel etwas kürzer, d.h. er ist kürzer als Florett und Degen. Davon entfallen 88 cm auf die Klinge, die annähernd einen rechteckigen Querschnitt hat und eine Durchbiegung von nicht mehr als 4 cm aufweisen darf. Die Glocke ist aus einem Stück und hat im Querschnitt die Maske 14 x 15 cm. Für den Säbel gibt es nur einen Grifftyp (SCHIRMER 1993, 22).

Länge	Gewicht	Länge der Klinge	Durchbiegung	Glocke
105 cm	500 g	88 cm	4cm	14*15cm

Abb. 2.8: Die Eigenschaften des Säbels

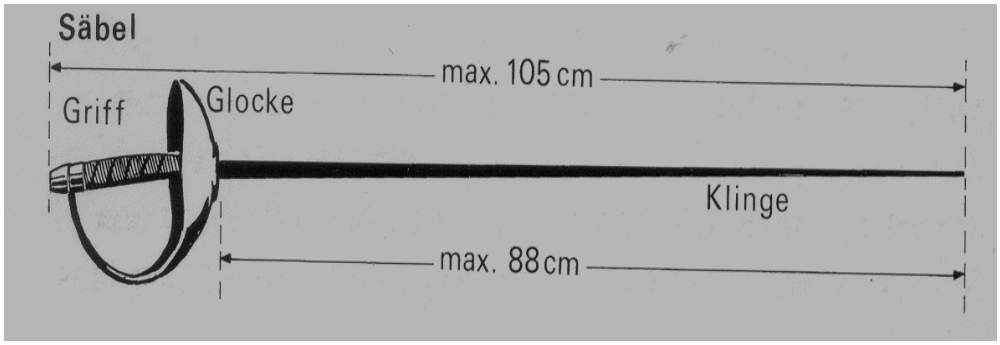


Abb. 2.9: Der Säbel

Die Treffläche

Es ist wie beim Florett- auch beim Säbelfechten, Die Treffläche umschließt alles, was oberhalb der Gürtellinie liegt, außerdem auch Kopf und Arme (SCHIRMER 1993, 24).

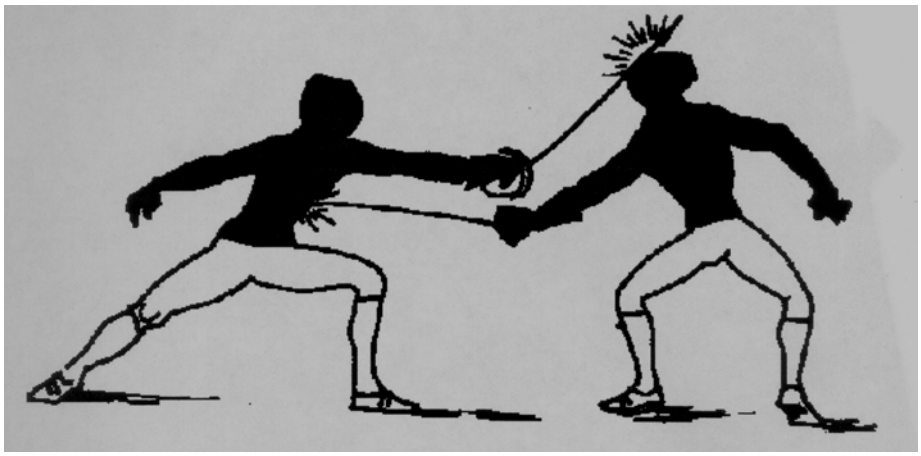


Abb. 2.10: Treffläche beim Säbelfechten

Treffvorrecht

Prinzipiell entspricht das Treffervorrecht im Säbelfechten jenem im Florett, d.h. Angriffsrecht und Verteidigungspflicht. Das fechterische Tempo im Säbelfechten ist jedoch nicht zuletzt durch das Fechten mit elektrischer Anzeige bedeutend geringer als im Florett. Der gleichzeitige Angriff (Attaque simultanée) wird nicht gezählt. Das Angriffsrecht erhält

derjenige Fechter, der zuerst eine Aktion mit dem Ziel beginnt, die bestehende Mensur durch Armstreckung zu verkürzen (BARTH/ BECK 2000, 303).

2.2.3 Die Ausrüstung

Alles, was man benötigt, um mit dem Fechten beginnen zu können, ist eine Jacke, eine Maske, ein Handschuh und eine Waffe. Eine weiße Fechthose und Turnschuhe vervollständigen die Ausrüstung.

2.2.3.1 Fechtanzug

Die Fechtjacke wird aus einem starken, eng gewobenen, weißen Material (Segeltuch, Drillich) gefertigt und es ist sehr wichtig, dass sowohl der rechte oder linke Arm von der Schulter bis zum Handgelenk als auch das Vorderteil aus doppeltem Material bestehen. Außerdem müssen die Damenjacken immer zwei Taschen für die Brustschützer haben, die entweder aus Stahlgeflecht, Leder oder einem anderen steifen Material bestehen (BEAUMONT 1977, 16).

Die Hosen sollten eng anliegen und unterhalb des Knies enden. Beim Florett- und Säbelfechten ist es nicht so wichtig, ob die Hosen allzu eng sitzen, beim Degen kann es dagegen ausschlaggebend sein, da ja die Beine ein Teil der gültigen Trefffläche sind (BEAUMONT 1977, 16).

Inzwischen wurden neue Sicherheitsvorschriften für Kleidung und Maske erlassen. Für alle Fechter ist es Pflicht, Anzüge mit bestimmtem Widerstandsgrad des Gewebes zu tragen. Dabei waren zunächst drei Varianten zu gelassen.

1. Anzüge (Jacke und Hose), die vollständig aus einem Material mit einem Durchstoß-widerstand bestehen, sind seit dem 1. Januar 1995 vorgeschrieben.

2. Bis dahin waren auch noch herkömmliche Fechtanzüge unter der Vorrausetzung genehmigt, dass dazu eine Unterkleidung (Unterziehweste /Plastron und Shorts) mit einem Widerstandswert von mindestens 800 N getragen wird, die die besonders gefährdeten Körperpartien schützt.

3. Bis Ende 1994 waren auch Fechtanzüge mit einem Widerstandswert von mindestens 800 N an den vital gefährdeten Körperstellen, im übrigen Bereich mit einem Widerstandswert von mindestens 350 N ohne Unterziehkleidung erlaubt (SCHIRMER 1993, 18).

2.2.3.2 Maske

Die Maske ist ebenfalls weiß und besteht aus einem Gittergeflecht und einem Lederumkleideten Drahtbügel. Sie sollte bequem, aber zugleich eng anliegend sein, damit ein Herunterfallen durch schnelle und energische Bewegung des Kopfes verhindert wird (BEAUMONT 1977, 17).

Das Drahtgeflecht der Maske, es muss eine lichte Maschenweite von höchstens 2,1 mm und eine Drahtstärke von wenigstens 2,1 mm aufweisen, hat aus rostfreiem (V2A) Stahl zu bestehen. Das Maskengitter soll einem Aufpralldruck von 12 kg pro Quadratzentimeter widerstehen können. Der Maskenlatz, Schutz für den Hals, muss 10 bis 12 cm lang sein, eine Durchstoßfestigkeit von ebenfalls 800 N – seit Anfang1995 gelten sogar 1600 N als Norm – haben und darf sich nicht aufrollen (SCHIRMER 1993, 18 f.).

Beim elektrischen Fechten wird eine Maske benützt, deren Drahtgitter mit einem Plastikmaterial isoliert ist, denn andernfalls könnten unter bestimmten Umständen Treffer, die auf Maske aufkommen, am Meldeapparat als gültige registriert werden (BEAUMONT 1977, 17).

2.2.3.3 Schuhe

Die Schuhe sollten aus leichtem Material, ebenfalls weiß und ohne Absätze sein, jedoch griffige Sohlen haben, die ein Rutschen auf der Piste verhindern und dadurch den nötigen Halt gewährleisten (BEAUMONT 1977, 17).

2.2.3.4 Stümpfe

Die Strümpfe müssen das Kniegelenk vollständig überragen, worüber man die Kniehose stülpen muss (BECK 1990, 11).

2.2.3.5 Weste

Zum elektrischen Fechten ist weiterhin eine Metallweste erforderlich, die ganz exakt die gültige Trefffläche bedecken muss (BEAUMONT 1977, 17).

2.2.3.6 Handschuhe

Der Handschuhstulpen muss auf jeden Fall die Hälfte des Unterarms bedecken (BECK 1990, 11).

2.2.4 Die Fechtbahn

Die Fechtbahn ist der Fechtboden des Kampfes. Diese Fechtbahn muss eine ebene Oberfläche haben und darf keine Vor- oder Nachteile wie Neigung oder Beleuchtung für beide Gegner haben. Die Fechtbahn kann auch im Freien aufgestellt sein, aber vom Internationalen Fechtverband wurde die Halle als alleinige Wettkämpfstätte bestätigt. Die Fechtbahn kann ein nackter Boden sein. Sie kann aus Holz, Linoleum, Kork, Gummi oder Kunststoff bestehen.

Bei Wettbewerben muss die Fechtbahn aus Metall, meist Kupfer oder Aluminium bestehen, um den Bodentreffer zu neutralisieren.

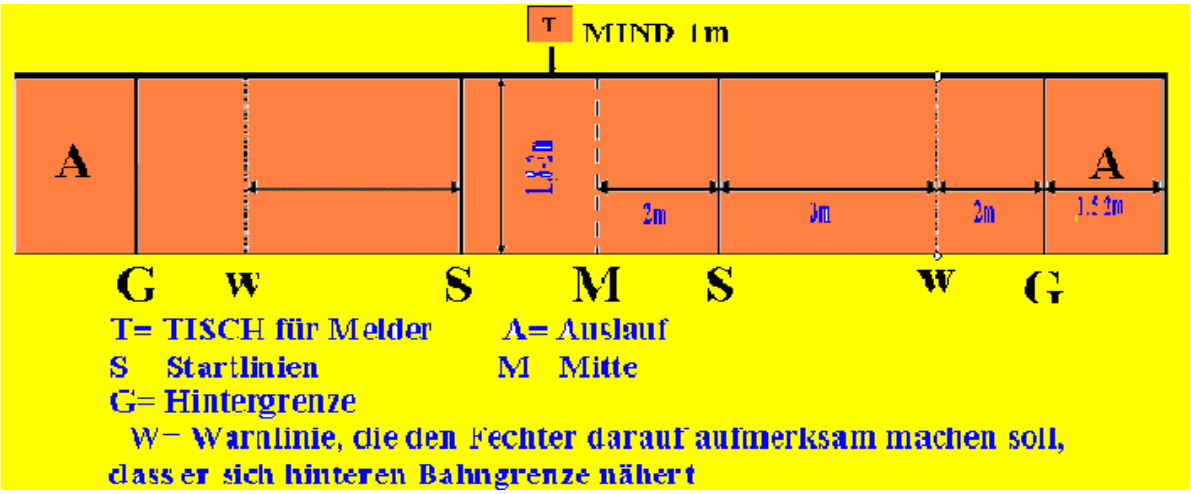


Abb. 2.11: Die Fechtbahn

Die Bereite der Fechtbahn beträgt bei allen Waffenarten zwischen 1,8 und 2 m, die Länge der Fechtbahn beträgt 14 m. Die Fechtbahn wird vom Internationalen Fechtverband (FIE) folgendermaßen definiert:

Mittellinie (einmal): teilt die Fechtbahn (Kampffeld) zwischen den beiden Fechtern gleichmäßig auf (jeder Fechter hat 7 m zur Verfügung).

Startlinie (zweimal): bestimmt die Position, wo die Fechter einander gegenüber stehen, um den Kampf zu beginnen. Nach jedem gültigen Treffer stellen sich beide Fechter wieder an der Startlinie auf. Warnlinie (zweimal): warnt die beiden Fechter, damit sie nicht die Fechtbahn verlassen.

Hintere Grenzlinie (zweimal): das sind die Endlinie, die von beiden Fechter überschritten werden sollen

A (zweimal): das ist Sicherheitsgebiet für beide Fechter,

T (einmal): der Ort, an dem das Meldergerät steht.

Von der Startlinie kann jeder Fechter 5 Meter hin und her gehen, bevor er die Endlinie überschreitet. Wenn einer der beiden Fechter die Grenzelinie übertritt, gilt er als getroffen (SCHIRMER 1993, 24).

2.2.5 Elektrische Treffanzeige

Bevor es die elektrische Treffanzeiger gab, hat das Kampfgericht mit bis zu fünf Personen über die Gültigkeit und Genauigkeit von Treffern entschieden.

Bei den Olympischen Spielen 1936 in Berlin fand das erste Degengefecht mit elektrischer Treffanzeige statt, es dauerte jedoch eine lange Zeit bis sie auch bei Florett und Säbel eingeführt wurde. 1957 wurde der automatische Treffanzeiger beim Florett angenommen. Bei den Olympischen Spielen 1960 in Rom konnten die technischen Probleme bei der Einführung des Elektrosäbels gelöst werden und 1988 wurde endlich die erste Weltmeisterschaft im Säbelfechten mit elektrischer Treffanzeige ausgetragen (SCHIRMER 1993, 25, 26).

Die elektrische Treffanzeige funktioniert wie eine Nachttischlampe: Der Fechter drückt mit der Spitze der Waffe auf die Trefffläche des Gegners, dadurch wird der Stromkreis (Degen) unterbrochen oder (Florett und Säbel)geschlossen. Dann leuchtet ein rotes, grünes oder weißes Licht und ein akustisches Signal ertönt.

Um die Lampe zu erleuchten, muss der Fechter wie erwähnt mit 750 Gramm beim Degen aufdrücken und mit 500 Gramm beim Florett und Säbel, damit der Stromkreis geschlossen wird.

Der Stromkreis beim Florettfechten wird durch in eine Klingenlitze geklebte Drähte gebildet sowie dem über einen Glockenstecker und durch den Ärmel der Jacke geführtes Stromkabel. Dieses ist mit einen auf der Jackenrückseite angebrachten weiteren Kabel aus der Kabelrolle verknüpft. Die Kabelrolle ist durch eine Stromleitung mit dem Meldegerät verbunden, das die Treffer optisch und akustisch anzeigt. Die Anzeigelampen lassen deutlich erkennen, auf welcher Seite der Treffer gelandet wurde – für Fechter A rot und Fechter B grün. Nicht gewertet werden Bodentreffer auf der Metallbahn oder der Glocke (SCHIRMER 1993, 26 f.).

Im Florett trägt der Fechter eine leitfähige Metallweste aus Brokatstoff oder Inoxfasern, da nur der Rumpf als Trefferfläche zählt.
Der Stromkreis wird durch dünne Drähte gebildet, die in eine Klingelitze eingeklebt sind, und dem Über einen Glockenstecker und durch den Ärmel der Fechtjacke geführtes Körperkabel, Diese ist mit einem an der Rückseite der Jacke angebrachten weiteren Kabel aus der Kabelrolle verbunden, die entsprechenden den Bewegungen des Fechters den isolierten Draht mühelos freigibt oder aufrollt. Dieses Kabel ist mit der Rolle verbunden, damit es beim Treffen der Treff optisch und akustische angezeigt wird.

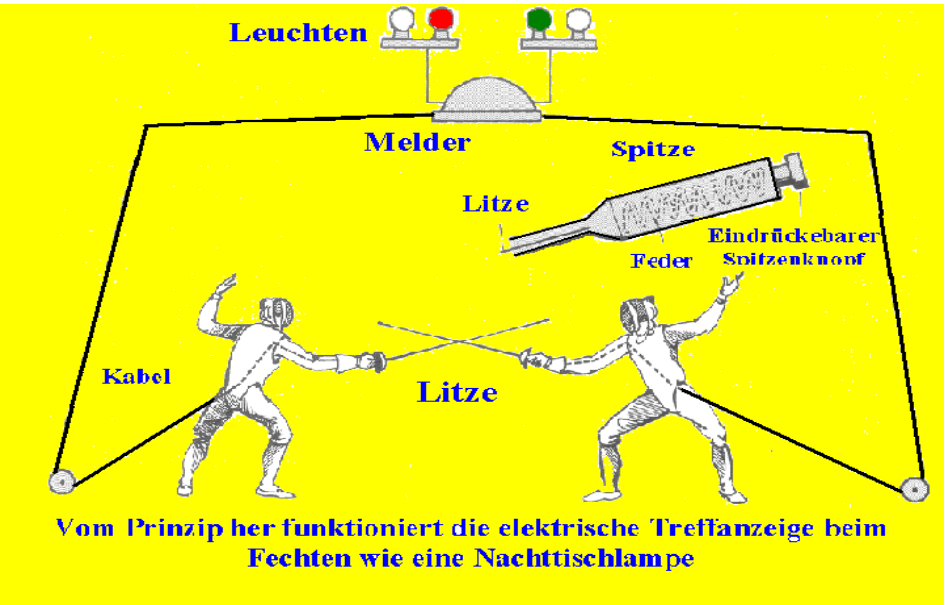


Abb. 2.12: Die elektrische Treffanzeige

Da beim Degenfechten der gesamte Körper als Trefffläche gilt, gibt es hier nur die beiden farbigen Lampen, die bei Doppeltreffern (die Zeitdifferenz der Treffer ist geringer als 1/20 Sekunde) gleichzeitig aufleuchten können.
Da beim Säbelfechten gleichzeitig Treffer mit Hieb oder Stoß registriert werden müssen, hat der Elektrosäbel innerhalb der Glocke einen Sensor, der sowohl Stöße als auch Hiebe mit Schneide, Rückschneide und dem flachen Klingenteil anzeigt (SCHIRMER 1993, 28).

Die Säbelfechter sind mit einer Jacke aus leitendem Metall sowie leitfähiger Maske und Handschuhen ausgestattet, da hier Oberkörper, Arme und Kopf als gültige Trefffläche zählen. Auch hier werden Treffer mit Hieb und Stoß durch Aufleuchten der roten bzw. grünen Signallampe angezeigt. Dauert ein Kontakt zwischen Klinge und gegnerischer Trefffläche mindestens 0,1 Sekunden an, so registriert der Sensor diesen Treffer (SCHIRMER 1993, 25-28).

2.2.6 Die Grundtechnik

Technik ist im Fechtsport nicht Selbstzweck und unterliegt auch nicht der direkten Bewertung der Leistung (wie beispielsweise im Geräteturnen oder im Eiskunstlauf), sondern sie ist Bestandteil der Kampfhandlungen. Mit der Technik wird die für die Führung des Gefechtes getroffene Entscheidung motorisch zweckmäßig und zuverlässig realisiert.
Die Technik ist das Verfahren zur Lösung einer Kampfaufgabe und hat zusammen mit den psychischen Besonderheiten der Wahrnehmung und Analyse der Kampfsituation und der Strategisch-taktischen Komponente – der gedanklichen Lösung einer Kampfaufgabe – wesentliche Bedeutung für die Fechtleistung.

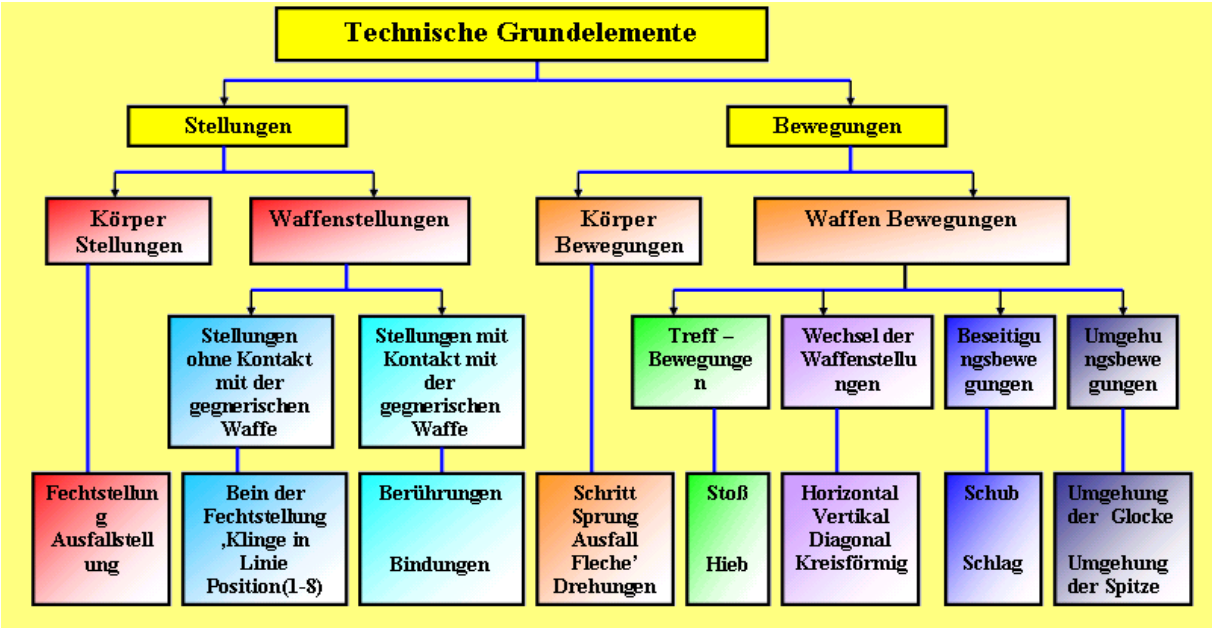


Abb. 2.13: Technische Grundelemente beim Fechten

Beobachtungen von Wettkämpfen, Filmanalysen und biomechanische Untersuchungen haben gezeigt, dass die weltbesten Fechter aus den „ klassischen Formen“ äußerer Technikkriterien ausbrechen (BARTH/ BECK 2000, 46).

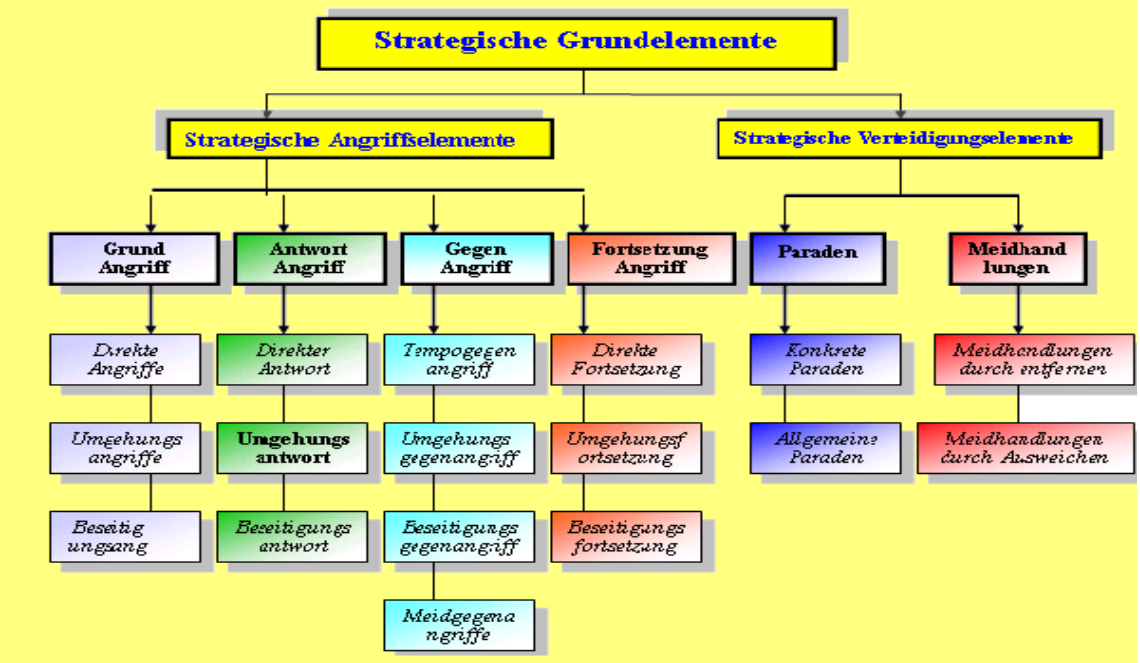


Abb. 2.14: Strategische Grundelemente beim Fechten (Angriffe - Abwehr)

Strategische Angriffselemente:
Das Ziel des Angriffs ist es, einen Treffer zu landen. Er wird in folgende Elemente aufgeteilt:

- ***Grundangriffe*:** Angriffe gegen Nichtangreifende Gegner ohne vorausgegangene Angriffe oder Verteidigungen. Dazu gehören der gerade Stoß, direkte Hieb, Winkelstoß, Kavationsstoß, Coupéhieb, Sixtbindungsstoß, Quart Battuta Hieb, Sixtgleitstoß, Bingo.
- ***Antwortangriffe*** (Riposten): Angriffe nach erfolgreicher Verteidigung. Sie sind eine Antwort auf den gegnerischen Angriff: direkte Riposte, Kavationsriposte, Coupériposte, Gleitstoßriposte.
- ***Gegenangriffe*:** Angriffe, die Angriffsvorbereitungen oder direkte Angriffe des Gegners für den eigenen Angriff ausnutzen: Cavation ins Tempo, Coupé ins Tempo, Gegenstoß, Arrêtstoß, Sperrstoß, Prise de Fer.
- ***Fortsetzungsangriffe*:** Angriffe, die nach einem misslungenen Angriff direkt folgen: direkte, Umgehungs- und Beseitigungsfortsetzungsangriffe. (BARTH/ BECK 2000,14,15)

Strategische Verteidigungselemente:
Das Ziel der Verteidigung ist die Abwehr gegnerischer Angriffe.

***Paraden*:** Verteidigung, die durch Bewegungen mit der eigenen Waffe gegnerische Treffer verhindert: Septimdruckparade, Oktavschlagparade, Quartgleitparade, Sixtgegen-Druckparade.

Aufteilung in:
- *allgemeine Paraden* (Verteidigung mehrerer Treffbereiche und Ebenen)
- *konkrete Paraden* (folgen herausgeforderten Angriffen)
- *Meidhandlungen* (Körperparaden): Verteidigung, die durch Körperbewegungen gegnerische Treffer verhindert.

***Begriffe für bestimmte Strategien*:**

- **Fintangriffe:** Kombinationen von zwei oder mehr Angriffselementen. Ziel des ersten Angriffs ist dabei meist die Herausforderung antizipierter Paraden, um Blößen zu öffnen und einen Umgehungsangriff auszuführen. Als Finten dienen alle strategischen Angriffselemente. Bezeichnet werden die Finten nach dem strategischen Angriffselement, das als Finte verwendet wird, nach der Anzahl und Art der Ausweichbewegung und nach dem Angriffselement, das die Finte beendet: z.B. Battuta-Stoßfinte-Kavationsstoß, Fintriposte mit Coupé, Fintgegenangriff.
- **Parade-Riposten:** Kombination aus Paraden und Antwortangriffen. Dabei wird die günstige Mensur zum Treffen ausgenutzt. Benannt werden sie nach der verwendeten Parade und Riposte: Septimdruckparade-Kavationsriposte, Quartgleitparade-(direkte) Riposte, Sixtparade-Filoriposte
- **Angriffe zweiter Absicht***:* Kombinationen von zwei Angriffselementen und einem Verteidigungselement oder zwei Angriffselementen. Ablenkung des Gegners durch einen vorgetäuschten Angriff und Herausforderung zu einer Parade-Riposte oder einem Gegenangriff (BARTH/ BECK 2000, 15, 16).

2.2.6.1 Der Angriff beim Fechten

Das Fechten ist eine Sportart ähnlich wie die anderen Sportarten (Einzel- oder Mannschaftssportarten). Solange das Fechten als Einzelsportart gilt, führt der Fechter alleine die Offensiveaktion und die Abwehraufgabe aus, das bedeutet, er soll sich selbst angreifen und abwehren, Angreifen, um Treffer zu erzielen und Abwehren, um die Trefffläche zu schützen.

In Anlehnung daran enthält das Fechten sowohl Angriffsbewegungen (Fertigkeit) als auch Abwehrbewegungen (Fertigkeit), deshalb versucht der Fechter aus zwei Gründen anzugreifen, entweder um einen Treffer zu landen oder um den Treffer des Gegners zu parieren und vermeiden. Aus diesem Grund wird im Folgenden sowohl der Angriff beim Fechten als auch die Bewegung erläutert und interpretiert.

2.2.6.1.1 Die Definition des Angriffes

Unter Angriff versteht man das Ziel jeden Fechters. Der Angriff wurde in der Forschungsliteratur unterschiedlich definiert.

Nach KERSTENHAN (1978, 98) ist der Angriff eine ununterbrochene Aktion einschließlich Endstoß mit dem Ziel, zu treffen. Die internationale Terminologie bezeichnet daher denjenigen Fechter als Angreifer, der entweder mit Stoß oder Ausfall einen Treffer zu erzielen sucht.

Nach SCHIRMER (1993, 50) ist der Angriff eine fortwährende Vorwärtsbewegung mit dem Ziel, den Gegner zu treffen**.** Nach BARTH/ BECK (2000, 198-200) ist der Grundangriff eine Angriffshandlung, die gegen nicht angreifende Gegner ohne unmittelbare Verbindung mit zum vorausgegangenen Angriff oder Verteidigungshandlung durchgeführt wird. Gemäß BEAUMONT (1977, 35) ist der Angriff eine ununterbrochen durchgeführte Vorwärtsbewegung, die das Ziel hat, den Gegner zu treffen.

In Anlehnung an die oben genannten Definitionen konnte folgende Angriffsdefinition abgeleitet werden: “Der Angriff ist eine Bewegung oder mehrere Bewegungen, durch die der

Fechter unter sowohl Fechtregeln als auch der gültigen Trefffläche zum Ziel (Treffer) gelangen kann“.

Es werden hier im Folgenden die verschiedenen Angriffsarten vorgestellt.

2.2.6.1.2 Angriffsarten

Der Angriff wird nach BEAUMONT (1977) in zwei Arten aufgeteilt:

1. Der einfache Angriff
Er wird mir nur **einer** direkten oder indirekten Klingenbewegung durchgeführt und wiederum in zwei Arten unterteilt (BEAUMONT 1977, 36).

a) Direkter Angriff:
gerader Stoß ausgeführt aus der Klingenlage oder Einladung, in der die Klingen gebunden sind. Dies ist nur erfolgreich, wenn der Gegner in dieser Position nicht gedeckt ist. Ist der Gegner teilweise gedeckt, kann der direkte Stoß durch ein druckloses Entlanggleiten an der Klinge des Gegners durchgeführt werden (= Gleitstoß oder Coulé). Durchführung des direkten Stoßes oder Gleitstoßes mit gestrecktem Arm, endet mit einem Ausfall.

Wichtig sind Präzision, Schnelligkeit, richtige Zeit- und Mensurwahl.
Richtiger Zeitpunkt: wenn die gegnerische Klinge in eine andere Lage wechselt und dadurch wieder in die Ausgangsposition zurückkehren muss, um den Stoß zu parieren (BEAUMONT 1977, 36).

b) Indirekter Angriff:
Durchführung entweder mit einer einfachen Klingenbewegung oder durch einen vorgetäuschten Wechsel der Bindung. Der Angriff wird also in die Blöße des Gegners ausgeführt, die während des Angriffs geöffnet wird. Ein indirekter Angriff hat das gleiche Recht zum Angriff wie der direkte Angriff, da beide durch eine einfache Klingenbewegung durchgeführt werden (BEAUMONT 1977, 36).

Umgehung = Verlassen der gegnerischen Bindung, spiralförmige Umgehung der Glocke, der Hand und des Vorderarmes sowie der Endstoß in die nun offene Blöße. Führen der Spitze nur durch die Finger. Mit der Klingenbewegung beginnt auch der Ausfall, wobei die Klingenspitze noch vor dem Aufsetzen des Ausfallbeines treffen muss, weil sie sonst vom Arm abgefangen werden kann (BEAUMONT 1977 ,40).

Wichtig sind Präzision, richtige Zeit- und Mensurwahl. Ausfall und Umgehung sind eine fließende Bewegung (BEAUMONT 1977, 40).
Beim Coupé (Wurfstoß) wird die Klingenspitze des Gegners durch ein bogenförmiges Lösen von der gegnerischen Bindung umgangen. Coupé darf nicht zur Gewohnheit werden, weil er sonst schnell seinen Überraschungseffekt verliert (BEAUMONT 1977, 41).

Umgehung und Coupé können nur bei Gegnern angewendet werden, die reflexartig und lateral parieren. Beide sind beendet, wenn sich die Faust in der gegenüberliegenden Position befindet, aus der der Angriff begonnen wurde (BEAUMONT 1977, 41).

Macht ein Gegner eine Kreisbewegung um eine Bindung zu wechseln, kann sie mit einer Kreis- oder Konterbewegung umgangen werden. Hierbei folgt man der Klinge des Gegners, die einen Kreis beschreibt, streckt den Arm und stößt aus der Lage, aus der die Umgehung begonnen wurde. Diese Bewegung setzt sich aus dem gestreckten Arm und dem Ausfall zusammen (BEAUMONT 1977, 41).

1. Die einfachen Angriffe

Als einfache Angriffe werden offensive Aktionen bezeichnet, die aus einer einzelnen Klingenbewegung bestehen. Im Florettfechten gibt es vier einfache Angriffe: 1. der gerade Stoß, 2. die Cavation (Umgehung), 3. der Filo (Gleitstoß) und 4. der Wurfstoß.

a) Der gerade Stoß:

Beim einfachen geraden Stoß folgt die Spitze der Waffe ohne Klingenkontakt einer geraden Linie zur offenen Blöße. Es ist ein direkter Angriff in einer Bewegung und wird angewandt, wenn der Gegner eine Einladung präsentiert oder wenn man von einer eigenen Einladung/Bindung ausgeht. Der Stoß kann nach innen, außen oben oder unten gerichtet sein. Er wird aus der Fechtstellung im Ausfallabstand mit der Hand in der vierten Position (oder zweite Position, wenn der Stoß auf die äußere untere Linie zielt) ausgeführt.

Zur korrekten Ausführung wird der Fechtarm gestreckt und die Hand allmählich auf Schulterhöhe gehoben, Daumen und Zeigefinger drücken die Klinge, während sie vorwärts geht, und erreichen den maximalen Druck bevor der Ausfall beendet ist und die Spitze ihr Ziel getroffen hat. Dabei muss die rechte Schulter entspannt sein, um die Bewegung vorwärts fließen zu lassen. Abhängig von der Eingangslinie wird die Hand fortwährend nach rechts oder links verlagert (= Oppositionen), um Schutz durch das Schließen der Linie zu bekommen.

Lädt der Gegner zur Prim ein, zielt der Stoß auf die äußere untere Linie, Opposition zur Rechten; bei einer Einladung zur Second zielt der Stoß auf die obere Linie, Opposition zur Linken; bei einer Terz wird der Stoß auf die innere obere Linie gerichtet, Opposition zur Linken; bei einer Einladung zur Quart zielt der Stoß auf die äußere obere Linie, Opposition zur Rechten.

Ausgehend von der eigenen Bindung wird die Klinge gelöst und es erfolgt ein gerader Stoß auf die offene Blöße. Der Erfolg ist abhängig von der Geschwindigkeit: je schneller der Angriff, desto schwerer ist er zu parieren. Entscheidend ist die Koordination von Ausstrecken des Arms und Ausfall.

b) Cavation (Umgehung):

Hierbei löst die Klinge mit einer spiralförmigen Bewegung an die Spitze die Bindung des Gegners und zielt auf die offene Blöße. Dieser indirekte Angriff in einer Bewegung kann verwendet werden, wenn der Gegner die Klingen bindet. Die Cavation kann nach innen, außen, oben und unten gerichtet sein und wird von der Fechtstellung im Ausfallabstand ausgeführt, wobei die Hand in der vierten Position ist (oder in der zweiten Position, wenn der Stoß auf die äußere untere Linie zielt).

Es wird eine sehr kleine halbkreisförmige Bewegung der Spitze mit den Fingern ausgeführt, wobei der Fechtarm langsam ausgestreckt und die Hand auf Schulterhöhe gehoben wird. Hand, Handgelenk, Arm und rechte Schulter dürfen sich nicht bewegen, nur die Finger führen die Spitze in einer spiralförmigen Bewegung. Während die Spitze befreit wird und die Linien wechselt, soll sie gleichmäßig vorwärts dringen. Bei richtiger Ausführung bilden die Cavation, das Strecken des Arms und der Ausfall eine einzige ununterbrochene Bewegung.

Mit der Cavation wird die Hand in Opposition gebracht. Die Prim Cavation bewegt sich abwärts, die Second Cavation aufwärts und die Terz- und Quart Cavation seitlich von links nach rechts bzw. umgekehrt.

Erzielt der Gegner eine Primbindung, bewegt sich die Cavation entgegen dem Uhrzeigersinn zur äußeren unteren Linie, Opposition zur Rechten; bei der Second Bindung des Gegners bewegt sich die Cavation im Uhrzeigersinn zur oberen Linie, Opposition zur Linken; bei einer gegnerischen Terzbindung bewegt sich die Cavation gegen den Uhrzeigersinn zur inneren oberen Linie, Opposition zur Linken; bei einer Quartbindung des Gegners bewegt sich die Cavation im Uhrzeigersinn zur äußeren oberen Linie, Opposition zur Rechten. Die Cavation muss so klein wie möglich bleiben.

Das Coupé

Das Coupé ist eine Angriffsart bzw. Cavation (Umgehungsbewegung) um die Spitze der gegnerischen Klinge, d.h. der Fechter soll mit seiner Klinge vor der Spitze des Gegners umgehen. Die Bewegung kommt aus dem Unterarm und anschließend Handgelenk. Der Fechter wurde als gerader Stoß in einer Einladung oder Battuta angezeigt ,dann wird der Unterarm gebeugt und die Glocke an der linken Körperseite bis zur Kinnhöhe herangebracht, und zum Schluss wird der Arm wieder mit Hilfe entweder des Ausfalls oder Vorschritt gestreckt ausgeführt.

Nach der Erfahrung wird das Coupé wirkungsvoll und schneller durchgeführt, wenn der Unterarm nur soweit zurückgenommen wird, dass mit der eigenen Klinge die gegnerische Spitze gerade noch umgangen werden kann. Außerdem ist das Coupé vom Gegner schwer zu verteidigen, wenn es mit hoher Geschwindigkeit und guter Technik ausgeführt wird (BECK 1990, 74).

Art des Coupés:

A. Das Coupé als Riposte

Dies ist eine Art der verschiedenen Coupés. Außerdem wurde es nach erfolgreicher Parade durchgeführt. Bei dieser Aktion ist das Coupé sehr einflussreich, wenn die Mensur (Abstand zwischen den Gegnern) eng ist, und der Gegner den Endstoß nicht berechnen kann. Auch wenn der Fechter ein Coupé ins Tempo ausführt und es eine fehlerhafte oder schlechte Vorbereitung gab, wäre das Coupé immer noch wirksam. Ebenso ist das Coupé sehr einflussreich, wenn der Fechter gegen den Gegner eine Angriffsaktion mit einer Beinbewegung einleitet. Außerdem wird das Coupé im Tempo vom Fechter auch als

Abwehraktion ausgeführt, wenn es entweder eine Einladung oder Bindung gibt (BECK 1990, 78).

B. Das Abstreif-Coupé

Bei dieser Angriffsaktion wird die Klinge des Fechters entweder nach der Bindung oder Schlag (Battuta) auf der Klinge (Eisen)des Gegners bleiben, und nachher wird der Fechter seine eigene Klinge über die gegnerische Spitze nach hinten in Richtung Kienhöhe abstreifen. Zum Schluss wird der Arm gestreckt. Die Hauptsache ist dabei, dass der Fechter seine eigene Klinge von der gegnerischen Klinge auslässt gestallt wird (BECK 1990, 76).

C. Der Coupé-Angriff

Er wird gegen Gegner durchgeführt, die entweder öfter verschiedene und wechselnde Paraden ausgeführt haben oder nach einem Versuch, den Coupéangriff zu parieren (BECK 1990, 78).

D. Der besondere Coupé-Angriff (auf der Rückseite)

Diese Art des Coupés ist der Schwerpunkt dieser vorliegenden Arbeit, weil dieses Coupé mit Endstoß auf den Rücken durchgeführt wird. Außerdem wird diese Angriffsaktion gegen die Fechter ausgeführt, die entweder relativ klein sind, oder sie halten immer eine tiefe Fechtstellung, oder sie führen lieber tiefe und weite Ausfälle aus, oder sie ducken sich immer wieder herunter. In der Regel werden sie als Abstreif-Coupés durchgeführt und folgendermaßen benannt:

Oktav-Abstreif-Coupé auf den Rücken gegen die untere Linie, Sixt-Abstreif-Coupé auf den Rücken gegen die obere Linie, Quart-Abstreif-Coupé auf den Rücken gegen die obere Linie, Quint-Abstreif-Coupé auf den Rücken gegen die untere Linie. Nach KERSTENHAN (1978, 177, 118) und BECK (1990, 79) wurde das Coupé wie oben benannt.

Im Folgenden soll es nachher erläutert werden.

Coupé oben

Wird aus der gegnerischen Quart- oder Sixt (Terz-)Bindung oder –Parade ausgeführt.

1. Aus gegnerischer *steiler* Quartbindung oder –Parade:

In mittlerer Mensur wird die Hand aus der 4. Faustmotion etwas nach außen gedreht und der Unterarm im Ellbogen in einer kleinen Schleife von der gegnerischen Klinge fast so weit angehoben, dass die Klinge über die gegnerische Klingenspitze hinweggeführt werden kann. Dann wird die Hand in die 4. Faustmotion zurückgedreht, die Klingenspitze durch Abbiegen im Handgelenk gesenkt, der Arm gestreckt und der Ausfall mit dem Stoß in die obere äußere Blöße angeschlossen. Die Faust bleibt oben außen. Der Ellbogen muss gut nach innen genommen werden. Ein Fehler ist es, die Faust beim Strecken des Armes fallen zu lassen.

2. Aus gegnerischer steiler Sixt- (Terz-)Bindung oder –Parade:

Aus dieser Bindung oder Parade wird die Klingenspitze des Gegners aus mittlerer Mensur so umgangen, dass die Hand durch das Beugen im Hand- und Ellbogengelenk in Richtung linke Schulter nur soweit zurückgeführt wird, dass die Klinge in einer kleinen Schleife längs der gegnerischen Klinge, ohne an ihr entlang zu schleifen, die Spitze erreicht. Nach dem Überheben wird die Klingenspitze wieder gesenkt, der Arm streckt sich sofort, und der

Ausfall wird mit dem Stoß in die obere innere Blöße angeschlossen. Die Hand bleibt in 4. Faustmotion. Beim Stoß bleibt die Faust hochlinks.

Als Contrariposte aus beiden gegnerischen Paraden ist das Coupé auf die gleiche Art möglich. Aus weiter Mensur: erst in die gegnerische Bindung vorgehen und mit Schrittende den Coupé ausführen.

Coupé unten

Wird aus der eigenen oder gegnerischen Quartbindung oder –Parade ausgeführt. Er wird gegen Gegner angewendet, die meistens hohe Linien geben und die unteren Paraden vernachlässigen, vor allem kaum Second- oder Octavparade nehmen. Nach Beseitigung der gegnerischen Angriffslinie mit einer Quartbindung, -battuta oder -parade wird die Hand mit der Waffe in einer schwingenden Bewegung längs der gegnerischen Klinge nach innen bis über die gegnerische Spitze zurückgenommen (eigene Klingenspitze zeigt dabei auf die gegnerische Blöße), wobei die Hand in die 4. Faustmotion gedreht, jedoch stark abgewinkelt wird. Die Klinge wird zur Waagerechten geführt. Unter der gegnerischen Klinge erfolgt nun wieder die Armstreckung mit dem Ausfall und dem Stoß in die Flanke. Die Faust bleibt in linker Faustposition, und der Ellbogen ist nach innen genommen.
Andere Version: Aus der Sixt- oder Terzeinladung soll mit einer Quart-Battuta die gegnerische Angriffslinie beseitigt werden. Danach wird die Faust in die 2. Faustmotion gedreht. Der Ellbogen bleibt möglichst etwas innen. Mit dem Armstrecken zum Stoß in die Flanke wird der Ausfall begonnen. Der *Coupé unten* verlangt ein besonderes Gefühl für die Klingenführung, Weichheit und gute Koordination des Bewegungsflusses zwischen Arm und Bein und kann nur von erfahrenen Fechtern ausgeführt werden (KERSTENHAN 1978, 115-188).

Beim Training könnte der Fechter entweder mit einfacher Beinbewegung einen Schritt vorwärts oder Ausfall machen, aber wenn der Fechter den Sixt-Abstreif-Coupé auf den Rücken ausführt, kann er ihn entweder mit einem Schritt vorwärts oder Sprung vorwärts Ausfall ausführen, damit die Klinge des Fechters länger und sicherer unter Kontrolle gehalten werden kann (BECK 1990, 79).

Das Coupé kann sowohl als Angriffsaktion (BECK 19; KERSTENHAN 1978) als auch als Riposteaktion (Angriffsaktion nach erfolgter Parade) (HUSSEIN 1998) ausgeführt werden, außerdem wird das Coupé effektiver sein, wenn der Fechter den Bewegungsablauf des Coupés gut und schnell beherrscht (BECK 1990, 79).

Bewegungsablauf des Coupés in der vorliegenden Arbeit

Es wurde hier der Bewegungsablauf des Coupés dargestellt, der von den Probanden in der vorliegenden Arbeit ausgeführt wurde. Im folgenden Kapitel werden die Phasen des Ablaufs erklärt.

Erste Phase (Anfangsphase):

Im ersten Bild der Abb. 2.15 wurde der Proband in der Fechtausgangsstellung aufgenommen, in der jeder Fechter das Gefecht beginnt. Das zweite Bild zeigt den Probanden mit dem Auszug seiner Klinge nach Anzeigen eines geraden Stoßes entweder aus der Bindung der gegnerischen Klinge oder nach einer Battuta auf die gegnerische Klinge. Nachher wird der Fechter mit Hilfe des Unterarms ausschließlich Hand und Glocke nach dem Auszug der

Klinge an der Linkkörperseite die Klinge als lotrecht an Kinnhöhe heranführen, das dritte Bild zeigt den Athleten hier jedoch vor dem Ende diese Phase.

Abb. 2.15: Der Bewegungsablauf des Coupés in der ersten Phase

Zweite Phase (Treffphase)

Der Fechter beginnt, wie im vierten Bild (Abb. 2.16) zu sehen ist, mit dem Strecken seines waffentragenden Arms nach vorne vor der Ausführung des Ausfallschrittes. Am Ende dieser Phase wird der Fechter die Arme wieder ganz nach vorne strecken, um sein Ziel zu treffen.

Abb. 2.16: Der Bewegungsablauf des Coupés in der zweiten Phase

2.3 Forschungsstand

Dieses Kapitel wurde in zwei Abschnitte untergliedert.

2.3.1 Arabische Forschung

2.3.1.1 A Ägyptische Forschung (Originaltext)

عصام الدين متولي

عنوان البحث

التحديد الكينيماتيكي لطرق اداء الهجمات المستانفة في سلاح الشيش

هدف البحث

تحديد الخصائص الكينيماتيكية لطرق اداء الهجمات المستانفة وذلك بتحليل هذة الخصائص الى منحنيات وكميات يسهل قياسها وحسابها

طرق واجراءات البحث

استخدم الباحث المنهج الوصفي باستخدام التحليل الكينموتجرافى والتصوير السينيمائى

استعان الباحث بلاعب المنتخب القومى االمصرى وبلغت عدد المحاولات سبع محاولات

النتائج

تحديد الخصائص الكينيماتيكية للهجمات المستانفة عن طريق

القراءاتالكينيماتيكية والمسارات الحركية لمفاصل الجسم المختارة وكذلك مركزثقل الجسم

منحنى المسافة با لنسبة للزمن لمفاصل الجسم المختارة ومركز ثقل الجسم

منحني السرعة با النسبة للزمن لمفاصل الجسم المختارة ومركز ثقل الجسم

الزمن المستغرق لاداء الهجمات المستانفة الثلاث كانت كالاتي

A- استغرق اداء هجمة التكملة فترة زمنية قدرها 32. 0 ثانية

B-استغرق اداء هجمة التكرار فترة زمنية قدرها 32. 0 ثانية وذلك عند تنفيذها بالمغيرة40 .0 **ثانية** عند تنفيذها بالقاطعة

C-استغرق اداء هجمة الاستفادة مع العودة لوضع التحفز الامامى فترة زمنية قدرها 0.60 **ثانية** عند تنفيذها بالقاطعة

استغرق اداء هجمة الاستفادة مع العودة لوضع التحفز الخلفى 72. 0 **ثانية** عند تنفيذها بالمغيرة0.56 **ثانية** عند تنفيذها بالمغيرة

2.3.1.2 B Ägyptische Forschung (Übersetzung des Originaltextes)

METWALY, E. E.: Die kinematische Analyse für die Methodenausführung des Fortsetzungsangriffes beim Fechten.

Ziel der Untersuchung:

In dieser Studie werden die kinematischen Merkmale der methodischen Ausführung des Fortsetzungsangriffes beschrieben, wobei Kurven und Größen berechnet und analysiert werden.

Methode und Verfahren:

Es wurde die deskriptive Methode mit Kinematographie benutzt. Der Proband kam aus der ägyptischen Nationalmannschaft. Er führte sieben Versuche des Fortsetzungsangriffs aus.

Ergebnisse:

Die kinematischen Größen des Fortsetzungsangriffes wurden bestimmt durch:

1) Die kinematische Leistung und die Flugbahnen von sowohl ausgewählten Körpergelenken als auch vom Körperschwerpunkt.
2) Die räumliche Kurve in Bezug auf die Zeit für sowohl die ausgewählten Körpergelenke als auch den Körperschwerpunkt.
3) Die Geschwindigkeitskurve in Bezug auf die Zeit für sowohl die gewählten Körpergelenke als auch den Körperschwerpunkt .
4) Die Zeitdauer der Ausführung des Fortsetzungsangriffes war Folgende:
    a) Die Zeitdauer des Fortsetzungsangriffes betrug 0.32 Sekunden.
    b) Die Zeitdauer des Wiederholungsangriffes betrug 0.32 Sekunden mit der Umgehungsangriffsausführung (Cavation) und 0.40 Sekunden mit der Wurfstoßangriffausführung (Coupé).
    c) Die Zeitdauer des Neuangriffes mit der Rückkehr aus dem Ausfall nach vorn in die Fechtstellung betrug 0.60 Sekunden mit der Umgehungsangriffausführung (Cavation) und 0.50 Sekunden mit der Wurfstoßangriffausführung (Coupé).
    d) Die Zeitdauer des Neuangriffes mit der Rückkehr aus dem Ausfall nach hinten in die Fechtstellung betrug 0.72 Sekunden mit der Umgehungsangriffausführung und 0.56 Sekunden mit der Wurfstoßangriffausführung (Coupé).

2.3.1.3 A Ägyptische Forschung (Originaltext)

تهاني عبد الباقي السيد

عنوان البحث

دراسة تحليلية لميكانيكة حركة الطعن فى سلاح الشيش

هدف الدراسة

دراسة الخصائص التكنيكية لمهارة الطعن في سلاح الشيش وذلك من خلال ادائها منفردة وادائها من التقدم

دراسة النشاط العضلى لبعض العضلات المختارة اثناء اداء مهارة الطعن خلال ادائها من االتقدم

طرق واجراءات البحث

قامت الباحثة باستخدام المنهج الوصفىكما قامت باختيار العينة بالطريقة العمدية من لاعبى ا لمنتخب القومى للسلاح وعددهم

ثلاث لاعيبين.

قامت باستخدام التصوير السينيمائى و تحليل الافلام و استخراج البيانات

نتيجة البحث

استغرق اداء المهارة ث1.02

تشابهة منحنى كمية الحركة الخطية مع منحنى السرعة المحصلة فى نفس الوقت

3-اداء المهارة من التقدم يؤدى الى تنبية العضلات للانقباض بمعدلات اعلى منة فى حالة الاداء من الثبات

4- انقباض العضلات استاتيكيا عند بدء الحركة بمقدار اكثر فى المهارة المركبة

5- تعتبر عضلات عظام راحة اليد هى المسؤلة عن مسك السلاح طوال فترة اداء المهارة

2.3.1.4 B Ägyptische Forschung (Übersetzung des Originaltextes)

BAKI ELSAID, T. A.: Eine analytische Untersuchung über die mechanische Ausfallbewegung beim Fechten.

Ziel der Arbeit:

Es werden die technischen Merkmale der Ausfallbewegung beim Fechten bei sowohl Einzelausführung als auch Vorausführung untersucht, außerdem wird die Muskelaktivität für die ausgewählten Muskeln während des Ausfalles beim Fechten bei sowohl Einzelausführung als auch Vorausführung untersucht.

Methode und Verfahren:

Es wurde die deskriptive Methode. Die drei Probanden waren Fechter der ägyptischen Nationalmannschaft. Die Untersuchung wurde mittels Kinematographie und EMG durchgeführt.

Ergebnisse:

1) Die Bewegungsausführung dauerte 1.02 Sekunden.
2) Die Kurve der Translationsgrößen ähnelte den Kurven der gesamten Geschwindigkeit.
3) Die vorgehende Ausführung bei der Ausfallbewegung aktivierte die Muskulatur besser und mehr als die statische Position.
4) Die statische Anspannung der Muskulatur am Anfang der Ausführung ist höher als bei der Komponenten-Ausführung.
5) Die Muskulatur der bewaffneten Hand übernimmt den Waffengriff im Laufe der Ausführung.

2.3.1.5 A Ägyptische Forschung (Originaltext)

محمد سليمان حسين

عنوان البحث

الخصائص الكينيبيما تيكية لطريقة اداء الرد بمهارة القاطعة في ا لظهر للاعبى سلاح الشيش

هدف البحث

التعرف على الخصائص الكينيماتيكية لمهارة المهارة الرد بالقاطعة فى الظهر للاعبى سلاح الشيش

طرق واجراءات البحث

1. استخدم الباحث المنهج الوصفى

2. ثم اختيار العينة من لاعبى الفريق القومى المصرى لسلاح الشيش وكان قوامها لاعب دولى واحد وقد بلغ عدد المحاولات عشرة محاولات ثم اختيار احسن خمس محاولات من الناحية القانونية والفنية ومن حيث صلاحيتها للتصوير.

النتائج

1.تم اداء المهارة فى فترة زمنية0 6. 0 **ثانية** استغرق الجزء الرئيسى ا لرد بالقاطعة0.14 **ثانية**

2. مقدمة السلاح الذبابة هى اسرع جزء عند اداء المهارة حيث بلغت سرعتها 1.16 م\ث خلال المرحلة الرئيسية

3. انخفاض محصلة ازاحة مركز ثقل الجسم خلال المرحلة الرئيسية اثناء اللمسة على المستوى الافقى1.53 سم .1.46 سم بينما ظلت ثابتة على المستوى الراسى 1.02سم .بينما تناقضت خلال المرحلة الرجوعية حيث بلغت .1.53سم- 1.46

4. زيادة سرعة مركز ثقل الجسم خلال المرحلة التمهيدية الدفاع حيث بلغت 0.42.51 سم\ث بعد ان كانت صفر

5. تناقص سرعة مركز ثقل الجسم خلال اجزاء اللمسة فى نهاية المرحلة الرئيسية حيث بلغت بعد ان كانت بينما زادت على المحور الافقى حيث بلغت بعد ان كانت

6. هناك علاقة عكسية بين زاوية مفصل الكتف فبينما زادت قيمة زاوية الكتف مع نهاية المرحلة التمهيدية تناقصت زاوية المرفق والرسغ والحوض والركبة ورسع القدم فى نفس المرحلة

7. هناك علاقة تزايدية بين زاوية الكتف وزاوية المرفق والرسغ .الحوض. وزاوية الركبة الامامية وزاوية رذغ القدم الامامية في نهاية المرحلة الاساسية.

2.3.1.6 B Ägyptische Forschung (Übersetzung des Originaltextes)

HUSSEIN, M. S.: Das kinematische Charakteristikum für die Ausführungsmethode des Antwortangriffes (Riposte) des rückseitigen Coupés beim Fechten.

Ziel der Arbeit:

Ein Versuch, das kinematische Charakteristikum des Antwortangriffes (Riposte)des rückseitigen Coupés beim Fechten zu beschreiben.

Methode und Verfahren:

Für diese Studie wurde die deskriptive Methode angewandt. Der Probanden kam aus der ägyptischen Nationalmannschaft. Er führte er zehn Versuche aus, danach wurden die besten fünf Versuche in Bezug auf Regeln, Technik und die Ausführungsqualität ausgewählt.

Diese Untersuchung wurde mit dem Programm ELITE 55 durchgeführt und die Daten damit ausgewertet.

ELITE 55:

1996 wurde dieses Programm als erste einzige neue Methode in Ägypten für mechanische Untersuchungen statt der Kinematographie angewendet. Aus diesem Grund hat der Autor es ausgewählt. Außerdem hat dieses Programm mehrere Vorteile gegenüber der alten Methode.

Die Teile des Programms:

1. Es bestand in einem Rechner für die Bearbeitung und war mit einem weiteren Rechner verbunden, auf dem die ELITE 55 Software installiert wurde.
2. Eine Videokamera nahm die Bewegung mit 50Hz (CCD Tvcinnfr. Rad) auf.
3. Es gab auch Kalibrierungsgeräte (Kubus) und das genannte System 8Optoelectronic Analog Signals, um genaue Daten herauszubekommen.
4. Dieses System arbeitete zweidimensional.

5. Dieses Gerät konnte in der Halle oder auf dem Spielfeld eingesetzt werden.
6. Folgenden Variablen wurden mit diesem System berechnet:
    a) Der Weg (Flugbahn)-Geschwindigkeit- Beschleunigung
    b) Die Winkel – Winkelgeschwindigkeit – Winkelbeschleunigung
    c) Der Körperschwerpunkt und die Flugbahn – Geschwindigkeit - Beschleunigung).

Ergebnisse:

1. Die Ausführung dauerte 0,6 Sekunden und die Hauptphase (Antwort mit dem rückseitigen Coupé) 0,14 Sekunden.
2. Die Spitze der Waffe war der schnellste Teil im Laufe der Ausführung (11,64m/s).
3. Während der Hauptphase (Treffer) hat sich die gesamte Verdrängung auf der X-Achse verringert (1.53 m nach 1.46 m) und war umgekehrt auf der Y-Achse, die Verdrängung hat sich stabilisiert (1.02 m), bei der Rückkehrphase nahm die Verdrängung auf beiden Achsen ab (X-Achse von 1.46 m auf 1.44 m, bei der Y-Achse von 1.02,91 m auf 1.02,73m).
4. Die Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes während der Vorbereitungsphase (Abwehr) nahm zu (0.42.51m/s von Null auf der X-Achse und auf der Y-Achse von Null bis 1.16 m/s).
5. Der Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes während der Endhauptphase (Treffer) wurde vermindert. Sie betrug 1,03 m/S nach 1,16 m/s auf der Y-Achse und nahm umgekehrt auf der X-Achse zu (0.57.24 m/s nach 0.42.51m/s).
6. Es wurde eine Beziehung zwischen Schulterwinkel und Ellenbogenwinkel konstatiert. Das bedeutet, dass der Schulterwinkel zunahm und die Winkel von Ellenbogen, Hand, Hüfte, Knie und Sprunggelenk kleiner wurden.
7. Es wurde eine Zunahme der Beziehung in der Hauptphase zwischen Schulterwinkel und Ellenbogen, Hand, Hüfte, Knie und Sprunggelenk festgestellt.

2.3.2 Nichtägyptische Forschung

Darunter fallen Arbeiten, die in Europa oder Deutschland durchgeführt wurden.

HASSAN, S. E./KLAUCK, J.: Kinematische und dynamographische Diagnostik beim Fechten

Ziel:

Beurteilung und Darstellung des Technikstands des Ausfalls mit Hilfe eines kinematischen und dynamographischen Messverfahrens.

Methodik:

Probanden: jugendliche Leistungsfechter
Opto - elektrisches Messverfahren SELSPOT II, 2 KISTLER Kraftmessplatten

Ergebnis:

1. Die Bodenreaktionskräfte beim Ausfall zeigen wesentlich erhöhte Belastungen am Ausfallbein.
2. Geschwindigkeitsverläufe beim Ausfall -> Dokumentation einer sehr guten Reproduzierung der Bewegung.

Schlussfolgerung:

Mit dieser Methode ist eine Diagnose möglich.

COH, M.: Kinematische und dynamische Analyse der Technik der Hürdenüberquerung

Ziel:

Berechnung und Analyse der kinematischen und dynamischen Parameter, die für die Entwicklung einer effizienten Technik der Hürdenüberquerung wichtig sind.

Methodik

Kombination aus
- kinematischer 3D-Analyse und
- Messung der Bodenreaktionskräfte

Probanden: 4 Hürdenläufer der slowenischen Nationalmannschaft, Alter 23,5 ± 5,06 Jahre, Körperhöhe 1,84 m ± 1,53 cm, Gewicht 80,4 kg ± 5,84 kg, mittlere Laufzeit über 110-m-Hürden 14,63 ± 0,59 s.
Ort: Tartanbahn in einem Leichtathletikstadion
Jeder Proband absolvierte 3 Läufe aus dem Startblock mit Überquerung von 5 Hürden
Messung:
3-D Ariel System mit 3 synchronisierten Digitalkameras (SONY DSR-300 PK), Frequenz 50 Hz.
Analysiert wurden der Schritt vor der Hindernisüberquerung, die Hindernisüberquerung und der Schritt nach der Hindernisüberquerung. Messung der Bodenreaktionskräfte während des Abdrucks vor der Hürde und der Landung mit einer KISTLER Kraftmessplatte 9287, Frequenz 200 Hz

Ergebnis:

Effiziente Technik beruht auf folgenden Faktoren:
- Kontaktzeit beim Abdruck vom Boden
- optimales Verhältnis zwischen Brems- u. Vortriebsphase beim Abdruck
- optimales Verhältnis des Abdruckpunktes zur Landung relativ zur Hürde
- Flugzeit
- kurze Bremsphase bei der Landung
- hohe Position des Körperschwerpunktes bei der Landung
- minimale Reduzierung der Horizontalkraft des KSP während der Landung

KLAUCK, J./HASSAN, S.: Geschwindigkeitsmessungen an der Waffe beim fechterischen Ausfall: diagnostische Möglichkeiten und Einzelfallanalysen. Bonn 1993

Ziel:

Geschwindigkeitsmessungen an der Waffe beim fechterischen Ausfallschritt.

Methodik:

Probanden: 7 Fechter (Degen/Florett), 1 Fechterin des ägyptischen Nationalkaders
Alle Probanden fechten seit mindestens 5 Jahren, Alter 15-24 Jahre.
Messung: Ultraschall –Doppler – Messsystem, wobei ein Sender an der Glocke der Waffe in Stoßrichtung befestigt wurde; Stoß in Richtung auf einen Ultraschallempfänger 3 m vom Startpunkt entfernt.
Jeder Proband hatte 3 Versuche.
Messung der Gesamtbewegung und Messung von Teilbewegungen mit nur Arm- oder Beineinsatz, Digitalisierung der Messwerte mit 50 Hz

Ergebnis:

Alle Probanden verfügen über einen hohen Grad der Reproduzierbarkeit der Waffenbewegung im Geschwindigkeitsbereich. Die Körperhaltungen zu Beginn und am Ende der Bewegungen schwankten nicht viel -> hohe Bewegungspräzision.

Schlussfolgerungen:

- Beurteilung der Reproduzierbarkeit der Bewegungen
- Beurteilung der Reproduzierbarkeit von Körperhaltungen
- Athleten sollen durch Diagnose zu einer individuellen Optimierung geführt werden
- Gewinnung absoluter Parameter zur individuellen Einordnung der Sportler
- Aussagen über Bewegungskoordination
- Kontrolle von Bewegungskorrekturen

ZAHRAN, K.: *Computersimulation zur biomechanischen Diagnostik des Gewichthebens. Dissertation. Konstanz 2003*

Ziel der Arbeit:

Etablierung der Computersimulation als Diagnosemethode beim Gewichtheben, damit der Trainer im Laufe der Saison die Technikfehler korrigieren und den Trainingsplan für seine Sportler erstellen kann.

Methode:

1) Die Aufnahmen wurden mit sechs Probanden (jeder Sportler führte sechs Versuche aus) und fünf Videokameras durchgeführt, jede Kamera war auf 1000 Shutter Speed und 50 Halbbilder pro Sekunde eingestellt.
2) Der Kubus wurde vor der Aufnahme als Koordinatensystem mit 18 Punkten aufgenommen.
3) Die Filmaufnahmen wurden mit dem APAS System (Überspielen – Abschneiden und Synchronisieren – Digitalisieren – Transformieren – Format ändern in APA) bearbeitet.
4) Das Modell mit Hanavan- Eigenschaften wurde mit Hilfe der Systeme Human Builder und Solid Dynamcis (SDS) für jeden Sportler mit seiner digitalisierten Datei und seinen anthropometrischen Daten simuliert.
5) Die durch SDS erhaltenen Dateien wurden mit dem Statistica-Programm bearbeitet.

Ergebnisse:

1) Computer Simulation kann als bestimmende Methode für Gewichtheben beim Reißen verwendet werden.
2) Es gibt ein signifikante positive Korrelation (P<0,05) zwischen VHO und VKSPO für VHO, und VKSPU für VKSPU, VHO und KSPFB für KSPFB, VHO und HHFBP für HHFBP, E_musOK und E_musUEX für E_musOK, E_musOK und HG für E_musOK sowie E_mus und HG für E_mus.
3) Es gibt eine signifikante negative Korrelation (P<0.05) zwischen VKSPO und VHU für VHU, VKSPO und VKSPU für VKSPO und KSPFB UND HG für KSPFB.
4) Durch Computersimulation konnte die Effizienz für jeden Probanden berechnet werden.
5) Computersimulation ist eine Methode, die den individuellen Unterschied zwischen verschiedenen Versuchen mit unterschiedlichen Leistungen beurteilen kann.

HASSAN, S./ KLAUCK, J.: Kinematics of lower and upper Extremity Motion during the Fencing Lunge: Resultats and Training Implications. In: RIEHLE, H./VIETEN, M. (Hrsg.): Proceedings I of the XVI International Symposium on Biomechanics in Sports. Konstanz 1998, 149-152

Einleitung:
Der Ausfall beim Fechten gehört zu häufigsten Bewegungen in diesem Sport: ein wesentliches Element wird durch Aktionsgeschwindigkeit repräsentiert, die die Möglichkeit einer Verteidigung oder eines Gegenangriffs durch den Gegner vermeidet oder reduziert. Die Probanden dieser Studie sind die Präsentation und Auswertung des derzeitigen Standes der Ausführung des Ausfalls auf der Basis quantitativer Aspekte, die Daten einer 3-D-Analyse der Bewegungen der oberen und unteren Extremität benutzen.

Methoden und Verfahren:
Testpersonen
In der Untersuchung dienten 4 weibliche Fechter als Testpersonen. Da hier keine statistische Analyse gemacht werden soll, ist die Begrenzung der Anzahl der Probanden gerechtfertigt. Das Alter der Testpersonen lag bei 16-17, die Trainingsjahren reichten von 5 bis zu 9 Jahren.

Versuchsaufbau
Die Testpersonen führten mindestens 8 Versuche beim Ausfall mit maximaler Geschwindigkeit aus. Die Bewegung begann von einem normalen Abstand (individuell gewählt) zu einem Wand-Ziel. Die Kinematik der Bewegungen wurde durch eine Infrarot-Messeinrichtung (SELSPOT II) erhalten, die die Position von 8 LED Markern registrierte, die an den folgenden Punkten der Probanden angebracht waren: Florettblech, Ellenbogen, Schulter, Hüfte, Knie Sprunggelenk, Ferse und Zeh, jede der Fechtseiten des Körpers. Die Messungen erfolgten bei einer Frequenz von 100 Hz. Bei jedem Versuch wurde eine Zeitspanne von 5 s gegeben (entsprechend einer Gesamtsumme von 500 Messungen). Eine Skizze zeigt eine Übersicht des Versuchsaufbaus:

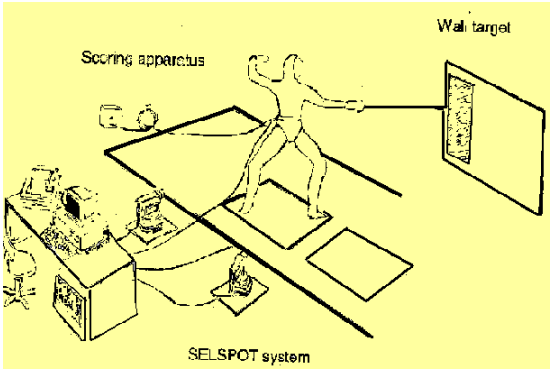


Abb. 2.17: Methode und Verfahren der Untersuchung

Alle gemessenen Parameter (Koordinaten der Marker und des Treffersignals des elektrischen Anzeigegerätes) wurden zur weiteren Evaluation in einen PC eingegeben. Eine Auswahl von Variablen als Teil aller Ergebnisse wurde hinsichtlich der Bedeutung im Fechten getroffen (s. unten die Definition der Parameter).

Die Definition der Parameter:
V1 Maximale horizontale Geschwindigkeit des Floretts (m/s)
V2 Maximale vertikale Geschwindigkeit des Floretts (m/s)
V3 Maximale horizontale Geschwindigkeit der Hüfte (m/s)
V4 Horizontale Florettgeschwindigkeit beim Treffen (m/s)
V5 Vertikale Florettgeschwindigkeit beim Treffen (m/s)
V6 Horizontale Hüftgeschwindigkeit beim Treffen (m/s)
V7 Vertikale Hüftgeschwindigkeit beim Treffen (m/s)
V8 Dauer der Ausfall-Bewegung (s).

Mittelwerte und Standardabweichungen dieser Parameter wurden für jede Testperson berechnet. Neben den oben genannten Hauptparametern wurden die zeitabhängigen Geschwindigkeitskurven aller markierten Körperpunkte berechnet. Zusätzlich wurden einige zeitabhängige Winkel (z.B. der Knie- und Ellenbogen-Gelenke, Winkel zwischen Rumpfachse und Oberarm) auf der Fechtseite konstruiert. Der zeitliche Ablauf aller Parameter diente als wertvolles Instrument, um das Wiederholungs-Level der Ausfall-Bewegung zu beurteilen.

Ergebnisse:

Die Interpretation der Ergebnisse besteht zuerst aus einer Beschreibung des aktuellen Zustands bei der Ausführung des Ausfalls. Nach den oben festgelegten Parametern wurden folgende Ergebnisse gefunden (Tab. 2.1).

Diese Tabelle zeigt den Maximal- (max.) und Mittelwert (x) sowie die Standardabweichung (SD) der Geschwindigkeitsparameter (V1-V7).

Tab. 2.1: Maximum, Mittelwert und Standardabweichung der Geschwindigkeit

Maximal (*max*),Mear (*x*)Value and Standard devilation(*sd*) of the Velocity Parameters (V1-V7)

	JW			RW			MT			SR		
Var*	max.	$\bar{x}$	sd	max	$\bar{x}$	sd	max.	$\bar{x}$	sd	max	$\bar{x}$	sd
V1	3.91	3.71	0.16	3.86	3.65	0.18	3.79	3.43	0.27	3.40	2.92	0.39
V2				1.34	1.28	0.09				0.47	0.43	0.06
V3				2.33	1.84	0.28	2.33	2.15	0.20	2.28	2.10	0.15
V4	3.56	3.34	0.17	3.20	2.99	0.28	3.45	3.01	0.23	2.96	2.50	0.29
V5	1.23	1.04	0.14	1.36	1.31	0.07	1.28	1.18	0.05	0.70	0.54	0.15
V6	1.51	1.42	0.12	1.84	1.69	0.09	2.33	0.26	0.22	2.28	2.13	0.11
V7	-0.92	-0.70	0.20	-0.78	-0.67	0.06	-0.58	-0.42	0.10	-0.54	-0.66	0.10

Betrachtet man die Ergebnisse aus Tab. 2.1, kann festgehalten werden, dass der Wert der Standardabweichung von V1 relativ klein ist, verglichen mit dem Mittelwert. In allen Fällen zeigen die horizontalen Geschwindigkeiten von Florett und Hüfte eine kleine Verminderung der maximalen Werte. Die Winkel des Vektors der Florettgeschwindigkeit bezüglich auf die horizontale Richtung zeigen keine großen Unterschiede zwischen dem Zeitpunkt bei maximaler Geschwindigkeit und dem Zeitpunkt des Treffens des Ziels, die absoluten Werte reichten von 8 bis 20 Grad und variierten individuell.

Eine Interpretation die Ergebnisse aus dem Blickwinkel des Trainers kann folgendermaßen aussehen:

- Für alle Testpersonen konnte eine ähnliche Kurvenform festgestellt werden, der Zeitpunkt des Treffens des Ziels liegt sehr nahe bei den Geschwindigkeitsmaxima (bis zu 0.1 s) - dieses Ergebnis stimmt überein mit der Meinung von CIVRNY (1982, 81).
- Die Testpersonen M.T. und S.R. führen ein reguläres Schema der Ausfallbewegung aus, beginnend mit dem Strecken des Fechtarms gefolgt von der Handlung der unteren Extremität, entsprechend den Regeln der FIE. Hier sieht man die gute Koordination zwischen Arm- und Beinaktion, wie sie KERSTENHAHN beschrieb (1967, 99).
- Die Testpersonen J.W. und R.W. zeigen eine andere Koordination der Bewegungen der oberen und unteren Extremität: in diesen Fällen wird die untere Extremität offensichtlich zuerst aktiviert, die Armaktion wird später ausgeführt.

Schlussfolgerungen:

Der Gebrauch der Messergebnisse als Teil einer Art Diagnose des Ausfalls hat vielleicht folgende Implikationen:

- objektive Kontrolle beim Korrigieren der Bewegung
- Einschätzen des Übungsgrades durch Evaluation der Bewegung
- Reproduktion
- Möglichkeit der Klassifizierung des individuellen Fechters durch den Gebrauch absoluter Werte
- Gewinn von Messungen von Koordinations-Parametern durch Kombination verschiedener Daten.

BUCHMANN, R.: Beitrag der Biomechanik zur Optimierung der sportlichen Technik. In: NICKEL, H., S. 10-17, 1980

Die Biomechanik soll auf verschiedene Weise zur Optimierung sportlicher Zielgrößen (Leistung) beizutragen. Sie entwickelt Modelle, die Aussagen über den optimalen Ablauf der betreffenden Bewegung liefern. Sie liefert Beiträge zur Optimierung, wo die zu optimierenden Parameter biomechanisch erfasst und dargestellt werden können. Sie bestimmt die Ausprägung von kinematischen und dynamischen Einzelparametern (z.B. Wegkurven, Impulskurven). Sie trägt zur Nutzung der biomechanischen Möglichkeiten des Bewegungsapparates bei. Sie entwickelt sporttechnische Lösungsvarianten auf der Grundlage sich verändernder motorischer Fähigkeiten. Sie passt Sportgeräte an technische Lösungsvarianten an (Stabhochsprungstäbe, Rennräder, Boote etc.); sie passt sporttechnisches Verhalten an veränderte Wettkampfbedingungen an (z.B. Starttechnik, Schläge im Boxsport, Abflugwinkel aerodynamisch anfälliger Wurfgeräte). Die Biomechanik transformiert als grundlegenden Schritt den komplexen Bewegungsvorgang auf mechanische Vorgänge unter Beachtung der biologischen und äußeren Bedingungen. Die sporttechnischen Optimierungsergebnisse wirken praktisch als Grundlage des Techniktrainings.

KLAUCK, J./HASSAN, S.: Alter und Bewegungsgeschwindigkeit: Komparative Analyse des fecht-spezifischen Ausfalls von Seniorenfechtern und jugendlichen Fechtern. In: MECHLING, H.: Training im Altersport. Sportliche Leistungsfähigkeit und Fitness im Alternsprozess. Symposiumsbericht - Universität Bonn 22. bis 24. Mai 1997. Schorndorf, Hofmann 1998, 131-134

Ziel:

Die Aufgabe dieser Studie bestand darin, anhand objektiver Daten einen Einblick zu gewinnen, inwieweit die Bewegungsausführung in einer gerade durch schnelle Aktionen gekennzeichneten Sportart (Fechten) in einem höheren Lebensalter im Vergleich zu anderen Altersstufen tendenziellen Änderungen unterliegt. Als exemplarische Bewegung wird der fechterische Ausfall herangezogen, der zu den am häufigsten verwendeten Bewegungen beim Angriff gehört, innerhalb eines gewissen Rahmens standardisierbar ist und im Training intensiv geschult wird.

Methode:

Probanden: 6 Probanden aus 3 verschiedenen Leistungs- und Altergruppen (Senioren, A-Jugend, B-Jugend).
Messgröße: Geschwindigkeit der Waffe (Florett) in Stoßrichtung
Messverfahren: akustischer Doppler-Effekt bei der Annäherung der Waffe an das Stoßziel: an der Waffe war ein Ultraschall-Sender, dessen Signal durch die Bewegung von einem Empfänger am Stoßziel registriert wurde und als geschwindigkeitsproportionales Signal in einem PC verarbeitet wurde.
Messung des Ausfalls als Gesamtbewegung und als Arm- und Beinbewegung.
Auswertung der maximalen Geschwindigkeit der Waffe und der Zeit vom Bewegungsbeginn bis zum Erreichen des Maximums.

Ergebnisse:

Die Ergebnisse der Untersuchung weisen eine gewisse Parallelität aller ermittelten Kennziffern zwischen der Senioren-Gruppe und der Gruppe aus dem Kreis der B-Jugend/Schüler auf. Demgegenüber finden sich in fast allen Daten "bessere" Werte in der

Gruppe der Aktiven/A-Jugend, was für den vermuteten höheren Leistungsstand dieser Gruppe spricht. Der Unterschied muskulärer Fähigkeiten in der Seniorengruppe und der Gruppe der Aktiven/A-Jugend dokumentiert sich sowohl im Geschwindigkeits- als auch im Zeitbereich der Messwerte: Hier ist für die Seniorengruppe eine gewisse Abnahme der Geschwindigkeiten und eine Zunahme der Anstiegszeiten zu verzeichnen.

SIMONIAN, C./FOX. E. L.: Anwendung der Biomechanik auf den fechterischen Ausfall. In: NELSON, R. C./MOREHOUSE, C. A.: Biomechanics IV. London 1974, 306-309

Ziel:

Nach Erlernen einer modifizierten Bewegungsausführung für den fechterischen Ausfall wurde die Ausfalldistanz einer Gruppe von Fechtern gemessen und mit den Ergebnissen einer Kontrollgruppe mit konventioneller Bewegungsausführung verglichen.

Methode:

Probanden: 20 männliche Studenten, die an fortgeschrittenen Fechtkursen der Ohio State University teilnahmen.
In der 1. Woche wurde die Ausfalldistanz bei konventioneller Bewegungsausführung gemessen und der Mittelwert errechnet.
In der 2. Woche wurde die modifizierte Bewegungsausführung von einer Gruppe erlernt, während die andere weiterhin die konventionelle Ausführung praktizierte.
In der 9. Woche führte jede Gruppe 3 maximale Ausfallschritte des Typs durch, den sie gelernt hatte. Die Distanzen wurden gemessen.

Ergebnisse:

Es ergaben sich bei beiden Gruppen Verbesserungen der Ausfalldistanz durch das Training, jedoch war das Ergebnis der Experimentalgruppe signifikant besser als das der Kontrollgruppe. Es wird jedoch betont, dass ein Einfluss einer Vergrößerung der Ausfalldistanz auf den fechterischen Erfolg noch nicht überprüft wurde.

VIETEN, M./ RIEHLE, H.: Calculation of Metabolic Power in Level Surface Running using the Joint Power Method. In: BARABAS, A. (Hrg.): Proceedings of the XII ISBS Symposium. Budapest 1994, 248-251

Ziel:

Die Bestimmung des physiologischen Energieverbrauchs von Bewegungen während des Laufens.

Methode:

Probanden: 11 Sportstudenten (10 Männer, 1 Frau)
Kameras: 3 High-8 Videokameras (PAL, 50 Hz)
Nachdem ihre anthropometrischen Daten aufgezeichnet waren, wurden die Probanden in zwei Versuchsgruppen aufgeteilt: 7 männliche Versuchspersonen der ersten Gruppe liefen in der Außensportanlage auf der Tartanbahn mit Spikeschuhen. Jeder Proband hatte zwei Versuche: der erste Lauf erfolgte bei einer Geschwindigkeit zwischen 7.8 – 8.9 m/s. Vor dem Aufnahmebeginn mussten die Probanden ihre Höchstgeschwindigkeit bereits erreicht haben. Der zweite Lauf erfolgte bei einer Geschwindigkeit zwischen 4 – 5 m/s. Die zweite Gruppe (3

Studenten, 1 Studentin) lief in der Sporthalle mit normalen Hallenschuhen. Sie liefen zweimal mit ihren persönlichen Bestzeiten (7.7 – 8.8 m/s).
Der dritte Lauf wurde bei einer Geschwindigkeit von 6 m/s und der vierte bei 4 m/s absolviert. Die Videokameras der Außenaufnahmen waren auf Stative montiert und rotierten um die Longitudinalachse. Die Filmaufnahmen in der Sporthalle wurden mit fixierten Kameraorientierungen durchgeführt. Die Digitalisierung der Aufnahmen erfolgte manuell durch ein PEAK PERFORMANCE System. Für die Außenaufnahmen wurden 18 Punkte digitalisiert (Ohren, Schultern, Ellenbogen, Handgelenke, Finger, Hüften, Knie, Knöchel, Zehen), für die Innenaufnahmen 16 (die Finger entfielen).
Die digitalisierten Rohdaten wurden mit dem Butterworth Filter (cutoff-Frequenz 6 Hz) gefiltert. Die Berechnung der 3D-Koordinaten (Methode: DLT – Direct Linear Transformation) erfolgte durch die Verwendung eines Kalibrierungskubus im Programm TP16V. Der Algorithmus des SDS-Programms benutzt inverse Dynamik zur Berechnung aller resultierenden Parameter.

Ergebnis:

Die Ergebnisse wurden in die drei Kategorien Studenten outdoors, Studenten indoors und Studentinnen indoors aufgeteilt. In allen Kategorien (langsames Laufen) wurden die Ergebnisse mit Messungen der Oxygen Intake Methode (HOWLEY et al. 1974) verglichen.
Während des Laufens tragen die Hüftmuskeln und Kniegelenke die meiste Energie bei – mindestens 75 % der gesamten benötigten Energie. Beim langsamen Laufen kommt während der Stützphase eine hohe Energie-Generation vor, wohingegen beim schnellen Laufen sowohl während des Flugs- als auch der Stützphase eine hohe Energie-Generation auftritt. Die großen Unterschiede beim aeroben und anaeroben Laufen liegen möglicherweise daran, dass beim aeroben Laufen die Versuchspersonen, die bei einer Geschwindigkeit unter v_a laufen, sich wie Resonanz-Systeme verhalten, die große Anteile der mechanischen Energie speichern. Demgegenüber scheint sich anaerobes Laufen nicht solch einem Mechanismus anzupassen.

2.3.3 Autoren, Ergebnisse, Methoden der oben genannten Untersuchungen

Tab. 2.2: Zusammenfassung des Forschungsstands

Autoren	Methode	Ergebnisse
METWALY, E.E.	Kinematographie, sieben Versuche	- Zeitdauer des Fortsetzungsangriffs 0,032 s, Neuangriff mit Rückkehr aus dem Ausfall nach vorne 0,60 s, Neuangriff mit Rückkehr aus dem Ausfall nach hinten 0,72 s, Wiederholungsangriff 0,032 s. - Räumliche und Geschwindigkeitskurven in Bezug auf die Zeit für die ausgewählten Körpergelenke und Körperschwerpunkt.
BAKI El SAID, T.	Kinematographie, EMG	- Zeitdauer der Bewegung 1,02 s. - Statische Anspannung der Muskulatur am Anfang ist höher als am Ende. - Die Kurven der Translationsgrößen und Gesamtgeschwindigkeit sind ähnlich - Die vorgehende Ausführung beim Ausfall aktiviert die Muskulatur mehr als die

		statische Position. - Die Muskulatur der bewaffneten Hand übernimmt den Waffenangriff im Laufe der Ausführung.
HUSSEIN, M. S.	Videoaufnahme mit dem Programm ELITE 55, fünf Versuche	- Zeitdauer der Gesamtbewegung 0,06 s, Hauptphase dauert 0,14 s. - Die Spitze der Waffe war der schnellste Teil im Laufe der Ausführung (11,64 m/s) - Geschwindigkeit des Körperschwerpunkts während der Vorbereitungsphase stieg von Null bis 0,42 m/s auf der X-Achse und auf der Y-Achse von Null bis 1,16m/s. - Geschwindigkeit des Körperschwer-punktes während der Endphase sank von 1,16 m/s bis 1,03 m/s auf der Y-Achse und erhöhte sich auf der X-Achse von 0,42 m/s bis 0,57m/s.
HASSAN, S.E./ KLAUCK, J.	Opto-elektrisches Messverfahren SELSPOT II, KISTLER Kraftmessplatte	- Die Bodenreaktionskräfte beim Ausfall zeigen wesentlich erhöhte Belastungen am Ausfallbein. - Geschwindigkeitsverläufe beim Ausfall. Dokumentation einer sehr guten Reproduzierung der Bewegung.
COH, M.	Kombination aus kinematischer Videoaufnahme, 3D-Ariel System mit synchronisierten Digitalkameras (Sony DSR-300 PK) und Messung der Bodenreaktionskräfte mit KISTLER Kraftmessplatte	Effiziente Technik beruht auf folgenden Faktoren: 1 - Kontaktzeit beim Abdruck vom Boden. 2 - Optimales Verhältnis zwischen Brems- u. Vortriebsphase beim Abdruck. 3 - Kurze Bremsphase bei der Landung. 4 - Hohe Position des Körperschwerpunktes bei der Landung. 5 - minimale Reduzierung der Horizontalkraft des KSP während der Landung
KLAUCK, J./ HASSAN, S.E.	Ultraschall und Doppler-Messsystem, wobei Sender an der Glocke der Waffe in Stoßrichtung. Ultraschallempfänger 3m vom Startpunkt entfernt.	- Alle Probanden verfügen über einen hohen Grad der Reproduzierbarkeit der Waffenbewegung im Geschwindigkeits-bereich - Die Körperhaltung zu Beginn und am Ende der Bewegungen schwankte nicht viel; hohe Bewegungspräzision.
HASSAN, S.E./ KLAUCK, J.	SELSPOT II, mit 8 LED-Markern, Messung mit Frequenz 100 Hz	- Ähnliche Kurvenform für alle Probanden: - Wert der Standardabweichung ist verglichen mit dem Mittelwert recht klein. - Die horizontalen Geschwindigkeiten von Florett und Hüfte zeigen immer eine kleine Verminderung der maximalen Werte.

		-Winkel der Florettgeschwindigkeit liegt bei horizontaler Richtung zwischen 8 und 20°.
		- Die Geschwindigkeits-Zeit Kurven des Floretts (obere und untere Extremität) und der Hüfte auf der Waffenseite, die nur den Beitrag der unteren Extremität repräsentiert, zeigten bei allen Testpersonen eine gute Reproduktion der Ausfallbewegung und auch individuelle Charakteristiken der Kurvenform. - Bei allen Probanden wurde ähnliche Kurvenform festgestellt, der Zeitpunkt des Treffens des Ziels lag sehr nahe beim Geschwindigkeitsmaximal. - Die Testpersonen M.T. und S.R. führten ein reguläres Schema der Ausfallbewegung aus, mit dem Strecken des Fechtarms gefolgt von Handlungen der unteren Extremität, entsprechend den Regeln der FIE.
HASSAN, S.E./ KLAUCK, J.	Akustischer Doppler-Effekt bei Annährung der Waffe an das Stoßziel. An der Waffe war ein Ultraschallsender, dessen Signal durch die Bewegung von einem Empfänger, der mit dem PC verbunden war, aufgezeichnet wurde.	- Die Ergebnisse weisen eine gewisse Parallelität aller ermittelten Kennziffern zwischen der Senioren-Gruppe und der Jugend/Schüler-Gruppe auf. - In fast allen Daten waren bessere Werte in der Gruppe der Aktiven/A-Jugend, was für den vermuteten höheren Leistungsstand dieser Gruppe spricht. - Der Unterschied zwischen der A-Gruppe und den Senioren dokumentiert sich sowohl im Geschwindigkeits- als auch im Zeitbereich der Messwerte. - Die Senioren-Gruppe hat eine Abnahme der Geschwindigkeiten und eine Zunahme der Anstiegszeiten zu verzeichnen.
SIMONIAN,C./ FOX. E.L.	- In der ersten und zweiten Woche wurde die Ausfallbewegungsdistanz bei konventioneller Bewegungsausführung gemessen und der Mittelwert errechnet. - in der 9. Woche führte jede Gruppen 3 maximale Ausfallschritte des Typs	- Es ergaben sich bei beiden Gruppen Verbesserungen der Ausfalldistanz durch das Training, jedoch war das Ergebnis der Experimentalgruppe signifikant besser als das der Kontrollegruppe. - Es wird jedoch betont, dass ein Einfluss einer Vergrößerung der Ausfalldistanz auf den fechterischen Erfolg noch nicht überprüft wurde.

	durch, und die Distanz wurde gemessen.	
VIETEN, M./ RIEHLE, H.	- Videoaufnahme mit 3 High-8 Kameras (50 Hz) - Die Digitalisierung der Aufnahmen erfolgte manuell durch das PEAK PERFORMANCE SYSTEM. - Die Digitalisierungs-rohdaten wurden mit BUTTERWORTH (Cutoff-Frequenz 6 Hz)gefiltert. - Berechnung der 3D-Koordinaten erfolgte durch die Verwendung eines Kalibrierungskubus im Programm TP16V. - Das SDS-Programm benutzt inverse Dynamik zur Berechnung alle resultierenden Parameter.	- In allen Kategorien (langsames Laufen) wurden die Ergebnisse mit Messungen der Oxygen Intake Methode verglichen. - Während des Laufens tragen die Hüftmuskeln und Kniegelenke die meiste Energie bei mindestens 75 % der gesamten benötigen Energie. - Beim langsamen Laufen kommt während der Stützphase eine hohe Energie-Generation vor, wohingegen beim schnellen Laufen sowohl während der Flug- als auch der Stützphase eine hohe Energie-Generation auftritt. - Es gab große Unterschiede zwischen aerobem und anaerobem Laufen.
ZAHRAN, K.	- Videoaufnahme mit 5 DV-Kameras. - Die Aufnahme wurde mit dem Programm APAS SYSTEM digitalisiert. - Das Modell wurde mit HANAVAN-Eigenschaften und mit Hilfe von HUMAN BUILDER, SOLID DYNAMICS Programm und den anthropometrischen Daten simuliert.	- Computersimulation kann als bestimmende Methode für Gewichtheben beim Reißen verwendet werden. - Durch die Computersimulation konnte die Effizienz für jeden Probanden berechnet werden. - Computersimulation ist eine Methode, die den individuellen Unterschied zwischen verschiedenen Versuchen mit unterschiedlichen Leistungen beurteilten kann.

2.3.4 Zusammenfassung:

Die Literaturbesprechung wurde im Bereich Biomechanik und Fechten diskutiert. Außerdem wurde versucht, beide Fächer miteinander zu verbinden:

Die meiste Literatur, die die Technik des Fechten untersuchte, wie ELDIN METWALLY (1991), ABD ELBAKI ELSAID (1991), HUSSEIN (1998), HASSAN/ KLAUCK (1998a), (1998b), (1998c), (1993), Simonian/Fox (1974), beschäftigte sich mit der Analyse des Ausfalls (HASSAN 1999a) und der Kraftfähigkeit der Muskulatur (HASSAN 1999b).

In der oben genannten Literatur wurden mehrere Methoden und Geräte benutzt, weil es verschiedene Messverfahren und Messsysteme gibt, wie kinematische oder dynamische

Untersuchungen. Die Arbeit von ABD ELBAKI ELSAID (1991a) beschäftigte sich mit Elektromyographie, seine Untersuchung von (1991b) und ELDIN METWALLY (1991) mit Kinematografie, HASSAN/ KLAUCK (1999) führten ihre Untersuchungen mittels dynamometrischer Messverfahren (KISTLER Kraftmessplatte) durch; COH/ HASSAN/ KLAUCK (1993), VIETEN/ RIEHLE (1994a und b) sowie ZAHRAN (2003) benutzten Videoaufnahmen zusammen mit Computerdigitalisierungssoftware.

Es wurde die Muskelenergie von VIETEN/ RIEHLE (1994) und die Beinmuskulatur von HASSAN/ KLAUCK (1999) untersucht. Die meisten Untersuchungen beschäftigten sich mit der Technik des Ausfalls und des Angriffs sowie mit der Geschwindigkeit der Waffe.

Die oben genannte Literatur wurde mit dem Ziel dieser vorliegenden Arbeit und ihrer Hypothesen ausgewählt, beispielsweise ob die Waffengeschwindigkeit den kinematischen Parametern der bewaffneten Arme entsprechen.

In Anlehnung daran, dass es meines Wissens nach keine Arbeiten im Bereich des Fechtens insbesondere über das Coupé gibt, die das Coupé als Angriffsaktion und seine Technik beschreibt, und weil das Coupé mit einer neuen Methode entwickelt wurde und nur von Fechtern mit hohem Leistungsniveau benutzt wird, wurde aus diesem Grunde in der vorliegenden Arbeit das Coupé untersucht, um die kinematischen sowie dynamischen Parameter zu bestimmen, damit die Trainer eine passende Trainingseinheit und Trainingslektion dafür bestimmen, und damit die Fechter die Leistung des Coupés erkennen und beherrschen.

3 Fragestellung, Hypothesen und Ziele

Die kinematische Größe objektiv beschreibbarer Translation der Waffe wird sowohl durch muskuläre Eigenschaften des Athleten im Kraft- und Zeitbereich als auch durch koordinative Fähigkeiten im Einsatz der oberen und unteren Extremität maßgeblich bestimmt.

3.1 Fragestellung

Es werden hier im Folgenden die einzelnen Fragen erläutert.

In Bezug auf die kinematischen Parameter

1. Wie lang dauert die Ausführung der Bewegung?
2. wie viel Phasen enthalten die Bewegung und ihre Dauerzeit?
3. Wie läuft die Bewegung der bewaffneten Arme (Schulter – Ellenbogen – Handgelenk - Hand) während der Ausführung ab?
4. Wo war die Maximum Geschwindigkeit?
5. Welche Körperteile oder Gelenke sind an der Ausführung beteiligt?
6. wie wurde die Geschwindigkeit während des Treffens?
7. Dauert die Bewegung mit Ausfall weniger als mit Sprung nach Vorne?
8. Wie sieht die Geschwindigkeit der bewaffneten Arme während der Ausführung (Schulter – Ellenbogen - Hand)?
9. Welcher Körperteil ist am schnellsten während der Ausführung?

In Bezug auf die dynamischen Parameter

10. Wie groß ist die Muskelenergie während der Ausführung?
11. Ist die Muskelenergie bei der Ausführung mit Ausfall niedriger als mit Vorsprung oder umgekehrt?
12. wie sieht das Drehmoment des Handgelenkes während der Ausführung?

In Bezug auf die Waffe

13. Wie sieht die Flugbahn der Waffe während der Ausführung aus?
14. Wie schnell ist die Waffe während der Ausführung?

In Bezug auf die Ausführung

In welcher Situation kann das Coupé angewandet werden?

3.2 Hypothesen

Diese Untersuchung wurde durchgeführt, um das Coupé zu beschreiben und optimieren. Der vorliegenden Arbeit liegen wegen der oben genannten Fragestellungen die folgenden Hypothesen zugrunde, die überprüft werden sollen. Es ergeben sich folgende Hypothesen:

1. Das Coupé hat zwei Phasen während seiner Ausführung: Die erste Phase ist länger als die zweite Phase während der Ausführung des Coupés.

2. Handgelenk und Hand sind die schnellsten Gelenke während der Ausführung auf der Y-Achse.
3. Schulter und Ellenbogengelenke sind die schnellsten Gelenke während der Ausführung auf der X-Achse.
4. Unterarm, Handgelenk und Hand übernehmen die Ausführung mehr als Ellenbogen und Schultergelenk.
5. Die Ausführung des Coupés dauert länger mit dem Ausfall als mit dem Sprung nach vorne.
6. Es gibt keinen großen Unterschied bei der gebrauchten Energie, wenn die Ausführung mit Ausfall oder mit einem Sprung nach vorne erfolgt.
7. Das Coupé soll vom Angreifer so schnell wie möglich ausgeführt werden.

3.3 Ziele der Arbeit

Das Coupé ist erfolgreich, weil bis heute praktisch keine direkte Abwehrtechnik existiert. In der vorliegenden Literatur gibt es meines Wissens nach keinen Aufsätzen zu diesem Thema. Daher ist das Ziel der vorliegenden Arbeit, eine objektive Analyse des bewaffneten Arms sowie der gebrauchten Energie bei der Ausführung des rückseitigen Coupés durchzuführen. Darüber hinaus werden die kinematischen sowie dynamischen Parameter dieser Technik bestimmt, die das Coupé erfolgreich machen.

Von der mechanischen Ansicht werden Geschwindigkeit, Position, Waffenflugbahnablauf, Waffengeschwindigkeit und Muskelenergie beim Coupé bestimmt, damit die Trainier während des Trainingsplanes oder im Laufe der Trainingssaison die Fehler korrigieren und dadurch die Leistung optimieren können. Aus diesem Grund müssen die Trainer erkennen, wie diese mechanischen Parameter beim Fechten aussehen und wie sie dem Trainingsprozess dienen.

Die vorliegende Untersuchung erläutert die mechanischen Parameter (kinematische und dynamische), damit die Trainer sowohl entsprechende Trainingspläne als auch Trainingslektionen für Fechter und Nachwuchs erstellen können.

3.4 Abgrenzung der Arbeit

In der vorliegenden Arbeit wurde die Technik der neuen Entwicklung des Coupés (rückseitig) beschrieben und bestimmt. Die Untersuchung wurde mit Fechtern des Olympiastützpunktes in Tauberbischofsheim durchgeführt. Nach den Videoaufnahmen wurden sie mit dem APAS System, Human Builder, Solid Dynamics und Statistica 5 bearbeitet. Es wurden sowohl die kinematischen Parameter (Position – Geschwindigkeit) des bewaffneten Armes und der Waffe als auch das Drehmoment des Handgelenks als hauptbeteiligtes Gelenk während der Ausführung und die Muskelenergie für alle Versuche eines jeden Probanden untersucht.

Es sollten bei dieser Arbeit die gesamten angewendeten Kräfte, der Winkel und die Winkelgeschwindigkeit während der Ausführung untersucht werden.
Es sollte ein Vergleich durchgeführt werden, wenn der Fechter das Coupé einmal und dreimal nacheinander ausgeführt hatte, wenn die Bewegung entweder mit einem Schritt nach vorne oder einem Schritt mit folgender Ausfallbewegung nach vorne ausgeführt wurde.

Die oben genannte Variante konnte jedoch nicht durchgeführt werden, weil die Probanden keine Zeit aufgrund ihrer Trainingseinheiten und Wettbewerbe hatten. Zudem war die

Entfernung des Untersuchungsortes (Tauberbischofsheim) zu groß zu Konstanz, wo die Daten ausgewertet wurden, um mehrmals zu den Probanden zu fahren.

4 Methodik

Die biomechanischen Untersuchungen wurden mit Hilfe spezifischer biomechanischer Methoden sowie mit Verfahren durchgeführt, die auch in anderen Wissenschaftsdisziplinen angewendet werden (sportpädagogische, physiologische und medizinische Methoden) (DONSKOI 1975, 153).

Jede biotechnische Untersuchung bestimmt die Arbeitsmethode, weil sie an mechanische Größen gebunden ist, und diese biomechanischen Bestimmungen sind als Skala messbare Eigenschaften des menschlichen Körpers und seiner Bewegung (BAUMANN 1989, 93).

In den vergangenen Jahren wurden die Entwicklungen der mechanischen Messverfahren im Bereich der Biomechanik verfeinert. Nachdem die alten oder primitiven Messverfahren wie Kinematografie angewendet wurden, wurden neue Messverfahren entwickelt. Beispielweise wurden einige Programme und neue Software entwickelt, die Ergebnisse lieferten, welche nachher mit Statistikprogrammen bearbeitet werden. Zu dieser Software zählt z.B. WINANALYSE, ELITE 55, SIMI, APAS System und Solid Dynamics (SDS), wobei die beiden letztgenannten Programme auch von anderen Forschern des Fachbereichs Sportwissenschaft der Universität Konstanz benutzt wurden (ZAHRAN und VIETEN).

Im Bereich der Biomechanik sind grundsätzlich zwei große Gruppe von Methoden vorhanden, die die Analyse der sportlichen Bewegung ermöglichen. Diese zwei Arten von biomechanischen Untersuchungsmethoden sind kinematische und dynamische Methoden (HOCHMUTH 1980, 111).

Die kinematische Untersuchung befasst sich mit der Ortsveränderung des Körpers im Raum und Zeit ohne Berücksichtigung der einwirkenden Kräfte. Daraus können die Zeit und der Weg sowie die Geschwindigkeit und Beschleunigung abgeleitet werden. Die dynamische Untersuchung befasst sich mit den Ursachen für die Bewegung, z.B. den Kräften, die auf den Körper einwirken (WILLIMCZIK/ ROTH 1983, 58).

Kinematische Untersuchungen werden entweder mit Fotoapparaten, Filmtechnik (Kinematografie) oder Fernsehtechnik (Videografie) durchgeführt, dynamische Untersuchungen entweder mit Dynamometrie oder Elektromyografie (BAUMANN 1989, 121, 127). Außerdem können beide Arten mit Videokameras durchgeführt, in Verbindung mit dem Computer alle Daten erfasst, übertragen, gespeichert, analysiert und bearbeitet werden.

Die vorliegende Untersuchung wurde mit den kinematischen und dynamischen Parametern erfasst, und sie wurde mit dem APAS System und Solid Dynamics durchgeführt und bearbeitet.

4.1 Die erste Pilotuntersuchung

Die Aufnahmen wurden am 24.11.2001 in der Gymnastikhalle der Universität Konstanz durchgeführt, danach wurden die anthropometrischen Daten erfasst. Der Proband der Untersuchung wurde von fünf Kameras aufgenommen, die im Halbkreis aufgebaut waren. Alle Kameras wurden auf 1000 Shutter Speed und 50 Hz Halbbilder pro Sekunde eingestellt.

Der Proband hat fünf Versuche ausgeführt, jeder Versuch bestand aus fünf Bewegungen(insgesamt wurden also 25 Bewegungen ausgeführt). Danach wurden die Aufnahmen mit dem APAS-System in vier Schritten bearbeitet (Überspielen, Abschneiden und Synchronisieren, Digitalisieren, Konvertieren als 3D-APA text file). Danach wurden die APA-Files durch SDS und Human Builder bearbeitet und simuliert.

Die Schwierigkeiten der Pilotuntersuchung:

1) Die Position des Probanden gegenüber der Kamera war Sagittalebene (Frontalachse).

2) Die Waffe hat sich im Scheinwerferlicht gespiegelt. Dies wurde erst beim Digitalisieren bemerkt.

3) Einige Kameras konnten die Waffenspitze während der Hauptphase der Bewegung nicht gut aufnehmen.

4) Es gibt einige Gelenke, die nicht aufgenommen werden konnten, weil sie sich umgedreht haben.

4.2 Die zweite Pilotuntersuchung

Die Untersuchung wurde am 15.07.2002 in der Gymnastikhalle der Universität Konstanz durchgeführt. Die Untersuchung wurde mit fünf Kameras durchgeführt, die im Halbkreis um den Probanden aufgestellt waren. Alle Kameras waren auf 1000 Shutter Speed und 50 Hz Halbbilder pro Sekunde eingestellt (s. Abbildung). Der Proband hat fünf Versuche ausgeführt, jeder Versuch bestand aus vier Bewegungen (insgesamt 20). Die Anthropometrie wurde dieses Mal nicht gemessen, weil es der gleiche Proband wie im ersten Pilotprojekt war. Bei dieser Untersuchung wurde um 9.00 Uhr mit den Vorbereitungen begonnen und um 13.00 Uhr damit beendet. Der Fechter wurde zwischen 13.45 Uhr und 14.00 Uhr aufgenommen.

A- Die Bearbeitung:

(1) Die Aufnahmen wurden mit dem APAS System bearbeitet (Einlesen, Abschneiden, Digitalisieren, Konvertieren als 3D-APA text file)

(2) Nachher wurden die APA-files durch Human Builder und Solid Dynamics bearbeitet und simuliert (Animation file – Projekt-Filter – Graphik simulieren).

B- Die Schwierigkeiten der Pilotuntersuchung:

(1) Die linke Hand wurde nicht von den Kameras aufgenommen, weil auf sie kein Marker geklebt war, manche Versuche wurden zweimal (einmal mit 18 Punkten, einmal mit 19 Punkten) digitalisiert, um zu erkennen, ob es damit zu tun hat oder nicht (beispielsweise: Versuch 2,4 wurde mit 18 und 19 Punkten digitalisiert und 1, 3 nur mit 19 Punkten. Aus diesem Grund mussten auch Marker und Gelenke mit beiden (18, 19) Punkten digitalisiert werden.

(2) Die Synchronisierung von Gelenken und Markern waren ungenau synchronisiert.

(3) Am Ende waren die unkalibrierten Projekte (Simulation) besser als die kalibrierten Projekte.

(4) Manche Punkte sind nur von zwei Kameras aufgenommen worden.

(5) Beim Hüftgelenk tauchten auch Probleme auf wegen der Nähe der Punkte zueinander.

4.3 Die Hauptuntersuchung

4.3.1 Ausblick

Diese Untersuchung wurde in der Haupt-Trainingshalle des Olympiastützpunktes in Tauberbischofsheim durchgeführt. Es werden hier die ausgeführten Schritte dargestellt.

Mit fünf Digitalkameras wurden von den Probanden insgesamt 60 Versuche gefilmt (jeder Fechter führte 10 Versuche durch).

1) Die Aufnahmen wurden nach folgender Methode durchgeführt:
2) Die Anthropometrie der Probanden (s. Formular im Anhang) wurde im Olympiastützpunkt gemessen.
3) Die Untersuchung wurde im Fachbereich Sportwissenschaft der Universität Konstanz digitalisiert.
4) Danach wurden alle Versuche mit Human Builder und anschließend mit Solid Dynamics bearbeitet und simuliert, damit die Endergebnisse vorliegen konnten.
5) Zum Schluss wurden die Ergebnisse von Solid Dynamics im Programm Statistica 5.0 weiter bearbeitet.

4.3.2 Probanden

Die Probanden der vorliegenden Arbeit fechten und trainieren im Olympiastützpunkt Tauberbischofsheim, sie zählen dort zum Nachwuchs. Außerdem sind sie Mitglieder der deutschen Nationalmannschaft. Die Probanden sind fortgeschritten und erbrachten Bestleistungen und erreichten fortgeschrittene Plätze auf der Weltrangliste. Deshalb wurden sie für diese Arbeit ausgewählt.

Die Anzahl der Probanden betrug sechs Fechter. Jede Versuchsperson hat ein eigenes Alter, Trainingsalter und Ranglistenplatz, welche im Folgenden dargestellt werden:

Tab. 4.1: Name, Alter, Trainingsalter und Platzierungen bei Meisterschaften aller Probanden

Name	Alter (Jahre)	Trainingsalter (Jahre)	Rangliste (Platz)
Lars	27 Jahre	15 Jahre	Weltmeister 2001. Europa meister 2002. 4. Platz 2003
Tobias	25 Jahre	13 Jahre	6. Platz WM 2003
Michael	22 Jahre	10 Jahre	15. Platz WM 2002
Joseph	17 Jahre	7 Jahre	9. Platz WM 2003
Dominik	17 Jahre	7 Jahre	7. Platz 2003
Boris	18 Jahre	8 Jahre	3. Junioren WM 2003

4.3.3 Vorbereitung des Aufnahmeortes

Die Untersuchung wurde am 8.1.2003 im Haupt-Trainingssaal des Olympiastützpunktes durchgeführt. Es wurden das Bezugssystem, die Kamerastative und Lichtstative aufgebaut. Danach wurden fünf Kameras von Sony und Panasonic mit 50 Hz (Halbbildern) eingestellt und Panasonic DV- Kassetten mit jeweils 60 min Aufnahmekapazität verwendet, wobei alle Kameras auf 1000 Shutter Speed eingestellt waren.

4.3.4 Der Versuchsaufbau

Für die Aufnahme der Untersuchung standen sechs Fechter zur Verfügung. Die Angriffsaktion (Coupé mit Endstoß auf den Rücken) wurde mit fünf Videokameras aufgenommen. Die Aufnahme sollte die Technik mit fünf Videokameras bei 50 Halbbildern pro Sekunde als Kamerageschwindigkeit aufzeichnen, damit bei der Auswertung das dreidimensionale Koordinatensystem mit der X-, Y- und Z-Achse dargestellt werden konnte (wie oben erwähnt, dass jeder Punkt mindestens von zwei Kameras angezeigt wird). Danach stand der Fechter in der Mitte, die Kameras wurden rund um den Fechter aufgestellt (zwei Kameras auf die rechte Seite und zwei Kamera auf die linke Seite sowie eine von hinten, damit die Bewegung jeweils von drei Kameras erfasst wurde).

Der Abstand zwischen den Kameras betrug ca. drei bis fünf Meter. Die rechten und linken Kameras waren von der Position des Fechters (wo er die Bewegung ausführte) fünf Meter entfernt, die hintere Kamera war vom Fechter ca. fünf bis sieben Meter entfernt. Außerdem war der Standort des Fechters gleichmäßig durch jeweils einen Halogenstrahler neben den Kameras ausgeleuchtet.

Kameraposition

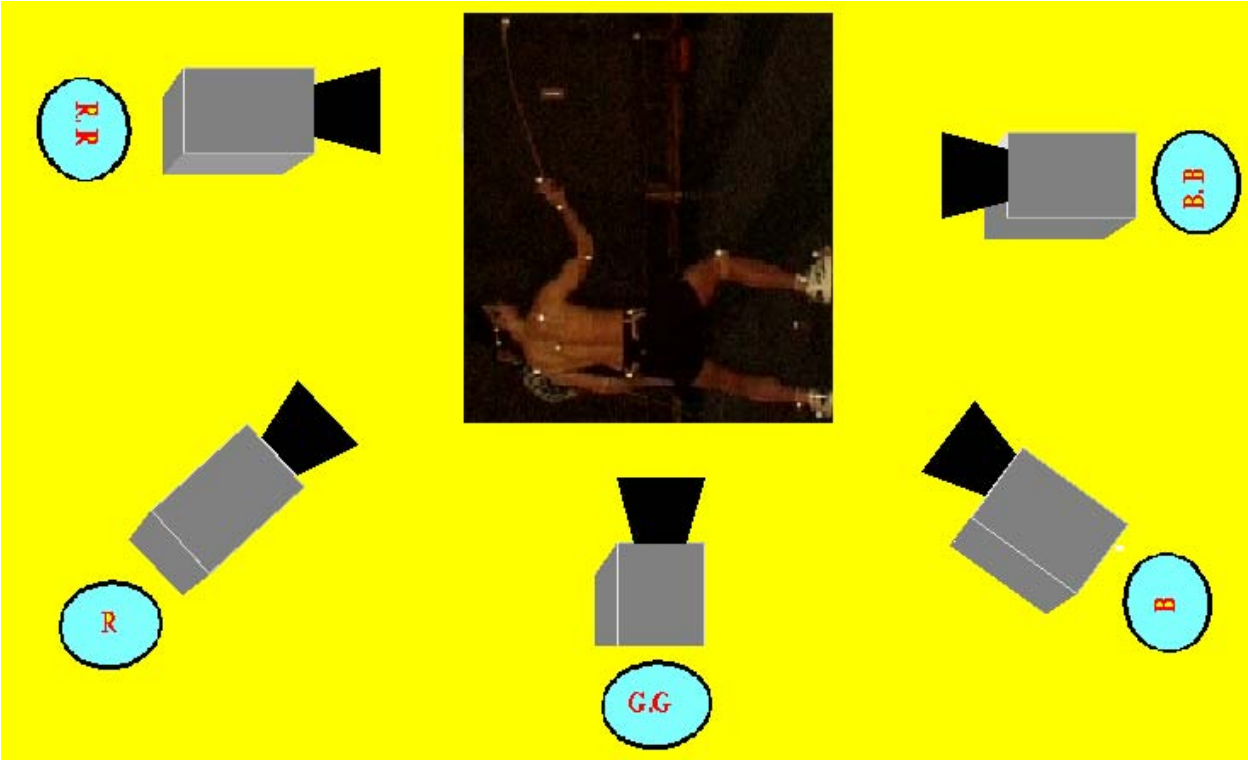


Abb. 4.1: Kameraansicht aus der Richtung der Kameras B und BB gesehen

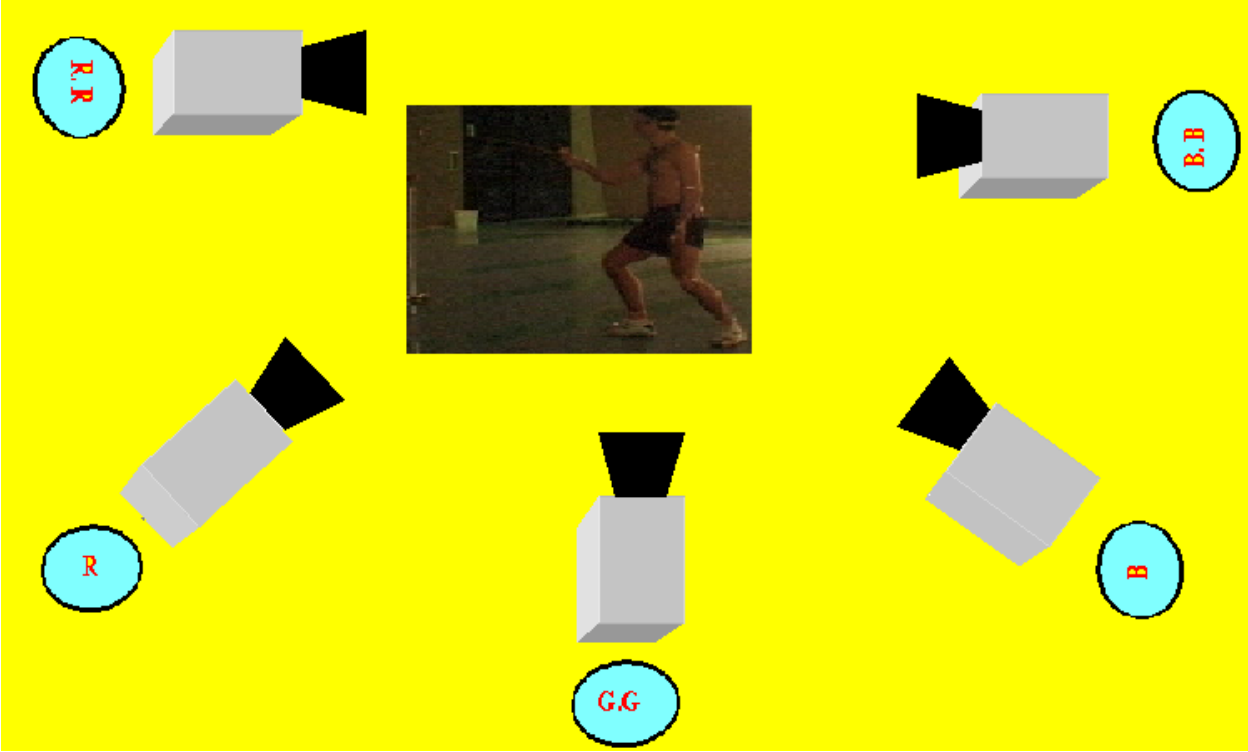
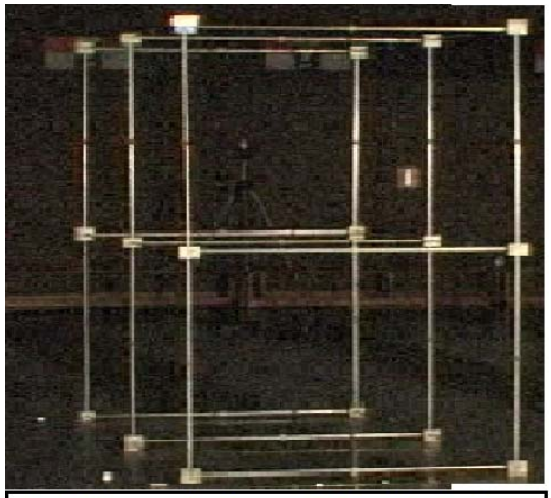


Abb. 4.2: Kameraansicht aus der Richtung der Kamera R gesehen

Danach wurde der Kubus (ein 1 x 2 x 1 m großer Quader aus Aluminiumstäben, mit 18 Punkten) von allen Kameras aufgenommen, damit der Kubus nachher bei der Digitalisierungsphase als Bezugspunkt für die Koordinatenachsen dient.

Der Kubus von der Kamera R .R Ansicht Position



Der Kubus von der Kamera B.B Ansicht Position

Abb. 4.3: Kubus von den Kamerapositionen RR und BB aus gesehen

Es gab drei reflektierende Kugeln auf dem Boden als Bezugspunkte, sie wurden darauf geklebt, damit die Software des APAS Systems in der Digitalisierungsphase erkennt, wo die Aufnahme durchgeführt wurde (Besonderheit der APAS Software). Anschließend begann der erste Proband mit der ersten Versuchsausführung. Während der Aufnahme dienten zwei Leuchtdioden als Synchronisierungspunkte.

Jeder Versuchsanfang wurde durch eine rote Leuchtdiode im Bildwinkel aller Kameras angezeigt, beim Versuchsende wurde die Diode wieder ausgeschaltet. Diese Ausleuchtung diente bei der Auswertung als so genannter Event dazu, die Bilder aller Kameras zeitlich zu synchronisieren.

Abb. 4.4: Bewegung mit Licht

Dann begann der Proband mit der Bewegungsausführung. Jeder Proband führte die Bewegung zehn Mal aus, insgesamt machten 10 x 6 Fechter 60 Versuche. Jeder Fechter begann auf den Ausführungsaufruf hin mit der Bewegungsausführung. Jeder Proband führte die Bewegung entweder mit Vorschritt, vorne Sprung oder mit Ausfall aus. Der Bewegungsablauf sah folgendermaßen aus: Einnahme der Fechtstellung, Bewegungsausführung bis die Spitze der Waffe getroffen hat, Bewegungsende, Warten bis zum nächsten Ausführungsaufruf. So führte jeder Proband zehn Versuche durch.

Aufgrund technischer Probleme entweder während der Aufnahme oder der Digitalisierungsphase gab es fünf schlechte Versuche, und es wurden nur 55 Versuche für die vorliegende Untersuchung benutzt.

4.3.5 Durchführung der Aufnahmen

Es werden hier die einzelnen Schritte gezeigt:

4.3.5.1 Messen der Anthropometrie

Die Anthropometrie (Größe, Gewicht, Breite des Beckens usw.) wurde bei jedem Fechter gemessen (s. anthropometrisches Formular im Anhang). Für die anthropometrischen Messungen wurden Messgeräte des Fachbereichs Sportwissenschaft der Universität Konstanz benutzt.

4.3.5.2 Vorbereitung der Fechter

Nach der Messung der Anthropometrie wurden die reflektierenden Markerpunkte auf jedem Gelenk des Probanden aufgeklebt, damit sie die von den Kameras ausgehende Strahlung entsprechend dem HANAVAN-Modell reflektieren.

Abb. 4.5: Markerpunkte am Probanden

Tab. 4.2: Position der Marker

Hinter dem rechten Ohr	Hinter dem linken Ohr
Rechtes Schultergelenk	Linkes Schultergelenk
Rechtes Ellenbogengelenk	Linkes Ellenbogengelenk
Rechtes Handgelenk	Linkes Handgelenk
Rechte Hand (Glocke der Waffe)	Linke Hand
Rechtes Hüftgelenk	Linkes Hüftgelenk
Rechtes Kniegelenk	Linkes Kniegelenk
Rechtes Sprunggelenk	Linkes Sprunggelenk
Rechte Fußspitze	Linke Fußspitze
Mitte des Oberkörpers (Sternum)	
Spitze der Waffe	

4.3.5.3 Durchführung der Aufnahmen

Zuerst wurde der Kubus mit fünf Kameras als Koordinatensystem mit 18 Punkten aufgenommen. Es gab auf dem Boden drei Bezugspunkte (Reflektoren) an der Stelle, wo der Kubus aufgenommen wurde und der Fechter stand, damit die Software (APAS System) beim Digitalisieren den Aufnahmeort erkennen kann.
Anschließend begann der Proband mit der Versuchsausführung. Im Laufe der Aufnahme wurden zwei Leuchtsignale als Synchronisierungspunkte benutzt. Die Coupétechnik wurde von fünf Digitalkameras aufgenommen, die Geschwindigkeit der Kameras betrug 50 Halbbilder pro Sekunde, damit sie die Dreidimensionalität des Koordinatensystems erfassen konnten.

Neben jeder Kamera stand zur gleichmäßigen Ausleuchtung der Versuche jeweils ein Halogenstrahler. Zuerst wurde von allen 5 Kameras der Kubus (Bezugssystem) aufgenommen. Dieser Kubus gab später die Orientierung für die Koordinatenachsen bei der Digitalisierung vor.

4.3.6 Die Ausrüstung und Messverfahren

Es wurden fünf Digitalkameras (DCR-VX1000 E) benutzt, um das Experiment aufzunehmen. Die fünf Kameras wurden auf Stative geschraubt. Die Entfernung zwischen der Kamera und dem Probanden betrug 8 bis 10 m, die Kamerahöhe wurde im mittleren Niveau der Bewegung eingestellt. Der Winkel zwischen den Kameras und dem Boden betrug 90°. Die Geschwindigkeit der Kameras betrug 50 Halbbilder/s.

Die Dateien wurden mit APAS bearbeitet und in APA-Files umgewandelt, damit die Dateien in Human Builder gelesen und simuliert werden konnten. Dann wurden mit Hilfe des SDS-Programmes die beschreibenden biomechanischen Variablen dieser Arbeit bestimmt.

Nach der Aufnahme der Untersuchung wurden die Filme auf dem Computer eingelesen und mit APAS in folgenden Schritten weiter bearbeitet.

Arbeitsschritte:

(1) Aufnahme auf der Tapes
(2) Einlesen – Abschneiden – Digitalisieren – Transfer (im PC)
(3) Animation File und Projekt erstellen (Modell erstellen)
(4) Simulieren der Bewegung und Bestimmen der Ergebnisse (mechanische Variablen)

Programme:

(1) Ariel Dynamics Performance
(2) Human Builder
(3) Sold Dynamics System (SDS)

4.3.6.1 Messsystem und Messverfahren

4.3.6.1.1 Verarbeitung der Aufnahmen im Computer

In der letzten Zeit wurde zahlreiche Software und Hardware entwickelt, die der Bewegungsanalyse und Biomechanik dienen. Es gibt verschiedene Software wie WINANALYSE, SIMI und ELITE 55. Die neuste im Handel erhältliche Software ist das *Ariel Performance Analysis System* (APAS). Diese Software wurde von verschiedenen Wissenschaftlern verwendet (ZAHRAN 2003, VIETEN 2002, BÖTTCHER/ DEUTSCHER) und liefert genauere Ergebnisse als andere Programme. Außerdem wurde diese Software im Fachbereich Sportwissenschaft der Universität Konstanz benutzt. Aus diesen Gründen wurde das APAS System in der vorliegenden Arbeit verwendet.

Diese Software wurde im Fachbereich Sportwissenschaft der Universität Konstanz zusammen mit anderer Simulationssoftware (Human Builder, Solid Dynamics) eingesetzt. Die durch die APAS Software gewonnenen Daten wurden mit den anthropometrischen Daten durch Human Builder bearbeitet und durch Solid Dynamics simuliert. Es wird hier die Reihenfolge der durchgeführten Schritte beschrieben.

1. Digitalisierungsphase mit dem APAS System

Dieser Phase enthalten fünf Schritte:

1- Einlesen der Aufnahmen der Videotapes in den Computer und Überspielen und Speichern
2- Synchronisieren und Abschneiden der Aufnahmen
3- Digitalisierungsphase
4- Transformieren der Daten als 3D-Daten
5- Konvertierung der Daten vom Textformat in APAS-Format.

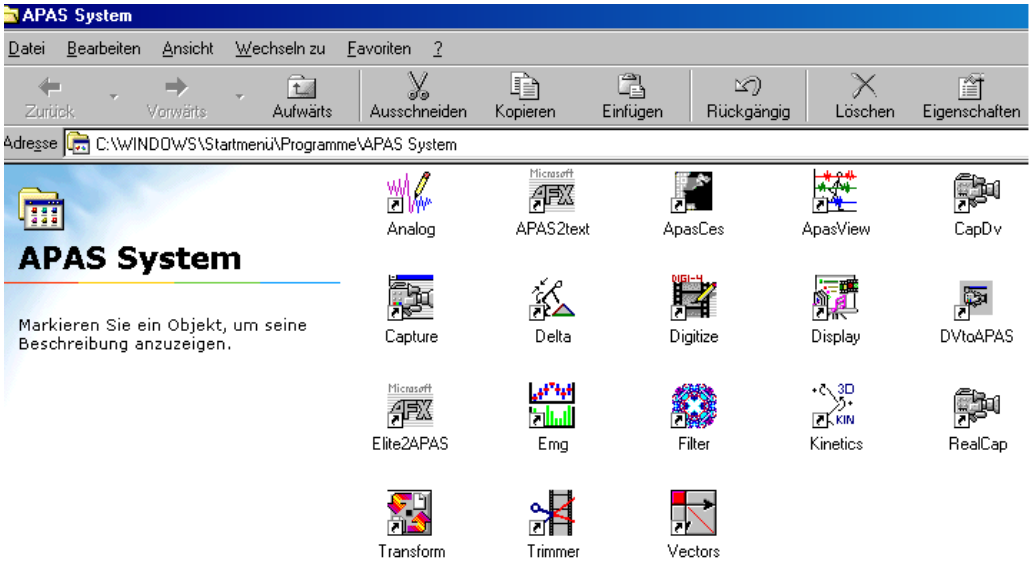


Abb. 4.6: Alle Module des APAS- Systems Programm 2001

1. Einlesen und Überspielen der Videoaufnahmen auf den PC:
Nach ZAHRAN (2003) sollen in dieser Phase einige Voraussetzungen beachtet werden: *„welche Video-Capture-Karte sich im Computer befindet, damit die Überspielung als DV-Capture oder Analog-Capture erfolgt. In der vorliegenden Arbeit wurde die AVI Master 2000 analog Karte verwendet. Der Film wurde im PAL-System auf den Computer überspielt. Bei jeder Aufnahme müssen die Eigenschaften der Capture-Karte reguliert werden“.* Anschließend kann mit dem Überspielen auf den Computer begonnen werden.

1- Die Kamera wurde zuerst am Computer mit besonderen Kabeln angeschlossen. Danach wurde der Bewegungsanfang auf dem Videotape bestimmt.
2- Es wurde ein neues Fenster darunter mit einer neuen Datei geöffnet.

   Am Anfang der Bewegung wurde das Symbol GO angeklickt. Am Ende der Bewegung wurde das Symbol STOP angeklickt. Hier wurde mit dem Überspielen der Aufnahme auf den PC begonnen.

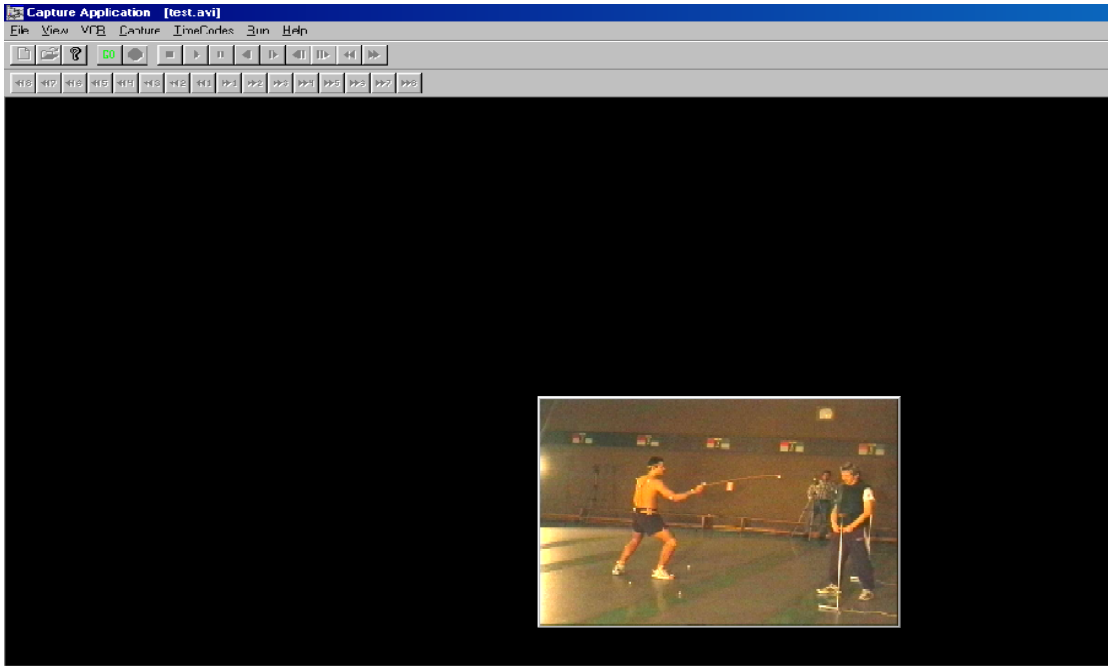


Abb. 4.7: Einlesen der Kamera aus der Ansicht von Kamera B

3- Nachdem die Ausführung der Bewegung beendet war, wurde OK angeklickt. Waren alle Bilder komplett, wurde die Aufnahme abgespeichert. Damit war diese Phase beendet. Gab es einige übersprungene Bilder, mussten alle Schritte noch mal wiederholt werden.

4- Die oben genannten Schritte wurden auch mit den Videoaufnahmen der anderen Kameras wiederholt, damit die Aufnahmen der Bewegung von allen Kameras auf den PC überspielt wurden.

5- Diese oben genannten Schritte wurden auch mit der Kubusaufnahme für alle Kameras durchgeführt.

2. Synchronisieren und Abschneiden der Aufnahme:

1- Es wurde die Trimm-Option im APAS System geöffnet und eine neue Datei aufgemacht, darin wurde die AVI für jede Kamera aufgemacht (es können maximal vier AVI-Kameras in einem Fenster geöffnet werden).

2- Es wurde das Synchronisierungsbild gesucht, auf dem die Leuchtdioden angemacht wurden, danach wurde das Synchronisierunksymbol angeklickt.

3- Die oben beschriebenen Schritte wurden für alle Kameras durchgeführt oder wiederholt. Es müssen die Synchronisierungsbilder bei allen Kameras gleich sein, damit die Anzahl der Bilder gleich ist.

4- War die Synchronisierungsphase beendet, wurde bestimmt, wo die Bewegung begonnen und beendet wurde. Danach wurde mit der Mause wieder auf dem ersten Bild die Anfangsbewegung markiert und das Vorabschneiden (Trimm)-Symbol angeklickt und danach das letzte Bild der Endbewegung markiert und das Hintenabschneiden (Trimm)-Symbol angeklickt.

5- War die Abschneidephase beendet, wurden die Daten abgespeichert.

6- Der oben beschriebene Schritt wurde für alle Kameras wiederholt.

7- Es wurde bei der vorliegenden Arbeit vier Kameras auf einmal bearbeitet.

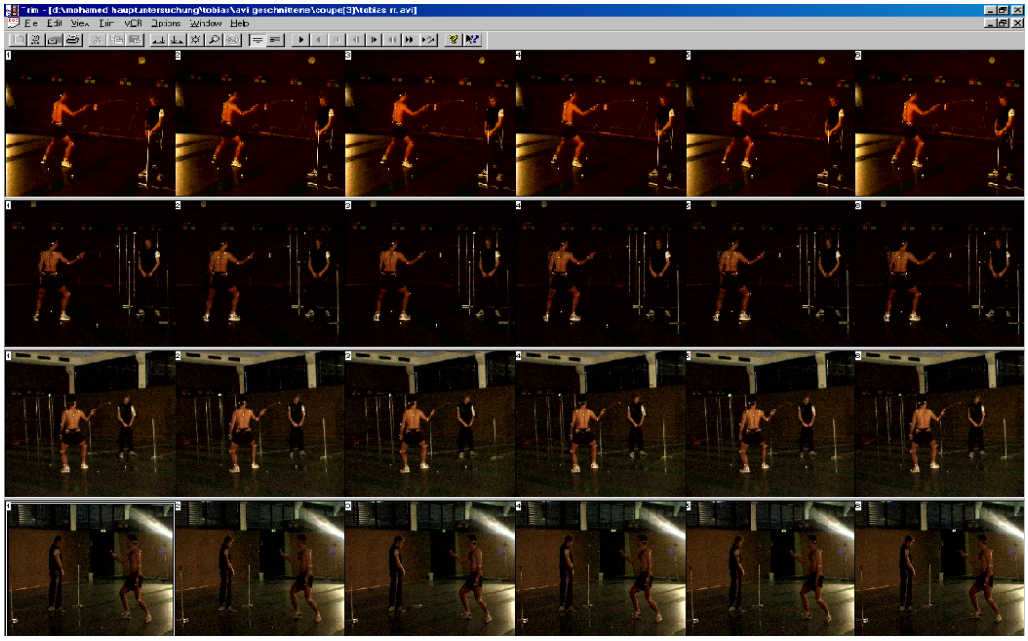


Abb. 4.8: Abschneiden der Kameras auf einem Bild

3. Digitalisierungsphase:

1- Es wurde das Digitalisierungsfenster geöffnet und eine neue Sequenz erstellt, worunter das Dialogfenster eingegeben wurde.

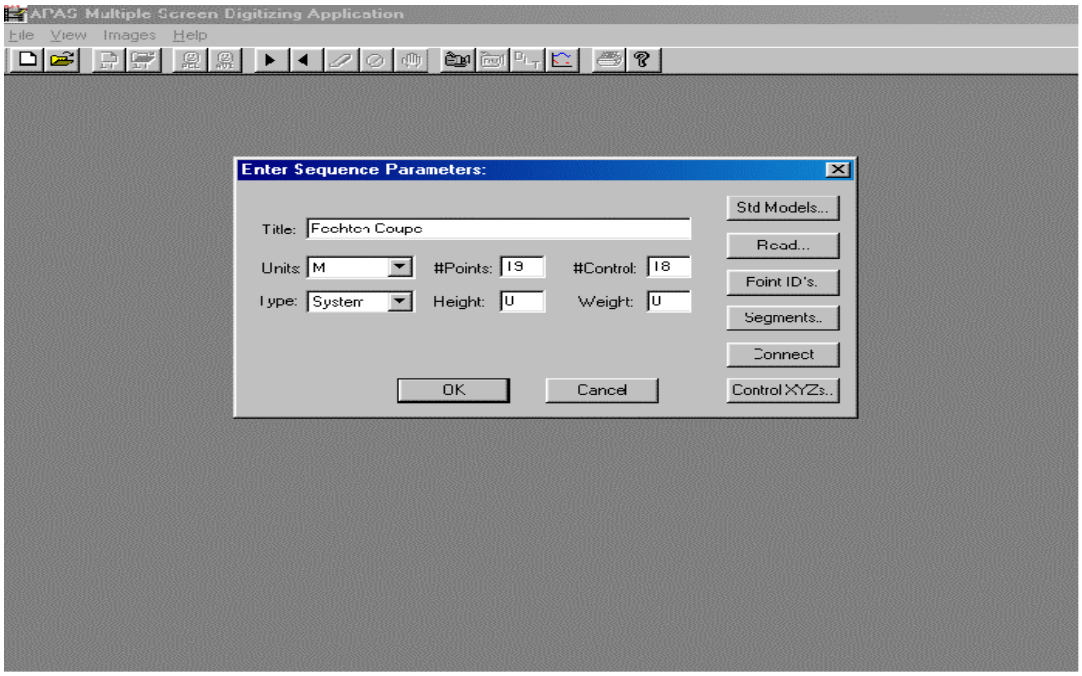


Abb. 4.9: Erstellen der Sequenz-Parameter in der Digitalisierungsphase

2- Es wurde der AVI-File vom Kubus für jede Kamera aufgemacht und digitalisiert, damit die Kontrollpunkte festgelegt werden konnten (es soll darauf geachtet werden, dass bei jeder Kamera der gleiche Anfangspunkt ausgewählt wird).

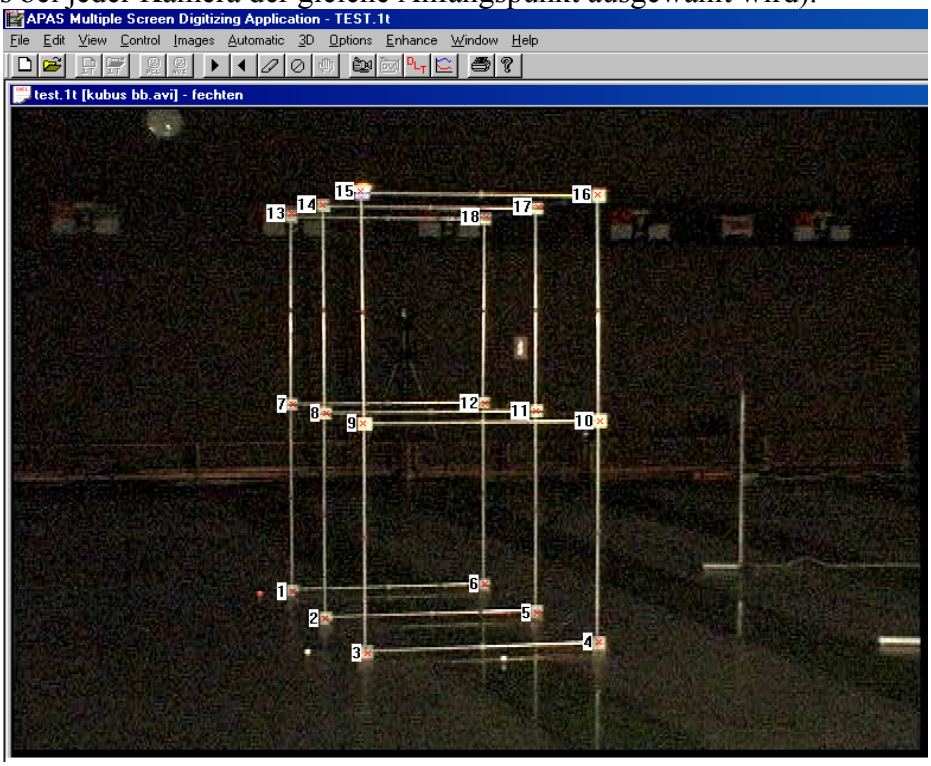


Abb. 4.10: Die Digitalisierung des Kubus (Kontrollpunkte)

3- Anschließend wurden die geschnittenen AVI-Files geöffnet, außerdem sollten bei allen Kameras die unsichtbaren Punkte festgelegt und ausgeschaltet werden, bevor mit dem Digitalisieren begonnen wird.

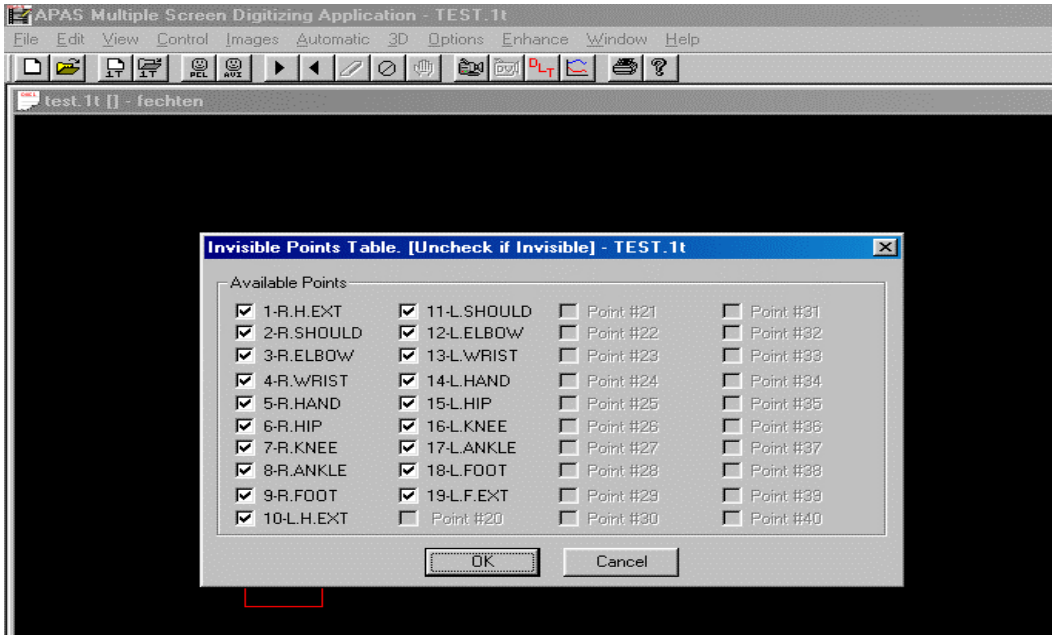
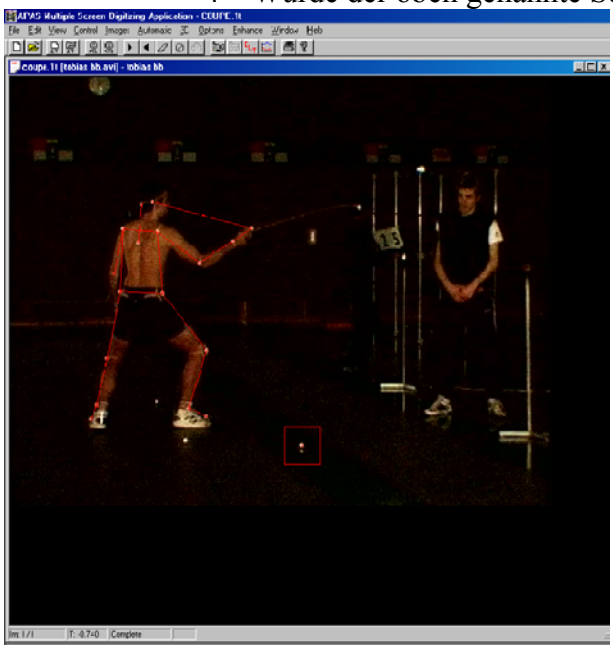


Abb. 4.11: Die sichtbaren und unsichtbaren Punkte

4- Wurde der oben genannte Schritt durchgeführt, wird mit dem Digitalisieren begonnen.



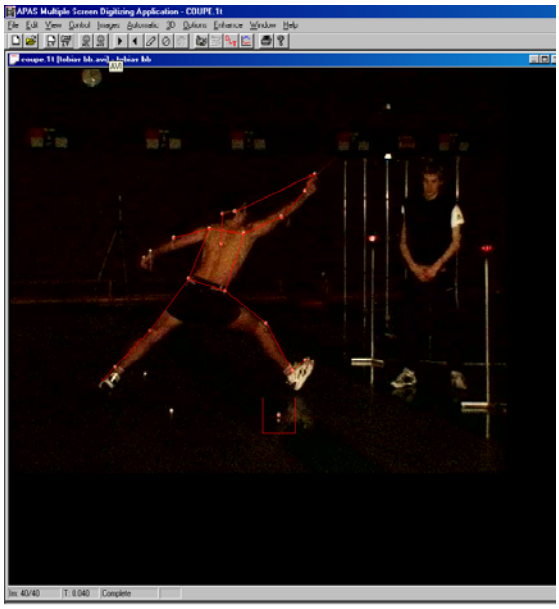


Abb. 4.12: Die Digitalisierungsphase

5- Es muss sichergestellt sein, dass wenn das Programm irgendeinen Punkt entweder nicht erkannte oder falsch erkannte, dieser Punkt vom Programm erkannt wird (nur dieser Punkt wird manuell richtig digitalisiert), damit das Digitalisierungsprogramm weiterläuft.
6- Zum Schluss wird das Programm gespeichert.
7- Die oben beschriebenen Schritte wurden für alle Kameras wiederholt.

4. Transformieren der Daten als 3D-Daten:

In dieser Phase wurden die Digitalisierungsdaten aller Kameras miteinander verrechnet und als dreidimensionale Daten gespeichert.

Es wurde das Transform-Fenster geöffnet und der Sequenz-File aufgemacht, worunter die Digitalisierungsdaten stehen, und das 3D-Symbol angeklickt. Damit ist diese Phase beendet.

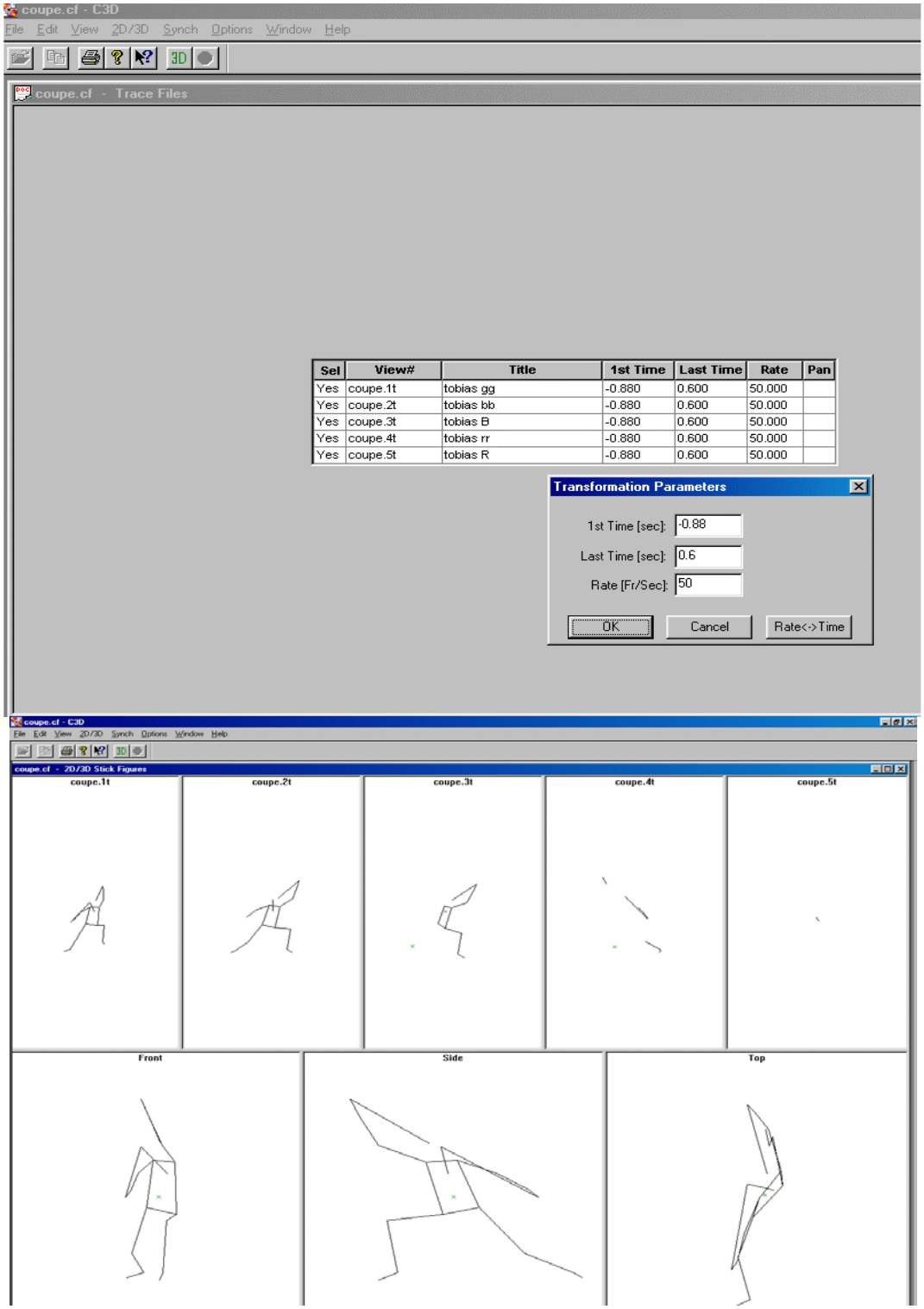


Abb. 4.13: Die Transformationsphase in 3D

5. Konvertierung der Daten vom Textformat in das APAS-Format:
In dieser Phase wurden die 3D-Daten durch Inputs angegeben, die miteinander verrechnet und mit .apa-Extension statt .TXT im Output angegeben wurden. Mit dem Ende dieser Phase wurden die ersten Verarbeitungsschritte der Arbeit durchgeführt.

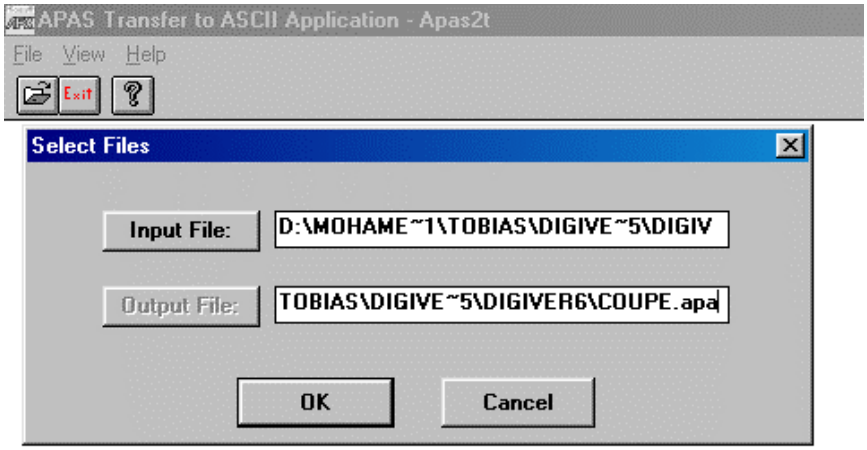


Abb. 4.14: Die Konvertierungsphase vom Textformat zum apa-Format

Nach ZAHRAN (2003) können „die *apa-Dateien … mit der Software „WordPad“ geöffnet und die Daten angeschaut werden. Hat ein Punkt 1,0000 in den drei Koordinaten stehen, heißt das, dass dieser Punkt nicht mit mindestens zwei Kameras digitalisiert wurde. Deswegen muss dieser Punkt noch einmal mit mindestens zwei Kameras digitalisiert werden.“
Anmerkung: Die gesamten oben beschriebenen Schritte 1 bis 5 wurden für jeden Versuch aller sechs Probanden wiederholt.

4.3.6.1.2 Verarbeitung der Digitalisierungsdaten durch Human Builder und SDS

1. Modellerstellung und Simulationsphase:
Es wurde hier mit den Digitalisierungsdaten mittels Human Builder und Solid Dynamics ein biomechanisches Modell erstellt. Im Folgenden werden die dazu nötigen Schritte erläutert:

Human Builder:

Bei diesem Programm handelt es sich um die Verknüpfung zwischen den anthropometrischen Daten der Probanden und der Digitalisierungsdaten (APA-Files) von APAS, um ein Modell zu erstellen, welches mit Hilfe der Programme Solid Dynamics und Hanavan 3D simuliert wird. Das Programm wurde von M. VIETEN (Fachbereich Sportwissenschaft, Universität Konstanz) entwickelt und an der Universität Konstanz sowie anderen Instituten verwendet. Außerdem wurden diese Programme (Human Builder und Solid Dynamics) von verschiedenen Wissenschaftlern benutzt (ZAHRAN 2003, VIETEN 2002, BUCHER 2002). In den nächsten Schritt wird gezeigt, wie in der vorliegenden Arbeit mit diesen Programmen gearbeitet wurde.

Anthropometrische Messung :

Nach ZAHRAN (2003) spielen die anthropometrischen Messungen im Bereich der Biomechanik wie auch in anderen Sportbereichen eine große Rolle, weil sie die Verbindung

zwischen Körperteilen und den Digitalisierungsdaten darstellt und die Bewegungsstruktur anzeigen.

Es wurden in der vorliegenden Untersuchung die anthropometrischen Daten der Körperteile (Segmente) aller Probanden erhoben und anschließend mit dem Animation File unter Projekt Center verbunden, um ein dreidimensionales Modell zu erstellen. Es wurde das von FRITSCH/ PRADO/ VIETEN am Fachbereich Sportwissenschaft der Universität Konstanz im Rahmen eines Seminars entwickelte Messprotokoll benutzt (siehe Anhang).

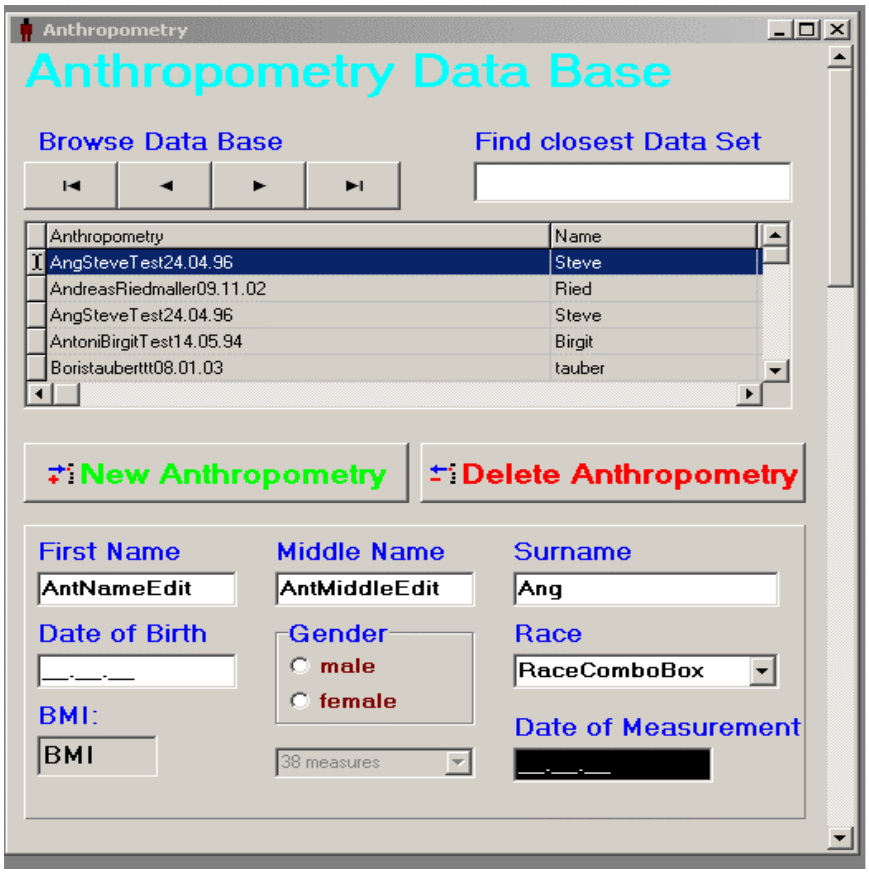


Abb. 4.15: Die Anthropometrie-Phase in Human Builder

Animation File:

Es wurden hier die APA-Files ins Programm Human Builder transportiert, deshalb wurden die neuen Daten als HIF-Files gespeichert. Danach wurde das Digitalisierungsschema ausgewählt (es gibt verschiedene Schemata, die von den aufgeklebten und aufgenommenen Punkten abhängig sind), wo die Digitalisierungspunkte eingegeben werden sollten.

Diese Punkte sollen in ihrer Reihenfolgende den Sequenz Files entsprechen. Bei dieser Untersuchung wurden 18 Punkte für die rechte und linke Körperseite plus Sternum ausgewählt.

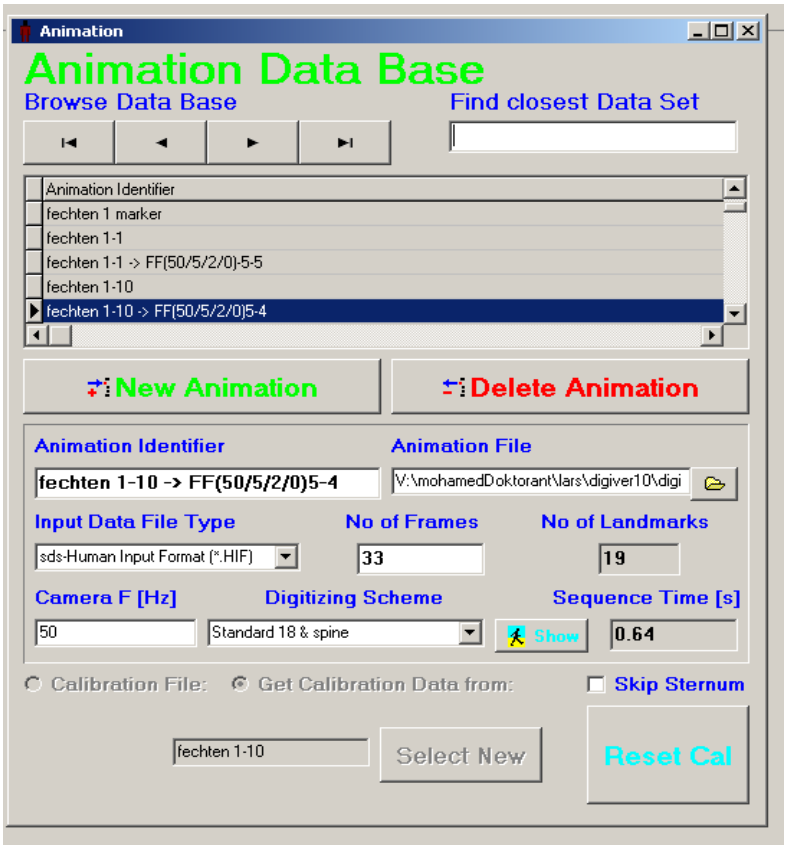


Abb. 4.16: Die Animationsphase in Human Builder

Die oben beschriebenen Schritte wurden mit den Markern der APA-Files und den Gelenken der APA-Files wiederholt. Nachdem alle Daten (Digitalisierungsdaten, Marker und Gelenke) im Animation File eingegeben waren, wurden folgende Schritte durchgeführt:

1- Es wurden zuerst die Marker HIF-File mit den Gelenken HIF-Files kalibriert.
2- Anschließend wurden die Digitalisierungsdaten HIF-Files mit den Markern HIF-Files kalibriert.

Mit diesen letzten Schritten wurde diese Phase beendet. Sie wurde für alle Probanden wiederholt.

Filter:

Nach der Animation Phase wurden in einem nächsten Schritt die Digitalisierungsdaten (Rohdaten)gefiltert, damit das Rauschen der Digitalisierungsphase vermindert wurde. In dieser Phase gibt es mehrere Filteroptionen. Nach ZAHRAN (2003) wurde in dieser Arbeit der FFF Low Pass Filter benutzt, denn er ergibt die besten Ergebnisse. Danach wurden die gefilterten Daten abgespeichert.

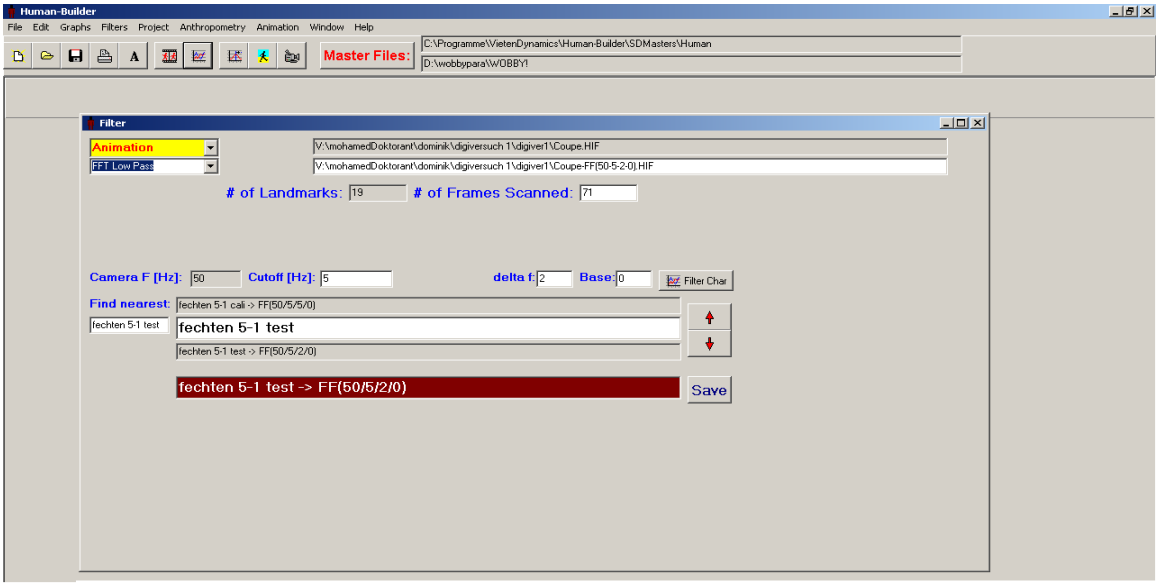


Abb. 4.17: Die erste Filterphase in Human Builder

Graphiken:
Nach der Filter-Phase wurden die Rohdaten und die gefilterten Daten als Kurven dargestellt, um entweder den gesamten Bewegungsablauf oder einen beliebigen Bewegungspunkt vergleichen zu können. In dieser Phase gibt es eine Möglichkeit, das vordere und hintere Rauschen der Bewegung abzuschneiden.

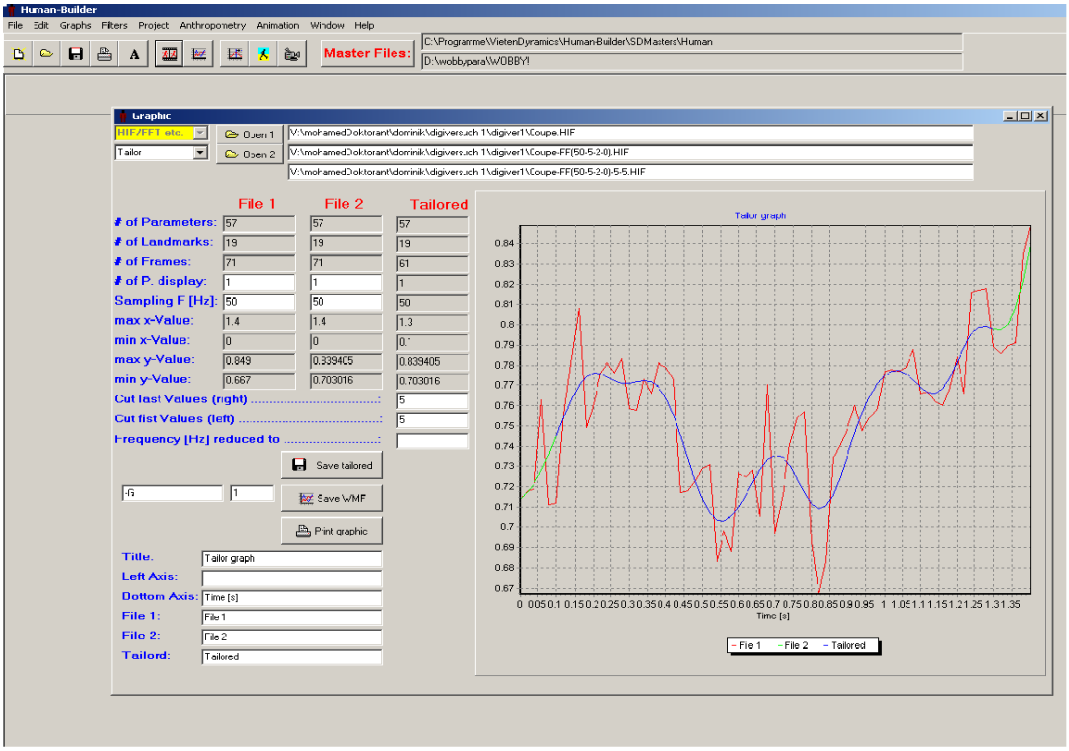


Abb. 4.18: Die zweite Filterphase in Human Builder

Project Center:

In dieser Phase wurde das Simulationsprojekt durch die Verknüpfung zwischen den anthropometrischen Daten der Probanden und ihrer letzten geschnittenen Animations-Daten erstellt, damit dieses Projekt unter Solid Dynamics Systems (SDS) simuliert und die Ergebnisse dargestellt werden konnten.

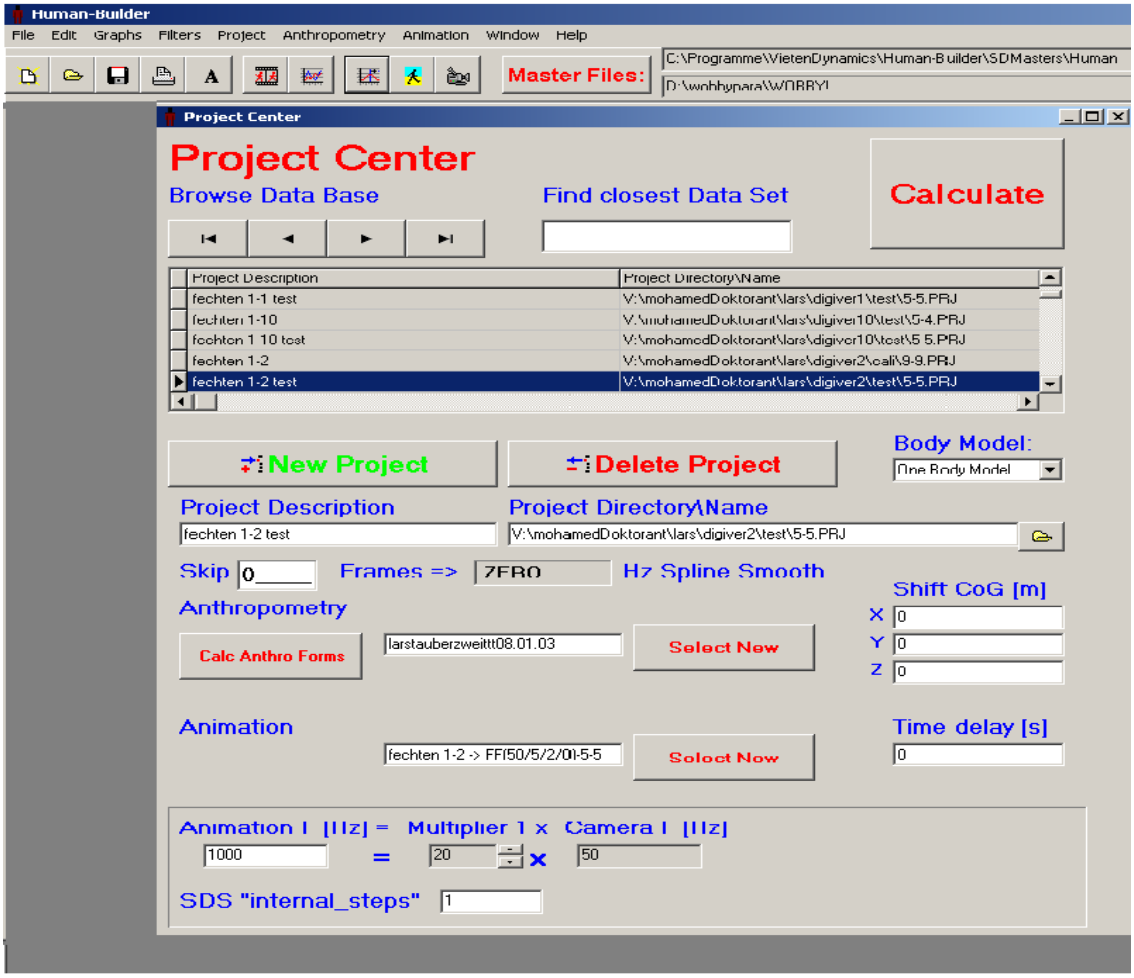


Abb. 4.19: Die Projekterstellung in Human Builder

Simulationsphase (SDS):

Nach der Projekterstellung wurden die Daten unter Solid Dynamics Systems (SDS) geöffnet, kompiliert und zum Schluss mit Hilfe des Hanavan-3-D-Modells simuliert.

Während der Simulation wurden vom Programm einige bestimmte oder mehre mechanische Variablen als Kurven angezeigt, damit sie auf dem Grafik-Symbol angeklickt werden konnten.

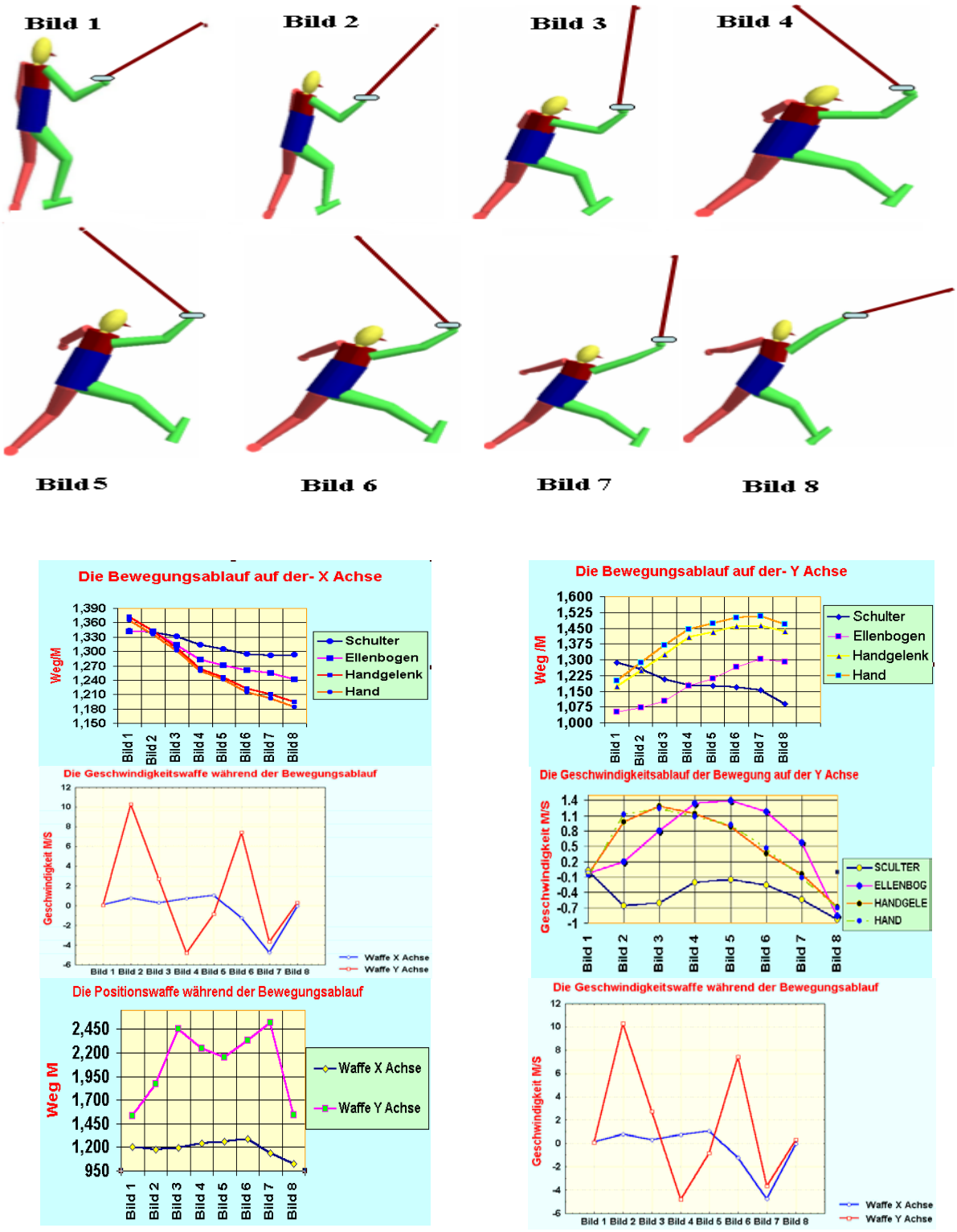


Abb. 4.20: Die Simulation des Bewegungsablaufs in Solid Dynamics ,grafisch Darstellung der Wegsablauf und Geschwindigkeitsverläufe von(Bewaffneten Arme - Waffe)

In Bezug auf Abb. 4.20 wurde gezeigt, dass die Ausführung des Coupés zwei Phasen hat, wobei die ersten vier Bilder der Bewegungsablauf in der ersten Phase von SDS und die zweiten vier Bilder der Bewegungsablauf in der zweiten Phase sind. Außerdem zeigt die

Abbildung auch den Positionsablauf, die Geschwindigkeit vom bewaffneten Arm und der Waffe auf der X- und Y-Achse.

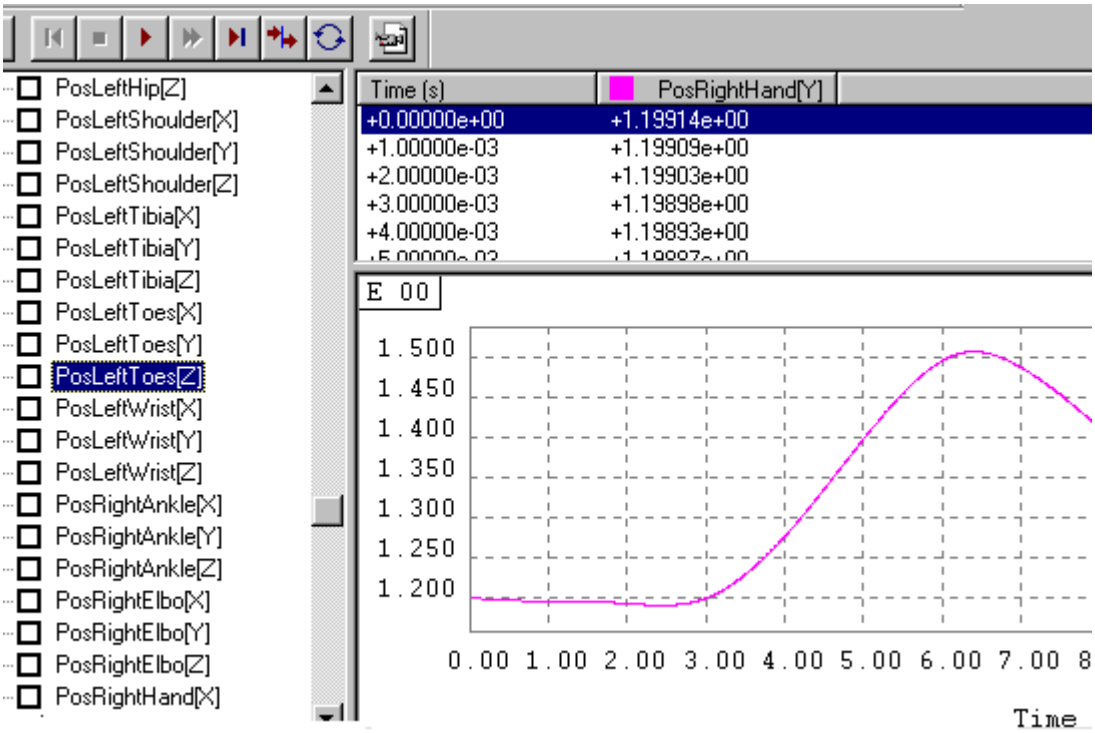


Abb. 4.21: Die Darstellungskurven der Parameter bei Solid Dynamics

Diese mechanischen Variablen konnten auf dem Koordinatensystem dreidimensional (X-Y-Z) betrachtet werden. Dann wurde dieses Projekt abgespeichert, die Ergebnisse unter EPT-File geöffnet und mit Statistica oder Excel weiter bearbeitet.

Anmerkung: Die gesamten oben beschriebenen Schritte von Phase 2 bis Phase 5 wurden für jeden Versuch aller sechs Probanden wiederholt.

4.3.6.1.3 Vorbereitung der Daten für Statistica

Die Daten, die im Endformat (Ept-File) unter dem Projekt Center gespeichert sind, wurden unter dem Editor geöffnet. Dann wurde der Titel dieser Files gelöscht und unter anderem Namen abgespeichert.

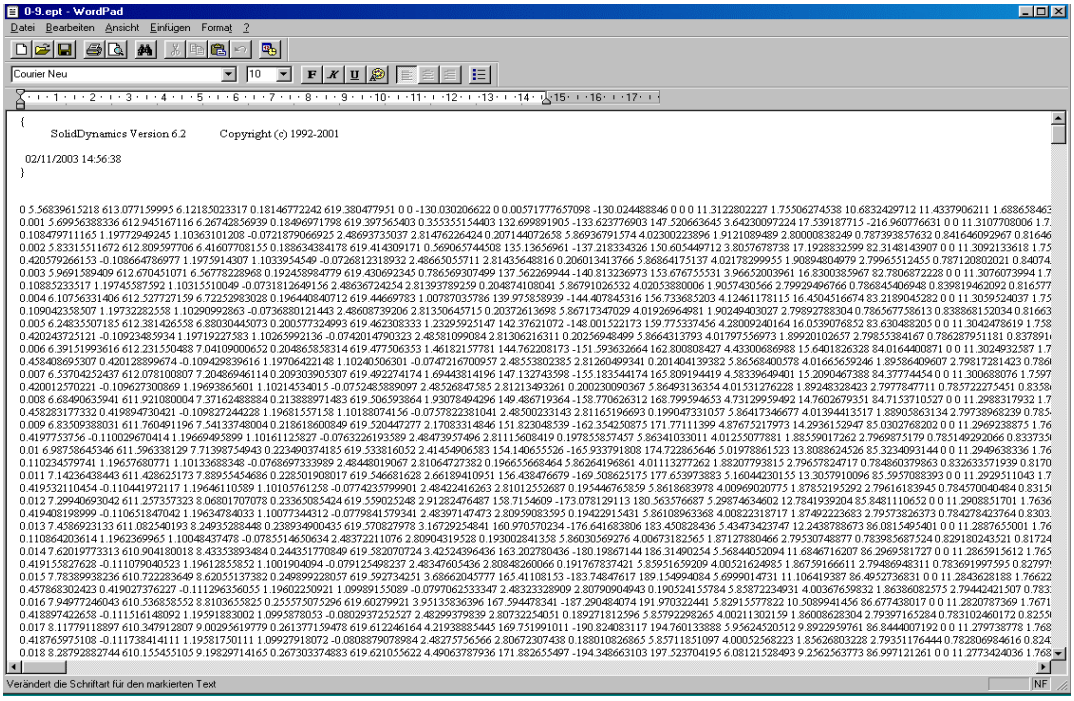


Abb. 4.22: Die Rohdaten des Projekts in Solid Dynamics

Die Daten dieser vorliegenden Arbeit wurden unter Statistica 5 gearbeitet und konvertiert, um sie als Kurven darzustellen und die Ergebnisse der Untersuchung vorzubereiten.
Nach der oben genannten Phase (Vorbereitung der Daten) wurde von den Auswahloptionen die Option „Data Management“ ausgewählt, um die Mittelwerte, Standardabweichung, Maximum- und Minimumwerte auszurechnen.

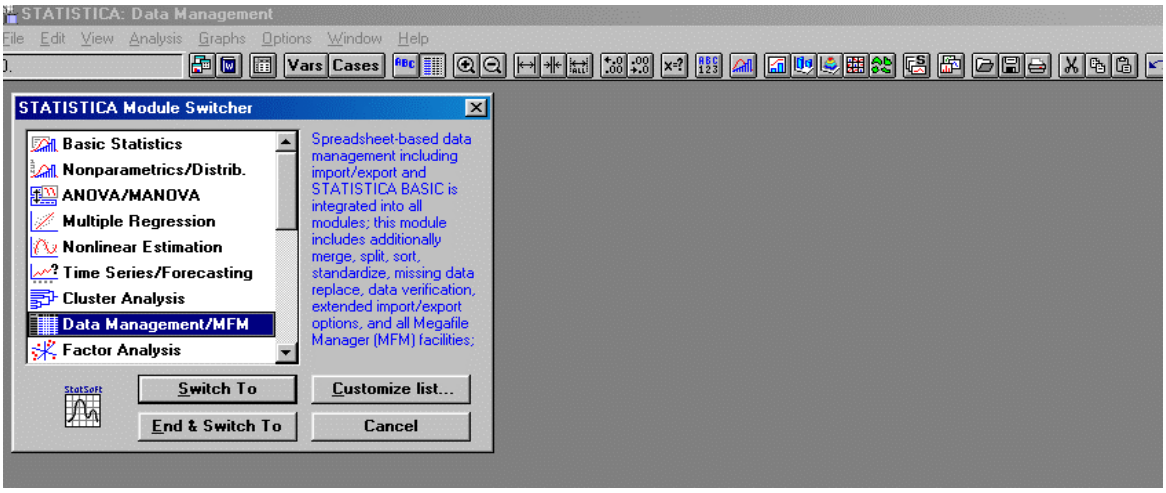


Abb. 4.23: Die Wahloptionen und benutzten Optionen im Statistica Programm

Danach wurden die Rohdaten schnell („quick“) importiert und nach dem File gesucht. Der entsprechende File wurde geöffnet, von den drei zur Auswahl stehenden Optionen wurde Space angeklickt, damit die Daten vom Text-Format ins Statistik-Format konvertiert werden konnten. Zum Schluss wurde OK angeklickt (siehe Abbildung 1-2-3).

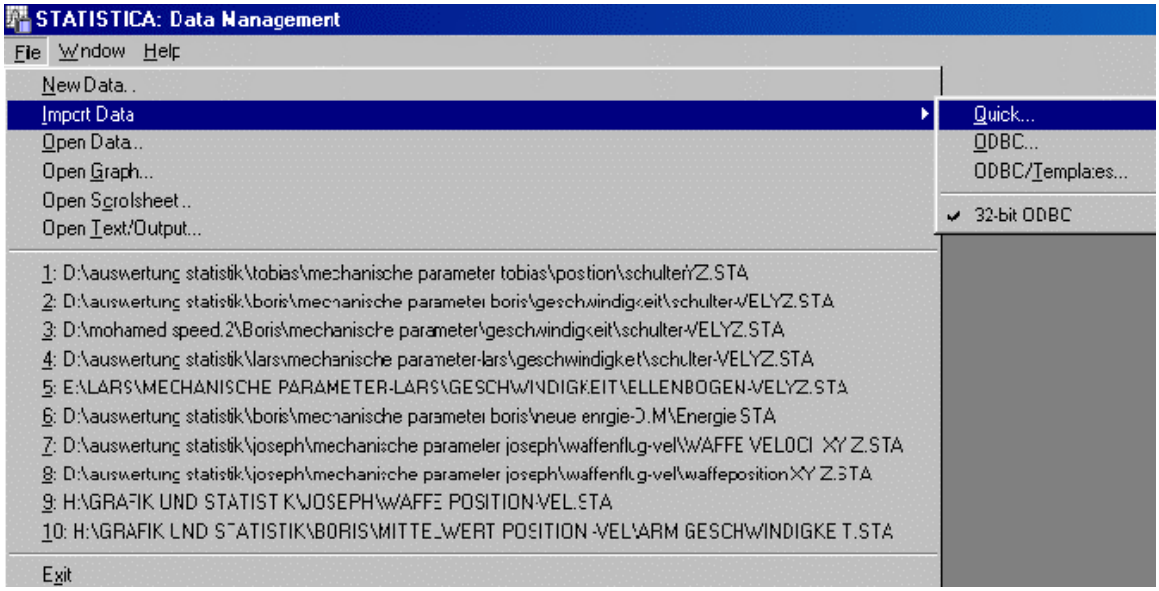


Abb. 4.24: Importieren der Rohdaten aus dem Ept-File

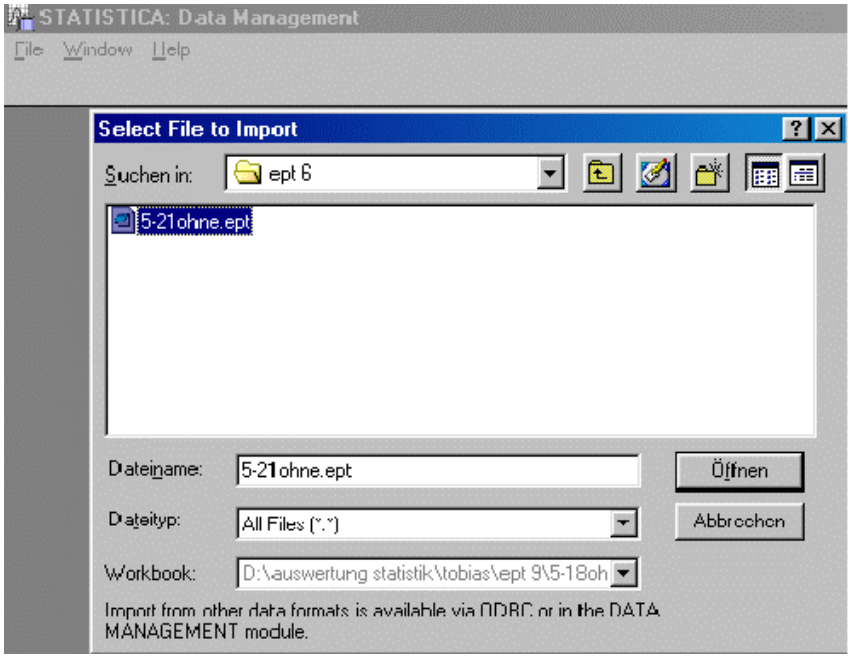


Abb. 4.25: Die ausgewählten Files

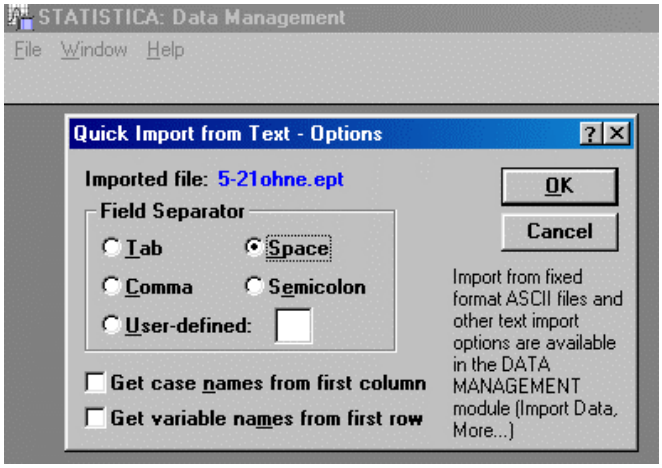


Abb. 4.26: Die vom Text-Format zum Statistica-Format importierten Daten

Nach dem Öffnen wurden die konvertierten Daten unter einem neuen Namen abgespeichert, dann wurden die Daten vorbereitet, um die Variablen darzustellen (siehe Abbildung 4-5).

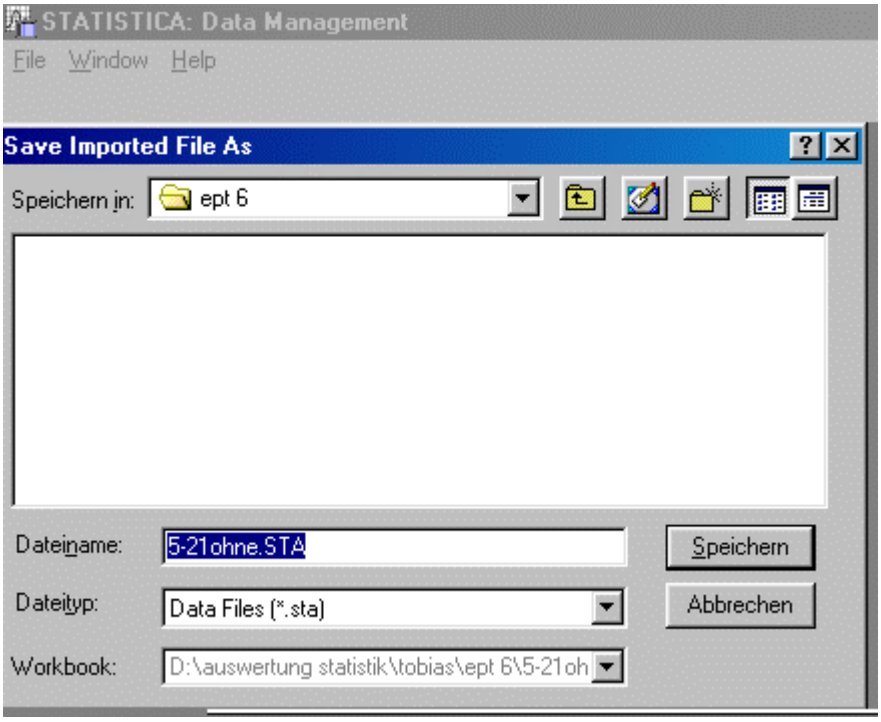
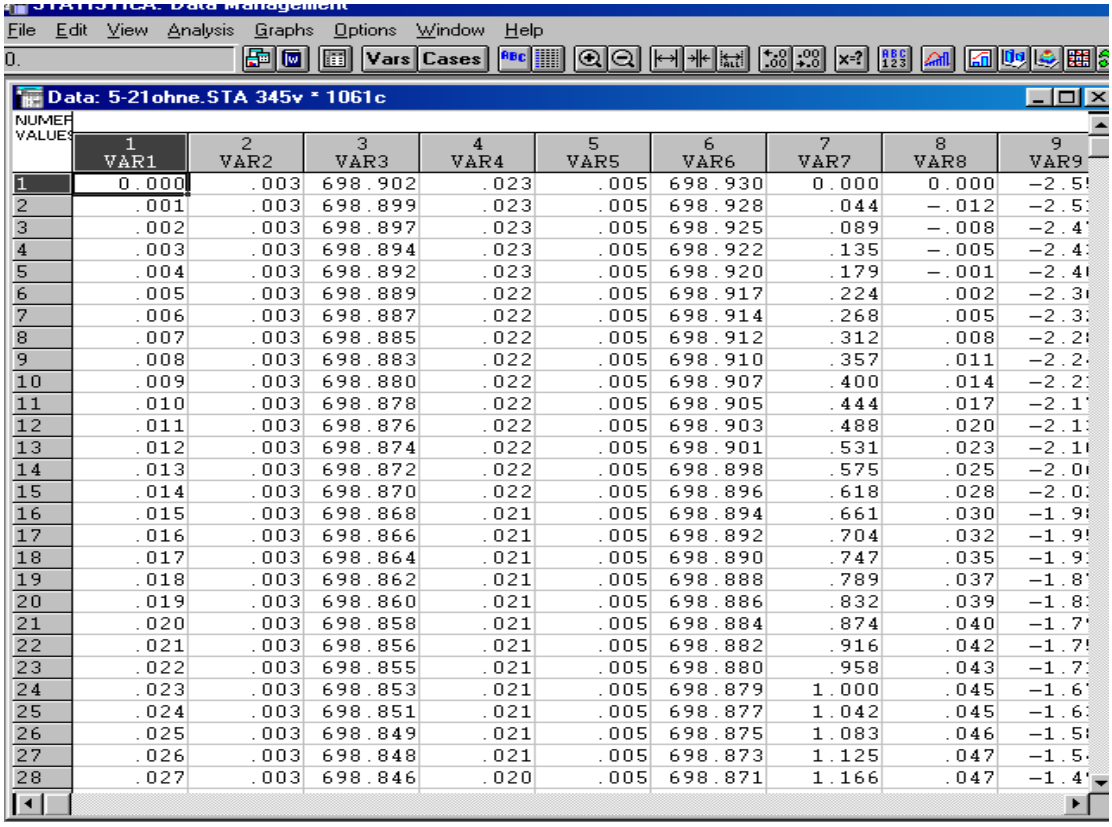


Abb. 4.27: Die abgespeicherten Files nach dem Konvertieren



File Edit View Analysis Graphs Options Window Help

Data: 5-21ohne.STA 345v * 1061c

NUMER VALUES	1 VAR1	2 VAR2	3 VAR3	4 VAR4	5 VAR5	6 VAR6	7 VAR7	8 VAR8	9 VAR9
1	0.000	.003	698.902	.023	.005	698.930	0.000	0.000	-2.5
2	.001	.003	698.899	.023	.005	698.928	.044	-.012	-2.5
3	.002	.003	698.897	.023	.005	698.925	.089	-.008	-2.4
4	.003	.003	698.894	.023	.005	698.922	.135	-.005	-2.4
5	.004	.003	698.892	.023	.005	698.920	.179	-.001	-2.4
6	.005	.003	698.889	.022	.005	698.917	.224	.002	-2.3
7	.006	.003	698.887	.022	.005	698.914	.268	.005	-2.3
8	.007	.003	698.885	.022	.005	698.912	.312	.008	-2.2
9	.008	.003	698.883	.022	.005	698.910	.357	.011	-2.2
10	.009	.003	698.880	.022	.005	698.907	.400	.014	-2.2
11	.010	.003	698.878	.022	.005	698.905	.444	.017	-2.1
12	.011	.003	698.876	.022	.005	698.903	.488	.020	-2.1
13	.012	.003	698.874	.022	.005	698.901	.531	.023	-2.1
14	.013	.003	698.872	.022	.005	698.898	.575	.025	-2.0
15	.014	.003	698.870	.022	.005	698.896	.618	.028	-2.0
16	.015	.003	698.868	.021	.005	698.894	.661	.030	-1.9
17	.016	.003	698.866	.021	.005	698.892	.704	.032	-1.9
18	.017	.003	698.864	.021	.005	698.890	.747	.035	-1.9
19	.018	.003	698.862	.021	.005	698.888	.789	.037	-1.8
20	.019	.003	698.860	.021	.005	698.886	.832	.039	-1.8
21	.020	.003	698.858	.021	.005	698.884	.874	.040	-1.7
22	.021	.003	698.856	.021	.005	698.882	.916	.042	-1.7
23	.022	.003	698.855	.021	.005	698.880	.958	.043	-1.7
24	.023	.003	698.853	.021	.005	698.879	1.000	.045	-1.6
25	.024	.003	698.851	.021	.005	698.877	1.042	.045	-1.6
26	.025	.003	698.849	.021	.005	698.875	1.083	.046	-1.5
27	.026	.003	698.848	.021	.005	698.873	1.125	.047	-1.5
28	.027	.003	698.846	.020	.005	698.871	1.166	.047	-1.4

Abb. 4.28: Die endgültige statistische Ansicht

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Bestimmung der durchschnittlichen Technikleistung des rückseitigen Coupés, das Erkennen und Beherrschen der Technik durch Trainer und Fechter sowie die Unterscheidung der verschiedenen Techniken der Fechter im Vergleich zu anderen und auch der gleichen Fechter von Versuch zu Versuch.
In Anlehnung daran wurden die kinematischen Parameter (die Position und Geschwindigkeit auf der X- und Y-Achse) des bewaffneten Armes (Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand) für alle Versuche der Probanden gemittelt, weil die durchschnittliche Technik bestimmt werden sollte. Anschließend wurden der Mittelwert, die höchsten und niedrigsten Werte gesammelt und davon der Mittelwert errechnet.(siehe Abbildung 6-7).

Data: schulter-VELYZ.STA 29v * 654c

NUMERIC VALUES

	12 R_SHUL5X	13 R_SHUL5Y	14 R_SHUL5Z	15 R_SHUL6X	16 R_SHUL6Y	17 R_SHUL6Z	18 R_SHUL7X	19 R_SHUL7Y	2 R_SH
				.131	-1.072	-1.855			
				.128	-1.068	-1.849			
				.126	-1.065	-1.844			
				.123	-1.061	-1.839			
				.121	-1.058	-1.833			
				.118	-1.054	-1.828			
				.116					
				.114					
				.112					
				.110					
				.108					
				.106					
				.104					
				.102					
MEAN case 1-651	-.123	-.423		-.088	-.481		.38	-.397	
MIN case 1-651	-.570	-1.148		-.536	-1.173		.72	-1.083	
MAX case 1-651	.249	.100		.300	.029		.124	.189	

Quick Stats Graphs...
Custom Graphs
Quick Basic Stats...
Variable Specs...
Text Values...
Recalculate...
Modify Variable(s)
Modify Case(s)
Case Name(s)...
Fill/Standardize Block
Block Stats/Columns
Block Stats/Rows
Cut Ctrl+X
Copy Ctrl+C
Copy Raw
Paste Ctrl+V
Clear Del

Means
Medians
SD's
Valid N's
Sums
Min's
Max's
25%'s
75%'s
All
Graphs

Abb. 4.29: Mittelwerte, Maximum, Minimum-Werte

STATISTICA: File Server

File Edit View Analysis Graphs Options Window Help

1.239 Vars Cases

Data: Arme Position X Y.STA 10v * 14c

TEXT VALUES

	1 SCHULTER	2 ELLENBOG	3 H_GELENK	4 HAND	5 VAR5	6 VAR6	7 SCHULT_Y	8 ELLENB_Y	9 H_GELE_Y	10 HAND_
	1.239	1.280	1.254	1.248			1.222	1.015	1.034	1.0
	1.262	1.293	1.254	1.250			1.185	.998	1.043	1.0
	1.288	1.334	1.284	1.284			1.178	.946	.998	1.0
	1.286	1.315	1.276	1.273			1.173	.987	1.037	1.0
	1.288	1.328	1.295	1.292			1.164	.964	.995	1.0
	1.280	1.323	1.292	1.289			1.171	.979	1.019	1.0
	1.288	1.335	1.293	1.294			1.174	.970	.993	1.0
	1.288	1.335	1.304	1.300			1.171	.978	1.010	1.0
	1.303	1.353	1.326	1.322			1.180	.971	.982	1.0
	1.315	1.358	1.322	1.318			1.169	.971	1.010	1.0
MEAN case 1-10	1.284	1.325	1.290	1.287			1.179	.978	1.012	1.0
SD case 1-10	.021	.024	.024	.025			.016	.019	.021	.0

Abb. 4.30: Mittelwerte und Standardabweichung der Position des bewaffneten Arms auf der X- und Y-Achse

STATISTICA: File Server

File Edit View Analysis Graphs Options Window Help

-.159 Vars Cases

Data: Arme Geschwindigkeit.STA 10v * 14c

TEXT VALUES	1 SCHULTER	2 ELLENBOG	3 HANDGELE	4 HAND_X	5 VAR5	6 VAR6	7 SCHULT_Y	8 ELLEN_Y	9 H_GELE_Y	10 HAND_Y
	-.159	-.295	-.294	-.296			-.187	.235	.447	.459
	-.204	-.374	-.370	-.376			-.261	.227	.481	.494
	-.177	-.292	-.245	-.260			-.150	.260	.501	.521
	-.203	-.390	-.388	-.392			-.235	.279	.561	.578
	-.204	-.370	-.403	-.405			-.216	.261	.498	.509
	-.152	-.320	-.346	-.350			-.207	.274	.520	.531
	-.148	-.298	-.282	-.295			-.190	.209	.422	.433
	-.142	-.327	-.339	-.343			-.222	.224	.485	.499
	-.081	-.216	-.235	-.240			-.171	.184	.385	.396
	-.144	-.329	-.337	-.340			-.230	.237	.501	.515
MEAN ca	-.161	-.321	-.324	-.330			-.207	.239	.480	.494
SD case 1-10	.038	.051	.058	.055			.033	.030	.050	.052

Abb. 4.31: Mittelwerte und Standardabweichung der Geschwindigkeit des bewaffneten Arms auf der X- und Y-Achse

Wie erwähnt wurde der kinematische Parameter nur gemittelt, um dieses Mittel zu verallgemeinern, der kinematische Parameter beschreibt nur, wie die Bewegung abläuft und wie schnell sie ist ohne die Ursache dieser Bewegung zu kennen. Die dynamischen Parameter unterscheiden sich von Personen zu Personen, weil sie auch die Ursache dieser Bewegung wie Kräfte, Energie und Drehmoment mit einbeziehen. Aus diesen Gründen wurden die Energie und Drehmoment als Einzelversuche dargestellt. Die Waffenposition und Waffengeschwindigkeit wurden auch als Einzelversuche dargestellt, wie in der Fragestellung bereits erwähnt wurde.

5 Ergebnisse

Entsprechend den Untersuchungszielen und Fragestellungen der vorliegenden Arbeit wurden die Untersuchungsergebnisse in vier getrennten Schwerpunkten ermittelt. Wobei im Folgenden die biomechanischen Parameter aller Probanden dargestellt werden.

- Die kinematischen Parameter sowie die Zeitdauer, die Position und die Geschwindigkeit der bewaffneten Arme;
- die kinematischen Parameter sowie die Position und Geschwindigkeit der Waffe;
- die dynamischen Parameter sowie die Muskelenergie und Drehmoment des Handgelenks;
- die Zeitdauer der Ausführung sowie die Phasen und ihre Zeitdauer.

Es werden im Folgenden die einzelnen Untersuchungsergebnisse ausführlich erläutert.

Zur Beschreibung der kinematischen Bewegung wurde die Position und Geschwindigkeit der bewaffneten Arme (Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand)auf der X- und Y-Achse dargestellt.

5.1 Die Zeitdauer und die enthaltenen Phasen der Ausführung des Coupés

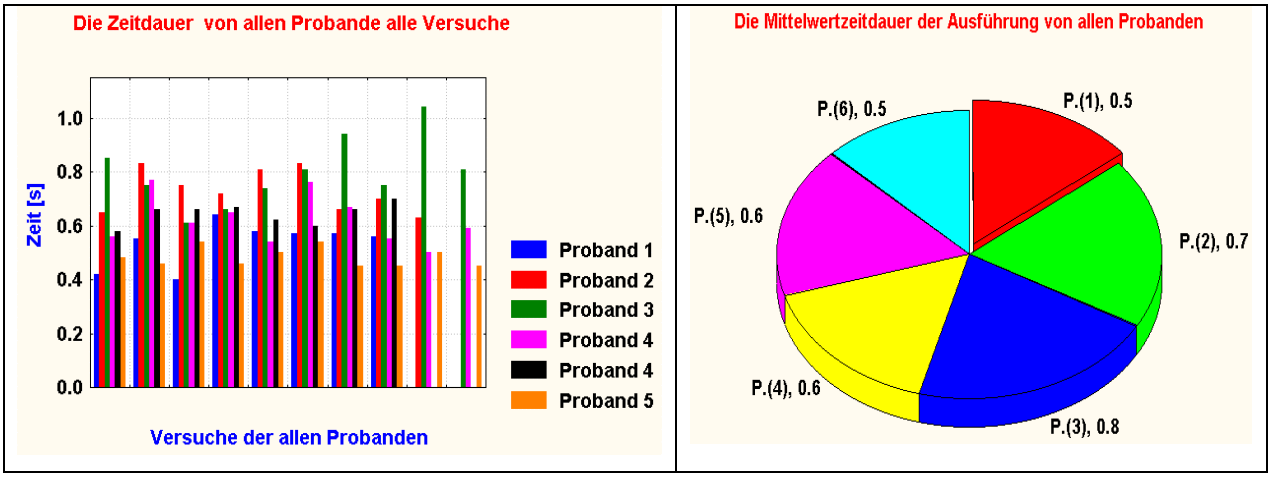


Abb. 5.1: Die Zeitdauer der Bewegung von allen Probanden bei allen Versuchen / Die Mittelwertzeitdauer aller Probanden

Die linke Abbildung zeigt die Zeitdauer aller Probanden bei jedem Versuch. Der letzte Proband hat die niedrigste Zeitdauer während der Ausführung, danach kommt der erste Proband als Zweiter bei der Zeitdauer, die Probanden vier und fünf haben die gleiche Zeitdauer, am Ende stehen die Probanden zwei und drei mit der längsten Zeitdauer.

Die rechte Abbildung zeigt die Mittelwertzeitdauer der Probanden, welche beispielsweise beim ersten Probanden 0,5 Sekunden beträgt, beim zweiten Probanden 0,7 Sekunden, beim dritten Probanden 0,8 Sekunden, beim vierten Probanden 0,6 Sekunden, beim fünften Probanden 0,6 Sekunden und beim letzten Probanden 0,5 Sekunden.

Tab. 5.1: Die Zeitdauer des ersten Probanden [s] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit)

N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
E . PH	0.25	0.38	0.33	0.44	0.40	0.39	0.38	0.38
Z . PH	0.17	0.17	0.17	0.20	0.18	0.18	0.19	0.18
Z. S U	0.42	0.55	0.40	0.64	0.58	0.57	0.57	0.56

Tab. 5.2: Die Zeitdauer des zweiten Probanden [s] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit)

N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
E. PH	0.45	0.61	0.57	0.56	0.65	0.65	0.47	0.48	0.43
Z . PH	0.20	0.22	0.18	0.16	0.16	0.18	0.19	0.22	0.20
Z . S U	0.65	0.83	0.75	0.72	0.81	0.83	0.66	0.70	0.63

Tab. 5.3: Die Zeitdauer des dritten Probanden [s] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit)

N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
E. PH	0.71	0.57	0.40	0.50	0.54	0.66	0.70	0.50	0.88	0.65
Z . PH	0.14	0.18	0.21	0.16	0.20	0.15	0.24	0.25	0.16	0.16
Z . S U	0.85	0.75	0.61	0.66	0.74	0.81	0.94	0.75	1.04	0.81

Tab. 5.4: Die Zeitdauer des vierten Probanden [s] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit)

N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
E . PH	0.39	0.62	0.40	0.50	0.38	0.60	0.47	0.40	0.34	0.43
Z . PH	0.17	0.15	0.21	0.15	0.16	0.16	0.20	0.15	0.16	0.16
Z . S U	0.56	0.77	0.61	0.65	0.54	0.76	0.67	0.55	0.50	0.59

Tab. 5.5: Die Zeitdauer des fünften Probanden [s] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit)

N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
E . PH	0.40	0.45	0.43	0.45	0.40	0.42	0.45	0.47
Z . PH	0.18	0.20	0.23	0.22	0.22	0.18	0.21	0.23
Z . S U	0.58	0.66	0.66	0.67	0.62	0.60	0.66	0.70

Tab. 5.6: Die Zeitdauer des sechsten Probanden [s] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit)

N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
E . PH	0.30	0.26	0.33	0.20	0.30	0.34	0.26	0.24	0.29	0.25
Z . PH	0.18	0.20	0.21	0.26	0.20	.20	0.19	0.21	0.21	0.20
Z . S U	0.48	0.46	0.54	0.46	0.50	0.54	0.45	0.45	0.50	0.45

Die oben dargestellten Tabellen und Abbildungen zeigen, dass sich unterschiedliche Zeitdauern ergaben, die von Person zu Person variierten. Sie betragen zwischen 0.42 s und 0.90 s. Außerdem zeigten die vorliegenden Daten in Bezug auf die Abbildung 4.21, dass das Coupé zwei Phasen hat. Die Zeitdauer der Bewegung wird im Kapitel „Diskussion“ erläutert.

5.2 *Die Mittelwertposition des bewaffneten Arms aller Probanden auf der X-Achse*

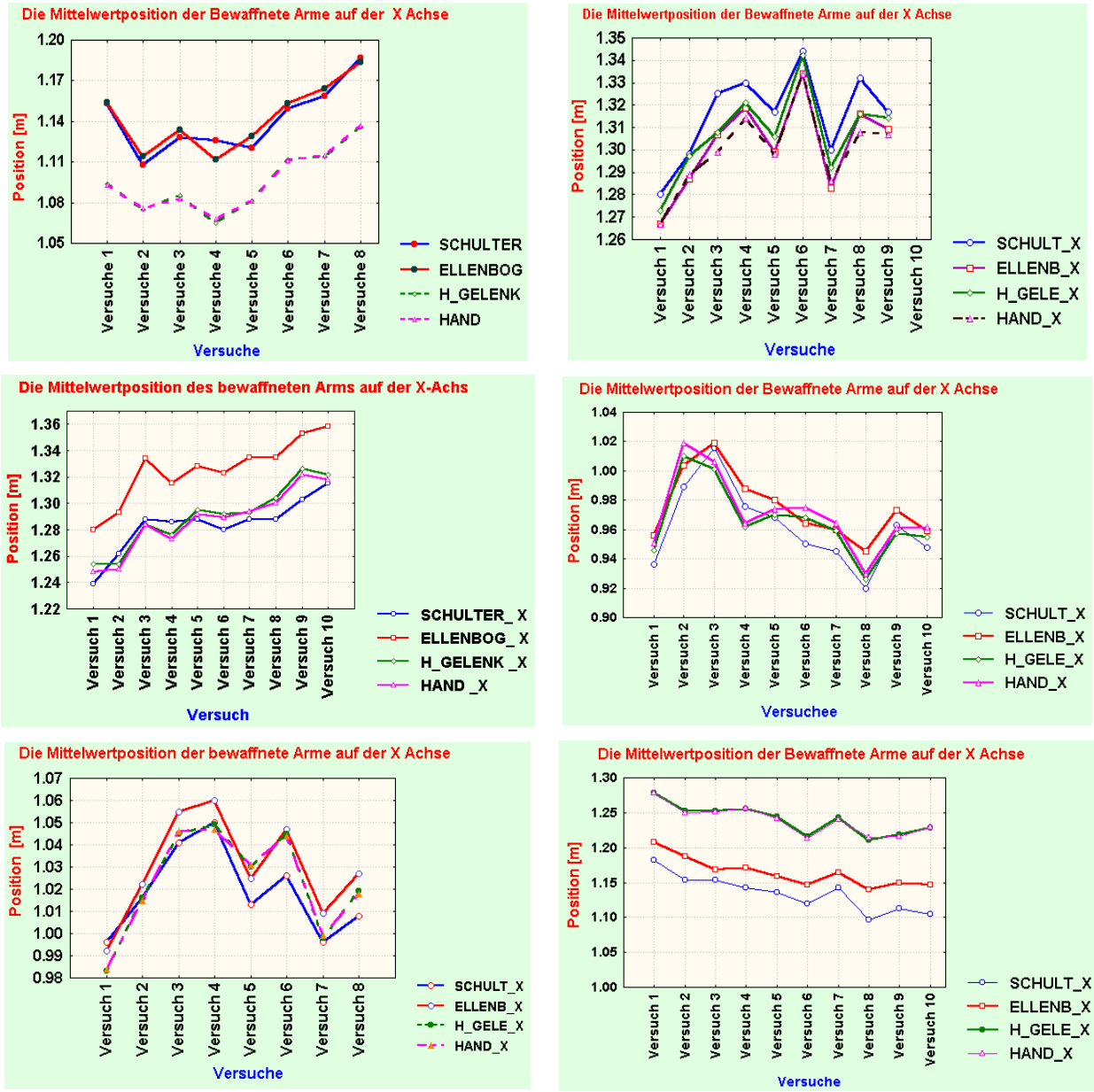


Abb. 5.2: Die Mittelwertposition des bewaffneten Arms aller Probanden auf der X-Achse

Abbildung 5.2 und Tabellen 1-6 (s. Anhang) zeigen in Bezug auf den Bewegungsablauf (Abb. 4.21) die Mittelwertposition von Schulter-Ellenbogen-Handgelenk und Hand auf der X-Achse für alle Probanden (1 bis 6). Beim ersten Probanden (8 Versuche) betrugen die Werte der Schulter zwischen 1.10 m und 1.18 m, des Ellenbogens zwischen 1.11 m und 1.18 m, des Handgelenks zwischen 1.06 m und 1.13 m und der Hand zwischen 1.06 m und 1.13 m. Beim zweiten Probanden (9 Versuche) lagen die Werte der Schulter zwischen 1.28 m und 1.34 m, des Ellenbogens zwischen 1.26 m und 1.33 m, des Handgelenks zwischen 1.27 m und 1.34 m und der Hand zwischen 1.26 m und 1.33 m. Beim dritten Probanden (10 Versuche) betrugen die Werte der Schulter zwischen 1.23 m und 1.31 m, des Ellenbogens zwischen 1.28 m und 1.35 m, des Handgelenks zwischen 1.25 m und .32 m und der Hand zwischen 1.24 m und 1.32 m. Für den vierten Probanden (10Versuche) lagen die Werte der Schulter zwischen 0.92

m und 1.01 m, des Ellenbogens zwischen 0.94 m und 1.28 m, des Handgelenks zwischen 0.92 m und 1.01 m und der Hand zwischen 0.93 m und 1.04 m. Beim fünften Probanden (8 Versuche) betrugen die Werte der Schulter zwischen 0.99 m und 1.05 m, des Ellenbogens zwischen 0.99 m und 1.06 m, des Handgelenks zwischen 0.98 m und 1.04 m und der Hand zwischen 0.98 m und 1.04 m. Beim letzten Probanden (10 Versuche) lagen die Werte der Schulter zwischen 1.09 m und 1.18 m, des Ellenbogens zwischen 1.14 m und 1.20 m, des Handgelenks zwischen 1.21 m und 1.27 m und der Hand zwischen 1.21 m und 1.27 m.

5.3 Die Mittelwertposition des bewaffneten Arms aller Probanden auf der Y-Achse

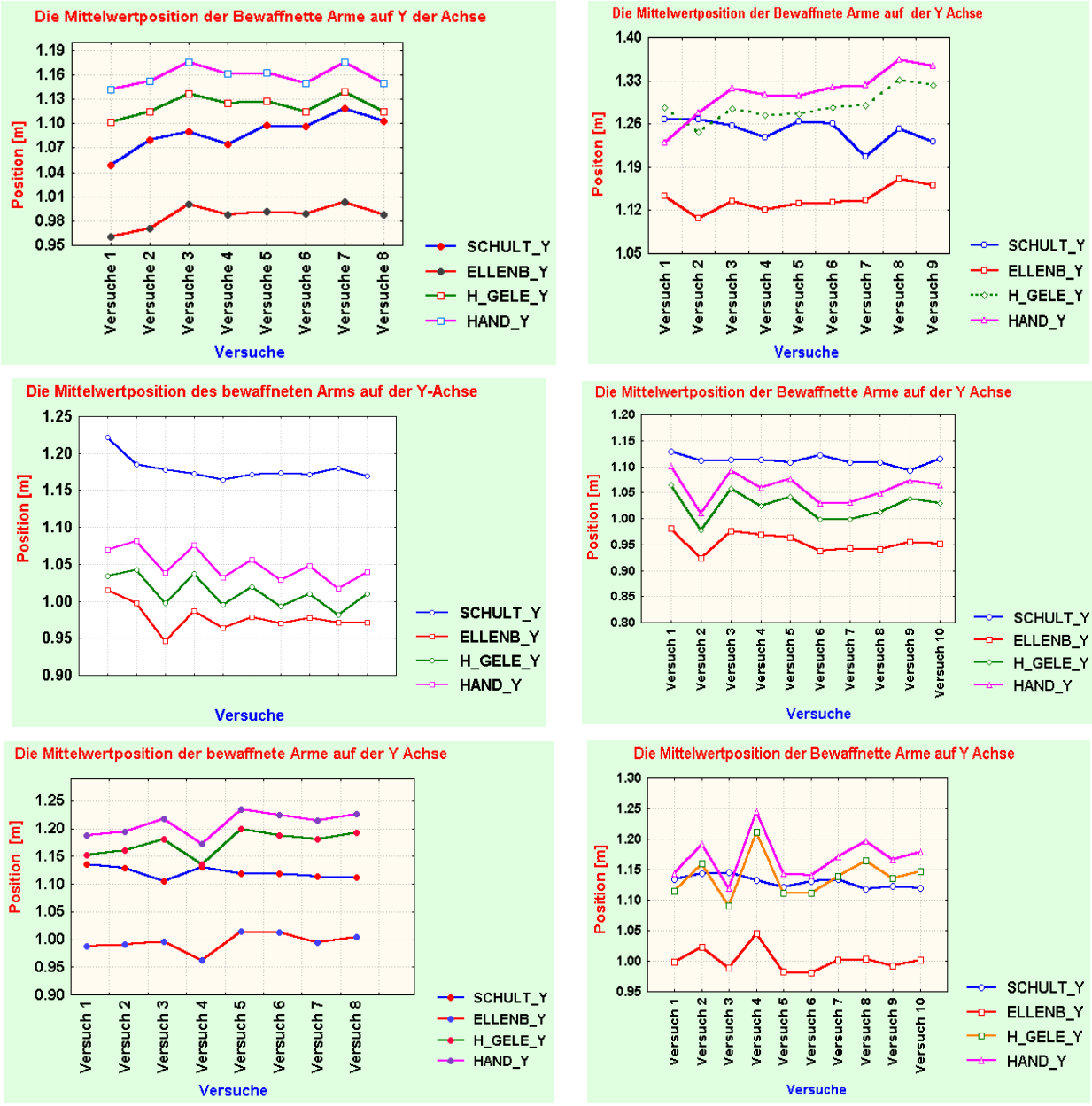
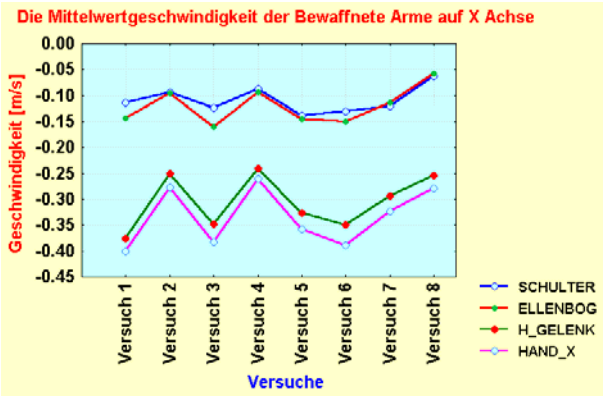


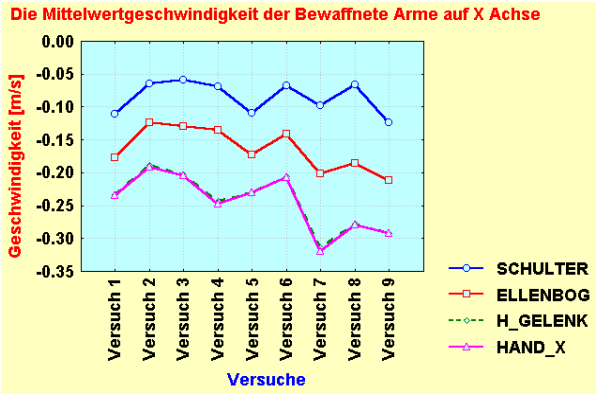
Abb. 5.3: Die Mittelwertposition des bewaffneten Arms aller Probanden auf der Y-Achse

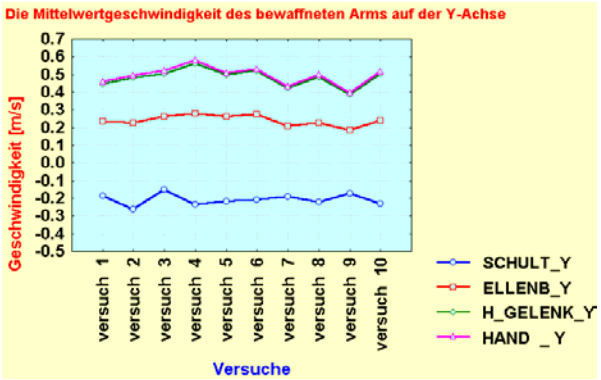
Abbildung 5.3 und Tabellen 1-6 (s. Anhang) zeigen in Bezug auf den Bewegungsablauf (Abb. 4.21) die Mittelwertposition des bewaffneten Arms (Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand)

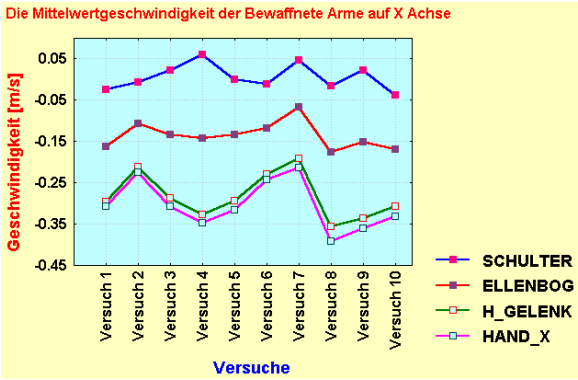
auf der Y-Achse. Beim ersten Probanden hatte sich die Schulter zwischen 1.04 m und 1.11 m, der Ellenbogen zwischen 0.96 m und 1.00 m, das Handgelenk zwischen 1.10 m und 1.13 m und die Hand zwischen 1.14 m und 1.17 m bewegt. Beim zweiten Probanden bewegte sich die Schulter zwischen 1.20 m und 1.26 m, der Ellenbogen zwischen 1.24 m und 1.33 m sowie die Hand zwischen 1.23 m und 1.36 m. Für den dritten Probanden betrug der Mittelwert der Schulter zwischen 1.16 m und 1.22 m, des Ellenbogens zwischen 0.94 m und 1.01 m, des Handgelenks zwischen 0.98 m und 1.04 m und der Hand zwischen 1.01 m und 1.08 m. Der vierte Proband bewegte seine Schulter zwischen 1.09 m und 1.12 m, den Ellenbogen zwischen 0.92 m und 0.98 m, das Handgelenk zwischen 0.97 m und 1.06 m und die Hand zwischen 1.01 m und 1.10 m. Beim fünften Probanden betrugen die Werte seiner Schulter zwischen 1.10 m und 1.13 m, der Ellenbogen zwischen 0.96 m und 1.01 m, des Handgelenks zwischen 1.13 m und 1.19 m und der Hand zwischen 1.17 m und 1.23 m. Beim letzten Probanden betrugen die Werte der Schulter zwischen 1.11 m und 1.14 m, des Ellenbogens zwischen 0.98 m und 1.04 m, des Handgelenks zwischen 1.09 m und1.20 m und der Hand zwischen 1.12 m und 1.24 m.

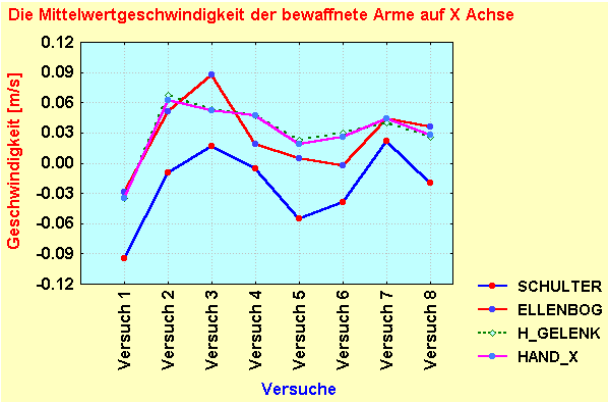
5.4 Die Mittelwertgeschwindigkeit des bewaffneten Arms aller Probanden auf der X-Achse











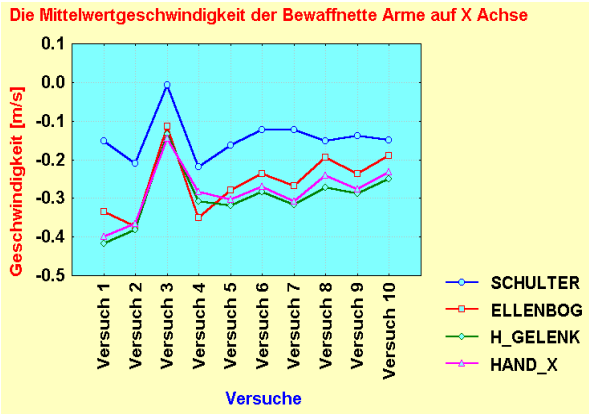
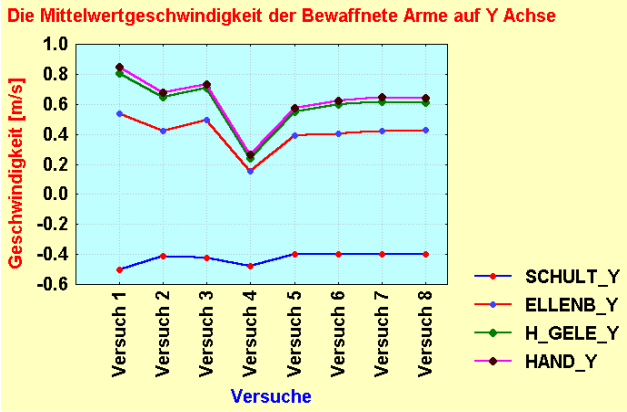
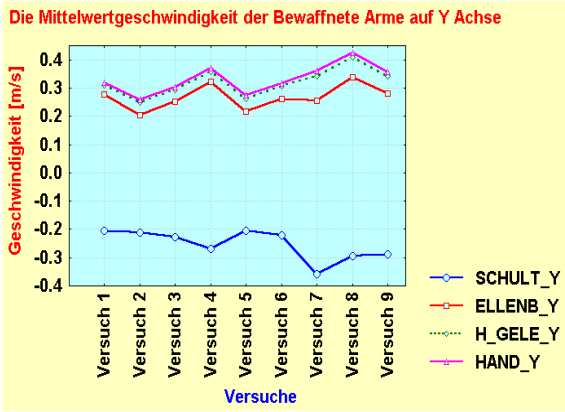


Abb. 5.4: Die Mittelwertgeschwindigkeit des bewaffneten Arms aller Probanden auf der X-Achse

Abbildung 5.4 und Tabellen 1-6 (s. Anhang) zeigen in Bezug auf den Bewegungsablauf (Abb. 4.21) die Mittelwertgeschwindigkeit des bewaffneten Arms (Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand) auf der X-Achse. Die Schulter des ersten Probanden bewegte sich zwischen -0.06 m/s und -0.13 m/s, der Ellenbogen zwischen -0.05 m/s und -0.16 m/s, das Handgelenk zwischen -0.37 m/s und -0.24 m/s und die Hand zwischen -0.40 und 0.26 m/s. Beim zweiten Probanden lag die Geschwindigkeit der Schulter zwischen -0.12 m/s und - 0.06 m/s, des Ellenbogens zwischen -0.12 m/s und -0.21 m/s, des Handgelenks zwischen -0.18 m/s und -0.31 m/s und der Hand zwischen -0.32 m/s und -0.19 m/s. Die Geschwindigkeit der Schulter betrug beim dritten Probanden zwischen -0.20 m/s und -0.08 m/s, des Ellenbogens zwischen -0.39 m/s und -0.21 m/s, des Handgelenks zwischen -0.40 m/s und -0.23 m/s und der Hand zwischen -0.40 m/s und -0.24 m/s. Die Geschwindigkeit des vierten Probanden betrug bei der Schulter zwischen -0.03 m/s und 0.06 m/s, des Ellenbogens zwischen -0.17 m/s und -0.06 m/s, des Handgelenks zwischen -0.35 m/s und -0.19 m/s und der Hand -0.39 m/s und -0.21 m/s. Beim fünften Probanden betrug die Geschwindigkeit der Schulter zwischen -0.09 m/s und 0.02 m/s, des Ellenbogens zwischen -0.02 m/s und 0.08 m/s, des Handgelenks zwischen -0.03 m/s und 0.06 m/s und der Hand zwischen -0.03 m/s und 0.06 m/s. Der letzte Poband lag bei der Geschwindigkeit seiner Schulter zwischen -0.76 m/s und -0.00 m/s, des Ellenbogens zwischen -0.37 m/s und -0.11 m/s, des Handgelenks zwischen -0.41 m/s und -0.13 m/s und der Hand zwischen -0.40 m/s und -0.14.

5.5 Die Mittelwertgeschwindigkeit des bewaffneten Arms aller Probanden auf der Y-Achse





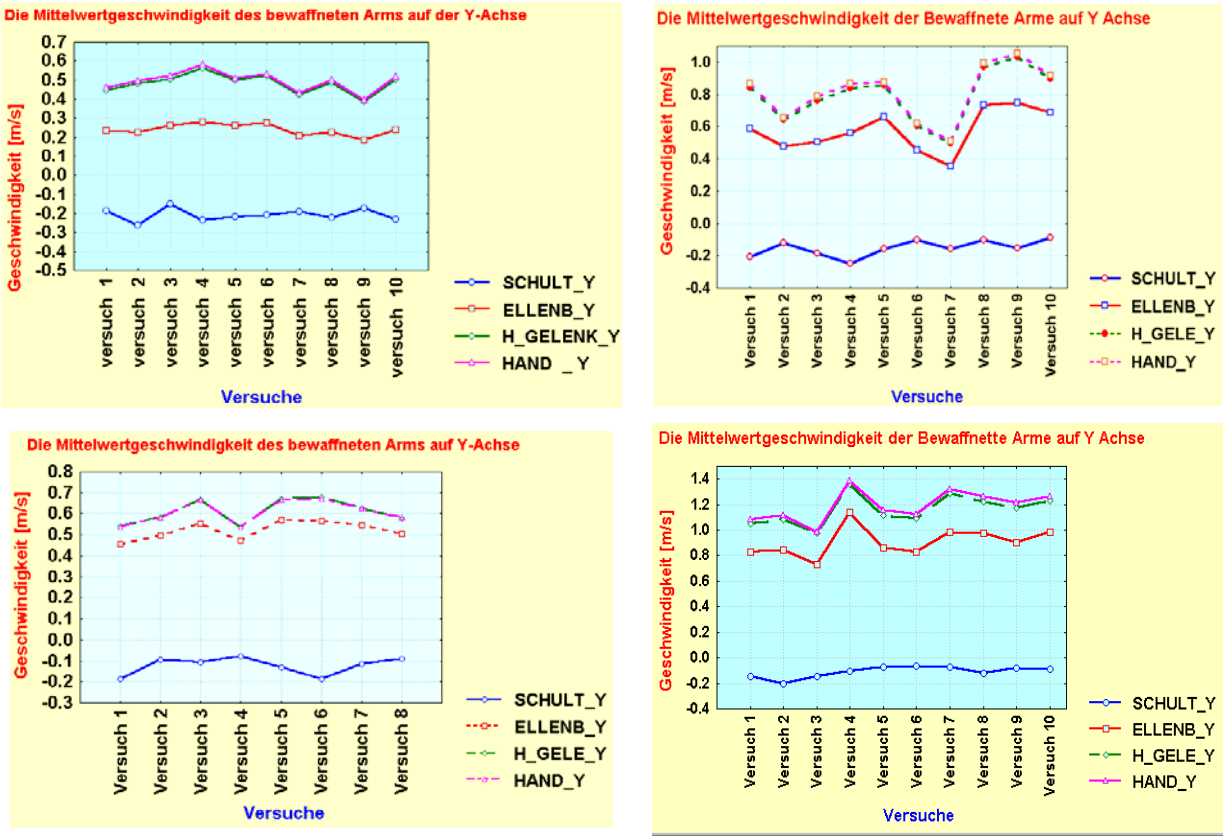


Abb. 5.5: Die Mittelwertgeschwindigkeit des bewaffneten Arms aller Probanden auf der Y-Achse

Abbildung 5.5 und Tabellen 1-6 (s. Anhang) zeigen in Bezug auf den Bewegungsablauf (Abb. 4.21) die Mittelwertgeschwindigkeit des bewaffneten Arms (Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand) auf der Y-Achse. Die Geschwindigkeit des ersten Probanden lag bei der Schulter zwischen -0.50 m/s und -0.39 m/s, beim Ellenbogen zwischen 0.15 m/s und 0.54 m/s, beim Handgelenk zwischen 0.23 m/s und 0.80 m/s und bei der Hand zwischen 0.26 m/s und 0.85 m/s. Beim zweiten Probanden betrug die Geschwindigkeit der Schulter zwischen -0.35 m/s und -0.20 m/s, des Ellenbogens 0.20 m/s und 0.33 m/s, des Handgelenks zwischen 0.24 m/s und 0.40 m/s und der Hand zwischen 0.25 m/s und 0.42 m/s. Beim dritten Probanden lagen die Werte seiner Schulter zwischen -0.26 m/s und -0.15 m/s, des Ellenbogens zwischen 0.18 m/s und 0.28 m/s, des Handgelenks zwischen 0.38 m/s und 0.56 m/s und der Hand zwischen 0.39 m/s und 0.59 m/s. Der vierte Proband bewegte sich mit seiner Geschwindigkeit der Schulter zwischen -0.24 m/s und -0.09 m/s, des Ellenbogens zwischen 0.35 m/s und 0.74 m/s, des Handgelenks zwischen 0.49 m/s und 1.03 m/s und der Hand zwischen 0.50 m/s und 1.05 m/s. Beim fünften Proband betrugen die Werte der Schulter zwischen -0.18 m/s und -0.07 m/s, des Ellenbogens zwischen 0.45 m/s und 0.67 m/s, des Handgelenks zwischen 0.53 m/s und 0.67 m/s und der Hand zwischen 0.53 m/s und 0.67 m/s. Der letzte Proband lag mit der Schulter zwischen -0.20 m/s und -0.06 m/s dem Ellenbogen zwischen 0.73 m/s und 1.14 m/s, dem Handgelenk zwischen 0.97 m/s und 1.36 m/s und der Hand zwischen 0.98 m/s und 1.38 m/s.

Zur Beschreibung der kinematischen Bewegung der Waffe wurden ihre Position und Geschwindigkeit auf der X- und Y-Achse dargestellt.

5.6 *Die Waffenposition aller Probanden auf der X-Achse*

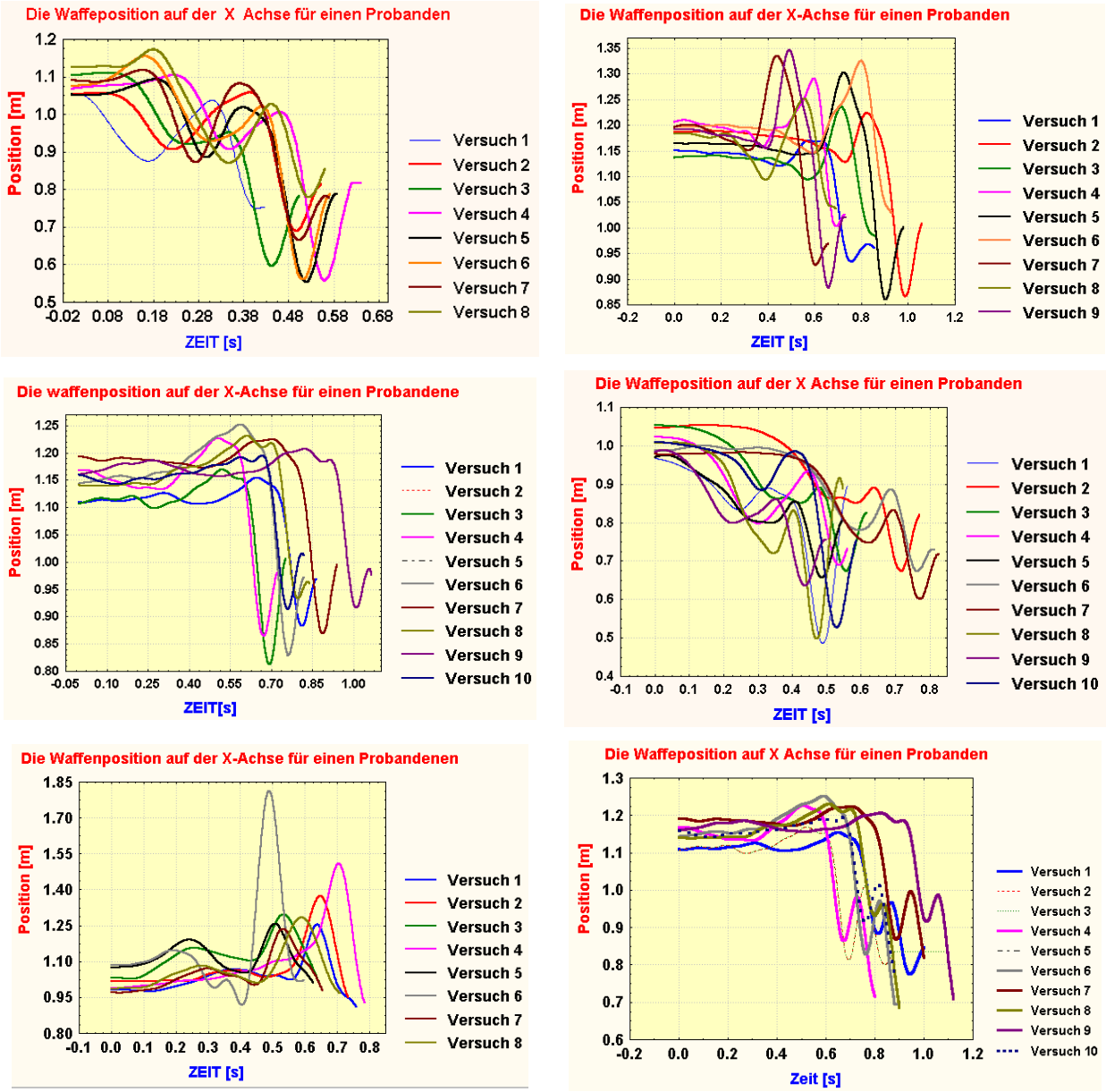


Abb. 5.6: Die Waffenposition aller Probanden auf der X-Achse

Abbildung 5.6 zeigt die Waffenposition auf der X-Achse. Sie betrug beim ersten Probanden zwischen 0.55 m und 1.17 m, beim zweiten Probanden zwischen 0.86 m und 1.34 m, beim dritten Probanden zwischen 0.81 m und 1.25 m, beim vierten Probanden zwischen 0.48 m und 1.05 m, beim fünften Probanden zwischen 0.95 m und 1.81 m sowie beim letzten Probanden zwischen 0.83 m und 1.94 m.

5.7 *Die Waffenposition aller Probanden auf der Y-Achse*

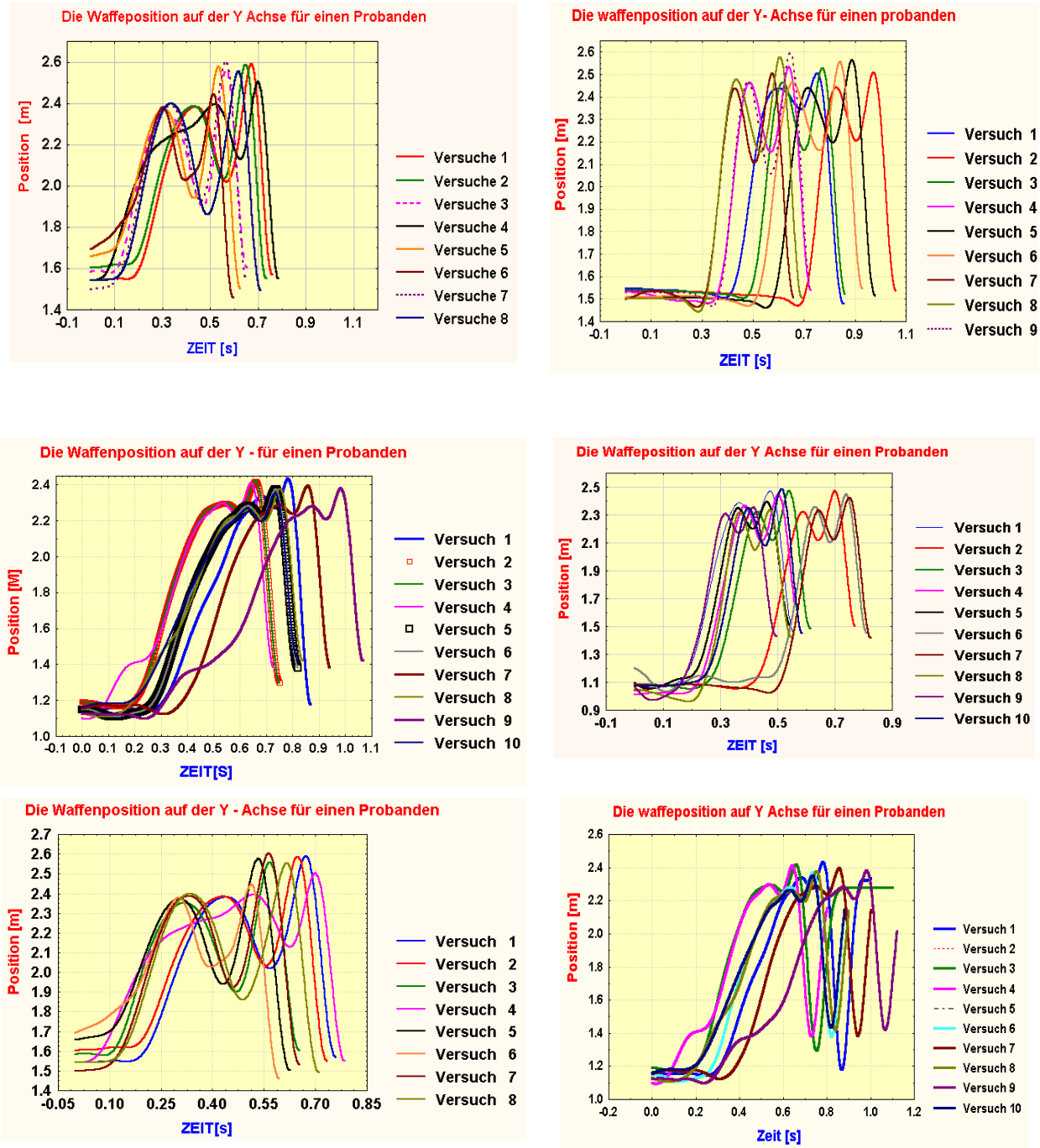


Abb. 5.7: Die Waffenposition aller Probanden auf der Y-Achse

Abbildung 5.7 stellt die Waffenposition auf der Y-Achse dar. Beim ersten Probanden lag die Waffenposition zwischen 1.00 m und 2.49 m, beim zweiten Probanden zwischen 1.40 m und 2.59 m, beim dritten Probanden zwischen 1.09 m und 2.43 m und beim vierten Probanden zwischen 0.97 m und 2.48 m. Beim fünften Probanden betrug die Position seiner Waffe zwischen 1.45 m und 2.60 m und beim sechsten Probanden zwischen 1.15 m und 2.54 m.

5.8 *Die Waffengeschwindigkeit aller Probanden auf der X-Achse*

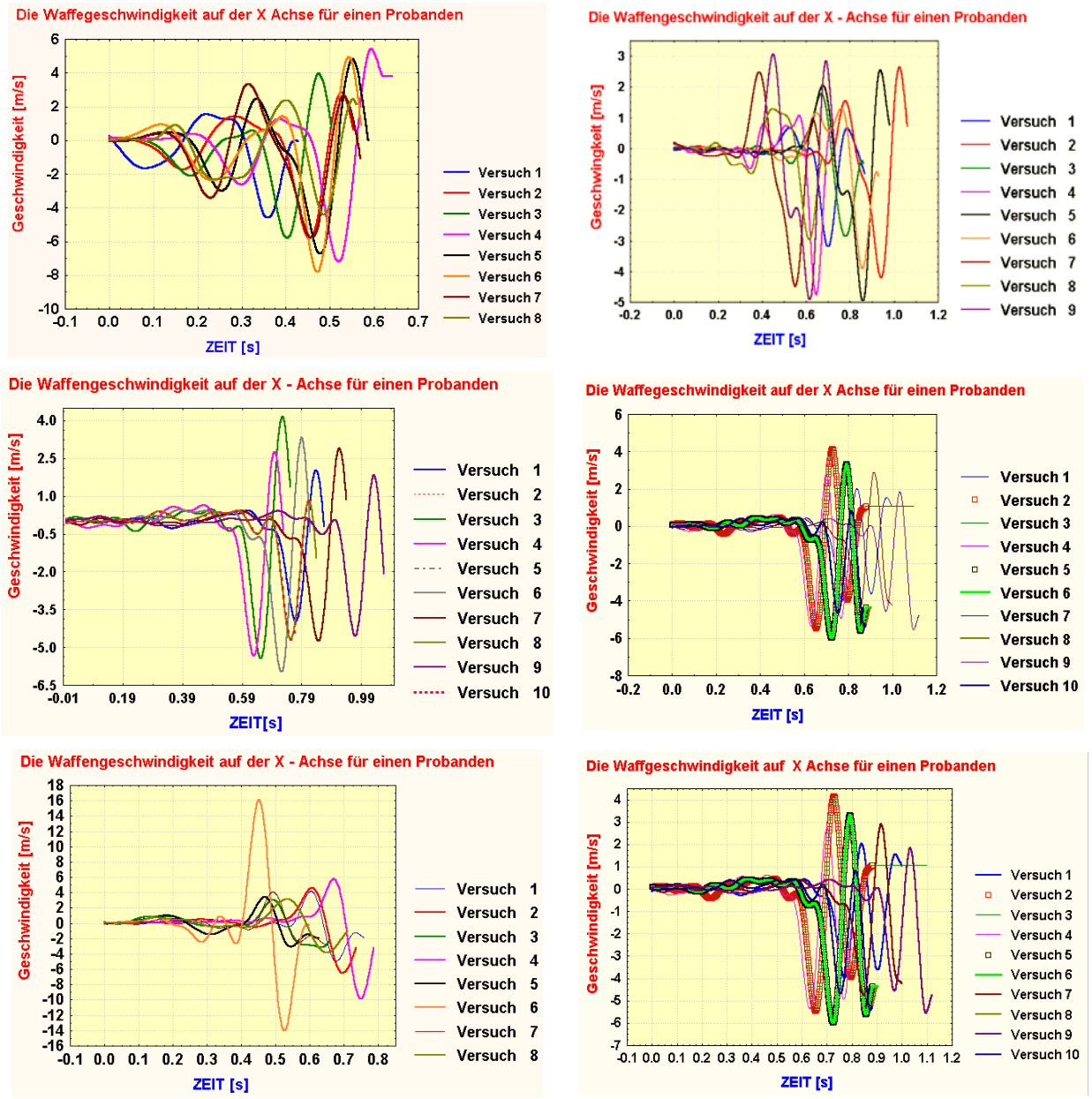


Abb. 5.8: Die Waffengeschwindigkeit aller Probanden auf der X-Achse

Abbildung 5.8 zeigt die Waffengeschwindigkeit auf der Y-Achse. Sie lag beim ersten Probanden zwischen -7.82 m/s und 5.41 m/s, beim zweiten Probanden zwischen -4.95 m/s und 3.07 m/s, beim dritten Probanden zwischen -5.96 m/s und 4.16 m/s, beim vierten Probanden zwischen -6.99 m/s und 2.87 m/s, beim fünften Probanden zwischen -14.03 m/s und 16.11 m/s und beim letzten Probanden zwischen -18.40 m/s.

5.9 *Die Waffengeschwindigkeit aller Probanden auf der Y-Achse*

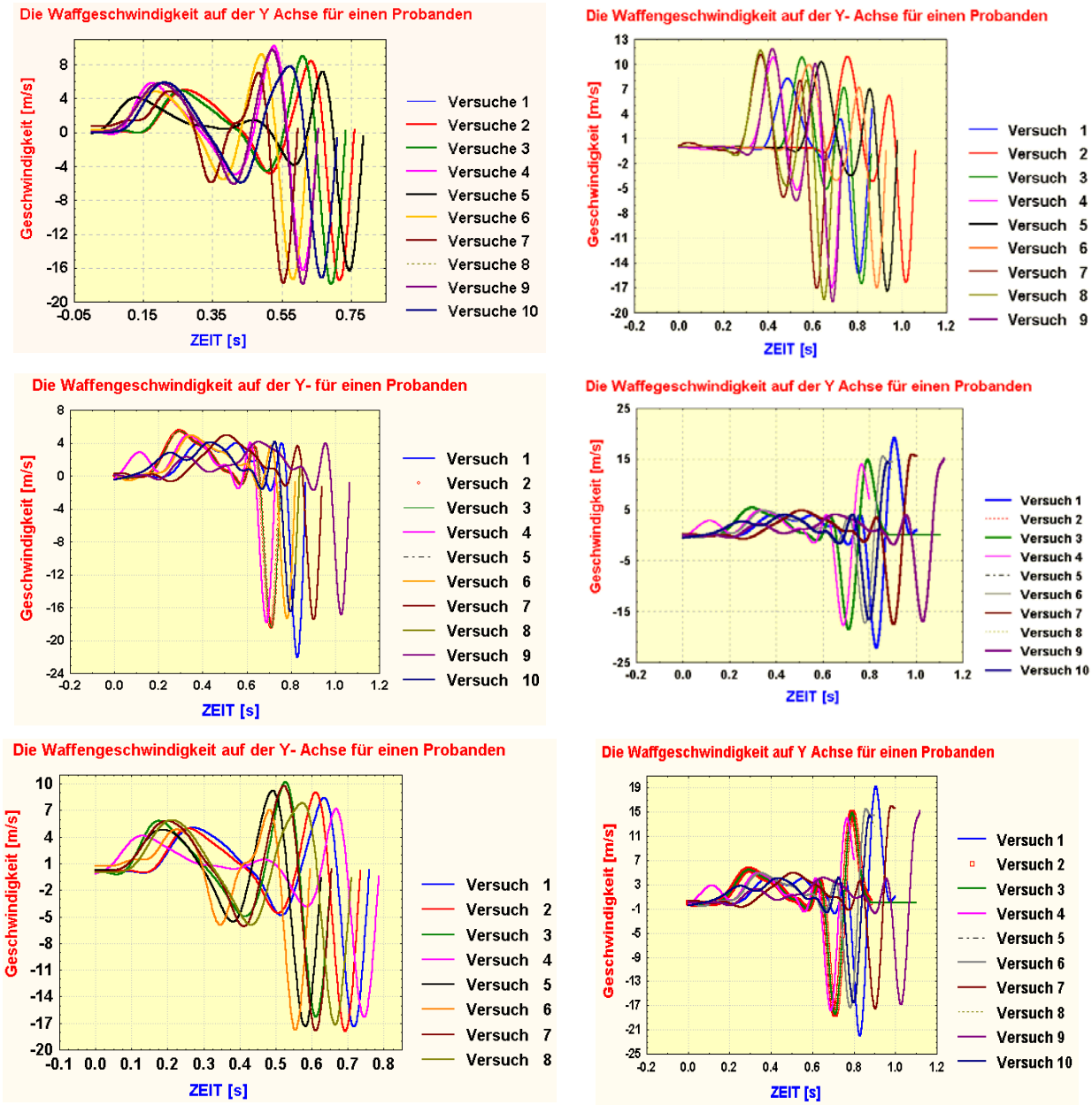


Abb. 5.9: Die Waffengeschwindigkeit aller Probanden auf der Y-Achse

Abbildung 5.9 und Tabellen 1-6 (s. Anhang) zeigen die Waffengeschwindigkeit auf der Y-Achse. Die Geschwindigkeit der Waffe betrug beim ersten Probanden zwischen -18.86 m/s und 16.96 m/s, beim zweiten Probanden zwischen -18.70 m/s und 11.85 m/s, beim dritten Probanden zwischen -22.06 m/s und 5.46 m/s, beim vierten Probanden zwischen -20.22 m/s und 13.32 m/s, beim fünften Probanden zwischen -17.89 m/s und 10.20 m/s und beim letzten Probanden zwischen -18.67 m/s und 15.83 m/s.

Zur Beschreibung der dynamischen Bewegung wurden die Muskelenergie und das Drehmoment auf der X-Achse dargestellt. Hier wurde nur die X-Achse für den Drehmoment

ausgewählt, weil das Drehmoment hier deutlicher und auf das Handgelenk einwirkender als auf der Y-Achse ausgeführt wurde.

5.10 Die Muskelenergie aller Probanden

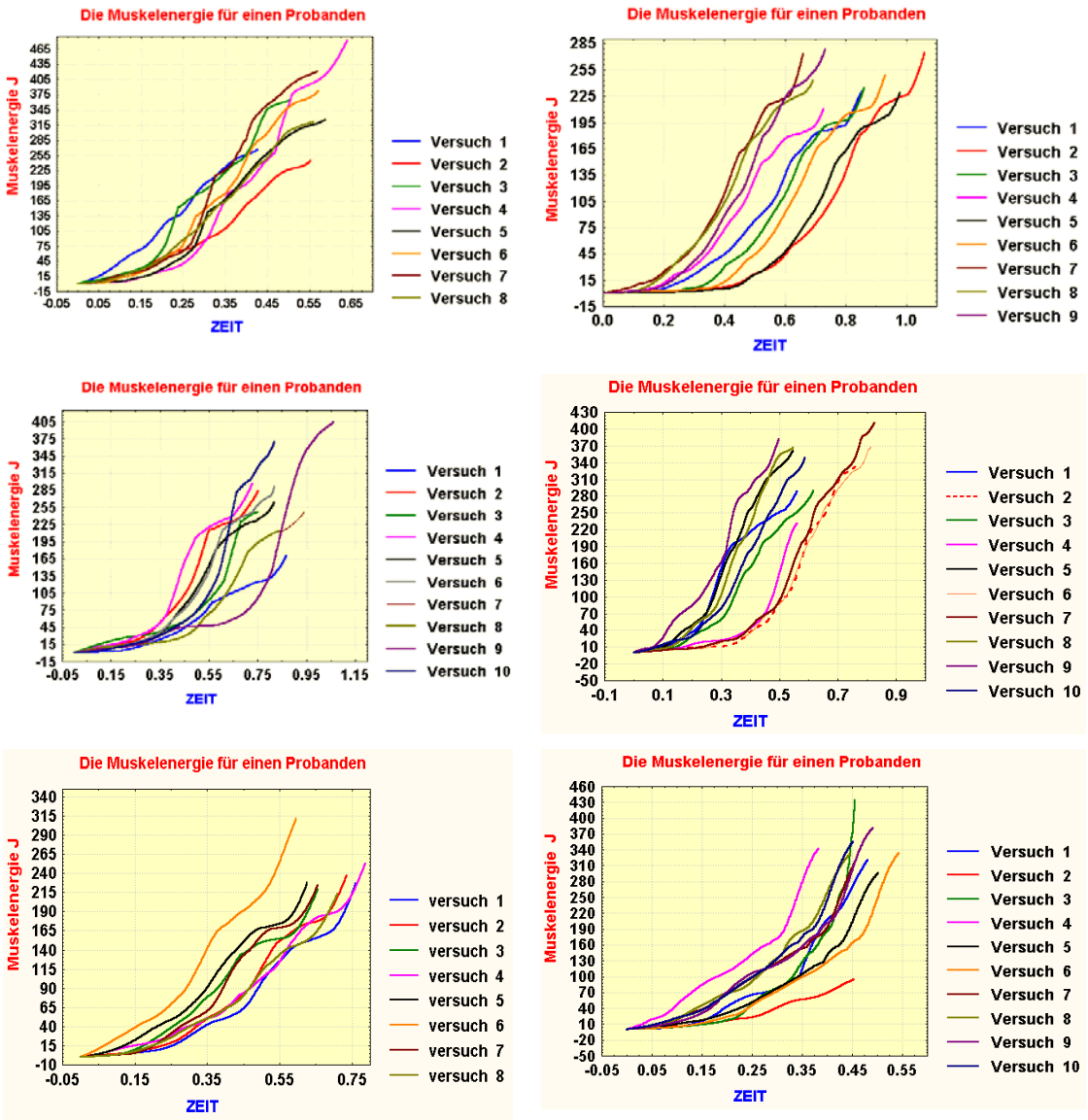


Abb. 5.10: Die Muskelenergie aller Probanden

Die Abbildung 5.10 zeigt die Muskelenergie aller Versuche der Probanden. Der erste Proband führte 8 Versuche aus, wobei er zwei Versuche über 200 J, vier Versuche über 300 J und zwei Versuche über 400 J absolvierte. Der zweite Proband hatte 9 Versuche ausgeführt, bei denen er unter 300 J gebrauchte. Vom dritten Probanden wurden 10 Versuche ausgeführt, wobei acht Versuche unter 300 J, ein Versuch unter 400 J und ein Versuch über 400 J lagen. Der vierte Proband führte 10 Versuche aus, davon waren drei Versuche unter 300 J, sechs Versuche unter 400 J und nur ein Versuch über 400 J. Der fünfte Proband führte 8 Versuche aus, von denen sieben Versuche unter 300 J und ein Versuch mit 311 J ausgeführt wurden.

Der letzte Proband führte 10 Versuche durch, er hatte sieben Versuche unter 400 J, einen Versuch unter 300 J, einen Versuch unter 200 J und einen Versuch über 400 J.

5.11 Die gesamten Mittelwert der Muskelenergie aller Probanden

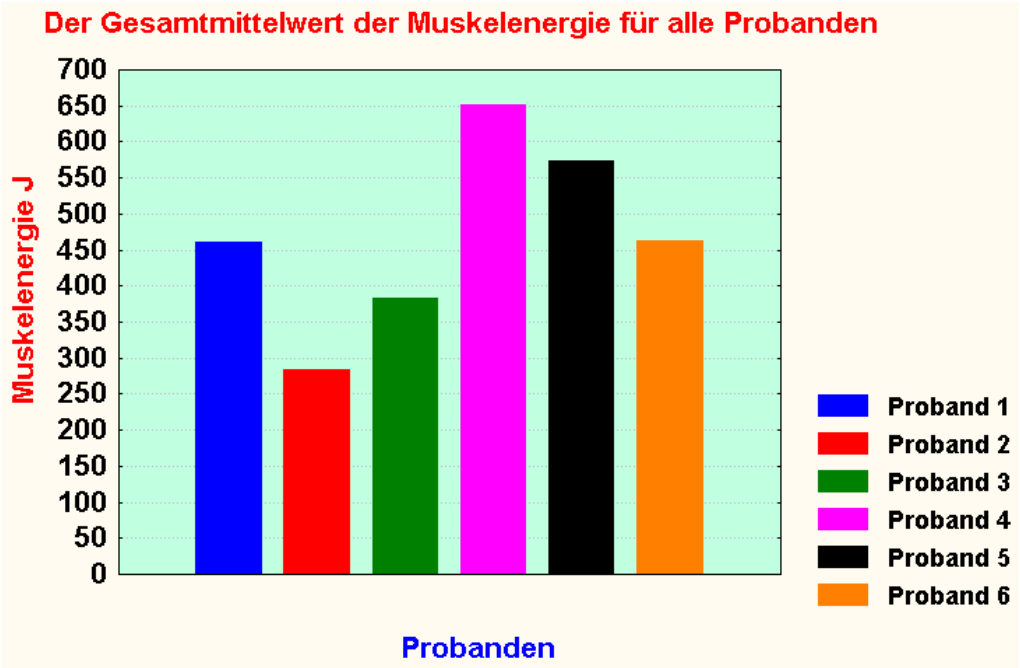


Abb. 5.11: Der Gesamtmittelwert der Muskelenergie aller Probanden

Die Abbildung 5.11 zeigt, dass der erste Proband durchschnittlich 450 J, der zweite Proband zwischen 250 und 300 J, der dritte Proband zwischen 350 und 400 J, der vierte Proband 650 J, Proband fünf 570 J und der letzte Proband 450 J gebraucht.

Die vorliegenden Daten zeigen, dass die ersten drei Probanden, die die Bewegung mit dem Ausfall ausführten, weniger Muskelenergie im Vergleich mit den Probanden gebrauchten, die die Bewegung mit dem Sprung nach vorne ausführten, Außerdem zeigen die vorliegenden Daten, dass bei der Ausführung mit dem Ausfall weniger Energie als mit dem Sprung nach vorne gebraucht wird, weil sich beim Sprung der Fechter mit großem Abstand mit beiden Beinen und mit dem ganzen Körper bewegt, um zu treffen. Deswegen wird er mehr Energie verbrauchen. Falls der Fechter die Bewegung mit dem Ausfall ausführt, wird er aber nur das vordere Bein bewegen, wenn der Abstand zwischen den Gegnern gering ist. Aus diesem Grund wird weniger Energie gebraucht. Dafür zeigen die vorliegenden Daten, dass bei der Ausführung mit dem Ausfall weniger Energie als mit dem Sprung nach vorne gebraucht wird. Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass bei den Probanden, die mehr Energie gebrauchten, die Bewegung übertrieben ausgeführt wurde (beispielsweise zeigte die Waffe zu viel nach hinten, nach rechts, nach links oder es gab einen übertriebenen Abstand zwischen beiden Beinen).

Die vorliegenden Daten zeigten, dass der zweite Proband die wenigste durchschnittliche Muskelenergie von den Probanden, die das Coupé mit dem Ausfall ausführten, gebrauchte und dass der letzte Proband die niedrigste durchschnittliche Muskelenergie von den Probanden, die das Coupé mit dem Sprung nach vorne ausführten, gebrauchte.

In Anlehnung an die oben genannten Abbildungen und Ergebnisse war der zweite Proband, der bester Proband von allen Versuchspersonen gewesen war, derjenige mit der niedrigsten durchschnittlichen Muskelenergie, dann folgte der dritte Proband, als Dritter kam der erste Proband gefolgt vom fünften und vierten Probanden, die die höchste durchschnittliche Muskelenergie während der Ausführung gebrauchten.

6 Diskussion

In Bezug auf die Untersuchungsziele und die mechanischen Parameter werden die Ergebnisse diskutiert und erklärt. Außerdem werden hier auch die Hypothesen präsentiert und erläutert.

In Bezug auf die kinematischen Parameter und Hypothesen:

In Bezug auf die Hypothese:

1. Das Coupé hat während seiner Ausführung zwei Phasen, wobei die erste Phase länger ist als die zweite Phase.

1. Die Zeitdauer und Phasen der Ausführung des Coupés

Die Bewegung dauerte bei den einzelnen Probanden unterschiedlich lange, außerdem war sie auch beim gleichen Probanden jeweils von unterschiedlicher Zeitdauer. Das Coupé dauerte zwischen 0.42 ms und 0.90 ms. Außerdem zeigen die Ergebnisse in Bezug auf den Bewegungsablauf (Abb. 4.21), dass das Coupé aus zwei Phasen besteht. Im Folgenden werden die beiden Phasen beschrieben.

A. Anfangsphase

Die erste Phase beginnt mit dem Anfang der Bewegung bis sich die Waffe in Kinnhöhe befindet (sie fängt an, wenn der Unterarm und die Hand gebeugt werden und die Glocke an der linken Körperseite bis zur Kinnhöhe herangeführt wird, so dass die Klinge fast senkrecht steht) (s. den Bewegungsablauf bei der Simulation von SDS).

Ihre Zeitdauer beträgt zwischen 0.33 ms und 0.67 ms.

B. Treffphase

Die zweite Phase beginnt mit der Streckung des bewaffneten Arms bis zur Linie zum Treffen auf der Rückseite.) (s. den Bewegungsablauf bei der Simulation von SDS).

Ihre Zeitdauer beträgt zwischen 0.16 ms und 0.25 ms.

Anmerkung:

Es wurde hier bemerkt, dass die erste Phase länger als die zweite Phase gedauert hatte, weil der Fechter bei der ersten Phase seine Klinge entweder aus der gegnerischen Bindung gezogen und aufgehoben hatte oder die gegnerische Klinge geschlagen wurde. Damit wurde der oben genannten Hypothese entsprochen.

In Bezug auf die Hypothese:

2. Die Ausführung des Coupés dauert mit dem Ausfall länger als mit dem Sprung nach vorne.

Die vorliegenden Daten zeigten, dass die Probanden, die die Bewegung mit dem Ausfall ausführten, länger dafür brauchten als die Probanden mit dem Sprung nach vorne. Die Zeitdauer betrug bei den ersten drei Probanden zwischen 0.6 Sekunden und 0.8 Sekunden, weil sie die Bewegung mit dem Ausfall ausgeführt hatten. Die einzige Ausnahme ergab sich nur beim ersten Probanden. Obwohl er auch die gleiche Bewegung ausgeführt hatte, betrug bei ihm die Zeitdauer 0.6 Sekunden. Bei den Probanden, die die Bewegung mit dem Sprung nach vorne ausgeführt hatten, betrug sie zwischen 0.5 Sekunden und 0.6 Sekunden. In Anlehnung daran entsprachen die Zeitdauerergebnisse der oben genannten Hypothese. Aus der Sicht der Trainingslehre bestätigten die Probanden auch diese Hypothese, und sie fanden, dass es schneller und viel einfacher ist, die meisten Angriffsaktionen, insbesondere das Coupé, auf der Rückseite mit dem Ausfall auszuführen. Außerdem gilt es auch als Abwehraktion, weil die Trefffläche des Fechters wie Rücken und Brust zur Seite gedreht werden. Auch die Meinung der Trainer wurde bestätigt, weil beim Ausfall der Fechter sich nur mit dem vorderen Bein und mit dem bewaffneten Arm zum Ziel bewegt, d.h., dass sich nur die Hälfte des Körpers nur bewegt.

Die kinematischen Parameter in Bezug auf die bewaffneten Arme:

1. Die Positionskurven der bewaffneten Arme auf der X-Achse:

Die Abbildungen 5.2 zeigten unterschiedliche Positionskurvenformen bei Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand an. So bewegten sich beispielsweise beim ersten Probanden Schulter und Ellenbogen mehr als Handgelenk und Hand auf der X-Achse. Beim zweiten und vierten Probanden bewegten sich alle Gelenke (Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand) gleich viel. Im Gegensatz dazu wurden beim dritten Probanden Hand und Handgelenk sowie die Schulter zusammen mehr bewegt, und der Ellenbogen wurde wiederum mehr als die anderen Gelenke während der Ausführung bewegt. Beim fünften Probanden wurde der Ellenbogen mehr als Handgelenk, Hand und Schulter bewegt. Beim letzten Probanden bewegten sich Handgelenk und Hand mehr als die Schulter und der Ellenbogen.

Anmerkung:

Aufgrund der vorliegenden Daten entsprach die Bewegung des Gelenks während der Ausführung bei den letzten Probanden der Technik des Coupés (die Ausführung kommt fast vom Handgelenk und der Hand (BECK 1990), weil sich das Handgelenk und die Hand zusammen in gleicher Richtung der X-Achse mehr strecken als sich Schulter und Ellenbogen bewegen. Beim zweiten und vierten Probanden waren ihre Ablaufkurven ähnlich, d.h., alle Gelenke wurden zusammen in gleicher Richtung bewegt. Danach kam der erste Proband, bei dem auch sein Schulter- und Handgelenk mehr als Handgelenk und Hand bewegt wurden. Am Ende stand der dritte Proband, der seinen Ellenbogen mehr als die anderen Gelenke während der Ausführung bewegt hatte.

2. Die Positionskurven der bewaffneten Arme auf der Y-Achse:

Die Abbildungen 5.3 zeigten, dass die Probanden 1, 2, 5 und 6 die gleiche Ablaufposition hatten, d.h. sie hatten einen ähnlichen Ausführungsablauf der Gelenke (Schulter, Ellenbogen, Handgelenk und Hand). Die Probanden 3 und 4 hatten ebenfalls die gleiche Ablaufposition des Coupés, d.h. die ersten vier (1, 2, 5, 6) bewegten ihre bewaffneten Gelenke (Schulter-

Handgelenk-Hand) zusammen mehr als den Ellenbogen, wohingegen die Probanden 3 und 4 ihre Schulter mehr als die anderen beteiligten Gelenke (Ellenbogen-Handgelenk-Hand) bewegten.

Nach BECK (1990), die vorliegende Daten und Trainer sollte die Ausführung des Coupés fast ausschließlich vom Handgelenk und selbstverständlich von der Hand aus erfolgen. Es wurde hieraus abgeleitet, dass das Coupé auf der Y-Achse mehr als auf der X-Achse ausgeführt wurde, wobei der Fechter die Bewegung am Anfang der ersten Phase (Anfangsphase)und am Ende der zweiten Phase mehr auf der X-Achse ausführte, während sie ansonsten mehr auf der Y-Achse erfolgte, bevor die Klinge nach vorne gerichtet wurde und anschließend, wenn die Klinge nach dem Auszug angehoben wurde.

In Bezug auf die Hypothese:

3. Unterarm, Handgelenk und Hand übernehmen die Ausführung mehr als Ellenbogen und Schultergelenk auf der Y-Achse.

In Bezug diese Hypothese zeigten die vorliegende Daten und Abbildungen 5.3, dass die Schulter, Ellenbogen, Handgelenk und Hand die Ausführung des Coupés auf der X- und Y-Achse erfolgte, jedoch mit unterschiedlicher Beteiligung. Beispielsweise sind auf der X-Achse alle Gelenke gleichzeitig beteiligt, während auf der Y-Achse die Handgelenke und Hand mehr als die Schulter und Ellenbogen beteiligt sind. Dies entspricht der oben genannten Hypothese.

Aus der Trainingsansicht sollte die Bewegung ausschließlich von Unterarm, Handgelenk und Hand kommen (nach BECK 1990). Schultern und Ellenbogen sollen sich weniger bewegen, d.h., Hand, Handgelenk und Unterarm bewegen sich bei der Ausführung des Coupés mehr als Schulter und Ellenbogen. Das bedeutet, dass das gesamte Armgelenk an der Bewegung beteiligt ist, aber Unterarm und Hand haben einen größeren Anteil daran als die anderen Armgelenke. In Bezug auf die vorliegenden Daten und Abbildungen (4.21) wird gezeigt, dass es eine ansteigende Reihenfolge während der Bewegungsausführung gibt: Schulter, Ellenbogen, Unterarm, Handgelenk und Hand, d.h., Hand und Handgelenk sind bei der Bewegungsausführung die wichtigsten Körperteile.

2. Die Geschwindigkeit des bewaffneten Armes auf der X-Achse:

Die Abbildungen 5.4 zeigten, dass alle Probanden außer dem Fünften ähnliche Geschwindigkeitskurven hatten. Bei den Probanden 1, 2, 3, 4 und 6 wurde das Schultergelenk schneller als Ellenbogen, Handgelenk und Hand bewegt, während der fünfte Proband seine Ellenbogen, Handgelenk und Hand schneller als das Schultergelenk bewegte.

Bei den Probanden 2 und 4 war die Schulter das schnellste Gelenk, danach kam der Ellenbogen. Handgelenk und Hand wurden zusammen gleich schnell bewegt. Bei den Probanden 3 und 6 war die Schulter das schnellste Gelenk, danach kamen Ellenbogen, Handgelenk und Hand. Beim ersten Probanden waren sein Schultergelenk und Ellenbogen die schnellsten Gelenke, gefolgt von Handgelenk und Hand. Beim fünften Probanden war seine Schulter langsamer als die Ellenbogen, Handgelenk und Hand (d.h., er hatte seine Gelenke schneller als die Schulter bewegt; nach meinem Wissen sollte der Fechter während der

Bewegungsausführung keine Überbewegung ausführen, denn in diesem Fall benötigt er mehr Zeit und Energie, was wiederum den Gegner vorher warnt.)

In Anlehnung daran entsprach die Geschwindigkeit des fünften Probanden der Technik des Coupés, weil bei der Ausführung des Coupés auf der X-Achse Schulter und Ellenbogen schneller als Handgelenk und Hand sein sollten, denn der Fechter beginnt mit Treffern nach vorne in Richtung X-Achse, außerdem versucht er, dass die Mensur (der Abstand zwischen beiden Gegnern) so gut wie möglich mit der Streckung der Arme verkürzt wird. Aus diesem Grund sollte der Fechter seine Schulter und den Ellenbogen zum Treffen so schnell wie möglich ausdehnen.

In Bezug die Hypothese:

4. Schulter und Ellenbogengelenke sind die schnellsten Gelenke während der Ausführung auf der X-Achse.

In Bezug auf die oben genannte Hypothese zeigen die Ergebnisse und Abbildungen, dass die Schulter und Ellenbogen als die schnelleren Gelenke wie Handgelenk und Hand bei fast allen Probanden auf der X-Achse dargestellt wurden. Damit wurde die Hypothese überprüft und erfüllt.

Die Geschwindigkeit der bewaffneten Arme auf der Y-Achse:

Die Abbildungen 5.5 zeigten, dass alle Probanden ähnliche Geschwindigkeitskurvenformen auf der Y-Achse hatten. Das Handgelenk und die Hand waren während der Ausführung die schnellsten Gelenke, danach kam der Ellenbogen als zweitschnellstes Gelenk, und am Schluss befand sich das Schultergelenk. Das Handgelenk und die Hand bewegten sich bei allen Probanden zusammen, dann kam der Ellenbogen als zweites Gelenk und am Ende das Schultergelenk. Außerdem wurden die ermittelten Geschwindigkeitsergebnisse auf der Y-Achse mit der Hypothese 5 (Handgelenke und Hand sind die schnellsten Gelenke während der Bewegungsausführung) verglichen.

Bemerkung:
Auf der X-Achse sind Schulter und Ellenbogen die schnelleren Gelenke als Handgelenk und Hand. Auf der Y-Achse sind die Handgelenke und Hand die schnellsten Gelenke, dies entspricht den Hypothesen.

In Bezug die Hypothese:

5. Handgelenk und Hand sind die schnellsten Gelenke während der Ausführung auf der Y-Achse.

In Bezug auf die oben genannte Hypothese zeigen die Ergebnisse und Abbildungen, dass Handgelenk und Hand die schnelleren Gelenke wie Schulter und Ellenbogen bei allen Probanden auf der Y-Achse sind. Damit wurde die Hypothese überprüft und erfüllt.

In Anlehnung daran wurde hier gezeigt, dass jedes Gelenk eine große Geschwindigkeit hatte, jedoch auf verschiedenen Achsen wie beispielsweise die Schulter und der Ellenbogen auf der X-Achse und das Handgelenk und die Hand auf der Y-Achse.

Die Waffenposition auf der X-Achse:

Die Ergebnisse und Abbildungen 5.6 zeigen, dass sich die Waffe mit keinem großen Abstand während der ersten Phase (Anfangsphase) bewegt. Dies verlief jedoch in der zweiten Phase (Treffphase) deutlicher, weil die Waffe von unten hochgehoben und nach vorne hin geführt wurde. Jede Versuchsperson hatte ähnliche Verlaufsformen, anschließend hatten alle Probanden unterschiedliche Waffengeschwindigkeitsverlaufsformen. Es sollte hier angemerkt werden, falls jede Versuchsperson eine ziemlich ähnliche Verlaufsform hatte, so bedeutet das, dass dieser Proband die gleiche Ausführung und Leistung hat. Das ist während des Gefechts von Nutzen.

Die Waffenposition auf der Y-Achse:

Die Abbildungen 5.7 und Ergebnisse zeigten, die Waffenbewegung wurde am Anfang der Bewegungsausführung begonnen, sie erfolgte von der Null-Position (Anfangsphase) nach oben bis die Klinge lotrecht stand. Sie hatte sich durch diese Phase über eine große Strecke bewegt und ging dann wieder nach unten (Treffphase) zum Treffen hin. Es zeigte sich, dass eine Ähnlichkeit der Waffenposition bei allen Probanden bestand. Jeder Proband hatte auch eine ziemlich gleiche Verlaufsformposition. In Anlehnung an die Ergebnisse und Abbildungen wurde die Waffe auf der Y-Achse mit mehr Abstand als auf der X-Achse bewegt.

Die Waffengeschwindigkeit auf der X-Achse:

Die Ergebnisse und Abbildungen 5.8 zeigten, dass die Ähnlichkeit der Waffengeschwindigkeitsverläufe nach Quantität als ein Maß für die Reproduzierbarkeit der individuellen Verlaufsformen dargestellt wurde. Beim fünften Probanden fielen seine Versuche ähnlich aus, sie waren aber nicht gleich im Vergleich mit den anderen Probanden, d.h., er hat wenig Geschwindigkeit während der Ausführung erzeugt. Es wurden auch relative gleich bleibende Werte für jede Versuchspersonen angezeigt. Die Waffengeschwindigkeit verlief so in der ersten Phase der Anfangsphase nach unten, wenn der Fechter seine Klinge aus der des Gegners gezogen hatte bis zum Ende dieser Phase. In der folgenden zweiten Phase nahm sie nach oben bis zum Treffen zu.

Die Waffengeschwindigkeit auf der Y-Achse:

Die Abbildungen 5.9 zeigen, dass die Ähnlichkeit der Waffengeschwindigkeit auf dieser Achse bei den Versuchspersonen 1, 2, 5 dargestellt wurde, außerdem verlief die Geschwindigkeit bei den Versuchspersonen 3, 4, 6 ähnlich. Es zeigte sich, dass alle Probanden bei durchaus unterschiedlichen individuellen Verlaufsformen über eine Reproduzierbarkeit der Waffengeschwindigkeit verfügten. Es wurde auch deutlich, dass die Waffengeschwindigkeit so wie auf der X-Achse nicht nur zugenommen hatte, sondern sich

auch verringert hatte. Alle Probanden hatten auch ähnliche Geschwindigkeitsverlaufsformen in der ersten und zweiten Phase gehabt. Es stellte sich heraus, dass sie in der ersten Anfangsphase zugenommen hatten und am Ende derselben Phase gesunken waren. Bei der zweiten Phase war es umgekehrt, sie verlief am Anfang und im Laufe der zweiten Phase erhöht und wurde vor dem Treffen wieder verringert. Nach den Ergebnisse und Abbildungen wurde festgestellt, dass sich bei allen Versuchspersonen eine höhere Waffengeschwindigkeit auf der Y-Achse als auf der X-Achse ergab.

In Bezug auf die dynamischen Parameter und Hypothesen:

1. Die Muskelenergie während der Ausführung:

Mit diesem Parameter hat sich nach meinem Wissen noch niemand im Bereich des Fechtens beschäftigt. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Arbeit die Muskelenergie erforscht, damit der Fechter genau weiß, wie viel Energie er zur Ausführung braucht. Mit diesem Wissen könnte er seine Muskelenergie im laufenden Gefecht sparen und in der richtigen Ausführung ausführen, außerdem könnte er das ganze Gefecht mit guter Leistung fortsetzen.

Die Abbildungen 5.10 zeigten, dass die Muskelenergie bei allen Probanden unterschiedlich ist. Dieser Unterschied kommt sowohl von den unterschiedlichen Anthropometrien jedes Probanden als auch durch die Technik, weil jeder Proband über eine individuelle Technik verfügt und dies auch von Versuch zu Versuch, das bedeutet, jeder Proband gebraucht unterschiedliche Muskelenergien bei jedem Versuch. Obwohl jeder die gleiche Bewegung ausgeführt hat, resultierte meines Wissens nach der Unterschied auch aus der unterschiedlichen Spannung der Muskulatur, auch wenn der Proband die Bewegung mit einer extremen Bewegung wie beispielsweise mehr nach hinten oder nach oben ausgeführt hat, wurde diese verlängert, und in Anlehnung daran wird der Fechter auch hierfür mehr Energie verbrauchen. Aus diesen Gründen beschäftigte sich die vorliegende Arbeit damit, damit sie bestimmt, wie die Ausführung des Coupés aussehen soll ohne eine extreme Bewegung zu haben, und wie viel Energie der Fechter dafür verbrauchen soll.

In Bezug die Hypothese:

6. Es gibt keinen großen Unterschied bei der gebrauchten Energie, wenn die Ausführung mit Ausfall oder mit einem Sprung nach vorne erfolgt.

Im Entsprechen mit dieser Hypothese zeigten die Ergebnisse und Abbildungen…., dass die Bewegungsausführung mit dem Ausfall weniger Energie als mit dem Sprung nach vorne gebrauchte, wobei die ersten drei Probanden die Bewegung mit dem Ausfall und die anderen mit dem Sprung nach vorne ausführten. Bei den ersten drei Versuchspersonen betrug die Muskelenergie bei 19 Versuchen fast unter 300 J, bei sieben Versuchen über 300 J und 400 J. Bei den restlichen Probanden lag die Muskelenergie bei 10 Versuchen unter 300 J und bei 18 Versuchen über 300 J und 400 J.
In Anlehnung daran wurde bei der Ausführung mit dem Ausfall weniger Energie als mit dem Sprung nach vorne benötigt.

In Bezug die Hypothese:

7. Das Coupé soll vom Angreifer so schnell wie möglich ausgeführt werden.

Der Angriff allgemein, insbesondere das Coupé, soll so schnell wie möglich sein, denn die Leitungsgeschwindigkeit zum Gehirn beträgt beim Menschen zwischen 0.30 und 0,035 Sekunden (Freitag 1969). Wenn darauf die Reaktionszeit des Fechters von 0,20 bis 0,28 Sekunden hinzugerechnet wird, beträgt die Gesamtzeit zwischen 0,60 und 0,65 Sekunden. Daraus wird die Bewegungsdauer wie beispielsweise die Armstreckung mit der Waffe mit 0,029 Sekunden ausgerechnet, am Ende wird die Gesamtzeit von 0,90 Sekunden bis 0,95 Sekunden berechnet. Bei Anwendung dieser Rechnung auf das Coupé würde der Fechter ungefähr 90 Prozent haben, um sie auszuführen, wenn die Reaktionszeit mit Armstreckung ist, und falls die Reaktionszeit ohne Bewegung ist, wäre es möglich, dass der Fechter 60 Prozent erfolgreich wäre, um sie auszuführen.

7 Zusammenfassung

Fechten gehört sowohl zur Gruppe der Individualsportarten als auch zu den Kampfsportarten und zeichnet sich durch ein hohes Anforderungsniveau an die Sportler aus. Aus diesem Grund beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der Technik des Coupés und deren Weiterentwicklung: Endstoß des Coupés auf den Rücken. Insbesondere wird auf die Technik und deren Optimierung eingegangen, dabei wird der Bereich der Biomechanik betrachtet, in welchem die sportlichen Bewegungen und deren Eigenschaften untersucht werden.

Diese bildet den Ausgangspunkt für die vorliegende Arbeit, deren Ziel es war, die Technik des Coupés zu beschreiben und optimieren. Dies wurde mit kinematischen sowie dynamischen Parametern durchgeführt, damit der Trainer und Fechter Erkenntnisse über die Technik des Coupés haben, beispielsweise wie es verläuft und in welcher Geschwindigkeit es ausgeführt werden soll, um es zu beherrschen.

In der vorliegenden Arbeit führten sechs Fechter des deutschen Olympiastützpunktes Tauberbischofsheim die Bewegung des Coupés aus. Jeder führte 10 Versuche durch, wegen technischer Probleme wurden jedoch nur 55 Versuche zur Auswertung benutzt. Dafür wurden drei Videokameras von PANASONIC und zwei von SONY mit 50 Hz (Halbbildern) pro Sekunde, fünf Kamerastative und Scheinwerfer benutzt. Nach der Aufnahme wurden die Filme mit dem APAS-System (Film einlesen – Abschneiden – Digitalisieren – Transformieren – Konvertieren) bearbeitet. Danach wurden die konvertierten Daten in Verbindung mit der anthropmetrischen Messung mit Hilfe des Programms Human Builder weiterarbeitet, um ein Projekt zu erstellen. Am Ende wurde das erstellte Projekt mit Hilfe von Solid Dynamics System simuliert, um die mechanischen Parameter herauszubekommen. Zum Schluss wurden diese Ergebnisse mit Hilfe des Programms Statistica 5 als Graphik dargestellt.

Die wichtigsten Ergebnisse lauten:

- Das Coupé dauert zwischen 0.42 ms und 0.90 ms
- Das Coupé hat zwei Phasen und die erste Dauerzeit ist länger als die zweite Phase.
- Die Gelenke der bewaffneten Arme übernehmen die Ausführung des Coupés.
- Die Schulter und Ellenbogen bewegten sich mehr gestreckt als Handgelenk und Hand auf der X-Achse.
- Die Handgelenk und Hand wurden mehr gestreckt als Schulter und Ellenbogen auf der Y-Achse bewegt.
- Die Ähnlichkeit der Ablaufposition der bewaffneten Arme bei den Probanden 1, 2, 5 sowie 3 und 4 hatten auch eine ähnliche Ablaufposition auf der Y-Achse.
- Auf der X-Achse ergab sich eine unterschiedliche individuelle Ablaufposition der bewaffneten Arme.
- Alle Probanden außer dem Fünften hatten ähnlichen Geschwindigkeitskurven auf der X-Achse, wobei Probanden 1, 2, 3, 4, und 6 die Schultergelenke schneller als Ellenbogen, Handgelenk und Hand bewegten. Das Schultergelenk war der schnellste Teil bei allen Probanden außer dem Fünften.

- Alle Probanden hatten ähnliche Geschwindigkeitskurvenformen auf der Y-Achse.
- Das Handgelenk und die Hand waren die schnellsten Gelenke im Lauf der Ausführung des Coupés, dann kam der Ellenbogen und am Schluss war das Schultergelenk auf der gleichen Achse.
- Das Handgelenk und die Hand verlaufen während der Ausführung zusammen in gleicher Richtung.
- Die Waffe wurde nicht in der ersten Phase im Vergleich mit der zweiten Phase auf der X-Achse bewegt, sie bewegte sich in der zweiten Phase mehr als in der ersten Phase.
- Alle Probanden hatten unterschiedliche Waffenverlaufsformen auf der X-Achse, und für jeden Probanden ergaben sich ähnliche Verlaufskurvenformen auf derselben Achse.
- Auf der Y-Achse bewegte sich die Waffe in der ersten Phase im Vergleich mit der ersten Phase auf der X-Achse.
- Die Waffe wurde auf der Y-Achse mehr als auf der X-Achse bewegt.
- Die Ähnlichkeit der Waffengeschwindigkeitsverläufe auf der X-Achse galt für alle Probanden, jeder hatte jedoch individuelle Verlaufsformen.
- Die Geschwindigkeit der Waffe wurde in der ersten Phase vom Anfang bis zum Ende verringert und nahm während der zweiten Phase bis zum Treffen zu.
- Die Waffengeschwindigkeit bei den Probanden 1, 2 und 5 war auf der Y-Achse ähnlich, die Probanden 3, 4, 6 hatten auch ähnliche Waffengeschwindigkeitskurven auf derselben Achse.
- Alle Probanden verfügten bei durchaus unterschiedlichen individuellen Verlaufsformen über eine Reproduzierbarkeit der Waffengeschwindigkeit.
- Die Geschwindigkeit der Waffe wurde auf der X-Y-Achse nicht nur verringert, sondern auch vergrößert, sie nahm im Gegenteil in der ersten Phase auf der X-Achse zu, und sank am Ende diese Phase. In der zweiten Phase erhöhte sie sich am Anfang und verringerte sich am Ende.
- Die Geschwindigkeit der Waffe ergab sich auf der Y-Achse mehr als auf der X-Achse.
- Die Geschwindigkeit betrug auf der X-Achse zwischen 1.50 m/s und 9.43 m/s und auf der Y-Achse zwischen 4.53 m/s und 16.96 m/s.
- Die Muskelenergie war bei der Ausführung mit dem Ausfall niedriger als mit dem Sprung nach vorne. Sie betrug mit dem Ausfall bei 19 Versuchen unter 300 J und bei sieben Versuchen über 300 J. Mit dem Sprung nach vorne betrug sie bei 10 Versuchen unter 300 J und bei 18 Versuchen über 300 und 400 J.
- Beim Gesamtmittelwert der Muskelenergie brauchten die ersten drei Probanden beim Coupé weniger Muskelenergie als die letzten drei Probanden.

8 Literatur

ABD ELBAKI ELSAID, T.: Analysis Reserch of the Mechanical Lunge in Fencing. Dissertation. Kairo, Ägypten 1991.

BALLREICH, B./ KUHLOW, A. :Beiträge zur Biomechanik des Sports. Schorndorf 1980.

BALLREICH, B./ BAUMANN, W.: Grundlagen der Biomechanik des Sports: Probleme, Methoden, Modelle. Stuttgart 1988.

BARTH, B.: Fechten: ein Lehrbuch für die Grundausbildung im Florett-, Säbel- und Degenfechten. 2. Aufl. Berlin 1979.

BARTH, B./ BECK, E.: Fechttraining. Aachen 2000.

BAUMANN, W. :Grundlagen der Biomechanik. Schorndorf 1989.

BEAUMONT, C. L. DE: Fechten nach den Regeln der Kunst. Florett, Degen und Säbel. Stuttgart 1977.

BECK, E.: Fechten: Florett, Degen, Säbel. Niedernhausen/Ts. 1978.

BECK, E.: Richtig Fechten. München 1990.

BÖTTCHER, J./ DEUTSCHER, E.: Biomechanische Ergebnisse zur Bewegungstechnik im Gewichtheben (Reißen). In: Leistungssport 29 (1999) 4, 55-62

BRÜGGEMANN, P. :Biomechanik des Sports. In: K. CARL/ D. KAYSER/ H. MECHLING/ W. PREISING: Handbuch Sport, Bd.1. Düsseldorf 1984.

BUCHER, A.: Objektivierung der Aufstehbewegung. Zulassungsarbeit zum 1. Staatsexamen. Universität Konstanz 2002.

BUCHMANN, R.: Beitrag der Biomechanik zur Optimierung der sportlichen Technik. In: H. NICKEL: Leistungssport plus Papier, 1980, 10-17.

ČOH, M.: Kinematische und dynamische Analyse der Technik der Hürdenüberquerung. In: Leistungssport 32 (2002) 4, 43-46.

DONSKOI, D. D.: Grundlagen der Biomechanik. Berlin 1975.

FREITAG, W./ STEINBACH, M./ THOLL, R.: Zum Problem der Reaktionszeit. In: Praxis der Leibesübungen (1969) 8, 164-165.

GAUGLER, W. M.: Fechten für Anfänger und Fortgeschrittene: Florett, Säbel, Degen. München 1983.

GÜSE, K. D.: Faszination Fechten: vom wundersamen Aufstieg eines Sports in Deutschland. Bad Homburg 1986.

HASSAN, S. E./ KLAUCK, J.: Kinematische und dynamographische Diagnostik beim Fechten. In: K. DANIEL/ K. WILKE (Hrg.): Bewegen im Wasser- Mehr als nur Schwimmen. Symposiumsbericht der 2. Kölner Schwimmsporttage 1999. Köln, 386-389.

HASSAN, S./ KLAUCK, J.: Kinematics of lower and upper Extremity Motion during the Fencing Lunge: Resultats and Training Implications. In: H. RIEHLE/ M. VIETEN (Hrg.): Proceedings I of the XVI International Symposium on Biomechanics in Sports. Konstanz 1998, 149-152.

HASSAN, S./ KLAUCK, J.: Kinematische und dynamische Diagnostik beim Fechten am Beispiel der Aktion gerader Stoß – Angriff mit Ausfall. Kölner Schwimmsporttage-Symposium. Symposiumsbericht der 2. Kölner Schwimmsporttage 1999. Köln.

HOCHMUTH, G.: Biomechanik sportlicher Bewegungen. 4. Aufl. Berlin 1981.

HUSSEIN, M. S.: The Kinematik Properties for the Player Coupé Skill at the Back of the Foil Player. Magisterarbeit. El Minia, Ägypten 1998.

KLAUCK, J./ HASSAN, S.: Geschwindigkeitsmessungen an der Waffe beim fechterischen Ausfall: diagnostische Möglichkeiten und Einzelfallanalysen. Bonn 1993.

KLAUCK, J./ HASSAN, S.: Alter und Bewegungsgeschwindigkeit: Komparative Analyse des fecht-spezifischen Ausfalls von Seniorenfechtern und jugendlichen Fechtern. In: H. MECHLING: Training im Altersport. Sportliche Leistungsfähigkeit und Fitness im Alternsprozess. Symposiumsbericht - Universität Bonn 22. bis 24. Mai 1997. Schorndorf 1998, 131-134.

KORENBERG, W, B. :Grundlagen einer qualitativen biomechanischen Analyse. Leistungssport. Deutscher Sportbund, Bundesausschuss Leistungssport. Berlin 1980.

KRESTENHAN, K.: Florett-Fechten. München 1978.

METWALLY, E.: The Kinematic Analysis of the Continuation of the Attack with Fences. Dissertation. Kairo, Ägypten 1991.

SAZIORSKI, W. M./ ARUIN, A. S./ SELUJANOW, W. N.: Biomechanik des menschlichen Bewegungsapparates. Berlin 1984.

SCHIRMER, A.: Fechten verständlich gemacht. München 1993.

SIMONIAN, C./ FOX. E. L.: Anwendung der Biomechanik auf den fechterischen Ausfall. In: R. C. NELSON/ C. A. MOREHOUSE: Biomechanics IV. London: London 1974, 306-309.

THEUERKAUFFF, J.: Fechten. Düsseldorf 1988.

VIETEN, M./ RIEHLE, H.: Calculation of Metabolic Power in Level Surface Running using the Joint Power Method. In: A. BARABAS (Hrg.): Proceedings of the XII ISBS Symposium. Budapest 1994, 248-251.

WILLIMCZIK, K./ ROTH, K.: Bewegungslehre: Grundlagen, Methoden, Analysen. Reinbek 1983.

WILLIMCZIK, K .:Biomechanik der Sportarten. Reinbek 1989.

ZAHRAN, K.: Computersimulation zur biomechanischen Diagnostik des Gewichthebens. Dissertation. Konstanz 2003.

ZAHRAN, K./ VIETEN, M.: Quantification of Technical Skills in Weightlifting. In: K. E. GIANIKELLIS (Hrg.): Scientific Proceedings of the XXth International Symposium on Biomechanics in Sport. Cáceres 2002, 478.

9 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Ziele der Biomechanik 6
Abb. 2.2: Das Florett 9
Abb. 2.3: Die Eigenschaften des Floretts 9
Abb. 2.4: Trefffläche beim Florettfechten 10
Abb. 2.5: Der Degen 11
Abb. 2.6: Die Eigenschaften des Degens 11
Abb. 2.7: Trefffläche beim Degenfechten 12
Abb. 2.8: Die Eigenschaften des Säbels 13
Abb. 2.9: Der Säbel 13
Abb. 2.10: Trefffläche beim Säbelfechten 13
Abb. 2.11: Die Fechtbahn 16
Abb. 2.12: Die elektrische Treffanzeige 17
Abb. 2.13: Technische Grundelemente beim Fechten 18
Abb. 2.14: Strategische Grundelemente beim Fechten (Angriffe - Abwehr) 19
Abb. 2.15: Der Bewegungsablauf des Coupés in der ersten Phase 26
Abb. 2.16: Der Bewegungsablauf des Coupés in der zweiten Phase 26
Abb. 2.17: Methode und Verfahren der Untersuchung 35
Abb. 4.1: Kameraansicht aus der Richtung der Kameras B und BB gesehen 51
Abb. 4.2: Kameraansicht aus der Richtung der Kamera R gesehen 51
Abb. 4.3: Kubus von den Kamerapositionen RR und BB aus gesehen 52
Abb. 4.4: Bewegung mit Licht 52
Abb. 4.5: Markerpunkte am Probanden 53
Abb. 4.6: Alle Module des APAS- Systems Programm 2001 56
Abb. 4.7: Einlesen der Kamera aus der Ansicht von Kamera B 57
Abb. 4.8: Abschneiden der Kameras auf einem Bild 58
Abb. 4.9: Erstellen der Sequenz-Parameter in der Digitalisierungsphase 58
Abb. 4.10: Die Digitalisierung des Kubus (Kontrollpunkte) 59
Abb. 4.11: Die sichtbaren und unsichtbaren Punkte 59
Abb. 4.12: Die Digitalisierungsphase 60
Abb. 4.13: Die Transformationsphase in 3D 61
Abb. 4.14: Die Konvertierungsphase vom Textformat zum apa-Format 62
Abb. 4.15: Die Anthropometrie-Phase in Human Builder 63
Abb. 4.16: Die Animationsphase in Human Builder 64
Abb. 4.17: Die erste Filterphase in Human Builder 65
Abb. 4.18: Die zweite Filterphase in Human Builder 66
Abb. 4.19: Die Projekterstellung in Human Builder 67
Abb. 4.20: Die Simulation des Bewegungsablaufs in Solid Dynamics 68
Abb. 4.21: Die Darstellungskurven der Parameter bei Solid Dynamics 69
Abb. 4.22: Die Rohdaten des Projekts in Solid Dynamics 70
Abb. 4.23: Die Wahloptionen und benutzten Optionen im Statistica Programm 70
Abb. 4.24: Importieren der Rohdaten aus dem Ept-File 71
Abb. 4.25: Die ausgewählten Files 71
Abb. 4.26: Die vom Text-Format zum Statistica-Format importierten Daten 72

Abb. 4.27: Die abgespeicherten Files nach dem Konvertieren 72
Abb. 4.28: Die endgültige statistische Ansicht 73
Abb. 4.29: Mittelwerte, Maximum, Minimum-Werte 74
Abb. 4.30: Mittelwerte und Standardabweichung der Position des bewaffneten Arms auf der X- und Y-Achse 74
Abb. 4.31: Mittelwerte und Standardabweichung der Geschwindigkeit des bewaffneten Arms auf der X- und Y-Achse 75
Abb. 5.1: Die Zeitdauer der Bewegung von allen Probanden bei allen Versuchen / Die Mittelwertzeitdauer aller Probanden 76
Abb. 5.2: Die Mittelwertposition des bewaffneten Arms aller Probanden auf der X-Achse 79
Abb. 5.3: Die Mittelwertposition des bewaffneten Arms aller Probanden auf der Y-Achse 80
Abb. 5.4: Die Mittelwertgeschwindigkeit des bewaffneten Arms aller Probanden auf der X-Achse 82
Abb. 5.5: Die Mittelwertgeschwindigkeit des bewaffneten Arms aller Probanden auf der Y-Achse 83
Abb. 5.6: Die Waffenposition aller Probanden auf der X-Achse 84
Abb. 5.7: Die Waffenposition aller Probanden auf der Y-Achse 85
Abb. 5.8: Die Waffengeschwindigkeit aller Probanden auf der X-Achse 86
Abb. 5.9: Die Waffengeschwindigkeit aller Probanden auf der Y-Achse 87
Abb. 5.10: Die Muskelenergie aller Probanden 88
Abb. 5.11: Der Gesamtmittelwert der Muskelenergie aller Probanden 89

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Maximum, Mittelwert und Standardabweichung der Geschwindigkeit 36
Tab. 2.2: Zusammenfassung des Forschungsstands 39
Tab. 4.1: Name, Alter, Trainingsalter und Platzierungen bei Meisterschaften aller Probanden 50
Tab. 4.2: Position der Marker 54
Tab. 5.1: Die Zeitdauer des ersten Probanden [ms] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit) 77
Tab. 5.2: Die Zeitdauer des zweiten Probanden [ms] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit) 77
Tab. 5.3: Die Zeitdauer des dritten Probanden [ms] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit) 77
Tab. 5.4: Die Zeitdauer des vierten Probanden [ms] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit) 78
Tab. 5.5: Die Zeitdauer des fünften Probanden [ms] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit) 78
Tab. 5.6: Die Zeitdauer des sechsten Probanden [ms] (E. PH = 1. Phase, Z. PH = 2. Phase, Z. SU = Summe der Zeit) 78
Tab. 11.1: Proband 1 [m] 106
Tab. 11.2: Proband 2 [m] 106
Tab. 11.3: Proband 3 [m] 107
Tab. 11.4: Proband 4 [m] 107
Tab. 11.5: Proband 5 [m] 108
Tab. 11.6: Proband 6 [m] 108
Tab. 11.7: Proband 1 [m] 109
Tab. 11.8: Proband 2 [m] 109
Tab. 11.9: Proband 3 [m] 110
Tab. 11.10: Proband 4 [m] 110
Tab. 11.11: Proband 5 [m] 111
Tab. 11.12: Proband 6 [m] 111
Tab. 11.13: Proband 1 [m/s] 112
Tab. 11.14: Proband 2 [m/s] 112
Tab. 11.15: Proband 3 [m/s] 113
Tab. 11.16: Proband 4 [m/s] 113
Tab. 11.17: Proband 5 [m/s] 114
Tab. 11.18: Proband 6 [m/s] 114
Tab. 11.19: Proband 1 [m/s] 115
Tab. 11.20: Proband 2 [m/s] 115
Tab. 11.21: Proband 3 [m/s] 116
Tab. 11.22: Proband 4 [m/s] 116
Tab. 11.23: Proband 5 [m/s] 117
Tab. 11.24: Proband 6 [m/s] 117
Tab. 11.25: Die Waffenposition (Minimum - Maximum - Mittelwert) aller Probanden auf der X-Achse 118
Tab. 11.26: Die Waffenposition (Minimum - Maximum - Mittelwert) aller Probanden auf der Y-Achse 120
Tab. 11.27: Die Waffengeschwindigkeit (Minimum - Maximum - Mittelwert) aller Probanden auf der X-Achse 122

Tab. 11.28: Die Waffengeschwindigkeit (Minimum - Maximum - Mittelwert) aller Probanden auf der Y-Achse 124
Tab. 11.29: Muskelenergie aller Probanden 126

10 Liste der Abkürzungen

E. PH	Erstphase
J	Joule
m	Meter
m/s	Meter/Sekunde
Max	Maximum
Min	Minimum
ms	Millisekunde
N	Anzahl der Versuche
$\bar{X}$	Mittelwert
Z. PH	Zweitphase
Z.SU	Zeitsumme

11 Anhang

Die Mittelwerte der bewaffneten Arme (Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand) auf der X-Achse

Tab. 11.1: Proband 1 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	1.15	1.15	1.09	1.09
2	1.10	1.11	1.07	1.07
3	1.12	1.13	1.08	1.08
4	1.12	1.11	1.06	1.06
5	1.12	1.12	1.08	1.08
6	1.14	1.15	1.11	1.11
7	1.15	1.16	1.11	1.11
8	1.18	1.18	1.13	1.13

Tab. 11.2: Proband 2 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	1.28	1.26	1.27	1.26
2	1.29	1.28	1.29	1.28
3	1.32	1.30	1.30	1.29
4	1.33	1.31	1.32	1.31
5	1.31	1.29	1.30	1.29
6	1.34	1.33	1.34	1.33
7	1.30	1.28	1.29	1.28
8	1.33	1.31	1.31	1.30
9	1.31	1.30	1.31	1.30

Tab. 11.3: Proband 3 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	**1.23**	**1.28**	**1.25**	**1.24**
2	**1.26**	**1.29**	**1.25**	**1.25**
3	**1.28**	**1.33**	**1.28**	**1.28**
4	**1.28**	**1.31**	**1.27**	**1.27**
5	**1.28**	**1.32**	**1.29**	**1.29**
6	**1.28**	**1.32**	**1.29**	**1.28**
7	**1.28**	**1.33**	**1.29**	**1.29**
8	**1.28**	**1.33**	**1.30**	**1.30**
9	**1.30**	**1.35**	**1.32**	**1.32**
10	**1.31**	**1.35**	**1.32**	**1.31**

Tab. 11.4: Proband 4 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	0.93	0.95	0.94	0.95
2	0.98	1.00	1.01	1.01
3	1.01	1.01	1.00	1.00
4	0.97	0.98	0.96	0.96
5	0.96	0.98	0.97	0.97
6	0.95	0.96	0.96	0.97
7	0.94	0.96	0.95	0.96
8	0.92	0.94	0.92	0.93
9	0.96	0.97	0.95	0.96
10	0.94	0.95	0.95	0.96

Tab. 11.5: Proband 5 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	0.99	0.99	0.98	0.98
2	1.01	1.02	1.01	1.01
3	1.04	1.05	1.04	1.04
4	1.05	1.06	1.04	1.04
5	1.01	1.02	1.03	1.03
6	1.02	1.04	1.04	1.04
7	0.99	1.00	0.99	0.99
8	1.00	1.02	1.01	1.01

Tab. 11.6: Proband 6 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	1.18	1.20	1.27	1.27
2	1.15	1.18	1.25	1.25
3	1.15	1.16	1.25	1.25
4	1.14	1.17	1.25	1.25
5	1.13	1.15	1.24	1.24
6	1.11	1.14	1.21	1.21
7	1.14	1.16	1.24	1.24
8	1.09	1.14	1.21	1.21
9	1.11	1.14	1.21	1.21
10	1.10	1.14	1.22	1.22

Die Mittelwerte der bewaffneten Arme (Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand) auf der Y-Achse

Tab. 11.7: Proband 1 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	1.04	0.96	1.10	1.14
2	1.08	0.97	1.11	1.15
3	1.09	1.00	1.13	1.17
4	1.07	0.98	1.12	1.16
5	1.09	0.99	1.12	1.16
6	1.09	0.98	1.11	1.14
7	1.11	1.00	1.13	1.17
8	1.10	0.98	1.11	1.15

Tab. 11.8: Proband 2 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	1.26	1.14	1.28	1.23
2	1.26	1.10	1.24	1.27
3	1.25	1.13	1.28	1.31
4	1.23	1.12	1.27	1.30
5	1.26	1.13	1.27	1.30
6	1.26	1.13	1.28	1.31
7	1.20	1.13	1.28	1.32
8	1.25	1.17	1.33	1.36
9	1.23	1.16	1.32	1.35

Tab. 11.9: Proband 3 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	1.22	1.01	1.03	1.07
2	1.18	0.99	1.04	1.08
3	1.17	0.94	0.99	1.03
4	1.17	0.98	1.03	1.07
5	1.16	0.96	0.99	1.03
6	1.17	0.97	1.01	1.05
7	1.17	0.97	0.99	1.02
8	1.17	0.97	1.01	1.04
9	1.18	0.97	0.98	1.01
10	1.16	0.97	1.01	1.03

Tab. 11.10: Proband 4 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	1.12	0.98	1.06	1.10
2	1.11	0.92	0.97	1.01
3	1.11	0.97	1.05	1.09
4	1.11	0.96	1.02	1.05
5	1.10	0.96	1.04	1.07
6	1.12	0.93	0.99	1.03
7	1.10	0.94	0.99	1.03
8	1.10	0.94	1.01	1.04
9	1.09	0.95	1.03	1.07
10	1.11	0.95	1.02	1.06

Tab. 11.11: Proband 5 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	1.13	0.98	1.15	1.18
2	1.12	0.99	1.16	1.19
3	1.10	0.99	1.18	1.21
4	1.13	0.96	1.13	1.17
5	1.11	1.01	1.19	1.23
6	1.11	1.01	1.18	1.22
7	1.11	0.99	1.18	1.21
8	1.11	1.00	1.19	1.22

Tab. 11.12: Proband 6 [m]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	1.13	0.99	1.11	1.14
2	1.14	1.02	1.15	1.19
3	1.14	0.98	1.09	1.12
4	1.13	1.04	1.21	1.24
5	1.12	0.98	1.11	1.14
6	1.13	0.98	1.11	1.14
7	1.13	1.00	1.13	1.17
8	1.11	1.00	1.16	1.19
9	1.12	0.99	1.13	1.16
10	1.11	1.00	1.14	1.17

Die Mittelwertgeschwindigkeit der bewaffneten Arme (Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand) auf der X-Achse

Tab. 11.13: Proband 1 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.11	-0.14	-0.37	-0.40
2	-0.09	-0.09	-0.25	-0.27
3	-0.12	-0.16	-0.34	-0.38
4	-0.08	-0.09	-0.24	-0.26
5	-0.13	-0.14	-0.32	-0.35
6	-0.13	-0.15	-0.35	-0.38
7	-0.12	-0.11	-0.29	-0.32
8	-0.06	-0.05	-0.25	-0.27

Tab. 11.14: Proband 2 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.11	-0.17	-0.23	-0.23
2	-0.06	-0.12	-0.18	-0.19
3	-0.05	-0.12	-0.20	-0.20
4	-0.06	-0.13	-0.24	-0.24
5	-0.10	-0.17	-0.23	-0.23
6	-0.06	-0.14	-0.20	-0.20
7	-0.09	-0.20	-0.31	-0.32
8	-0.06	-0.18	-0.27	-0.27
9	-0.12	-0.21	-0.29	-0.29

Tab. 11.15: Proband 3 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.15	-0.29	-0.29	-0.29
2	-0.20	-0.37	-0.37	-0.37
3	-0.17	-0.29	-0.24	-0.26
4	-0.20	-0.39	-0.38	-0.39
5	-0.20	-0.37	-0.40	-0.40
6	-0.15	-0.32	-0.34	-0.35
7	-0.14	-0.29	-0.28	-0.29
8	-0.14	-0.32	-0.33	-0.34
9	-0.08	-0.21	-0.23	-0.24
10	-0.14	-0.32	-0.33	-0.34

Tab. 11.16: Proband 4 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.02	-0.16	-0.29	-0.30
2	-0.00	-0.10	-0.21	-0.22
3	0.02	-0.13	-0.28	-0.30
4	0.06	-0.14	-0.32	-0.34
5	0.00	-0.13	-0.29	-0.31
6	-0.01	-0.11	-0.22	-0.24
7	0.04	-0.06	-0.19	-0.21
8	-0.01	-0.17	-0.35	-0.39
9	0.02	-0.15	-0.33	-0.36
10	-0.03	-0.16	-0.30	-0.33

Tab. 11.17: Proband 5 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.09	-0.02	-0.03	-0.03
2	-0.01	0.05	0.06	0.06
3	0.01	0.08	0.05	0.05
4	-0.00	0.01	0.04	0.04
5	-0.05	0.00	0.02	0.01
6	-0.03	-0.00	0.03	0.02
7	0.02	0.04	0.04	0.04
8	-0.02	0.03	0.02	0.02

Tab. 11.18: Proband 6 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.15	-0.33	-0.41	-0.40
2	-0.21	-0.37	-0.38	-0.36
3	-0.00	-0.11	-0.13	-0.14
4	-0.21	-0.35	-0.30	-0.28
5	-0.16	-0.27	-0.31	-0.30
6	-0.12	-0.23	-0.28	-0.27
7	-0.12	-0.26	-0.31	-0.30
8	-0.15	-0.19	-0.27	-0.24
9	-0.13	-0.23	-0.28	-0.27
10	-0.76	-0.19	-0.25	-0.23

Die Mittelwertgeschwindigkeit der bewaffneten Arme (Schulter-Ellenbogen-Handgelenk-Hand) auf der Y-Achse

Tab. 11.19: Proband 1 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.50	0.54	0.80	0.85
2	-0.40	0.42	0.64	0.68
3	-0.42	0.49	0.70	0.73
4	-0.48	0.15	0.23	0.26
5	-0.39	0.39	0.55	0.57
6	-0.40	0.40	0.59	0.62
7	-0.39	0.42	0.61	0.64
8	-0.39	0.43	0.61	0.64

Tab. 11.20: Proband 2 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.20	0.27	0.31	0.31
2	-0.21	0.20	0.24	0.25
3	-0.22	0.25	0.29	0.30
4	-0.27	0.32	0.35	0.36
5	-0.20	0.21	0.26	0.27
6	-0.22	0.26	0.30	0.31
7	-0.35	0.25	0.34	0.36
8	-0.29	0.33	0.40	0.42
9	-0.28	0.28	0.34	0.35

Tab. 11.21: Proband 3 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.18	0.23	0.44	0.45
2	-0.26	0.22	0.48	0.49
3	-0.15	0.26	0.50	0.52
4	-0.23	0.27	056	0.57
5	-0.21	0.26	0.49	0.50
6	-0.20	0.27	0.52	0.53
7	-0.19	0.20	0.42	0.43
8	-0.22	0.22	0.48	0.49
9	-0.17	0.18	0.38	0.39
10	-0.23	0.23	0.50	0.51

Tab. 11.22: Proband 4 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.20	0.58	0.84	0.86
2	-0.12	0.48	0.64	0.65
3	-0.18	0.50	0.76	0.78
4	-0.24	0.55	0.83	0.86
5	-0.15	0.65	0.85	0.87
6	-0.10	0.45	0.60	0.61
7	-0.15	0.35	0.49	0.50
8	-0.10	0.73	0.97	0.99
9	-0.15	0.74	1.03	1.05
10	-0.09	0.69	0.89	0.91

Tab. 11.23: Proband 5 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.18	0.45	0.54	0.53
2	-0.09	0.49	0.58	0.58
3	-0.10	0.55	0.66	0.66
4	-0.07	0.47	0.53	0.53
5	-0.12	0.56	0.66	0.66
6	-0.18	0.56	0.67	0.67
7	-0.11	0.54	0.62	0.62
8	-0.09	0.50	0.57	0.58

Tab. 11.24: Proband 6 [m/s]

N	Schulter	Ellenbogen	Handgelenk	Hand
1	-0.14	0.83	1.05	108
2	-0.20	0.84	1.08	1.11
3	-0.15	0.73	0.97	0.98
4	-0.10	1.14	1.36	1.38
5	-0.07	0.86	1.11	1.15
6	-0.06	0.83	1.09	1.12
7	-0.07	0.98	1.28	1.32
8	-0.12	0.97	1.21	1.26
9	-0.07	0.90	1.17	1.21
10	-0.08	0.98	1.22	1.26

Tab. 11.25: Die Waffenposition (Minimum - Maximum - Mittelwert) aller Probanden auf der X-Achse

Proband 1

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	0.75	1.05	0.93
2	0.68	1.05	0.95
3	0.59	1.10	0.93
4	0.55	1.10	0.95
5	0.55	1.09	0.94
6	0.56	1.15	0.96
7	0.66	1.11	0.97
8	0.78	1.17	1.01

Proband 2

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	0.93	1.17	1.11
2	0.86	1.22	1.14
3	0.98	1.23	1.12
4	1.00	1.29	1.18
5	0.86	1.30	1.14
6	1.02	1.32	1.19
7	0.92	1.33	1.16
8	1.03	1.25	1.16
9	0.88	1.34	1.16

Proband 3

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	0.88	1.15	1.09
2	0.81	1.16	1.09
3	0.81	1.16	1.09
4	0.86	1.22	1.13
5	0.82	1.25	1.14
6	0.82	1.25	1.14
7	0.86	1.22	1.16
8	0.93	1.23	1.15
9	0.91	1.20	1.15
10	0.91	1.19	1.13

Proband 4

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	0.48	0.96	0.83
2	0.67	1.05	0.94
3	0.67	1.05	0.91
4	0.68	1.02	0.89
5	0.65	0.97	0.84
6	0.67	0.99	0.90
7	0.60	0.98	0.88
8	0.49	1.00	0.84
9	0.63	0.98	0.83
10	0.52	1.00	0.90

Proband 5

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	0.91	1.25	1.03
2	0.94	1.37	1.07
3	0.98	1.29	1.12
4	0.92	1.50	1.09
5	1.01	1.25	1.12
6	0.91	1.81	1.15
7	0.96	1.23	1.04
8	0.96	1.28	1.06

Proband 6

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	0.83	1.94	1.31
2	0.85	1.70	1.28
3	0.90	1.67	1.30
4	0.90	1.88	1.36
5	0.98	1.64	1.24
6	0.90	1.64	1.19
7	0.92	1.73	1.26
8	0.97	1.48	1.27
9	0.90	1.71	1.23
10	0.93	1.85	1.28

Tab. 11.26: Die Waffenposition (Minimum - Maximum - Mittelwert) aller Probanden auf der Y-Achse

Proband 1

N	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	1.06	2.35	1.75
2	1.00	2.45	1.71
3	1.14	2.44	1.73
4	1.12	2.39	1.60
5	1.07	2.46	1.64
6	1.00	2.40	1.60
7	1.08	2.49	1.64
8	1.08	2.36	1.59

Proband 2

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	1.47	2.50	1.85
2	1.46	2.50	1.73
3	1.50	2.52	1.79
4	1.48	2.53	1.83
5	1.46	2.56	1.77
6	1.46	2.55	1.79
7	1.46	2.50	1.83
8	1.44	2.57	1.86
9	1.46	2.59	1.83

Proband 3

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	1.14	2.43	1.64
2	1.16	2.41	1.75
3	1.16	2.41	1.75
4	1.09	2.41	1.76
5	1.08	2.37	1.67
6	1.08	2.37	1.67
7	1.12	2.39	1.62
8	1.10	2.37	1.70
9	1.10	2.38	1.61
10	1.16	2.35	1.71

Proband 4

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	1.06	2.47	1.70
2	1.03	2.47	1.46
3	1.05	2.47	156
4	1.00	2.44	1.60
5	1.05	2.39	1.62
6	1.03	2.44	1.44
7	1.02	2.42	1.40
8	0.96	2.33	1.51
9	0.97	2.35	1.60
10	1.07	2.48	1.58

Proband 5

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X(m))*
1	1.54	2.58	1.98
2	1.54	2.58	2.01
3	1.57	2.55	2.02
4	1.54	2.50	2.10
5	1.50	2.57	2.05
6	1.45	2.44	2.02
7	1.49	2.60	2.00
8	1.49	2.55	1.99

Proband 6

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	1.24	2.39	1.81
2	1.28	2.44	1.91
3	1.26	2.36	1.76
4	1.27	2.46	1.96
5	1.15	2.54	1.82
6	1.19	2.54	1.79
7	1.17	2.49	1.82
8	1.16	2.51	1.86
9	1.17	2.53	1.79
10	1.16	2.43	1.80

Tab. 11.27: Die Waffengeschwindigkeit (Minimum - Maximum - Mittelwert) aller Probanden auf der X-Achse

Proband 1

(N)	Min(m/s)	Max(m/s)	*(X) (m/s)*
1	-4.59	1.53	-0.70
2	-5.79	2.85	-0.44
3	-5.79	3.95	-0.66
4	-7.19	5.41	-0.27
5	-6.74	4.83	-0.47
6	-7.82	4.93	-0.53
7	-5.77	3.34	-0.56
8	-4.41	2.43	-0.49

Proband 2

(N)	Min(m/s)	Max(m/s)	*(X) (m/s)*
1	-3.19	0.67	-0.23
2	-4.18	2.64	-0.17
3	-2.85	1.77	-0.18
4	-4.74	1.06	-0.25
5	-4.95	2.55	-0.16
6	-3.89	1.30	-0.18
7	-4.46	2.48	-0.34
8	-2.96	1.27	-0.22
9	-4.91	3.07	-0.24

Proband 3

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	-3.96	2.02	-0.17
2	-5.44	4.16	-0.14
3	-5.44	4.16	-0.14
4	-5.34	2.74	-0.27
5	-5.96	3.32	-0.28
6	-5.96	3.32	-0.22
7	-4.75	2.90	-0.22
8	-4.67	0.82	-0.22
9	-4.54	1.83	-0.18
10	-4.67	0.82	-0.22

Proband 4

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	-6.10	7.73	-0.15
2	-4.09	3.33	-0.30
3	-4.09	3.33	-0.38
4	-4.17	2.68	-0.51
5	-3.68	3.13	-0.31
6	-4.04	1.85	-0.32
7	-4.34	2.72	-0.32
8	-6.99	2.87	-0.24
9	-3.90	2.69	-0.48
10	-6.88	4.91	-0.45

Proband 5

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	-4.95	4.18	-0.09
2	-6.49	4.61	-0.08
3	-3.14	3.07	-0.07
4	-9.85	5.77	-0.05
5	-3.06	3.45	-0.10
6	-14.03	16.11	-0.11
7	-2.76	4.09	-0.01
8	-3.82	3.15	0.02

Proband 6

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	-18.40	8.81	-0.46
2	-12.86	4.62	-0.38
3	-11.92	5.02	-0.29
4	-16.03	7.78	-0.32
5	-10.70	5.59	-0.07
6	-11.95	5.54	-0.18
7	-13.14	7.55	-0.21
8	-7.08	3.55	-0.06
9	-13.14	7.11	-0.26
10	-15.40	9.43	-0.19

Tab. 11.28: Die Waffengeschwindigkeit (Minimum - Maximum - Mittelwert) aller Probanden auf der Y-Achse

Proband 1

(N)	Min(m/s)	Max(m/s)	*(X) (m/s)*
1	-16.39	12.65	0.65
2	-16.84	13.22	0.62
3	-17.32	13.68	0.34
4	-17.76	14.69	0.25
5	-18.30	16.60	0.36
6	-17.90	15.29	0.50
7	-18.86	16.02	0.44
8	-16.81	16.96	0.44

Proband 2

(N)	Min(m/s)	Max(m/s)	*(X) (m/s)*
1	-15.31	8.24	-0.01
2	-16.40	10.92	0.04
3	-16.52	10.79	0.02
4	-16.99	10.82	0.06
5	-17.42	10.24	0.05
6	-17.01	9.93	0.08
7	-17.08	11.09	0.06
8	-18.46	11.62	0.05
9	-18.70	11.85	0.03

Proband 3

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	-22.06	4.18	0.08
2	-18.41	5.46	0.19
3	-18.41	5.46	0.19
4	-17.77	4.94	0.44
5	-17.33	4.91	0.34
6	-17.33	4.91	0.34
7	-17.48	4.95	0.29
8	-16.50	4.16	0.39
9	-16.86	4.13	0.31
10	-16.50	4.16	0.52

Proband 4

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	-17..80	9.70	0.72
2	-18..95	9.97	0.65
3	-18.95	9.97	0.72
4	-17.75	10.02	1.19
5	-15.82	10.79	0.81
6	-19.39	12.59	0.36
7	-19.28	12.73	0.46
8	-17.59	13.32	0.76
9	-16.81	11.93	0.81
10	-20.22	11.16	0.73

Proband 5

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	-17.40	8.41	0.08
2	-17.89	9.04	-0.02
3	-16.30	10.20	0.08
4	-17.31	7.17	0.05
5	-17.34	9.23	-0.19
6	-17.75	7.06	-0.25
7	-17.86	9.76	0.10
8	-17.17	7.82	-0.02

Proband 6

(N)	Min(m)	Max(m)	*(X) (m)*
1	-15.39	11.48	0.71
2	-18.04	11.31	0.45
3	-15.61	11.72	0.58
4	-16.94	12.69	0.82
5	-18.67	14.39	0.82
6	-18.18	15.00	0.79
7	-16.77	14.36	1.05
8	-17.90	15.83	0.93
9	-17.75	15.82	0.95
10	-16.42	13.81	0.87

Tab. 11.29: Muskelenergie aller Probanden

Proband 1

Versuch	*Energie(J)*	*Mittelwert(X)*
1	266.28	126.43
2	244.00	97.68
3	363.84	149.19
4	482.49	163.71
5	325.00	132.07
6	382.00	151.84
7	421.70	170.55
8	321.23	130.31

Proband 2

Versuch	*Energie(J)*	*Mittelwert(X)*
1	230.92	79.68
2	273.86	71.85
3	234.78	71.60
4	210.74	78.29
5	229.17	61.26
6	248.64	74.44
7	273.53	97.66
8	242.5	97.64
9	277.55	97.56

Proband 3

Versuch	*Energie(J)*	*Mittelwert(X)*
1	170.13	55.93
2	283.63	101.06
3	247.00	173.25
4	296.31	109.93
5	264.26	96.64
6	291.00	101.47
7	247.51	82.08
8	213.51	64.93
9	403.74	104.49
10	370.54	104.43

Proband 4

Versuch	*Energie(J)*	*Mittelwert(X)*
1	288.50	123.38
2	340.76	92.17
3	289.00	106.00
4	230.89	45.35
5	360.66	140.35
6	368.76	106.76
7	411.71	120.81
8	366.79	133.68
9	381.91	151.92
10	348.68	121.88

Proband 5

Versuch	*Energie(J)*	*Mittelwert(X)*
1	227.14	69.39
2	236.93	77.00
3	219.15	79.46
4	252.44	85.20
5	227.28	88.00
6	311.73	116.68
7	224.05	78.12
8	213.25	68.88

Proband 6

Versuch	*Energie(J)*	*Mittelwert(X)*
1	320.52	87.26
2	94.05	30.33
3	434.55	73.51
4	341.22	117.78
5	295.50	78.96
6	333.11	83.95
7	317.14	97.12
8	332.49	106.14
9	380.85	114.67
10	355.53	107.43