



UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR MÜNCHEN

FAKULTÄT FÜR PÄDAGOGIK

Thema der Dissertation: Einfluss eines kinästhetischen Trainings auf das Erlernen des Golfschwungs

Verfasser: Karola-Viktoria Stolpe

Promotionsausschuss:

Vorsitzender: Prof. Dr. Rainer Pelka,
Universität der Bundeswehr München.

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Klaus Schneider,
Universität der Bundeswehr München.

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Helmut Altenberger,
Universität Augsburg.

Tag der Prüfung: 20.02.2002

Mit der Promotion erlangter akademischer Grad: Doktor der Philosophie

Neubiberg, den 20.02.2002

Universität der Bundeswehr

Fakultät für Pädagogik

Institut für Sportwissenschaft und Sport

EINFLUSS EINES KINÄSTHETISCHEN TRAININGS AUF DAS ERLERNEN DES GOLFSCHWUNGS

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Philosophie

vorgelegt von

Karola-Viktoria Stolpe

(NBN: urn:nbn:de:bvb:706-18)

Für Volker

INHALTSVERZEICHNIS

1	Die Trias von Kinästhetik, motorischem Lernen und Sport.....	1
2	Kinästhetik – Propriozeption	5
2.1	Die Frage der Terminologie.....	5
2.2	Physiologische Grundlagen.....	9
2.2.1	Physiologie der kinästhetischen Mechanorezeptoren	10
2.2.2.1	Mechanorezeptoren in den Gelenken.....	11
2.2.2.2	Mechanorezeptoren der Haut	12
2.2.2.3	Mechanorezeptoren der Muskeln	13
2.2.2.4	Physiologie des Vestibularapparates.....	18
3	Motorisches Lernen.....	21
3.1	Der motorische Lernprozess und seine Theorien.....	21
3.1.1	Bewegungsfertigkeit.....	23
3.1.2	Bernsteins Koordinationsmodell.....	24
3.1.3	Bewegungsfluss – „jerk-cost“	29
3.1.4	Adams closed-loop Theorie	33
3.1.5	Schmidt's Schema-Theorie	35
3.1.6	Handeln und Wahrnehmung – Edelmans „neuronaler Darwinismus“	43
3.2	Bedeutung der kinästhetischen Wahrnehmung für das motorische Lernen.....	47
4	Sport und Kinästhetik.....	49
4.1	Kinästhetisches Training im Sport.....	49
4.2	Stellenwert der Kinästhetik im Golfsport.....	51
5	Fragestellung	59

6	Methodik	61
6.1	Herleitung eines kinästhetischen Trainings für den Golfsport	61
6.2	Stundenaufbau und Übungsbeschreibungen.....	67
6.3	Versuchsdurchführung.....	86
6.4	Probandengut	87
6.5	Datenerfassung.....	88
6.5.1	Feldtest	88
6.5.2	Bewegungsanalyse.....	89
6.6	Auswertung	94
6.6.1	Feldtestdaten	94
6.6.2	Bewegungsanalysedaten.....	95
7	Ergebnisse	97
7.1	Ergebnisdarstellung der Felduntersuchung.....	97
7.1.1	Mittelwerte und Standardabweichungen.....	98
7.1.2	Signifikanzwerte.....	107
7.2	Ergebnisdarstellung der Bewegungsanalyse	111
8	Diskussion	119
8.1	Bedeutung für die Motorikforschung	119
8.1.1	Bewegungssteuerung – der Einfluss der Peripherie	119
8.1.2	Bewegungsfluss – „jerk-cost“.....	124
8.2	Bedeutung für die Sportwissenschaften.....	126
9	Zusammenfassung	137
10	Summary	139
11	Literaturverzeichnis	141

12	Anhang.....	157
12.1	Übungen zur Gleichgewichtsschulung	157
12.2	Übungen zur Schulung der Körperwahrnehmung im Raum	164
12.3	Übungen zur Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte.....	170
12.4	Unterrichtsmaterialien	177
13	Abbildungsverzeichnis.....	179
14	Tabellenverzeichnis.....	187

1 DIE TRIAS VON KINÄSTHETIK, MOTORISCHEM LERNEN UND SPORT

„Our sensations are purely passive, while all our perceptions or ideas are born out of an active principle which judges.“

J.-J. Rousseau

Kinästhetik

Der Begriff Kinästhetik (Kinästhesie) kommt aus dem Griechischen und bedeutet Bewegungsempfinden. Es ist die Fähigkeit Raum-, Kraft- und Spannungsverhältnisse der eigenen Bewegung wahrzunehmen. Oftmals wird auch der Begriff der Propriozeption (lateinisch: proprius = der Eigene, rezeptiv = aufnehmend, empfangend; medizinisch = Tiefensensibilität) synonym verwendet. In der Literatur finden sich eine Vielzahl an Definitionen der zwei Begriffe, die sich hauptsächlich durch die Anzahl der beteiligten Rezeptorsysteme unterscheiden (vgl. hierzu Kapitel 2).

Häufig erfahren wir in Alltagssituationen, dass das kinästhetische System beachtliche Leistungen vollbringt. So ist die kinästhetische Wahrnehmung dafür verantwortlich, dass wir auch mit geschlossenen Augen unsere Nasenspitze berühren können oder es schaffen, im Dunkeln ein Glas zum Mund zu führen um zu trinken. Insbesondere im Sport wird oft von Bewegungsgefühl gesprochen. So wird Sportlern, die ihre Sportart außerordentlich gut beherrschen, ein ausgeprägtes Bewegungsgefühl zugeschrieben (vgl. Kapitel 4).

Welche Bedeutung hat dieses Bewegungsgefühl für das Gelingen einer Bewegung oder den Lernerfolg? Wichtig für eine Untersuchung wie die vorliegende ist es, dass die Begriffe der Kinästhetik und Propriozeption nicht konfundiert werden, sondern im voraus eindeutig geklärt sind (vgl. Kapitel 2.1).

Motorisches Lernen

Das Erlernen von Bewegungsfertigkeiten ist ein alltägliches Phänomen, das uns in unserer Entwicklung vom Kleinkind bis zum Erwachsenen immer wieder vor neue Aufgaben stellt. Die Lösung dieser Aufgaben und das Neu- oder Umlernen von Bewegungsfertigkeiten war und ist Forschungsgegenstand der Wissenschaft. Wie erlernt ein Mensch eine neue Bewegung? Welche neuronalen Prozesse laufen ab, um eine Bewegung auszuführen? Wie werden Bewegungen koordiniert? Welchen Einfluss hat die Umwelt auf den Lernprozess? Wie beeinflussen sensorische Prozesse das Lernen und die Kontrolle motorischer Abläufe? Was passiert in den einzelnen Lernstadien? Was unterscheidet den Anfänger vom Köhner?

All diesen und verwandten Fragestellungen wurde in der Vergangenheit nachgegangen. Dabei sind die verschiedensten Lerntheorien aufgestellt, bestätigt und/oder widerlegt worden. In Kapitel 3 werden die für diese Arbeit relevanten Lerntheorien vorgestellt. Ausgangspunkt sind die Arbeiten Bernsteins, die bereits aus den 40er-Jahren des 20sten-Jahrhunderts stammen. „Any good scientific question always seems to have a long story. Perceptive investigators see the key variables and issues of a scientific topic early, and the generations that follow persist in efforts to understand those variables and issues.” (Adams, 1987, S.41). Untersuchungsrelevanter Ansatzpunkt Bernsteins ist das Phänomen reaktiver Kräfte. Bernstein hebt die wichtige Rolle der Propriozeptoren hervor, die mit zunehmender Beherrschung einer Fertigkeit an Bedeutung gewinnen (vgl. Kapitel 3.1.2). Ergänzend zu Bernsteins Arbeiten werden die Theorien Adams', Schmidts und Edelmans dargestellt. Eine inter-

essante Frage, resultierend aus den vorgestellten Lerntheorien ist, welchen Stellenwert die Propriozeption (Kinästhesie) bereits zu Beginn des Erlernens einer (sportlichen) Bewegung hat.

Sport

Historisch wurzelt „Sport“ in dem lateinischen Wort deportare = wegtragen (spätlateinisch: sich zerstreuen, sich vergnügen). Aufgrund seines großen Bedeutungsgehalts ist der Sport in der heutigen Umgangssprache kaum präzise abgrenzbar. „Was unter Sport alles zu verstehen ist, wird weniger von wiss. Dimensionsanalysen, als vom alltagstheoretischen Gebrauch sowie historisch gewachsenen und tradierten Einbindungen in soziale, ökonomische, politische und rechtliche Gebilde bestimmt. Das Begriffsverständnis unterliegt deshalb historischen Wandlungen und ist nicht für alle Zeiten festlegbar.“ (Beyer, 1992, S.574). Dennoch stellt für meisten Menschen der Sport eine körperliche, leistungs- und wettbewerbsorientierte Tätigkeit dar.

Ausgangspunkt für die Verbindung Kinästhesie, motorisches Lernen und Sport ist, dass ein Lernender in der Lage ist eine selbst ausgeführte Bewegung hinsichtlich des Bewegungsablaufs und des Bewegungsergebnisses zu beurteilen, ohne dass Rückmeldungen von außen, durch den Trainer oder Lehrer, zur Verfügung stehen. Eine Eigenbeurteilung der Bewegung durch den Sportler ist auch dann noch möglich, wenn keine Informationen des visuellen Systems verfügbar sind (vgl. Boff et al., 1986; Lovelace, 1989; Rockmann-Rüger, 1991). Das heißt nichts anderes, als dass der Sportler im Stande ist, auch im Dunkeln einen Salto zu turnen. Der Sportler registriert aufgrund seiner guten Körperwahrnehmung, wo er sich im Raum befindet.

Ist es möglich das Bewegungsempfinden (die Bewegungswahrnehmung) zu erlernen oder gezielt zu schulen? Im Sport wird oftmals betont, dass ein guter Sportler ein sehr gutes Bewegungsempfinden hat (vgl. Roloff, 1953; Wiebe, 1954; Fetzer et al., 1976; Willert, 1977; Schuck, 1990; Rockmann-

Rüger, 1991). Doch wie bildet sich dies aus oder wie kann es trainiert werden? Eine gut entwickelte kinästhetische Wahrnehmung ist auch dort notwendig, wo die Bewegung des Sportlers zusätzlich durch das Sportgerät entscheidend geprägt wird. Beispielsweise wirken beim Golfschwung Kräfte (z.B.: Zentrifugalkraft, Gravitationskraft, usw.), die folgerichtig den Schwung des Sportlers (vgl. Cochran & Stobbs, 1968; Ballreich & Kuhlou-Ballreich, 1992; Jorgensen, 1994), als auch sein Schwungsgefühl beeinflussen. Hier findet sich die Verknüpfung zu Bernsteins Theorie, dass die Propriozeption einen entscheidenden Beitrag zum Erlernen einer Bewegung liefert und reaktive Phänomene eine herausragende Rolle spielen. Denn die Wahrnehmung und Umsetzung von sensorischen Informationen (Kinästhetik / Propriozeption) hat auch stets etwas mit Lernen zu tun (vgl. Rockmann-Rüger, 1991). An dieser Stelle ist zu fragen, ob ein Golfanfänger bereits beim Erlernen des Golfschwungs diese propriozeptiven Informationen erfolgreich umsetzen kann.

In der Sportpraxis ist es wichtig sportartspezifische Empfehlungen zu geben, wie im Lernprozess die Aneignung von Bewegungsempfinden zu „arrangieren“ ist, damit der Schüler erfolgreicher und bewusster lernt. Zur Überprüfung des Einflusses eines kinästhetischen Trainings auf das Erlernen des Golfschwungs wurde ein Feldexperiment durchgeführt (vgl. Kapitel 6), denn besonders im Bereich der Sportwissenschaften und des Sports ist die Übertragbarkeit in die Praxis eine essentielle Forderung. Praxisbezogene Ergebnisse sind notwendig, um das sportliche Training zu strukturieren und optimale Erfolgsergebnisse zu erreichen. Dies betrifft sowohl den Leistungssportler, der nach maximaler Leistung strebt, als auch den Anfänger, der möglichst schnell und effektiv eine neue Bewegungsfertigkeit erlernen möchte.

2 KINÄSTHETIK – PROPRIOZEPTION

2.1 Die Frage der Terminologie

In der Literatur finden sich viele verschiedene Definitionsansätze in Bezug auf die Terminologie von Kinästhetik und Propriozeption. Sie werden sowohl synonym verwendet, als auch unterschieden. Es wird oft von Bewegungsgefühl, Muskelgefühl, oder kinästhetischen Empfindungen gesprochen. In der Medizin spricht man hauptsächlich von der Propriozeption oder Tiefensensibilität. Je nach Blickwinkel des Untersuchers, ob Physiologe, Psychologe oder Sportwissenschaftler, findet man verschiedene Erklärungsinhalte. Von den Autoren werden oftmals ähnliche Vorgänge gemeint, jedoch ist man sich über die beteiligten Rezeptorsysteme uneinig.

Sherrington (1906), einer der ersten Wissenschaftler, der sich mit dieser Thematik von der neurophysiologischen Seite auseinandergesetzt hat, beschreibt Propriozeption als Bewegungssinn. Dieser ergibt sich aus Kräften, Druck, Spannung, relativer Position der Körpersegmente und ihrer Orientierung im Raum. Sherrington schließt den Vestibularapparat als Gleichgewichtsorgan und Lageanalysator mit in seine Definition ein. Heutige Definitionen aus der Sportmedizin weisen große Ähnlichkeiten auf: „Propriozeption ist ein Sinnessystem, das die bewusste und unbewusste Verarbeitung afferenter Informationen über Gelenkstellung, -bewegung und -kraft durch das Zentralnervensystem darstellt.“ (Quante & Hille, 1999, S.306).

Andere Autoren, die im Bereich der angewandten Sportwissenschaften forschten, definierten den Begriff der Kinästhetik für ihre eigenen Studien. Philipps (1941) beschrieb Kinästhetik als „process of cognizing bodily tension and/or movement on the basis of what one is doing, or in terms of their

(tension and movement) relation to some contemplated mode of behavior, sensations of which are received through any or all of the mechanical senses.”

Young (1945) definierte Kinästhetik als das Wahrnehmen der Körperposition und Körperbewegung, zum Beispiel den Sinn der muskulären Anstrengung.

Raine (1972) forderte eine Unterscheidung der Begriffe Propriozeption und Kinästhetik in Bezug auf die beteiligten Rezeptorsysteme und beschreibt Propriozeption als absolutes sensorisches Feedback der Körperbewegungen und Positionen im Raum, wohingegen Kinästhetik das sensorische Feedback der Körperbewegungen minus dem Feedback der vestibulär Mechanismen ist.

Dickinson (1974) besteht nicht nur auf den Ausschluss des visuellen und akustischen Rezeptorsystems, sondern lässt auch die kutanen Rezeptoren als Informationsquellen unberücksichtigt: “Proprioception is to be defined as the appreciation of movement and position of the body and parts of the body based on information from other than visual, auditory or superficial cutaneous sources.“

Kerr (1982) hingegen schliesst sich dieser expliziten Ausgrenzung der taktilen Informationen nicht an und bestimmt Kinästhesie als einfache Wahrnehmung der Körperpositionen und Bewegungen basierend auf propriozeptiven Informationen. Ausgeschlossen sind nach seiner Auffassung visuelle und akustische Informationen über die Bewegung, eingeschlossen sind hingegen Informationen des Vestibularapparates des Innenohres (Gleichgewicht).

Hamsen (1978) betont als Sportwissenschaftler extra, dass für sportwissenschaftliche Untersuchungen die Definition von Kinästhetik sowohl das vestibuläre als auch taktile Rezeptorsystem mit einbezieht. Diese beteiligten Rezeptorsysteme sind auch als zugehörige Systeme in das Deutsche Sportwissenschaftliche Lexikon übernommen worden: “Kinästhesie:

Aufnahme und Verarbeitung von Informationen, die eigenen Bewegungshandlungen betreffend, im Organismus. Die Informationsaufnahme erfolgt über die - im engeren Sinne - kinästhetischen Rezeptoren in den Muskeln und Sehnen. Darüber hinaus können auch die bewegungsrelevanten Rezeptoren des Vestibularapparates und die taktilen Rezeptoren hinzugerechnet werden, die wesentlichen Anteil an Bewegungsempfindungen und -wahrnehmungen haben. Die Kinästhesie ist eine wesentliche Voraussetzung für die Bewegungskoordination bzw. -regulation, wie auch für den Aufbau des Körperschemas.“ (Schnabel & Thieß, 1993, S. 446-447).

Neuere Definitionen wie die Leismans (1989) differenzieren zwischen statischer und dynamischer Propriozeption. Er trennt zwischen dem englischen „kinesthesia“ und „statognosia“ und versteht unter „kinesthesia“ die Wahrnehmung der Position einer Gliedmaße aufgrund muskulärer Kontraktionen (dynamische Kinästhetik) und unter „statognosia“ die räumliche Wahrnehmung der Gliedmaßen als Positionssinn (statische Kinästhetik). Unter die statische Kinästhetik fallen die passiven Bewegungen, die bei Abwesenheit muskulärer Kontraktionen durch externe Kräfte initiiert werden. Die Ausdrücke Spannungssinn und Kraftsinn sind, nach Ansicht Leismans, nicht synonym zu verwenden, jedoch erreichen alle sensorischen Informationen („kinesthesia“, „statognosia“, Spannungssinn, Kraftsinn) das Bewusstsein. Leisman zeigte, dass während willkürlicher Kontraktionen sensorisches Feedback der Spannung und Kinästhesie aus den Muskel-Sehnenrezeptoren, den Gelenkrezeptoren und den Hautrezeptoren zusammen mit Feed-forward-Informationen der willkürlichen Kraft existiert. Leisman folgerte, dass der Mensch sowohl einen Spannungs-, als auch Kraftsinn besitzt (vgl. Leisman, 1989).

Die relativen Positionen unserer Körpersegmente werden durch die Gelenkwinkel festgelegt. In der Abwesenheit visueller Informationen werden

diese Gelenkwinkelinformationen durch ein mentales Körperbild bewusst. Folgende drei sensorischen Informationen stehen für dieses Körperbild zu Verfügung:

1. der Gelenkwinkel bei statischer oder dynamischer Haltung,
2. die Wahrnehmung der Bewegungsrichtung
3. die Geschwindigkeit der Winkeländerungen.

Burgess und Wie (1982) bezeichnen diese drei Bestandteile der kinästhetischen Sensibilität als „joint position information“ (Information über die Gelenkposition), „joint direction information“ (Information über die Richtung der Gelenkbewegung) und „joint speed information“ (Information über die Gelenksgeschwindigkeit). Untersuchungen zeigten, dass die kinästhetische Sensibilität bei statischer Haltung geringer ist und mit zunehmender Bewegung des Gelenkes auch ansteigt.

Wie man feststellen kann, besteht bis heute eine definitorische Problematik des Begriffes Kinästhesie, die eher aus der Unklarheit der Anzahl der zuzurechnenden Rezeptorsysteme besteht, als aus Unklarheiten ihrer Funktionen. Für Experimentaluntersuchungen ist es jedoch von größter Bedeutung die Anzahl der zugelassenen Rezeptorsysteme vorher festzulegen und alle aus der Untersuchung resultierenden Ergebnisse entsprechend zu interpretieren. Denn eine ungenaue oder unzulängliche Festlegung kann zu Fehlinterpretationen führen, wie sie auch Hamsen (1979) beschreibt: „Experimentelle Untersuchungen zur Kinästhesie auf Verhaltensebene, die taktile und vestibulare Reize ausschliessen, begehen den Fehler, Informationen dieser Art als konfundierende Variablen zuzulassen, ohne ihre Effekte zu berücksichtigen.“

Auch in dieser Untersuchung wird von einer Beteiligung des taktilen und vestibularen Rezeptorsystems ausgegangen, da eine Eliminierung kaum möglich und sinnvoll ist.

2.2 Physiologische Grundlagen

Das menschliche Informationssystem setzt sich aus 5 Subsystemen zusammen. Dieses komplexe System lässt sich in ein äußeres und ein inneres Informationssystem unterteilen.

Zum äußeren Informationssystem zählen:

- der visuelle Analysator
- der akustische Analysator
- der taktile Analysator.

Zum inneren Informationssystem zählen:

- der vestibulare Analysator
- der kinästhetische Analysator.

Für das Verständnis der physiologischen Prozesse soll hier das kinästhetische (propriozeptive) Informationssystem erläutert werden. Das propriozeptive System beeinflusst mehrere Ebenen motorischer Funktionen (vgl. Boff et al., 1986). Die Propriozeption selbst wiederum unterliegt auf mehreren Ebenen einer Regulation kortikaler und subkortikaler Zentren. Wichtig ist, dass es ein rein afferentes System ist. Wird die Motorik bei der Funktion mit einbezogen, spricht man bereits von sensomotorischen Regulationsmechanismen. Die Mechanorezeptoren erlauben eine Umwandlung mechanischer Kräfte in

afferente elektrische Signale. Verschiedene Rezeptortypen sind nach ihrer Reizspezifität, ihrem Adaptationsverhalten, ihrer Verteilung in Strukturen des Bewegungsapparates und nach ihrer Morphologie unterscheidbar.

2.2.1 Physiologie der kinästhetischen Mechanorezeptoren

Das zentrale Nervensystem hat zwei Möglichkeiten Informationen über die Positionen der Gliedmassen zu erlangen. Erstens die Eigenüberwachung der Befehle und zweitens die Informationen der sensorischen Rezeptoren. Das Konzept der Propriozeption basiert auf der Tatsache, dass neuronales Feedback durch die sensorischen Rezeptoren vermittelt wird. Zu diesen sensorischen Rezeptoren gehören die Gelenkrezeptoren, Hautrezeptoren, Muskelspindeln und Sehnenorgane. Diese Mechanorezeptoren erhalten ihr Input über Positions- oder Verschiebungssignale, die ständig über den Gelenkwinkel verfügbar sind, oder aber über Bewegungssignale, die während einer Bewegung zur Verfügung stehen. Hierbei handelt es sich um Informationen über Geschwindigkeiten und Beschleunigungen.

Bei den Mechanorezeptoren unterscheidet man zwei Arten. Die langsam adaptierenden Mechanorezeptoren, die sowohl Reizänderungsgeschwindigkeiten, als auch Reizintensitäten kodieren. Und die schnelladaptierenden Mechanorezeptoren, die hingegen ausschließlich Reizänderungsgeschwindigkeiten übermitteln (vgl. Schmidt, 1993). Positionsbestimmungen sind auf Grund dessen nur durch langsam adaptierende Mechanorezeptoren möglich.

2.2.2.1 Mechanorezeptoren in den Gelenken

Die Bänder und Kapseln der Gelenke enthalten zahlreiche langsam adaptierende Mechanorezeptoren, die auf Dehnen der Bänder und Dehnen und Beugen der Kapsel antworten. Zu ihnen gehören die Golgi-Rezeptoren, die Ruffini-Enden und die Pacini-Körperchen. Die Ruffini-Enden in der Gelenkkapsel sind den Golgi-Rezeptoren sehr ähnlich. Sie antworten auf eine Dehnung der Kapsel, wogegen die Golgi-Rezeptoren auf Druck der Kapsel reagieren. Die Pacini-Körperchen sind unempfindlich für gleichbleibenden Druck, reagieren hingegen sehr empfindlich auf die Beschleunigung mit der sich der Druck verändert.

Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die Mechanorezeptoren der Gelenke nicht zur exakten Bestimmung der Gelenkposition eignen. So haben Clark (1975) und Burgess et al. (1969, 1983) gezeigt, dass die Rezeptoren nur in Extrempositionen der Beugung und Streckung antworten, in den Mittelpositionen aber kaum Antworten zu registrieren sind. Rezeptoren die in den Mittelpositionen antworten sind jedoch unfähig die Extrempositionen zu enkodieren (vgl. Clark & Burgess, 1975). Das Fehlen von Aktivität im Großteil des Bewegungsausmaßes des Gelenkes liefert ein stichhaltiges Argument gegen die Gelenkrezeptoren als Signallieferanten der Gelenkposition. Dieses Ergebnis wird auch von anderen Forschern wie Grigg (1975, 1976), Tracey (1979) und Millar (1975) bestätigt. Wie auch in anderen Forschungsgebieten finden sich auch hier Untersuchungen, die das Gegenteil belegen. So von Ferrell (1980), der Rezeptorantworten im mittleren Bewegungsausmaß nachweisen konnte. Versuche mittels Lokalanästhesie wie von Clark und Kollegen 1983 und 1985 an den Fingern bzw. Füßen durchgeführt wurden, zeigten auch keine einheitlichen Ergebnisse in der Fähigkeit Gelenkbewegungen wahrzunehmen. Sie folgerten, dass Haut- und Gelenkmechanismen zum Bewegungssinn beitragen, aber statische Positionen sensorischen Input aus der Muskulatur benötigen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich wohl nur ein kleiner Anteil unserer kinästhetischen Wahrnehmung aus den Rezeptoren der Bänder und Kapseln ableiten lässt. Die größere Rolle scheint den Gelenkrezeptoren im Rahmen einer Schutzfunktion zuzukommen. Wenn man davon ausgeht, dass der Mensch eine Wahrnehmung statischer Gliedmaßenpositionen besitzt und weder die Gelenk-, noch die Hautrezeptoren zu diesem Positionssinn beitragen, so liegt es nahe, dass die Hauptrolle den Muskelrezeptoren zufällt.

2.2.2.2 *Mechanorezeptoren der Haut*

In der Haut finden sich verschiedene Mechanorezeptoren zur Identifizierung mechanischer Deformationen. Vier Sensortypen sind zu unterscheiden:

1. die SA I-Sensoren
2. die SA II-Sensoren
3. die RA-Sensoren
4. die Vater-Pacini-Körperchen.

Zu den SA I-Sensoren zählen die Merkel-Zellen und zu den SA II-Sensoren die Ruffini-Kolben. Diese zwei Sensorentypen sind langsam adaptierend, wobei bei rascher Zunahme des Reizes die SA I-Sensoren mit einer höheren Entladungsrate antworten, als die SA II-Sensoren. Vermutlich tragen aber beide nicht zur Wahrnehmung mechanischer Reize bei. Die RA-Sensoren sind hingegen reine Geschwindigkeitsdetektoren. Ihnen werden die Meissner-Zellkomplexe zugeordnet, die wegen ihrer kleinen rezeptiven Felder gut zur Bestimmung von Reizorten geeignet sind. Der vierte Sensortyp sind die Vater-Pacini-Körperchen. Sie sind recht unempfindlich gegenüber gleichbleibenden Druck, reagieren aber empfindlich gegenüber Beschleunigungen. Durch ihre hohe Empfindlichkeit und der großen und unscharf begrenzten rezeptiven

Felder eignen sich die Vater-Pacini-Körperchen eher zur Entdeckung als zum Lokalisieren von Vibrationen (vgl. Schmidt, 1993).

Bei Bewegungen eines Gelenkes wird die Haut verschoben, so dass man erwartet, dass Hautrezeptoren kinästhetische Informationen liefern können. In Bezug auf dieses Untersuchungsfeld finden sich Studien mit konträren Ergebnissen. So haben Clark et al. (1979) keine Defizite im Positionssinn bei betäubten Knien gefunden. Zu anderen Ergebnissen gelangten Rothwell et al. (1982) bei der Untersuchung betäubter Finger. Ein fehlendes Fingergefühl führte zu Defiziten in der Fähigkeit der Handbenutzung oder zur Wahrnehmung passiver Bewegungen der Finger. Durch die hohe Dichte der Innervation und der großen Präsentation der Finger im cerebralen Kortex scheint es sinnvoll zu sein, dass die Haut der Finger eine spezielle Rolle in der Kinästhetik spielt. Zusammengefasst kann aber festgestellt werden, dass es zur Zeit keine Nachweise gibt, dass die Hautrezeptoren ein wichtiger Bestandteil der bewussten Wahrnehmung der Gelenkposition darstellen. Clark et al. (1985) folgern, dass die Haut und Gelenkmechanismen zum Bewegungssinn beitragen, aber das Wahrnehmen statischer Positionen zusätzlichen sensorischen Input der Muskeln erfordert.

2.2.2.3 *Mechanorezeptoren der Muskeln*

Ein Muskel besteht aus einem Bündel langer, schmaler Fasern, die parallel angeordnet sind. Aufgrund eines Befehles des zentralen Nervensystems produzieren diese Fasern eine Kraft, die sie kontrahieren lässt. Ob sie sich verkürzen, verlängern oder gleich bleiben hängt von den externen Ladungen des Muskels ab. Bei Kontraktion produzieren Muskeln nur verkürzende Kräfte. Das zentrale Nervensystem löst Kontraktionen durch das Aussenden von Impulsen über die efferenten Nervenfasern (A- α -Axon) aus, die die Muskelfaser innervieren. Ein einzelner Nervenimpuls führt zu einer gleichmässigen Kontraktion. Das Zentrale Nervensystem reguliert die Kraft der Kontraktionen des ganzen Muskels durch Verändern der Anzahl der

aktivierten Muskelfasern und die Rate der Impulse. Die Abstufung der Impulsfrequenz wird als Frequenzierung bezeichnet und das Erfassen einer bestimmten Zahl von motorischen Einheiten als Rekrutierung. Ein einzelnes A- α -Axon innerviert mehrere Muskelfasern und bildet dadurch motorische Einheiten. Diese Muskelfasern einer einzelnen motorischen Einheit liegen nicht gedrängt beieinander, sondern verstreut über die „muscle cross section“, um die Spannung die sie produzieren, zu verteilen. Die Übertragung der Spannung auf das Skelett geschieht über dünne Sehnenfilamente. Diese Sehnenfilamente bilden zusammen die Hauptsehne.

Der Muskel enthält zwei Arten von Mechanorezeptoren, welche beide langsam adaptierend sind. Die Golgi-Sehnenorgane und die Muskelspindeln (Abbildung 2.1). Die Golgi-Sehnenorgane liegen am Übergang der Muskelfasern in die Sehne, wo Sehnenfilamente von 10 bis zu 20 Muskelfasern zur Hauptsehne zusammenlaufen. Diese Sehnenorgane sind seriell zu den motorischen Einheiten geschaltet, wovon sich ungefähr 50 Golgi-Sehnenorgane in einem Muskel befinden. Die Sensoren weisen eine hohe Empfindlichkeit auf. Ein Sehnenorgan kann bereits durch die Kontraktion einer einzelnen motorischen Einheit aktiviert werden. Die Informationen über den Spannungszustand des Muskels, bzw. seine Kontraktionskraft, wird über Afferenzen der Gruppe I, die Ib-Fasern, zum zentralen Nervensystem geleitet. Signale der Golgi-Sehnenorgane liefern zweifelsohne Informationen über Spannungszustände an das zentrale Nervensystem, welche wichtig für die Regulation der Muskelkontraktionen sind. Trotzdem scheinen sie keine Positionssensoren zu sein. Studien haben gezeigt, dass die Golgi-Sehnenorgane keine Antworten auf die Position an sich zeigen (vgl. Boff et al., 1986). Dennoch wird vermutet, dass sie in irgendeiner Art und Weise zum Positionssinn beitragen.

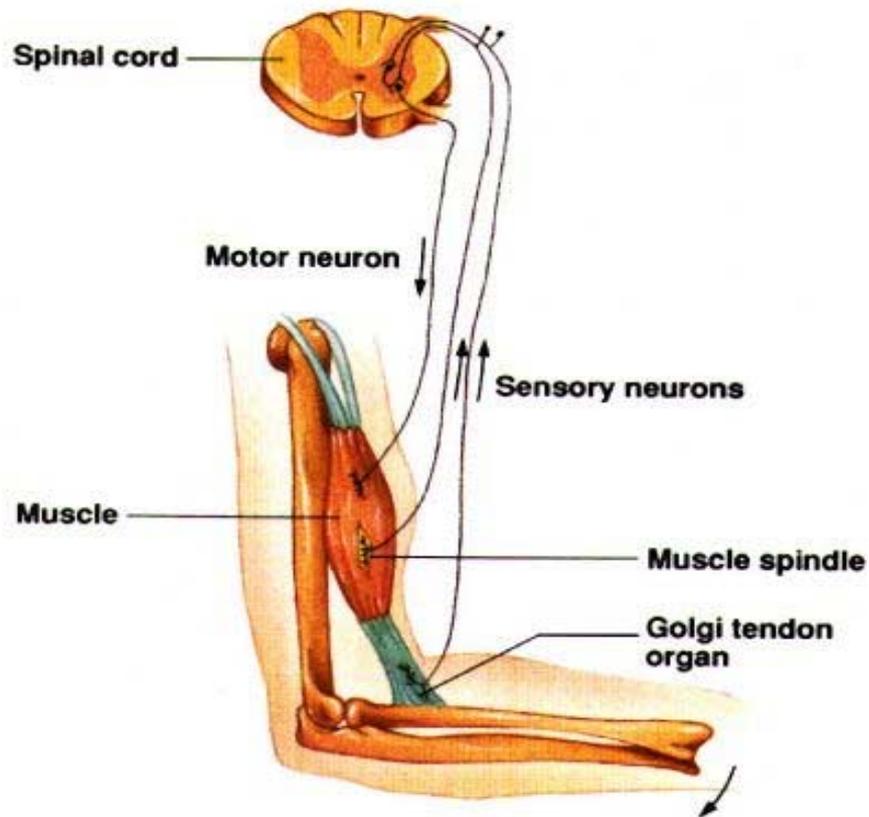


Abbildung 2.1: Neuronaler Schaltkreis der Muskelspindeln und Golgi-Sehnenorgane mit dem Rückenmark (vom 15.04.2001 aus: www.nanoline.org/NANdistanCE/nanneuro/modules/proprio/proprio.html)

Die Muskelspindeln messen im Gegensatz zu den Golgi-Sehnenorganen die Muskeldehnung bzw. -länge und die Rate der Längenveränderung. Die Sensoren der Muskelspindeln sind Teile eines Bewegungsbausteines, der die Muskellänge stabilisiert. Die Muskelspindeln (Abbildung 2.2) sind in jedem Skelettmuskel vorhanden und können bis zu 12mm lang werden. Sie liegen parallel zur Arbeitsmuskulatur und bestehen aus 3 Teilen:

Zum Ersten sind das die intrafusalen Fasern, welche die Längenveränderungen aufnehmen. Diese unterteilen sich in 2 „nuclear-bag-fibers“ und bis zu 10 „nuclear-chain-fibers“ (vgl. Boff et al., 1986). Der

adäquate Reiz der Sensoren ist die Längenzunahme der Äquatorialregion. Die Sensoren haben ein proportional-differentielles Verhalten und erfassen sowohl die dynamischen, als auch statischen Komponenten einer Längenänderung. Das proportionale Sensorverhalten ist in den Nuclear-chain-Fasern besonders entwickelt, das differentielle in den Nuclear-bag-Fasern.

Zum Zweiten finden sich die sensorischen Axone der Gruppe I (Ia-Fasern). Sie messen die Längenveränderungen im Äquatorialbereich und die der Gruppe II (sekundäre Muskelspindelafferenzen) am Übergang zum Polbereich. Die Informationen werden an das zentrale Nervensystem übertragen. Die dynamische Komponente wird vorwiegend in den primären Afferenzen zum zentralen Nervensystem geleitet, die statischen in den sekundären Afferenzen

Den dritten Teil bilden die γ -Motoneurone, welche die Empfindlichkeit der Sensoren einstellen. Die intrafusalen Fasern werden an ihren Polen von γ -Motoneuronen innerviert. γ -Motoneurone haben einen kleineren Durchmesser des Somas und eine langsamere Leitungsgeschwindigkeit der Axone als α -Motoneurone. Eine Aktivierung der γ -Motoneurone führt zu einer tonischen Kontraktion der intrafusalen Muskulatur, was den Äquatorialbereich der Sensoren dehnt. Diese Längenzunahme kann in den Muskelspindelafferenzen Aktionspotentiale generieren. Damit hat das zentrale Nervensystem über die γ -Innervation direkten zugriff auf die Längssensoren.

Kleinere Muskeln weisen weniger Muskelspindeln auf als Größere. Betrachtet man jedoch die Muskelspindeldichte innerhalb eines Muskels (Anzahl der Spindeln pro Gramm Muskel), so ist die der kleineren Muskeln höher. Jedoch ist unklar, ob die Anzahl der Spindeln oder ihre Dichte die höhere Relevanz für die Kinästhetik haben.

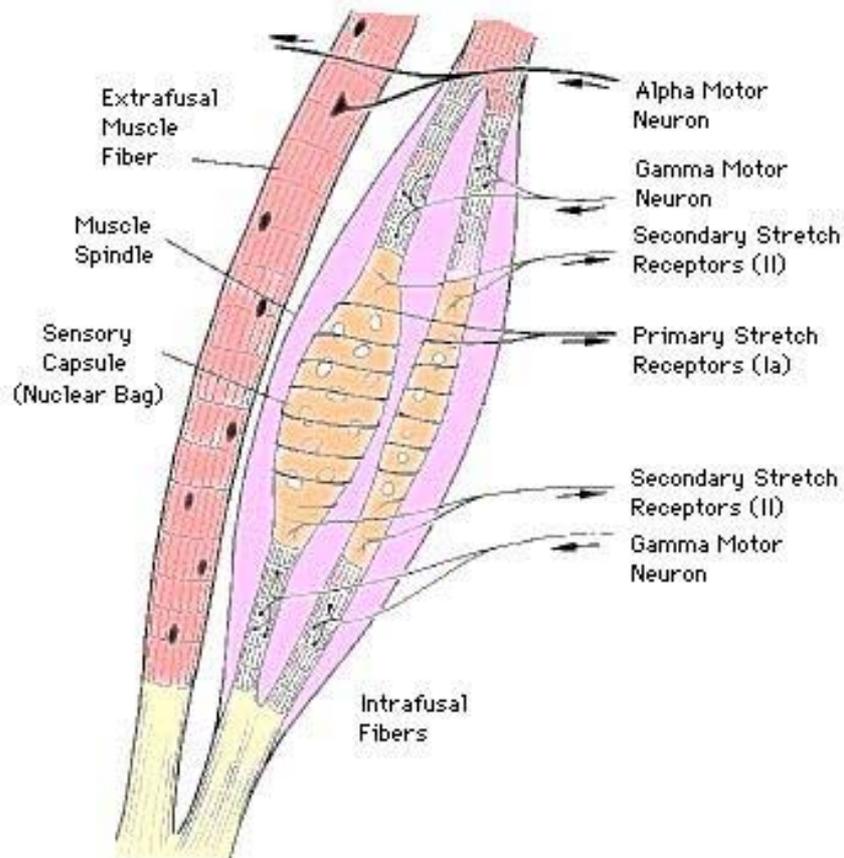


Abbildung 2.2: Aufbau einer Muskelspindel (vom 15.04.2001 aus: www.nanonline.org/NANdistanCE/nanneuro/modules/proprio/proprio.html)

Ein Hauptargument gegen die Rolle der Muskelspindeln in der Kinästhetik ist die Annahme, dass Impulse der Muskelrezeptoren nicht die Bewusstseinsebene erreichen. Vibrationsexperimente haben jedoch gezeigt, dass Vibrationen von 20-200 Hz an der Muskelsehne die Spindeln erregen und kinästhetische Illusionen hervorrufen (vgl. Craske, 1977).

Kinästhetische Rezeptoren benutzen Kanal- und Muster-Codes, um Informationen über die Bewegung und die Position der Gliedmaßen, Finger und Zehen zur Verfügung zu stellen. Über das Verschlüsseln der verschiedenen Rezeptoren ist nur wenig bekannt. Es scheint, als würden

verschiedene neuronale Schleifen benutzt (vgl. Burgess et al., 1983). In Bezug auf die Kodierung und neurophysiologischen Prozesse kann dies hier nur als Hinweis dienen. An dieser Stelle muss auf entsprechende Arbeiten der Neurophysiologie verwiesen werden.

2.2.2.4 Physiologie des Vestibularapparates

Die Zugehörigkeit des Vestibularapparates als Bestandteil der Kinästhetik wurde in der Literatur vielfach diskutiert. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass ein Ausschalten des vestibulären Systems, des Gleichgewichts, nicht sinnvoll ist.

Die fünf wichtigsten Organe für die Raumorientierung und den Bewegungssinn sind die Vestibularorgane (Vestibularapparat) im Labyrinth des Innenohres (Abbildung 2.3). Zu ihnen zählen 3 Bogengänge, sowie 2 Maculaorgane. Diese 5 Organe sind hochspezialisierte Sinnesorgane, die Dreh-, Winkel- und Translationsbeschleunigungen messen. Die Maculaorgane sind die Sensoren für Translationsbeschleunigungen und Gravitationsbeschleunigungen. Die Capulaorgane, die sich in den Bogengängen befinden, messen die Drehbeschleunigungen (Winkelbeschleunigungen) und erlauben auch eine Abschätzung der Geschwindigkeit einer Kopfdrehung. Zusammen mit den Informationen der Halssensoren (Halsmuskeln und Halsgelenke) und den Informationen aus den Gelenken und Muskeln des übrigen Körpers, ist das Gehirn in der Lage die exakte Gesamtkörperlage zu berechnen und das Gleichgewicht aufrecht zu erhalten. Signale, die über neuronale Bahnen an die Großhirnrinde weitergeleitet werden, ermöglichen eine bewusste Wahrnehmung der Körperhaltung.

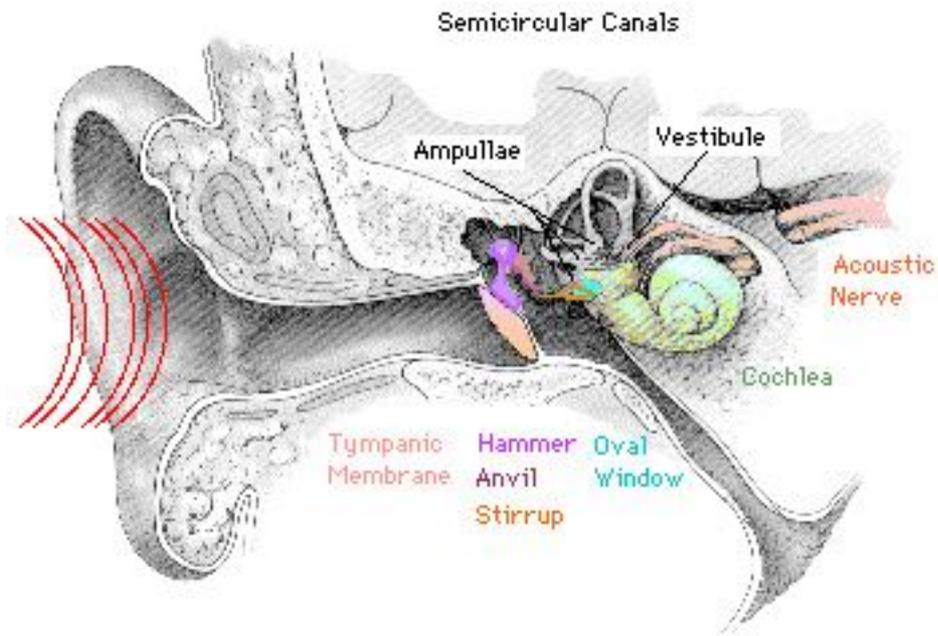


Abbildung 2.3: Der Vestibularapparat (vom 15.04.2001 aus: www.nanoline.org/NANdistanCE/nanneuro/modules/proprio/proprio.html).

3 MOTORISCHES LERNEN

3.1 Der motorische Lernprozess und seine Theorien

Der Mensch wird mit rudimentären motorischen Fähigkeiten geboren, so dass vieles durch aktives Üben und Erfahren während des Säuglingsalters, der Kindheit und im späteren Verlauf der Entwicklung gelernt werden muss. Dies zeigt sich im Laufen lernen, Lernen sportlicher Bewegungen und praktischer Fähigkeiten. Wie lerne ich eine neue Bewegung? Wie koordiniert der Mensch eine (neue) Bewegung? Gerade im Sport bieten sich immer wieder neue Bewegungsaufgaben, die es zu bewältigen gilt.

Golf, als eine Sportart, die in den letzten Jahren auch in Deutschland ihren Aufschwung erlebt, ist gerade bei älteren Menschen beliebt. Ein Grund ist sicherlich die Perspektive sich mehrere Stunden an der frischen Luft zu bewegen, ohne an die körperlichen Leistungsgrenzen zu stoßen und den Körper zu überlasten (Ferrauti et al., 1997; Boldt et al., 2000). Aber auch bei jüngeren Menschen nimmt der Beliebtheitsgrad des Golfspiels zu. Im Golfen bietet sich dem Sportler eine koordinativ anspruchsvolle Bewegung, verbunden mit sozialen Kontakten und der Möglichkeit auch mit fortgeschrittenen oder älteren Spielern zusammen zu spielen.

Doch wie erlerne ich eine so komplexe Bewegung wie den Golfschwung? In den letzten Jahrzehnten haben sich eine Reihe von Wissenschaftlern immer wieder mit der Problemstellung des motorischen Lernens und der Bewegungskoordination auseinander gesetzt und verschiedene Theorien aufgestellt. Kontroverse Diskussionen über die Frage wie die Bewegungen unserer Gliedmaßen kontrolliert werden haben die neurophysiologischen und psychologischen Forschungen vorangetrieben. Zu den bekanntesten

Vertretern des Themenbereiches motorisches Lernen / Bewegungskoordination gehören N.A. Bernstein, J.A. Adams, R.A. Schmidt und G.M. Edelman.

Ihnen gemeinsam ist die Forschung im Bereich der Bewegungssteuerung, die auch in der vorliegenden Arbeit einen Schwerpunkt darstellt. Bernstein, als zeitlicher und geistiger Vorreiter in diesem Bereich, veröffentlichte bereits in der ersten Hälfte des 20sten-Jahrhunderts seine Forschungsergebnisse, allerdings in Russisch. Aufgegriffen wurden seine Arbeiten erst wieder in der zweiten Hälfte des 20sten-Jahrhunderts, als diese übersetzt wurden. Adams, auch ein namhafter Begründer und Vertreter kybernetisch orientierter Theorien wie Bernstein, geht davon aus, dass sinnvolle Bewegungen ohne peripheres Feedback nicht möglich sind. Bewegungs begleitende und resultatsbezogene Informationen werden als zwingend angesehen. Wegweisend war seine „closed-loop“-Theorie (1971). Auf Adams Arbeiten aufbauend und aufgrund seiner eigenen Forschungsergebnisse in den Bereichen motorischem Lernen und Bewegungssteuerung hat Schmidt seine Schematheorie entwickelt und in den 80er-Jahren erstmals vorgestellt. Aber auch Edelman, amerikanische Hirnforscher und Nobelpreisträger, hat in jüngerer Zeit Bezug auf Bernsteins Arbeiten genommen und seine eigene Theorie entwickelt. Edelman beschäftigt sich mit den Fragen wie das menschliche Gehirn funktioniert: Wie nimmt der Mensch wahr, wie speichert er Informationen und ruft sie wieder ab? Sein Buch „Neuronaler Darwinismus“, im Englischen erschienen 1987, präsentiert eine biologische Theorie der Wahrnehmung im Blickwinkel neuronaler Netzwerktheorien und verbindet zwingend die Wahrnehmung mit dem Handeln.

3.1.1 Bewegungsfertigkeit

Nach Beyer verstehen wir unter einer Bewegungsfertigkeit „[...] eine weitgehend automatisch ausgeführte Komponente der bewußten menschlichen Tätigkeit, die sich vornehmlich durch Üben herausbildet. [...] Die weitgehend automatisierte Ausführung weist darauf hin, daß das Bewußtsein nicht ständig steuernd in den Ablauf eingreifen muß.“ (Beyer, 1992, S.222). Fertigkeiten werden somit durch ein ständiges Üben entwickelt, wobei es zu einer Ausbildung selektiver Wahrnehmung und reizadäquaten Reaktionen kommt (vgl. Singer, 1985). Unter Einbeziehung des Koordinationsbegriffes definieren Schnabel et al. sporttechnische Fertigkeiten als „[...] spezifische koordinative Leistungsvoraussetzung zur Realisierung der für eine bestimmte sportliche Handlung erforderlichen Technik, die in der Regel in einem längeren Lern- und Trainingsprozess erworben werden muss und mit der Ausbildung regulativer (Teil-) Automatismen verbunden ist.“ (Schnabel & Borde, 1994, S. 123).

Mit steigendem Niveau der Bewegungsfertigkeit kommt es parallel zu einer Verbesserung der Aufnahmefähigkeit und dem zielgerichteten Einsatz von verfügbarem Feedback. Das bedeutet, dass ein Könnler einer Sportart (Leistungssportler, Profi) sich durch eine hohe Anpassungsfähigkeit auszeichnet und in der Lage ist, auch unter variierenden und/oder unvorhersehbaren Situationen eine Bewegung richtig auszuführen. Schwerpunkt einer Lernsituation ist somit der Fertigkeitserwerb und die Beherrschung von Aufgaben. Singer hebt hervor, dass die Fertigkeitsentwicklung höchst komplex ist und bietet folgende Definition an: „Fertigkeit ist das Ausmaß der Erfolgskonstanz im Erreichen eines Zieles unter dem Aspekt von Ökonomie und Wirksamkeit. [...] Eine Fertigkeit ist aufgabenspezifisch und wird durch Erfahrung erworben. Der Begriff der Fertigkeit ist gemeinhin aufgabenorientiert und bezieht sich auf eine spezifische, hochentwickelte Folge von Reaktionen.“ (Singer, 1985, S.35). Auch Schmidt (1991) verweist auf die Schwierigkeit den Begriff Bewegungsfertigkeit in seiner vollen Komplexität zu erfassen. Er zitiert eine Definition nach Guthrie, die der Singers sehr ähnelt: „Skill consists in the ability to bring

about some result with maximum certainty and minimum outlay of energy, or of time and energy.“ (Schmidt, 1991, S.4).

3.1.2 Bernsteins Koordinationsmodell

Trotz der ständigen Weiterentwicklung der Forschung im Bereich der motorischen Entwicklung sind die Arbeiten des russischen Physiologen N.A. Bernstein (1896-1966) immer noch hochaktuell. Ein biographischer Überblick findet sich bei Bongaardt & Meijer (2000). Bernsteins Forschungen wurden erstmals 1967 durch das übersetzte Werk „The Co-ordination and regulation of movements“ der westlichen Welt zugänglich. Durch Whittings Buch „Human motor actions - Bernstein's reassessed“ (1984) haben Bernsteins Erkenntnisse auch in der westlichen Welt für Furore gesorgt. Bernstein hat sich mit der menschlichen Motorik, dem Wesen und den Erscheinungen der Bewegungstätigkeit, insbesondere der Koordination auseinandergesetzt und ein Koordinationsmodell vorgestellt.

Seine Theorien begründen sich auf umfangreiche „interdisziplinäre Erkenntnisse“. Er definiert Bewegungsfertigkeit als „[...] eine Koordinationsstruktur, die in der beherrschten Fähigkeit besteht, eine konkrete Bewegungsaufgabe zu lösen“ (Bernstein, 1997, S.8), und stellte damit auch die entscheidende Verknüpfung von Bewegungsfertigkeit und Bewegungskoordination her. Bernstein definiert ferner Bewegungskoordination als „[...] die Überwindung der überflüssigen Freiheitsgrade des sich bewegenden Organs, mit anderen Worten, seine Umwandlung in ein steuerbares System.“ (Bernstein, 1997, S.23). „Kürzer gesagt, ist die Koordination die Organisation der Steuerbarkeit des Bewegungsapparates.“ (Bernstein, 1987, S.182). Die Zahl der Freiheitsgrade ist bestimmt durch die unabhängige Anzahl von Koordinaten, die erforderlich sind, um eine genaue Spezifizierung der Position vorzunehmen. Zum Beispiel hat der Ellbogen einen Freiheitsgrad (Extension -

Flexion), die Schulter dagegen drei Freiheitsgrade (Extension - Flexion, Abduktion - Adduktion, Rotation). Mit zunehmender Anzahl der beteiligten Gelenke an einer Bewegung, erhöht sich somit die Anzahl der Freiheitsgrade und der Koordinationsgrad steigt.

Die Steuerung einer Bewegung wird durch folgende Elemente umgesetzt (vgl. Bernstein, 1987):

1. Den Effektor, dessen Arbeit der Regelung nach dem vorgegebenen Parameter unterliegt,
2. der Führungsebene, die auf diesem oder jenem Weg dem System den geforderten Wert des zu regulierenden Parameters vorgibt,
3. den Rezeptor, der die tatsächlichen, laufenden Werte des Parameters aufnimmt und auf irgendeine Weise signalisiert,
4. die Vergleichsvorrichtung, welche die Differenz zwischen dem tatsächlichen und dem geforderten Wert in ihrer Größe und ihrem Vorzeichen wahrnimmt,
5. die Vorrichtung, die die Angaben des Vergleichsgerätes in Korrekturimpulse umchiffriert, die über die Rückkopplung weitergegeben werden zum
6. Regler, der nach dem gewählten Parameter die Funktion des Effektors steuert.

Die Entwicklung der Bewegungskoordination findet allmählich und auf der Grundlage von Erfahrung und Übung statt. Üben bzw. Trainieren heißt in diesem Zusammenhang nicht permanentes gleichförmiges wiederholen einer Bewegung, sondern vielmehr das aktive Finden eines Lösungsweges für eine Bewegungsaufgabe. „Das richtige Üben wiederholt nicht das Mittel ein um das andere Mal, [...], sondern den Prozess zur Lösung dieser Aufgabe, wobei die

Mittel von Mal zu Mal verändert und verbessert werden.“ (Bernstein, 1997, S.7). Damit sei festgestellt, dass Bernstein ein Üben durch unzählige Wiederholungen nicht für sinnvoll hält, denn durch stupides Wiederholen einer Bewegung kann es zum Einschleifen eines falschen bzw. unausgereiften Bewegungsmusters kommen. Oberstes Ziel ist es jedoch, einen ökonomischen Bewegungsablauf zu erreichen und zu festigen.

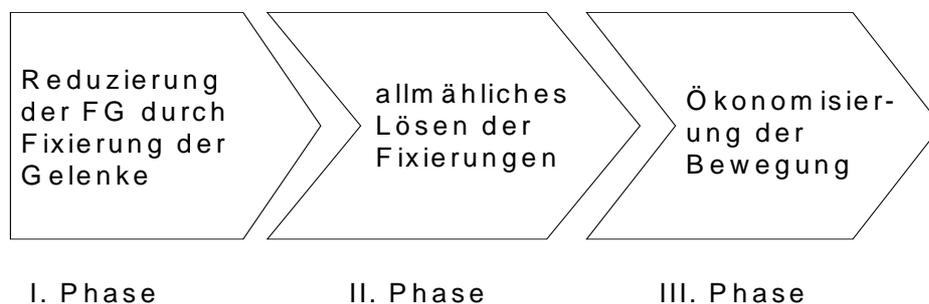


Abbildung 3.1: Bernsteins 3 Phasen Modell des Lernprozesses.

Im Zuge dieses Entwicklungsprozesses, bzw. Lernprozesses einer Bewegungsfertigkeit durchläuft der Mensch nach Bernstein mehrere Phasen:

I.Phase:

- Reduzierung der Freiheitsgrade (FG) durch Fixierung der Gelenke
- temporäre Kopplungen zwischen zwei oder mehr Gelenken,

z.B.: starre Armhaltung beim Halten des Golfschlägers beim Schwung. Damit kann der Sportler eine Reihe von kinematischen Freiheitsgraden ausschalten.

Die Anzahl der Freiheitsgrade, die der Sportler bewältigen muss, ist somit verringert. Diese Fixierung der Arme kann allerdings bei Golfanfängern oft zu Überbelastungen an den Muskelansätzen, insbesondere an der medialen und lateralen Epicondyle des Ellenbogen führen (vgl. Mc Carroll et al., 1990; Batt, 1993; Mallon & Hawkins, 1997). Hierdurch wird deutlich, dass ein Durchlaufen dieser Stufe so schnell wie möglich erfolgen sollte, denn der Übergang in die zweite Stufe hebt diese Problematik auf.

II. Phase:

- Allmählicher Abbau der Kontrolle durch Steifigkeit zu einem dynamisch kontrollierbaren System, lösen aller Fixierungen
- allmählicher Abbau der Einschränkungen - die Freiheitsgrade werden zu großen Einheiten zusammengefasst („koordinative Strukturen“).

Dies bedeutet bereits eine Verbesserung der Ökonomie der Bewegungen und eine Verminderung der Ermüdbarkeit der betroffenen Strukturen. Der Golfer wird bereits das Gefühl haben, dass das Halten des Schlägers lange nicht mehr so anstrengend und verkrampft ist und daraus ein leichteres Schwingen des Schlägers resultiert.

III. Phase:

- Ökonomisierung der Bewegung durch Ausnutzen passiver Kräfte zur Steigerung der Effektivität aktiver Kräfte. Reaktive Erscheinungen werden maximal ausgenutzt.

Diese III. Phase der Koordination von Bewegungen wird von Sportlern oft beschrieben, als ob „alles von alleine geht“. Der Golfer spricht von einem „optimalen Schwung“ bzw. einem „Gefühl für den Schwung“. Die reaktiven Kräfte, die auf den Sportler wirken, stören nicht mehr seinen Bewegungsablauf, sondern können im positiven Sinne von ihm ausgenutzt werden. Im Falle

des Golfspielers wirken über den Golfschläger Verlagerungen von Massen, die reaktive Kräfte hervorrufen. Diese auftretenden Kräfte können in zweierlei Hinsicht wirken. Erstens, als der Bewegung widersprechende Kräfte, die diese stören bzw. auslenken, das bedeutet, dass eine Bewegung erst nach der Beseitigung dieser störenden Kräfte richtig ausgeführt werden kann. Und zweitens, als unterstützende Kräfte, die die Bewegung vor Abweichungen bewahren und das Gleichgewicht bei auftretenden Störungen sofort wiederherstellen. Bernstein hat gezeigt, welchen umfangreichen Platz in der Reihe der nichtvorhersehbaren und praktisch nicht beherrschbaren Kräfte, neben den äußeren Kräften, die reaktiven Kräfte einnehmen. Diese Kräfte entstehen bei Bewegungen in den vielgliedrigen kinematischen Ketten der Bewegungsorgane. Mit jedem überflüssigen Glied der Gelenkkette und jedem neuen Freiheitsgrad der Beweglichkeit wird die Bewegung progressiv komplizierter (vgl. Bernstein, 1967, 1987).

Schneider (1990 a) hat in seiner Arbeit Bernsteins Koordinationshypothese experimentell bestätigt. Er wies nach, dass während des Übens einer Bewegung gelernt wird, die intersegmentelle Dynamik des bewegten Körperteils effektiver zu koordinieren. Das heißt, dass die passiv erzeugten reaktiven Phänomene mit dauernden Üben in zunehmenden Maße im Zusammenspiel mit den aktiv erzeugten Muskelkräften genutzt werden (vgl. Schneider, 1990 a).

Vereijken (1991) untersuchte ebenfalls eine neu zu erlernenden Bewegungsfertigkeit aus der dynamischen Perspektive. Sie konnte bestätigen, dass es zu Beginn des Lernens zu einer „Einfrierung der Freiheitsgrade“ kam, um im fortschreitenden Lernprozess diese wieder zu lösen und im dritten Schritt ein kontrollierbares System zu schaffen. Vereijken bestätigte damit die dritte Lernphase Bernsteins und zeigte, dass der Lernende in der Lage war, reaktive Kräfte des Systems für sich auszunutzen und somit die eigenen aktiven Muskelkräfte zu reduzieren. Die Bewegung wurde ökonomischer.

Die bei einer Bewegung unterstützenden passiven Kräfte werden laut Bernstein vom Lernenden nicht wahrgenommen (vgl. Bernstein, 1987, 1997). Vielmehr wird ihm das Phänomen durch ein reduziertes Einsetzen seiner aktiven Muskelkräfte bewusst. Der Lernende hat das Gefühl für die gleiche Bewegung weniger Kraft als zuvor zu benötigen. Seine propriozeptive Wahrnehmung übermittelt ihm lediglich einen Wegfall der Fixierung aller Gelenke. Bernstein betont in diesem Zusammenhang die wichtige Rolle der Rückmeldungen aus der Peripherie über die Propriozeptoren (vgl. Bernstein, 1997). Er hebt hervor, dass mit zunehmender Beherrschung einer Fertigkeit die Wertigkeit der sensorischen Korrekturen zunimmt. Nur so ist eine Automatisierung von Bewegungen möglich. Die Automatisierung ist unter anderem durch das Verschwinden von Komponenten aus dem Bewusstseinsbereich gekennzeichnet. Dieser Sachverhalt wirft die Frage auf, ob es nicht möglich wäre, die Wahrnehmung und Nutzung der passiven Kräfte durch ein propriozeptives Training positiv zu beeinflussen.

Erreicht ein Sportler das Stadium der Ökonomisierung der Bewegung durch Ausnutzen passiver Kräfte, so erscheint seine Bewegung nach außen besonders fließend und leicht (vgl. Bernstein, 1997). Dieses Gütekriterium zur Beurteilung einer Bewegung wurde in jüngerer Zeit wieder aufgegriffen und als Bewegungsfluss beschrieben.

3.1.3 Bewegungsfluss – „jerk-cost“

In der sportwissenschaftlichen Literatur finden wir unter Bewegungsfluss: „B. bezeichnet die aufeinander abgestimmte, raumzeitliche Verknüpfung von Bewegungsphasen oder sensomotorischen Sequenzen, wie sie in Erscheinung tritt und in biomechanischer Analyse mittels Kennlinien erfaßt werden kann [...]“ (Beyer, 1992, S.119). Schnabel und Thieß sprechen von einem: „Bewegungsmerkmal, das den Grad der Kontinuität im Bewegungsablauf

kennzeichnet.“ (Schnabel & Thieß, 1993, S.155). In der sporttechnischen Ausbildung kann der Bewegungsfluss durch gezielte Beobachtungen erfasst werden, u.a. in Weg-Verläufen, Weg-Zeit-Verläufen, Kraft-Zeit-Verläufen und Winkel-Zeit-Verläufen (vgl. Schnabel & Thieß, 1993).

Im motorischen Lernprozess stellt der Bewegungsfluss eine Beurteilung des Fertigniveaus und ein Gütekriterium zur Beurteilung der „smoothness“ (Nelson, 1983) einer Bewegungsfertigkeit dar. Hierbei wird vorausgesetzt, dass „[...] natürliche Bewegungen in der Regel anmutig und fließend, nicht ruckartig erfolgen und daß im Üben einer Bewegung im allgemeinen versucht wird, eine fließende Bewegung zu erzeugen.“ (Schneider, 1990 b, S.192). Ziel ist es also, eine Bewegung möglichst gleichmäßig („smooth“) ohne unnötige Haltepausen, Verzögerungen und/oder richtigen bzw. falschen Krafteinsätzen durchzuführen. Meinel und Schnabels Auffassungen und Modelle zur Quantifizierung des Bewegungsflusses basierten auf der Berechnung von Beschleunigungsintegralen (vgl. Meinel & Schnabel, 1976). Diese Berechnungen erwiesen sich als unzulänglich und mussten sich vermehrter Kritik unterziehen, denn unterschiedliche Bewegungen mit identischer Bewegungsdauer, aber unterschiedlichem Beschleunigungs-Zeit-Verlauf, können rechnerisch das selbe Integral ergeben (vgl. Schneider, 1990 b).

Nelson (1983), Flash & Hogan (1982, 1985) und Hogan (1984) haben den Bewegungsfluss über die sogenannte „jerk-cost“ erstmals quantifiziert und ein zufriedenstellendes mathematisches Modell geliefert. Die „jerk-cost“ wird von ihnen als Beschleunigungsaufwand beschrieben. Hierbei wird „jerk“ als zeitliche Änderung der Beschleunigung definiert, die „jerk-cost“ als Summe der während einer Bewegung erfolgten Beschleunigungsänderungen (vgl. Schneider, 1990 b). Flash & Hogan (1982, 1985) führten an, dass Bewegungen um so fließender sind, je kleiner der Beschleunigungsaufwand ist. Sie überprüften ihre Hypothese für eindimensionale Armbewegungen und verglichen die durchgeführten Bewegungen des Experimentes mit den berechneten Ergebnissen der „minimum-jerk movement“. Sie folgerten, dass der

Beschleunigungsaufwand ein Optimierungskriterium menschlicher Bewegungen ist.

Der Beschleunigungsaufwand wird als Summe der Beschleunigungsänderungen berechnet: b ist der Beschleunigungsaufwand, $a(t)$ der Zeitverlauf der Beschleunigung und T die Bewegungsdauer:

$$b = \int_0^T [da(t)/dt]^2 dt / 2$$

Die Jerk-cost, j_c , ist definiert, als „mean-square jerk“, T ist auch hier die Bewegungsdauer. $j(t)$ ergibt sich aus der obigen Formel, $j(t) = da(t)/dt$ (vgl. Nelson, 1983):

$$j_c = \int_0^T [j(t)^2 dt] / 2$$

Schneider bestätigte in seinen Untersuchungen die Ergebnisse der obigen Autoren. Er wies basierend auf diesen Untersuchungen nach, dass „[...] der Beschleunigungsaufwand die quantitative Beschreibung des Bewegungsflusses ist und die Minimierung des Beschleunigungsaufwands ein mathematisches Modell für das Bewegungsziel darstellt, im Üben eine fließende Bewegung zu erzeugen.“ (Schneider, 1990 b, S.197). Mit anderen Worten bedeutet dies, dass durch Training und mit zunehmender Beherrschung einer Bewegungsfertigkeit die Summe der Änderungen der

Beschleunigungen abnimmt und somit die Bewegungsausführung stabiler und gleichmäßiger wird. Weiterhin führt eine Optimierung des Bewegungsflusses zu einer schnelleren Bewegungsausführung.

Diese Art der Bewegungsanalyse, die Berechnung der „jerk-cost“, ermöglicht auch, nach außen nicht sichtbare Unterschiede in der Bewegungsausführung aufzudecken, bzw. weitere Informationen über den Fertigungsgrad einer Bewegung zu erlangen.

Welche Konsequenzen lassen sich aus diesen Untersuchungen für die Bewegungssteuerung ableiten? Die Ergebnisse zeigen, dass die Modulation und die Beschleunigungskomponenten wichtig für die Organisation und Kontrolle der Gliedmaßenbewegungen sind (vgl. Schneider & Zernicke, 1989). Der Beschleunigungsaufwand könnte als Optimierungskriterium des zentralnervösen Systems verwendet werden. Basierend auf seinen eigenen Untersuchungsergebnissen zum Bewegungsfluss, bietet Schneider (1990 b) sowohl einen kognitiven, als auch einen physiologischen Erklärungsansatz zur Bewegungssteuerung an.

Aus der kognitiven Sichtweise postuliert es zwei motorische Systeme auf zwei Ebenen. Hierbei plant die übergeordnete Ebene den idealen Bewegungsweg und die untergeordnete Ebene setzt diesen Plan in Muskelkräfte um. Der Beschleunigungsaufwand fungiert als Optimierungskriterium. Die Minimierung des Beschleunigungsaufwands ist somit als eine Art Ordnungsprinzip zu verstehen, welches die Kinematik von Bewegungen auf der höheren Planungsebene steuert. Auf den unteren Ebenen werden diese Ordnungsprinzipien zur Transformation der Kinematik in die Bewegungsdynamik benutzt. Das Bewegungsergebnis (ausgeführte Bewegung) ist zusätzlich von der Interaktion mit der Umwelt abhängig. So können bei gleichen Bewegungsplänen unterschiedliche Endbewegungen zustande kommen.

Aus der physiologischen Sichtweise würde das Prinzip der Bewegungssteuerung auf der Basis optimaler Leitfähigkeit arbeiten. Schneider räumt dem

physiologischen Ansatz große Parallelen zu Bernsteins Theorien ein. Es wird ein und derselbe Bewegungsplan ausgewählt, aber das umgesetzte Bewegungsprogramm verändert bzw. variiert. Diese Änderungen des Bewegungsflusses sind auf veränderte intrinsische Eigenschaften der neuromuskulären Attribute zurückzuführen. „Die Muskeleigenschaften werden darin als reaktiver Widerstand oder reaktive Leitfähigkeit des bewegten Systems gegenüber dem neuronalen Impuls interpretiert. Koordination bestünde dann in der Auswahl der optimalen Leitfähigkeit und entwickelte sich durch Übung.“ (Schneider, 1990 b, S.198). Der Beschleunigungsaufwand erhält somit auch hier den Charakter eines Optimierungskriteriums.

Marteniuk und Young (1997) kritisierten an den vorliegenden Untersuchungen von Schneider & Zernicke, dass sich diese nur auf ein- oder zweigelenkige Bewegungen beziehen. Sie prüften daher die Argumente der Minimierung des Beschleunigungsaufwands als Kontrollparameter bei mehrgelenkigen Bewegungen nach. Die Probanden hatten die Aufgabe, eine Kickbewegung mit dem Bein in einer vorgegebenen Zeit durchzuführen. Ihre Ergebnisse demonstrierten, dass Bewegungen mit identischen Bewegungsbahnen unterschiedliche „jerk“-Werte aufweisen können. Marteniuk und Young bezweifeln aufgrund dieser Ergebnisse, dass das zentralnervöse Nervensystem durch Minimierung der „jerk-cost“ den Bewegungsfluss zu maximieren versucht. Sie stellen eine Übertragbarkeit von zweigelenkigen Bewegungen auf mehrgelenkige Bewegungen in Frage.

3.1.4 Adams „closed-loop“ Theorie

Adams bediente sich, wie auch andere Wissenschaftler, kybernetischer Regelkreismodelle als Erklärungsansatz für Lern- und Koordinationstheorien.

Adams hat 1971 seine „closed-loop“ Theorie postuliert und damit eine Lawine von Untersuchungen zu diesem Thema losgetreten. Der Geltungsbe-

reich seiner Forschungsarbeit umfasst allerdings nur den Bereich von Positionierungsaufgaben. Seine Theorie, wie auch die vorheriger kybernetisch orientierter Theorien (u.a. Anochin, 1967), geht davon aus, dass Bewegungen nur aufgrund von rückgemeldetem Feedback möglich sind. Es wird von einem Ist-Sollwert-Vergleich ausgegangen, bei dem die zu erwartenden Reafferenzen mit den tatsächlichen Reafferenzen verglichen werden. Diskrepanzen werden erkannt und in einem anschließenden Korrekturprozess reduziert bzw. eliminiert. Adams geht von zwei Gedächtnisspeichern aus, die zur Fehlererkennung notwendig sind. „Er begründet diese Annahme mit den nur so bestehenden Fehlererkennungsmöglichkeiten bzgl. der Bewegungsprogrammierung.“ (Rockmann-Rüger, 1991, S.23). Der Wiedergabespeicher („memory trace“) initiiert die Bewegung, z.B. den Abschlag beim Golf, und bestimmt somit zunächst den Beginn der Bewegung (Aufschwung des Schlägers). Der „memory trace“ hat die Funktion der Bewegungsinitialisierung und nicht der Programmsteuerung. Durch aktuelle sensorische Rückmeldungen (Feedback) während der Bewegung wird die zu erwartende Bewegung, die im Wiedererkennungsspeicher („perceptual trace“) abgespeichert ist, mit der ausgeführten verglichen. Anschließend werden Korrekturen bis zur Übereinstimmung vorgenommen. „The perceptuel trace is a construct for evaluating the correctness of the response as executed by the memory trace. It determines not the choice of the movement but the extent of movement.“ (Kelso, 1982, S. 102). Der „perceptual trace“ wächst aus der praktischen Ausführung und dem ständigen Feedback.

Das Feedback ist nicht auf die Propriozeption beschränkt, sondern umfasst ebenfalls Rückmeldungen visueller, auditiver, taktiler und vestibulärer Art. Der „memory trace“ wird durch permanente Übung und Rückmeldung der Ergebnisse verbessert und gefestigt. Adams räumt dem „knowledge of results“ (KR) einen hohen Stellenwert ein und hält es für das erfolgreiche Lernen einer Bewegung zu Beginn des Fertigkeitserwerbs für besonders wichtig. Dem visuellen System schreibt er die wesentliche Rolle beim Kontrollieren von Bewegungen zu, sieht aber die Gewichtung der Propriozeption nicht als Null,

sondern vielmehr in der Bewegungsregulation. Die Einfluss der Propriozeption wächst mit dem Training (vgl. Adams, 1977). Bewegungslernen findet somit auf zwei Ebenen statt. Anfangs auf der Ebene der Rückmeldungen (periphere muskuläre Rückkopplungskreise und visuelle und auditive Informationen) und im weiteren Verlauf auf der zentralen Ebene. Adams Theorie lässt aber die Erklärung einiger Phänomene im Unklaren und erlaubt somit keine Verallgemeinerung seiner Theorie.

R. A. Schmidt hat sich mit Adams „closed-loop“ Theorie kritisch auseinandergesetzt und auf mehrere Probleme hingewiesen. Zusammen mit seine eigenen experimentellen Studien führte ihn dies zur Veröffentlichung seiner Schema-Theorie.

3.1.5 Schmidt's Schema-Theorie

Schmidts Hauptkritikpunkte an Adams Theorie lassen sich in mehrere Punkte zusammen fassen:

1. Was würde beim Lernen einer Bewegung ohne Feedback (knowledge of results) passieren? Laut Adams müsste ein Lernen ohne KR zu schlechteren Leistungen führen, da fehlende Rückmeldungen zu einer Schwächung des Wiedererkennungsspeichers führen würden. Eine Entwicklung des Speichers wäre auch nur über die Erfahrung der zu speichernden Bewegung möglich.
2. Wie können neue Bewegungen erlernt werden? Adams Theorie setzt erfahrene Bewegungen voraus. Aber auch bekannte Bewegungen sind nicht bei jeder Ausführung identisch und somit eigentlich neu („novelty problem“). Wie können dann diese bereits vorliegen?

3. Adams Theorie würde zu einem Speicherproblem führen, da jede Bewegung als Programm abgespeichert werden müsste. Bei einer 1:1 Speicherung würden schnell die Speicherkapazitäten des Menschen an seine Grenzen gelangen („storage problem“).

Unter Berücksichtigung dieser Kritikpunkte postuliert Schmidt die Existenz allgemeiner, zentraler Strukturen, die für die Bewegungsinitiierung verantwortlich sind. Diese Strukturen sind die sogenannten „generalisierten motorischen Programme“ (GMP). Er versucht in seiner Arbeit erstmals zwei Arten von Bewegungstypen, die durch zwei unterschiedliche Mechanismen kontrolliert werden, in einem Schema zu integrieren. Zum einen die „open-loop“ Systeme und zum anderen, die nach Adams weiterentwickelten „closed-loop“ Systeme.

Die „open-loop“ Systeme sind gekennzeichnet durch den „executive level“ und den „effector level“. Das ganze System ist unabhängig von Einflüssen jeglicher Art und besitzt somit keinen Feedbackmechanismus (Abbildung 3.2). Das Exekutivorgan ist „programmiert“ Instruktionen zu bestimmten Zeiten an das ausführende Organ zu senden, dass diese ohne eine Modifikationsmöglichkeit umsetzt. Das heißt, dass bei eventuellen Fehlern nicht korrigierend in den Bewegungsablauf eingegriffen werden kann. Hier geht Schmidt von der Existenz motorischer Programme aus, die eine Bewegung initiieren und steuern. Dieses System läuft solange zuverlässig, solange keine unerwarteten Ereignisse geschehen, denn es ist nicht möglich auf äußere Einflüsse flexibel zu reagieren. Ein einmal gestartetes Programm läuft immer konsequent bis zum Ende. Schmidt schreibt diese Art der Bewegungskontrolle sehr schnellen (ballistischen) Bewegungen zu. Der Mensch (Sportler) hat keine Möglichkeit bewusst in den Bewegungsablauf einzugreifen. Rückmeldungen und die bewusste Kontrolle der Bewegung sind zeitlich nicht möglich, so dass die Bewegungsplanung vor Beginn bereits abgeschlossen sein muss. Das Bewegungsprogramm beinhaltet welche Muskeln in welcher Reihenfolge für die Bewegungsausführung aktiviert werden. Ebenfalls von entscheidender Bedeutung ist die notwendige Muskelkraft, das relative Ti-

ming, die Sequenz und die Dauer der Kontraktionen für eine erfolgreiche Durchführung. Ein Programmablauf sähe folgendermaßen aus: Die Bewegung wird in der „response programming stage“ programmiert und initiiert, Bewegungsgeschwindigkeit, Bewegungsbahn und das Timing werden festgelegt. Dann wird die Kontrolle an den „effector level“ weitergegeben, der die Bewegung ausführt. Das ausgewählte Programm wird durch Befehle an das Rückenmark und im weiteren Verlauf an die Muskulatur als Bewegung sichtbar. Das Programm gibt somit exakt den Bewegungsablauf, die Muskelkontraktionen und den zeitlichen Ablauf vor und ist im Langzeitspeicher abgelegt.

Schmidt führt drei Beweisschienen für seine Theorie der motorischen Programme zur Steuerung schneller Bewegungen an:

1. Die Reaktionszeit in Abhängigkeit von der Komplexität der Bewegung. Je komplexer ein Bewegungsablauf wird, desto länger wird die Reaktionszeit. Schmidt führt dies auf die längere Zeit zurück, die für die Organisation eines vielschichtigen Bewegungsprogramms notwendig ist.
2. Deafferationsexperimente zeigten, dass auch bei fehlenden sensorischen Rückmeldungen sinnvolle Bewegungen möglich sind (vgl. Schmidt, 1991; Rockmann-Rüger, 1991).
3. Effekt der mechanischen Blockierung. In diesen Experimenten wurden die Versuchspersonen angewiesen schnelle Bewegungen durchzuführen. Die Muskelaktivitätsmuster wurden aufgezeichnet. Es zeigte sich, dass bei unerwarteter mechanischer Blockierung der Bewegung das EMG-Muster identisch war und somit unabhängig von Feedbackmeldungen.

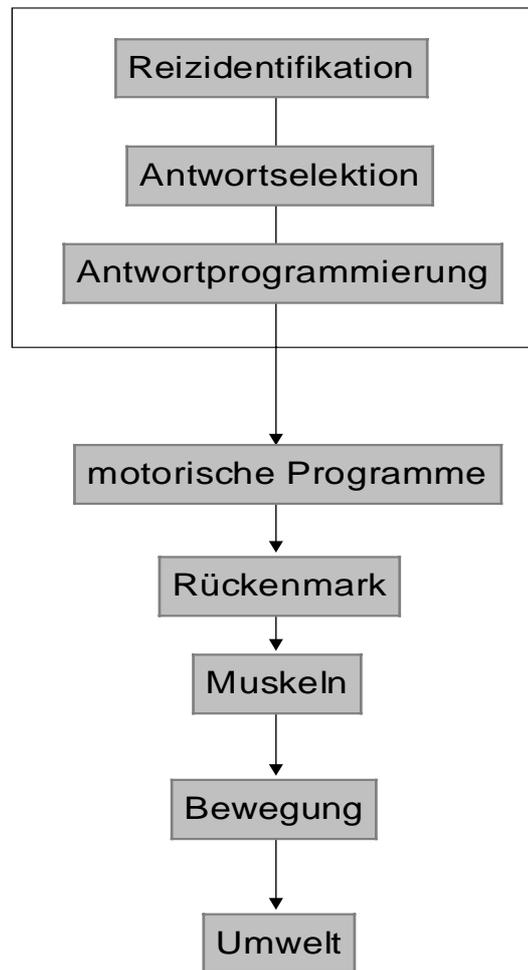


Abbildung 3.2: „Open-loop“ Modell nach Schmidt (1991).

Letztlich sind eben diese „motor programs“ für die Ausführung schneller Bewegungen zuständig. Die „motor programs“ sind in Klassen von Bewegungen (z.B. Werfen, Laufen, Schießen...) gegliedert, die über die Parameter und Invarianten beschrieben werden. Über die Parameter wird die Ausführungsart des Bewegungsmusters definiert und ausgeführt. So legen die Parameter die Geschwindigkeit, die Bewegungsamplitude und die Gliedmaßen zur Ausführung des Programms fest. Die Invarianten sind das relative Timing oder die

relative Kraft, die für alle Bewegungen einer Klasse gleich sind. Durch die Gliederung in Bewegungsklassen wird auch das Problem der Speicherung und das Entstehen neuer Bewegungen gelöst.

Stehen bei der Ausführung von Bewegungen jedoch sensorische Rückmeldungen zur Verfügung, so spricht Schmidt, basierend auf Adams Theorie, von „closed-loop“ Systemen. Welche Arten von sensorischen Rückmeldungen stehen zur Verfügung? Informationen zur motorischen Kontrolle können in zwei Klassen unterteilt werden. Zum einen in exterozeptive Informationen, die aus der unmittelbaren Umwelt aufgenommen werden, und zum anderen in propriozeptive Informationen, die direkt aus dem Körper rückgemeldet werden. Zu den exterozeptive Informationen zählen sowohl visuelle Informationen, als auch akustische Informationen. Unter propriozeptiven Informationen werden Informationen aus den Muskeln, Sehnen, Gelenken und des Vestibularapparates verstanden (vgl. Kapitel 2), so dass innere Rückmeldungen über die eigene Bewegung zur Verfügung stehen (vgl. Abbildung 3.3). „Closed-loop“ Systeme sind durch vier wesentliche Hauptbestandteile gekennzeichnet:

1. Ein Exekutivorgan. Es beinhaltet die Identifikation des Reizes, die Antwortselektion und die Antwortprogrammierung. Die Exekutive senden ihre Kommandos an
2. das Effektorsystem. Das Effektorsystem setzt sich aus den motorischen Programmen, dem Rückenmark, den Muskeln, der Bewegung und der Umwelt zusammen. Die Befehle des Exekutivorgans werden in ein motorisches Programm umgesetzt. Dieses wird wiederum an das Rückenmark weiter gegeben, woraus die Kontraktion der Muskeln und die Bewegung resultieren. Zur gleichen Zeit entsteht eine Bewegungsreferenz, die den zu erwartenden Bewegungsablauf beinhaltet. Diese wird hinterher mit dem sensorischen Feedback der tatsächlich ausgeführten Bewegung durch

3. das Vergleichsorgan verglichen. Hier entstandene Bewegungsdifferenzen werden als
4. Fehlermeldungen an das Exekutivorgan weitergegeben.

Das Gesamtfeedback setzt sich aus verschiedenen Feedbackquellen zusammen. So geben die Muskeln Rückmeldungen über Kräfte und Spannungen, währenddessen die Bewegung Informationen über die Gelenke und Körperposition in Bezug auf die Gravitation liefert. Die dritte Feedbackkomponente entsteht aus der Interaktion mit der Umwelt. Über das Auge und die Ohren werden visuelle und auditive Informationen rückgemeldet. Registriert das Vergleichsorgan Unterschiede in der zu erwartenden Bewegung und den gesammelten Feedbackinformationen, so wird dies als Fehler an das Exekutivorgan weitergegeben und führt zu einer Änderung bzw. Verfeinerung des Bewegungsverhaltens für die folgenden Versuche. Das heißt nichts anderes, als dass bei Nichterreichung des gewünschten Ergebnisses das Wiedergabeschema („recall-schema“) verändert wird. Das „closed-loop“ System ist ein Model zur Erklärung lang andauernder Bewegungen wie z.B. Balancieren. Ist eine Bewegung gestartet, so dauert es mindestens 150-200 ms bevor eine erste Änderung aufgrund von Feedback sichtbar wird.

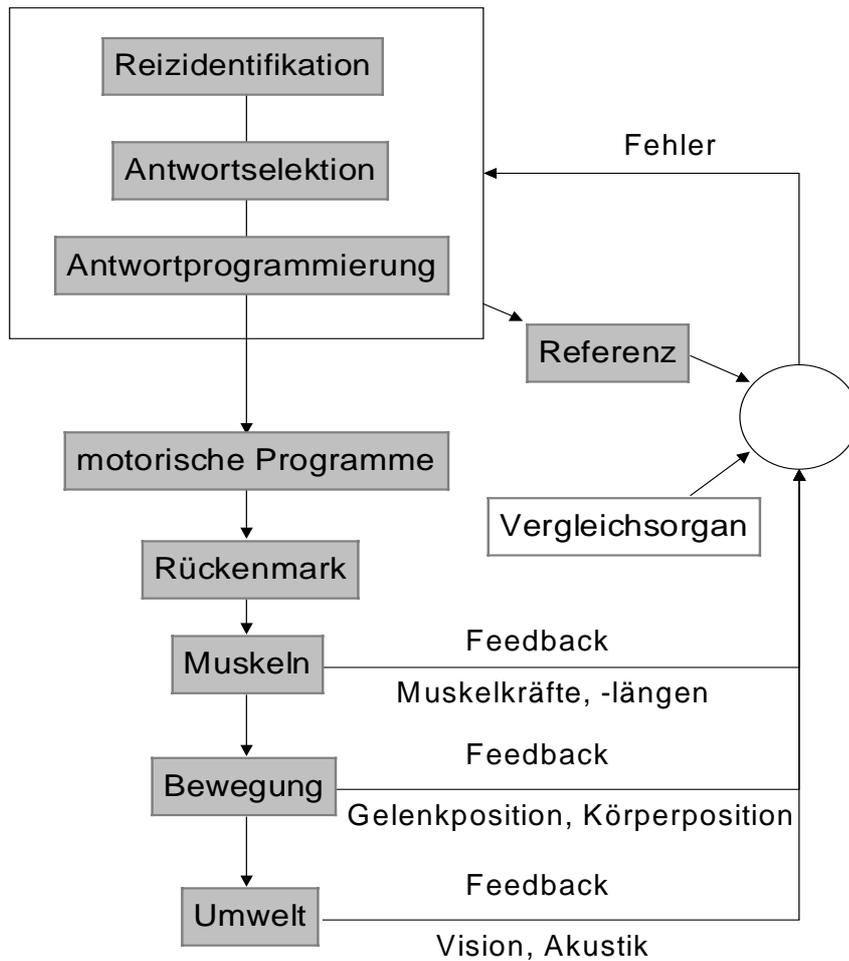


Abbildung 3.3: „Closed-loop“ Modell nach Schmidt (1991).

Während der Programmausführung werden verschiedene Größen kurzfristig im Gedächtnis abgespeichert. Hierbei handelt es sich um die Ausgangsbedingungen, die Parameter, die erwarteten Rückmeldungen und die tatsächlich eingetroffenen Rückmeldungen. Schmidt unterscheidet in ein „recall-scheme“ und ein „recognition-scheme“. Beide Schemata weisen die gleichen Ausgangsbedingungen und das aktuelle Ergebnis auf. Jedoch stellt das „recall-scheme“ die Relation zwischen den Ausgangsbedingungen, den Parametern

und den tatsächlichen Rückmeldungen dar, wohingegen das „recognition-scheme“ die Beziehungen zwischen den Ausgangsbedingungen, den erwarteten und den tatsächlichen Rückmeldungen (sensorischen Konsequenzen) speichert. Daraus ergibt sich, dass das „recall-scheme“ für die Bewegungsproduktion und das „recognition-scheme“ für die Weiterentwicklung der Bewegungen zuständig ist (vgl. Rockmann-Rüger, 1991).

Demzufolge ist bei langsamen Bewegungen das Wahrnehmungsgedächtnis von größerer Bedeutung, da hier der Vergleich der eintreffenden Afferenzen abgespeichert wird. Hingegen werden schnelle Bewegungen durch die im motorischen Gedächtnis gespeicherten motorischen Programme kontrolliert.

Basierend auf den theoretischen Erkenntnissen der Bewegungskontrolle, Bewegungssteuerung und Bewegungskontrolle stellt sich die Frage, wann ein Bewegung als erlernt einzustufen ist. Schmidt definiert motorisches Lernen als: „[...] a set of processes associated with practice or experience leading to relatively permanent changes in the capability for skilled performance.“ (Schmidt, 1991, S.153). Wesentlicher Bestandteil der Definition ist, dass das Lernen eine Folge von Üben und Erfahren ist. Ein beobachtbarer Leistungszuwachs darf nur auf die genannten Aspekte zurückzuführen sein. Wenn Schmidt von Lernen redet, macht er dieses Lernen weniger an dem fest, was Lernen ist, sondern vielmehr an dem, was man beobachtet. Dieses Beobachtbare ist das Ergebnis des Lernprozesses, eine Verbesserung der (Bewegungs-) Fähigkeit. Schmidt geht davon aus, dass es durch Üben zur Verfestigung und dauerhaften Verbesserung der Bewegungsfähigkeit kommt. Die Lernprozesse finden auf allen Ebenen des zentralen Nervensystems statt, die größten Veränderungen sind allerdings auf den Prozessebenen der Reizerkennung, der Reaktionsauswahl, der Reaktionsprogrammierung, der motorischen Programme, im Rückenmark und auf Referenzebene anzutreffen. Um eine Tätigkeit (Bewegungsfertigkeit) als erlernt zu bezeichnen, muss

diese eine relativ dauerhafte Verhaltensveränderung vorweisen, die nicht umkehrbar ist.

Wie aus der Schema-Theorie zu erkennen, weist Schmidt den sensorischen Rückmeldungen im Lernprozess einen sehr hohen Stellenwert zu. Dieser Meinung ist auch G. M. Edelman. Er sieht die Wahrnehmung als wesentliche Voraussetzung des Lernens. Seine Theorie basiert auf der Grundlage der Selektion. Er versucht mit seiner Theorie des „neuronalen Darwinismus“ die Wissenschaften der Biologie und der Psychologie zu vereinen.

3.1.6 Handeln und Wahrnehmung - Edelmans „neuronaler Darwinismus“

Nach der ersten Veröffentlichung Edelmans Theorie des „neuronalen Darwinismus“ (neuronalen Gruppenselektion) im Jahre 1978 hat sie mehrere Revisionen und Erweiterungen erfahren. „Der Kernsatz dieser Theorie besagt, daß die Selektion den offensichtlichen Kontrast zwischen höchst variablen Neuronenkreisen, die es mit einer „unetikettierten Welt“ zu tun haben, und einem reproduzierbaren und adaptiven Verhalten, das diese Neurone erzeugen, aufzulösen imstande ist.“ (Meier & Ploog, 1997, S.194).

Das Gehirn arbeitet als selektives System. Kennzeichnend für ein solches selektives System sind:

1. Die Bereitstellung der Vielfältigkeit der Komponenten innerhalb eines biologischen Systems,
2. häufige Interaktionen des biologischen Systems mit seiner Umwelt und Auswahl der Systemkomponenten und
3. differentielle Verstärkung dieser Komponenten, bis sie ein Kriterium optimaler Anpassung erreicht haben (vgl. Meier & Ploog, 1997).

Was und wie gelernt wird, ist eine Form der Auslese. Psychologische Untersuchungen haben gezeigt, dass kategoriale Strukturen erfahrungsabhängig und unter den Individuen derselben Spezies höchst variabel sind (Mervis & Rosch, 1981). Motorische und sensomotorische Koordination entwickeln sich graduell. Die meisten Bewegungen sind nicht vollständig fertig oder vorgegeben, sondern benötigen zu ihrer Realisierung Übung und Erfahrung. Die morphologischen Veränderungen des sensomotorischen Systems erfordern, dass die neuronalen Strukturen, die das motorische System kontrollieren, zu Anpassungen fähig sind, indem sie Bewegungsmuster neu bilden oder auflösen.

Nach Edelman organisieren sich die zellulären Bausteine des Gehirns und des Nervensystems selbst. Sie passen sich an und korrigieren ihre Verknüpfungen durch Wechselwirkungen mit der Umwelt. Somit kann auch die Umwelt Bewegungen steuern. Kein Lernen ohne Wahrnehmung! Für einen Menschen ohne Erfahrung ist die Welt gewissermaßen unetikettiert (vgl. Edelman, 1987). „Die Kategorisierung von Objekten erfordert Erkundung und Auswahl; beides hängt weitgehend von verschiedenen Anpassungskriterien ab, die entweder durch den Evolutionsprozess vorgegeben sind oder durch Erfahrung modifiziert werden.“ (Meier & Ploog, 1997, S.189). Im weiteren Verlauf kommt es zu einem adaptiven Verhalten des Gehirns durch die Selektion bestimmter Neurone. Edelman geht davon aus, dass (sportliche) Bewegungen durch Reize bedingt werden. Diese Reize stimulieren gewisse Bewegungsmuster, die als lokale Karten vorliegen. Lokale Karten selektieren wiederum bestimmte Neurone, was zum Ausbau einer neuronalen Struktur führt. Diese dynamische neuronale Struktur ist eine Globalkartierung, die zur Bewegungsausführung führt. Anders ausgedrückt ist eine Globalkartierung eine Verschaltung multipler lokaler Karten (Abbildung 3.4). Sensorischer Input und motorische Aktivität werden korreliert und schaffen im Zusammenwirken mit unkartierten Regionen eine Repräsentation von Objekten und Vorgängen, so dass Bewegungen produziert werden können. Diese Globalkartierung bedeutet eine räumlich-zeitliche Koordinierung und ermöglicht eine perzeptuelle

Kategorisierung oder Generalisierung. Hervorzuheben ist allerdings die Abhängigkeit von einer kontinuierlichen natürlich entwickelnden und erlernten motorischen Aktivität. Die Kopplung der motorischen Aktivität mit dem sensorischen Input ist eine unablässige Voraussetzung zur Selektion von Gesten, die die Grundlage für eben diese perzeptuelle Kategorisierung und das motorische Lernen bilden.

Edelman begründet dies zweifach. Erstens durch die Evolution. Er liefert mehrfach Beispiele aus der Evolution der Tiere, aber auch in der Entwicklung des Menschen (vgl. Edelman, 1993), denn adaptives Verhalten entwickelt sich aus phänotypischen Veränderungen und funktionalen Veränderungen des zentralen Nervensystems. Des weiteren greift er Bernsteins Meinung auf, dass Anpassung zentraler neuronaler Aktivität an Gesten auf Synergien oder Klassen von Bewegungsmustern beruhen (vgl. Bernstein, 1967; Sporns & Edelman, 1993). Diese Bewegungsklassen beinhalten eine Sammlung von Muskel- und Gelenkenvariablen, die als Basiseinheiten in der Regulation und Kontrolle einer Bewegung fungieren.

Bernstein war der Erste der postulierte, dass diese Synergien zur Reduzierung der zu kontrollierenden Parameter und der notwendigen afferenten Signale zur Initiierung und Durchführung einer Bewegung eingesetzt werden. Unter Gesten sind degenerierte Mengen all jener koordinierter Bewegungen gemeint, die ein bestimmtes Muster, das beim Phänotyp anpassungsfähig ist, zu produzieren vermag. Dies bedeutet nichts anderes, als dass: „A movement never responds to detailed changes by a change in its detail; it responds as a whole to change in each small part.“ (Whiting, 1984, S.84). Somit produzieren mehrere Wiederholungen einer Bewegung eine Klasse ähnlicher Bewegungen mit unterschiedlichen Trajektorien.

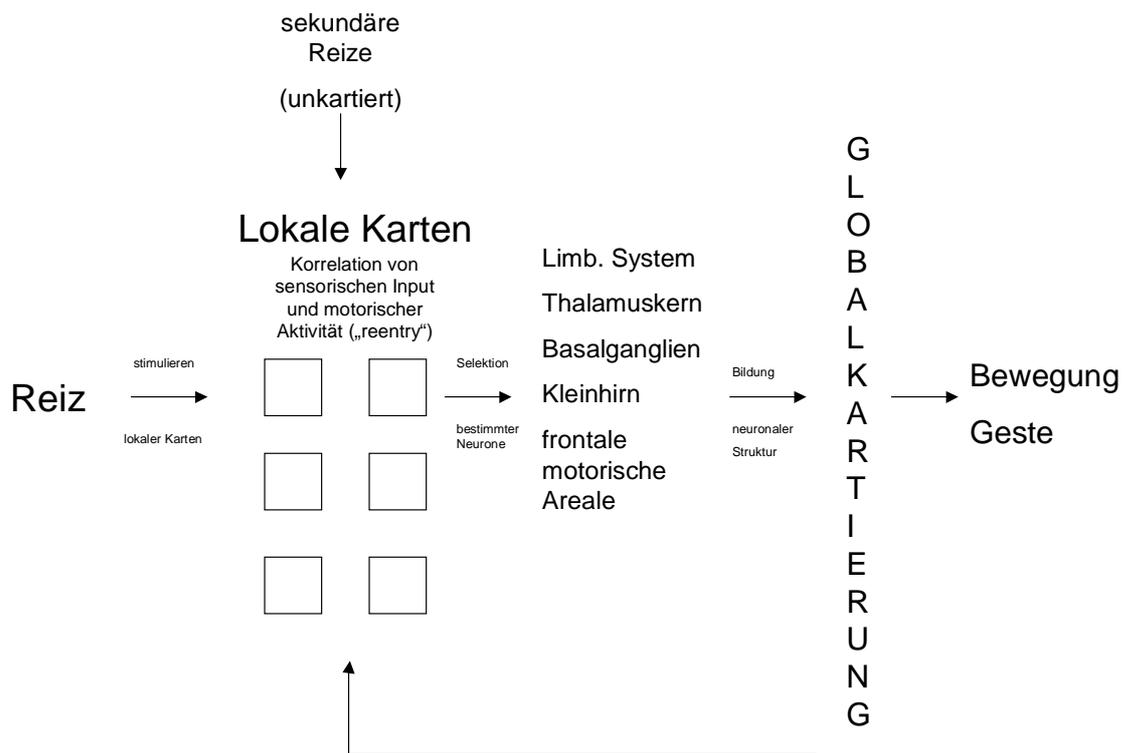


Abbildung 3.4: Entstehung einer Globalkartierung nach Edelman.

Wie bereits erwähnt räumt Edelman der Sensorik einen hohen Stellenwert ein. Um eine hinreichende Grundlage für adaptive Kategorisierungen zu schaffen müssen sowohl Synergien, als auch von Synergien angetriebene sensorische Inputs parallel gegeben sein. Darunter fallen die sensorischen Oberflächen, als auch die kinästhetischen Rezeptoren und das motorische Ensemble. Ein motorisches Ensemble setzt sich aus den Muskeln und Gelenken, den propriozeptiven und kinästhetischen Funktionen, sowie den entsprechenden Teilen des Gehirns zusammen. Das motorische und sensorische System sind entscheidend für die Lösung des Problems der adaptiven Kategorisierung von Wahrnehmungsinhalten und als ein koordiniertes selektives System zu verstehen.

Zusammengefasst ist der entscheidende Vorteil der Selektionstheorie, dass sie die unmittelbare Anpassungsfähigkeit der motorischen Ensembles

und die Assoziation neuronaler Schaltkreise als Antwort auf biomechanische und umweltbedingte Änderungen erklären kann.

3.2 Bedeutung der kinästhetischen Wahrnehmung für das motorische Lernen

Dem sensorischen System, welches Informationen über die Bewegung liefert, muss für das Lernen von Bewegungen große Bedeutung beigemessen werden.

Aus dem vorangegangenen Kapitel 3.1 wird ersichtlich, dass Bernstein, Schmidt und Edelman den Rückmeldungen über die Propriozeptoren einen bedeutenden Stellenwert zuschreiben. Sie ermöglichen dem Lernenden seine Bewegung wahrzunehmen und im weiteren Lernverlauf die Bewegung zu automatisieren. Auch Adams betont in seiner Theorie die Unabdingbarkeit von Rückmeldungen, unter anderen auch die der propriozeptiven Informationen. Aufgegriffen von Schmidt finden sich auch in seiner Schematheorie die sensorischen Rückmeldungen wieder. Er unterscheidet bereits in drei Feedbackquellen:

- Rückmeldungen über die Muskeln in Bezug auf Kräfte und Spannungen
- Rückmeldungen über die Bewegung und die daraus resultierenden Gelenkstellungen
- Rückmeldungen aus der Interaktion mit der Umwelt.

Allen drei Quellen schreibt er einen essentiellen Stellenwert zu. Edelmann geht noch einen Schritt weiter. Er sagt, Lernen ohne Wahrnehmung ist nicht

möglich. Besonders der sensorische Input ist zur Bildung der motorischen Ensembles notwendige Voraussetzung.

In jüngerer Zeit hat Rockmann-Rüger (1991) die sensorischen Informationen aus sportwissenschaftlicher Sicht beleuchtet, um Erkenntnisse für die Gestaltung von Übungsprozessen im Techniktraining zu gewinnen. Es werden praktische Empfehlungen gegeben, die aber teilweise auf Laboruntersuchungen basieren und somit Ansatzpunkte für Diskussionen bieten. Rockmann-Rüger kam in ihrer Arbeit zu dem Ergebnis, dass beim Ausschluss visueller Informationen kinästhetische Informationen besser wahrgenommen werden können (vgl. auch Kapitel 6.1). Diese Informationen lassen sich für das Erlernen und Optimieren von Bewegungstechniken nutzen und können durch zusätzliche Verbalisierung und Aufmerksamkeitslenkung verstärkt werden.

Diese Erkenntnisse verdeutlichen, dass die Schulung der Kinästhetik fest in der Sportpraxis verankert sein sollte. Inwiefern dies in die Lehrpraxis umsetzbar ist, muss durch weitere sportwissenschaftliche Untersuchungen geklärt werden.

4 SPORT UND KINÄSTHETIK

4.1 Kinästhetisches Training im Sport

Der Begriff „Bewegungsgefühl“ begegnet uns im Sport sehr häufig. So spricht man einem Fußballer wie Diego Maradona ein hervorragendes Ballgefühl zu, genauso wie Franziska von Almsick oder Ian Thorpe ein exquisites Wassergefühl. Doch eine genauere Quantifizierung dieses Begriffes scheint gar nicht so einfach (vgl. Kapitel 2.1). Das kinästhetische Training, bzw. die Verbesserung der kinästhetischen Informationsaufnahme und -verarbeitung, fällt in den Bereich des Techniktrainings. „Ziel des Techniktrainings ist es, allgemein Bewegungsfertigkeiten, Fertigkeitselemente und -verbindungen als sportliche Techniken anzueignen, zu lernen oder zu verändern (umlernen), zu stabilisieren (flüssiger und ökonomischer machen) und zu automatisieren.“ (Mechling, 1988, S.39).

Die Entwicklung sportmotorischer Fertigkeiten wird oftmals dadurch charakterisiert, dass der Lernende sich eben dieses „Gefühl“, „Muskelsinn“, „Kraftsinn“ oder „Bewegungsempfinden“ aneignen muss, um eine Bewegung gut ausführen zu können. Besonders ausgeprägt ist das Bewegungsempfinden in der Feinabstimmung der Muskelkräfte auf äußere Kräfte. Die Kinästhetik stellt somit eine wesentliche Bedingung für jeden Bewegungsablauf dar. Bei der Wahrnehmung der eigenen Bewegung steht das „Fühlen und Erleben“ des Bewegungsvollzugs über die Analysatoren des inneren Regelkreises (kinästhetische und vestibuläre Informationssystem) im Mittelpunkt, obwohl auch indirekt durch das Sehen oder das Hören der Bewegung Rückschlüsse auf das eigene Bewegungsverhalten möglich sind. Unbestritten ist es, den Lernenden für die kinästhetischen Wahrnehmungsprozesse zu sensibilisieren. Dies ist jedoch nur umsetzbar, wenn auch

Trainer / Sportlehrer Kenntnisse dieser Zusammenhänge besitzen. Dieser Kenntnisstand ist aber oftmals sehr restriktiv, denn häufig beschränkt sich die sportartspezifische Fachliteratur auf qualitative Bewegungsbeschreibungen, selten ergänzt durch unzulängliche biomechanische Grundsätze oder trainingsmethodische Hinweise zu diesem Thema.

Es werden nur vereinzelt allgemeine sportartunspezifische Trainingshinweise gefunden, die in Bezug zur kinästhetischen Bewegungswahrnehmung gesetzt werden:

- Durchführung von Bewegungsreihen, um die frischen kinästhetischen Empfindungen zu präzisieren (vgl. Puni, 1961; Farfel, 1983)
- stupides Wiederholen vermeiden und vielmehr das Prinzip der Variation anwenden (vgl. Hirtz, 1985; Schnabel & Borde, 1994)
- Verdeutlichung der kinästhetischen Rückmeldungen bei hohen Ansprechschwellen, besonders durch Verstärkung (Rockmann-Rüger, 1991)
- Einschränkung der Umgebungsinformationen durch Ausschalten des visuellen Analysators (vgl. Rockmann-Rüger, 1991)
- gezielte Aufmerksamkeitslenkung zur Anregung der Selbstbeobachtung (vgl. Kerr, 1982).

Möglichkeiten das kinästhetische System gezielt zu apostrophieren bieten sich in verschiedenster Weise. Doch wann ist der richtige Zeitpunkt die kinästhetische Wahrnehmung anzusprechen bzw. zu trainieren? Auch diese Frage ist nicht einfach zu beantworten. Puni hat sich bereits vor Jahrzehnten mit dieser Thematik beschäftigt (vgl. Puni, 1961). Das die kinästhetische Wahrnehmung im Fortgeschrittenen- und Könnensstadium am ausgeprägtesten ist, ist nicht nur von ihm vielfältig nachgewiesen worden. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird bis jetzt ein schwerpunktmäßiges

kinästhetisches Training auch in diesem Lernstadium (Köner) angesiedelt. Zurückzuführen ist dies auf die im Könerstadium bewusst und mit hoher Genauigkeit erfassbaren kinästhetischen Informationen, die dagegen im Anfängerstadium nur verschwommen vorliegen. Dem Anfänger fällt die zweckmäßige Aufnahme und Verarbeitung sensomotorischer Informationen bei der Realisierung der eigenen Bewegung schwer, was jedoch nicht davon abhalten sollte diese zu fördern. Eine isolierte Verschiebung auf spätere Lernphasen ist in meinen Augen nicht sinnvoll, vielmehr sollte bereits im Anfängerstadium vermehrt ein Schwerpunkt auf die bewusste Wahrnehmung der eigenen Raum-, Zeit- und Spannungsverhältnisse während der Ausführung der Eigenbewegung gelegt werden.

4.2 Stellenwert der Kinästhetik im Golfsport

Golfen kann als Sportart mit hohem koordinativen Niveau bezeichnet werden. Die eigentliche Schwungbewegung findet zwar auf der Stelle statt, ohne jegliche Art von Vortrieb, jedoch müssen Beine, Rumpf und Arme für einen erfolgreichen Schwung miteinander koordiniert werden. Eine nicht unbeträchtliche Anzahl an Muskeln (der Mensch hat ca. 280 Muskeln (Schade, 1993)) sorgt für einen geordneten Bewegungsablauf. Wichtig für diesen geordneten Ablauf ist wiederum das optimale Timing der einzelnen beteiligten Muskeln, denn sie müssen zu der richtigen Zeit aktiviert und deaktiviert werden. Von bedeutender Wichtigkeit ist auch die räumliche Präzision. Golfen erfordert einen hohen Grad an räumlicher Präzision, denn es handelt sich um eine mehrdimensionale Bewegung. Der Erfolg des Golfschwunges ist nicht nur vom richtigen Muskeleinsatz abhängig, sondern auch vom richtigen räumlich-zeitlichen Verlauf, denn was nützt ein schöner Schwung, wenn der Ball verfehlt wird. „The errors we make in movement are usually spatiotemporal ones.“ (Lee, 1980, S.281). Beachtlich ist auch die Koordination von Körper und Sportgerät. Variiert die Schlägerart und –länge,

so verändert sich auch der Schwung bzw. die Schwungbahn und somit die Schwungbewegung.

Die Umwelt hat ebenfalls einen großen Einfluss auf die Bewegung und den Bewegungsablauf. Der Sportler muss fähig sein, sich auf die wechselnden Ausgangsbedingungen einzustellen. So liegt beim Golfen der Ball nicht immer auf dem Grün, sondern oft genug im Rough, Bunker oder Wasser. Wind und Wetterverhältnisse wirken auf die Flugbahn des Balls, so dass auch dies bei der Bewegungsausführung berücksichtigt werden muss. Mitspieler, Leistungs- und Erfolgsdruck können ebenfalls das Gelingen des Golfschwungs beeinflussen.

Eine guter Golfspieler besticht durch seine Schwungskonstanz. Münzenberger (1998) und Opitz (1998) bestätigten dies. Sie gingen der Aufgabe nach, unterschiedliche Bewegungsbeschreibungen des Golfschwungs aus der Golfliteratur gegenüber zu stellen und die darin als bewegungstypisch genannten Merkmale zu quantifizieren. Weiterhin wurden die Schwünge von 10 Golfpros (Handicap 0) mittels biomechanischer Bewegungsanalyse erfasst und anhand von bewegungstypischen Merkmalen (Ausmaß der Ausholbewegung, Hüft- und Schulterdrehung, Schlägerkopfgeschwindigkeit, etc.) untersucht. Es zeigte sich, dass keines der ausgewählten Merkmale für alle der aufgenommenen Golfpros als bewegungstypisch angesehen werden konnte. Es fand sich auch kein einheitliches Bewegungsmuster, vielmehr bildete jeder Sportler sein eigenes Bewegungsmuster aus, welches jedoch intraindividuell nur geringfügig variierte. Trotz dieser Unterschiede differierten die Schlägerkopfgeschwindigkeiten im Treffpunkt nicht. Zudem wurde deutlich, dass die Art des Rückschwungs keinen Einfluss auf die Koordination im Abschwung hatte. Beides schienen unabhängige Verläufe zu sein. Die großen interindividuellen Unterschiede des Bewegungsmusters weisen darauf hin, dass nicht von einem einheitlichen optimalen Bewegungsmuster gesprochen werden kann (vgl. Münzenberger, 1998; Opitz, 1998).

In der Golfwelt wird nicht bestritten, dass das Bewegungsgefühl im Golf eine bedeutende Rolle spielt (vgl. Hebron, 1993; Lehnertz & Koenig, 1995). Der Umsetzung bzw. dem Training des Bewegungsgefühls fällt aber im Rahmen der Übungs- und Unterrichtsstunden nur eine geringe Rolle zu. Nachvollziehbar ist dies anhand der Golfliteratur. Die meisten Golfbücher beinhalten mehr oder weniger das Gleiche, unterscheiden sich nur in Details, nicht aber in ihrer Substanz. Es wird lediglich über Erfahrungen berichtet und Meinungen und Vorstellungen vom richtigen Golfspiel wiedergegeben. Die wenigsten Autoren liefern Übungsbeispiele zur Schulung des Bewegungsgefühls beim Golfen, sie weisen lediglich darauf hin, dass ein gutes Bewegungsgefühl für einen erfolgreichen Schwung wichtig ist. In den meisten Fällen werden dem Leser Bildreihen präsentiert, anhand derer der ideale Schwung propagiert wird (vgl. Norman & Peper, 1989; Bradley & Kölbing, 1989; Leadbetter, 1991; Grosser & Knauss, 1999).

In vielfältiger Weise versuchen die Autoren den Golfschwung zu beschreiben und dem Golfer das Idealbild eines Schwunges zu vermitteln. Bei der Beschreibung der Schwungstechniken dominiert die „morphologische Betrachtungsweise“ (vgl. Letzelter et al., 1992). In den wenigsten Fällen schaffen es die Autoren wirklich dem Lernenden durch ihre Bewegungsbeschreibungen eine dreidimensionale Bewegungsvorstellung zu vermitteln. Ist es überhaupt möglich ein Bewegungsgefühl so beschrieben, dass ein Schüler im Stande ist dies umsetzen? Hüpper hat die Problematik treffend beschrieben:

„Da wird der 1-, 2- oder 3-Knöchelgriff propagiert, ein offener, gerader oder geschlossener Stand für empfehlenswert gehalten; einmal soll eine kräftige Hüftdrehung lebensnotwendig, das andere Mal geradezu tödlich sein. Der eine verlangt ein Starten des Backswing „all-in-one“, der andere durch Heben der Arme, der dritte durch Abwinkeln der Handgelenke. Nicht besser ergeht es einem der kritischsten Punkte des Golfschwunges, dem Beginn des Downswing: Meist wird verlangt, mit Knie und Hüften zu starten und Schultern, Arme, Handgelenke nacheinander in dieser Reihenfolge einzusetzen – dann wieder hört man, daß ein

gleichzeitiger Einsatz der Beine verbunden mit kräftigen Abwärtsziehen der Arme von Nöten sei.“ (Hüpper, 1988, S.1).

Einen der wenigen Hinweise auf den Stellenwert des Bewegungsgefühls findet man in dem Buch von Ernest Jones und Innes Brown, erstmals erschienen 1937 (Neuaufgabe 1996). Dieses amerikanische Buch war das Erste, das dem klassischen Golflernen eine beschwingte Methode entgegenstellte und das natürliche, intuitive Bewegungstalent förderte. Jones Botschaft war weder revolutionär noch radikal, wich jedoch beträchtlich von den beim Golf üblichen Lehrmethoden ab und tut dies noch in der heutigen Zeit. Jones fasst drei Grundlagen einer korrekten Schwungbewegung zusammen: Kontrolle, Gleichgewicht, Timing und bringt diese mit den physikalischen Gesetzen in Verbindung. Er versucht seinen Lesern nahe zu bringen, dass „[...] jeder gute Golfspieler der Welt sich vom Tastsinn oder Gefühl leiten lässt.“ (Jones & Brown, 1996, S.21). Denn einen wirklich freien Schwung kann man nur fühlen und nicht sehen. Der Trend weg von engen technischen Bewegungsvorgaben hin zu größerer individueller Freiheit setzte sich leider nicht durch. Ein Grund könnte das Fehlen eines umfangreichen Übungsrepertoires, wie es in dieser Arbeit vorgestellt wird, sein. Jones & Brown stellen leider nur ein paar Übungen zum Nahebringen bzw. zum Wahrnehmen der physikalischen Gesetze vor und der damit verbundenen Schulung des Bewegungsgefühls.

In jüngerer Zeit hat Hebron (1984, 1993) der Kinästhetik einen bedeutenden Stellenwert eingeräumt. Auch er betont, wie wichtig es ist den Schwung zu erfühlen, bietet aber keine Trainingsinhalte an, wie man dieses Gefühl verbessern kann. Er bietet lediglich eine Sammlung von beschriebenen Gefühlen verschiedener Golfspieler in den einzelnen Schwungphasen an. Eine Umsetzung anhand beschriebener Bewegungswahrnehmungen stellt eine fast unüberwindliche Anforderung an den Schüler.

Grosser und Knauss stellen in ihrem Buch den „schnellsten und gesündesten Weg zum idealen Schwung vor“ (Grosser & Knauss, 1999). Als Geheimnis ihres Erfolgs wird das Zusammenführen von Kinästhesie und

Physik genannt, womit der Grundgedanke Jones und Brown (1996) wieder aufgenommen wurde. „Unsere Leitlinie ist die Kombination aus der Physik des Schlägers (=Pendel) mit der Kinästhesie (=Erfühlen) des Bewegung.“ (Grosser & Knauss, 1999, S.37). Doch findest sich in ihrem Buch weder eine ausführliche Definition des Begriffs Kinästhesie noch des Begriffs Bewegungsgefühl. Es wird lediglich zu Beginn die Übungsanweisung gegeben bzw. Aufgabe gestellt, dass jeder Übungsversuch zielorientiert und mit Bewegungsgefühl ausgeführt werden soll. Unterstützend wird auf die Bewegungsausführung mit geschlossenen Augen hingewiesen. Das Erfühlen des Schlägerkopfes soll im Vordergrund stehen, ebenso wie das methodische Vorgehen über die Gesamtbewegung. Doch leider werden gezielte Zusatzübungen mit/ohne Schläger zur Verbesserung des Schwungsgefühls, des Gleichgewichts und der Wahrnehmung der physikalischen Kräfte auch hier nicht vorgestellt.

Auch der Deutsche Golf Verband hält sich zu diesem Thema bedeckt. In dem 6. Lehrbrief des Deutschen Golf Verbandes zum Thema „Techniktraining im Golfsport“ (Lehnertz & Koenig, 1995) findet man den Hinweis, dass das Wahrnehmen von kinästhetischen Rückmeldungen geschult werden soll. Es werden ein paar Anregungen für die Trainingspraxis gegeben, doch diese beschränken sich auf die Verdeutlichung der Rückmeldungen durch Verstärkung und der sprachlichen Auswertung des Durchgeführten. Trotz des eingeräumten Stellenwerts wird jedoch eine Schulung der Bewegungswahrnehmung erst in der Stufe des Könners empfohlen. Im Anfänger- und Fortgeschrittenenstadium trifft man dieses Trainingsziel nicht an. Lehnertz und Koenig verweisen in diesem Zusammenhang auf die Zielsetzungen und methodischen Maßnahmen im Techniktraining nach Grosser & Neumaier (1988).

Auch die Empfehlungen für das Kinder- und Jugendtraining des Deutschen Golf Verbandes (Budinger & Koch, 1997) fallen in Bezug auf ein kinästhetisches Training rar aus. Die kinästhetische Differenzierungsfähigkeit

(Empfindungsfähigkeit) wird zwar von Budinger und Koch der Koordination und ihrer Teilfähigkeiten für die Technik zugeordnet, jedoch nicht weiter erläutert. Es wird, in Bezug auf das Koordinationstraining, ein vielfältiges Bewegungsangebot zur Sammlung verschiedenartiger motorischer Erfahrungen empfohlen, allerdings keine gezielten Übungen vorgestellt. Dem Bewegungsempfinden wird, basierend auf Meinel & Schnabel, erst in den Lernphasen der Feinkoordination (Feinform) und der Stabilisierung und variablen Verfügbarkeit (Könnern) eine bedeutende Rolle zuteil (vgl. Budinger & Koch, 1997). Den Kindern und Jugendlichen wird ein spielerisches Lernen zugestanden, was den Erwachsenen scheinbar aberkannt wird. Doch gerade dieses spielerische Lernen bürgt einen reichen Bewegungs- und Erfahrungsschatz in sich.

Bolland stellt in seinem Buch sein eigenes methodisches Konzept zum Golflernen vor (Bolland, 1990). Was ihn von anderen Autoren unterscheidet ist der konsequente Versuch des Bewusstmachens der Bewegung. Damit greift er auf die Aussagen von Ernest Jones zurück. Bolland profitiert von seiner Erfahrung mit blinden Schülern, dem Lernen über „try and error“ und der daraus resultierenden Erfahrung für den Schüler. Diesem Erfahren einer Bewegung verleiht er die höchste Priorität seines Unterrichtskonzepts. „Meine blinden Schüler haben besser als alle anderen bestätigt, dass beim Golfen nicht die Technik, sondern das Körpergefühl entscheidend ist: die Sensibilität für Signale des Körpers, die Fähigkeit, für alles Äußere blind zu sein, aber mit allen inneren Antennen auf Empfang. Bewusst im Augenblick.“ (Bolland, 1990, S.10).

In der Golfliteratur finden sich auch eine Reihe von Büchern zur Verbesserung der physischen Leistungsfähigkeit im Golfsport. Oftmals erheben die Autoren den Anspruch, dass durch Ihre Trainingsinhalte auch das Bewegungsgefühl verbessert wird (vgl. Grosser, 1995; Yessis, 2000,). Doch an dieser Stelle wirft sich die Frage auf, ob ein Krafttraining an Geräten tatsächlich das Bewegungsgefühl des Golfschwungs verbessern kann, oder

nicht doch spezifischere Übungen zur gezielten Optimierung der Propriozeption von Nöten sind. Dass eine Steigerung des spezifischen Kraftniveaus und ein erhöhte Flexibilität von Vorteil bzw. notwendig sind, wird keinesfalls bezweifelt. Doch das Erspüren der wirkenden passiven Kräfte beim Schwung lässt sich schwerlich durch Übungen an auxotonischen Geräten ersetzen.

Es liegt die Frage nahe, welche Möglichkeiten und Trainingsinhalte sich zur Verbesserung der Bewegungswahrnehmung, der Wahrnehmung der aktiven und passiven Kräfte und des Bewegungsgefühls anbieten. Welche Informationen stehen dem Anfänger zum Erlernen des Golfens zur Verfügung und wie können diese Informationen nachhaltig aufgenommen und verarbeitet werden?

5 FRAGESTELLUNG

Wie aus Kapitel 4 hervorgeht, besteht in der Sportwissenschaft noch erheblicher Nachholbedarf, den Themenkomplex Kinästhetik, kinästhetisches Training beim Neulernen und die Anwendung in der Sportpraxis entsprechend zu verknüpfen.

Trotz des breiten Konsenses in der wissenschaftlichen Literatur, dass die Schulung der kinästhetischen Wahrnehmung ein erfolgversprechender Ansatz ist, um nachhaltige Trainingserfolge zu ermöglichen, finden sich nur vereinzelte Beiträge mit wenigen, nicht aufeinander abgestimmten Übungen. Es fehlt ein konkret ausgestaltetes, wissenschaftlich fundiertes Training zur Steigerung des Bewegungsgefühls beim Anfänger, das zugleich der Forderung nach einer Überprüfung unter feldexperimentellen Bedingungen standhält. Die Forderung nach einer Überprüfung sowohl der Reliabilität als auch der Validität kann durch statistische Tests, die in die Signifikanz der aufgestellten Hypothesen belegen, erfüllt werden.

Basierend auf den physiologischen Grundlagen des kinästhetischen Systems, den Theorien des motorischen Lernens und den Erkenntnissen der Sportwissenschaft wurde daher eine Untersuchung zu diesem Themenbereich durchgeführt. Die Sportart Golf wurde aufgrund der folgenden sachlogischen Anforderungen für die experimentelle Studie ausgewählt:

- Gefordert ist eine Sportart, die durch einen komplexen Bewegungsablauf charakterisiert ist. Das Bedingungsgefüge Sportler/Sportgerät soll durch das Wirken großer reaktiver Kräfte gekennzeichnet sein, um Bernsteins Theorie in Bezug auf die Bedeutsamkeit der Propriozeption aufgreifen zu können.

- Weiterhin muss die Sportart populär genug sein, um genügend Anfänger rekrutieren zu können und eine ausreichend große Grundgesamtheit zu erhalten.
- Zusätzliches Kriterium ist der Einsatz der Bewegungsanalyse mittels Hochgeschwindigkeitskameras, um weitere quantitative Bewegungsmerkmale zu analysieren und die Feldtestdaten zu untermauern.

Die Untersuchung fokussiert sich auf folgende Fragen:

- Es soll geklärt werden, ob ein kinästhetisches Training bereits im Anfängerstadium beim Erlernen einer komplexen motorischen Bewegung, dem Golfschwung, dazu beitragen kann, dass ein Anfänger eine Bewegung besser bzw. erfolgreicher erlernt.
- Bewirkt die Schulung der Bereiche Gleichgewichtsregulation, Körperwahrnehmung im Raum und Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte, dass der Sportler sich und die auf ihn einwirkenden Kräfte besser wahrnimmt und im Sinne Bernsteins die drei Lernphasen schneller durchlaufen kann (vgl. Kapitel 3.1.2), um die Bewegung möglichst ökonomisch und erfolgreich durchzuführen?
- Welche Konsequenzen können, resultierend aus den Untersuchungsergebnissen, für die Trainingswissenschaft, genauer gesagt die Trainingsplanung und Trainingssteuerung im Golfsport gezogen werden?

6 METHODIK

6.1 Herleitung eines kinästhetischen Trainings für den Golfsport

Um die vorliegende Fragestellung beantworten zu können, muss ein kinästhetisches Training, auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse, für den Golfsport entwickelt werden.

Ziel eines solchen kinästhetischen Trainings ist, die Sensibilität der beteiligten Rezeptorsysteme zu erhöhen und somit eine verbesserte Selbstwahrnehmung der Sportlers zu erreichen. Besonders im Hinblick auf die Schulung des Golfschwunges wurde bisher dem visuellen Informationssystem in der Lehrmethodik des Golfens der Vorrang gegeben. Dem Bereich der kinästhetischen Wahrnehmung wurde keine besondere Aufmerksamkeit zuteil. Wer sich jedoch eine Bewegung plastisch vor Augen führen will, muss sie auch empfinden können.

Aber wie kann zum Beispiel ein Anfänger im Golfen seine oft nur diffusen Empfindungen so einordnen und sich bewusst machen, dass sie für ihn ein korrektes Bild seiner Bewegung ergeben? Von grundsätzlicher Bedeutung ist das „Bewusstmachen“ der Empfindungen und Empfindungsunterschiede, denn nur so wird der Sportler in der Lage sein, sich in seine Schwungbewegung hineinzufühlen und diese zu korrigieren oder gar zu ändern. Ohne die bewusste Wahrnehmung der wirkenden äußeren Einflüsse wird es dem Sportler schwer fallen diese für sich nutzen zu können. Insbesondere die propriozeptiven Informationen sind bewusstseinsfähig, aber nicht bewusstseinspflichtig (vgl. Pöhlmann & Kirchner 1979; Cratty, 1975;

Schmidt, 1988). Die Verbesserung einer Bewegungstechnik beruht auf einer ständigen Verifizierung kinästhetischer Empfindungen. „Eine Bewusstmachung der kinästhetischen Informationen wird durch gezielte Aufmerksamkeitslenkung verfolgt.“ (Rockmann-Rüger, 1991, S.59). Die kinästhetischen Informationen sind besonders zu Beginn des Fertigkeitserwerbs für den Sportler nur verschwommen. Eine Fremd-„Bewusstmachung“ durch den Übungsleiter ist oftmals notwendig, damit die kinästhetischen Empfindungen in das Bewusstsein aufsteigen. Durch eine zusätzliche Verbalisierung der auftretenden Bewegungsempfindungen (Bewegungsgefühl) können diese kinästhetischen Wahrnehmungen in ihrer Bewusstseinsfähigkeit verstärkt werden (vgl. Strohmeyer, 1982). Rockmann-Rüger (1991) spricht von einer leichteren Prozessierbarkeit der kinästhetischen Informationen beim Einsatz gezielter Verbalisierungsübungen der Bewegungsgefühle.

In der Literatur finden sich Studien, die bestätigen, dass gezielte Übungen die Propriozeption günstig beeinflussen können (vgl. Scott et al., 1997). „Dies ist der Fall bei allen Übungen, für deren Gelingen die ständige Regulation motorischer Aktivität durch afferente Signale nötig ist. Anwendung finden spezielle Übungen auf instabilen Unterlagen [...] der unteren Extremität in der geschlossenen Kette. Es kann jedoch auch ein „normales Training“ abgeändert werden.“ (Quante & Hille, 1999, S.309).

Darunter fallen Übungen auf Therapiekreiseln, Wackelbrettern, Schaumstoffstücken oder ähnlichen instabilen Unterlagen. Ebenso sind Übungen auf einem unebenen Grund und Balancierübungen geeignet. Trainiert wird im Einbeinstand, aber auch beidbeinig. Bei dieser Art von Übungen werden auch an den Vestibularapparat höchste Anforderungen gestellt, so dass ein Gleichgewichtstraining parallel verläuft. Gleichgewichtsübungen sind auch immer wieder fester Bestandteil in Untersuchungen zur Ermittlung von kinästhetischen Testbatterien gewesen und haben sich als diese etabliert (vgl. Roloff,

1953; Singer, 1985). In verschiedenen Untersuchungen zeigte sich, dass Kinästhetik eine Zusammensetzung einer Reihe von spezifischen Funktionen ist und keine isolierte Fähigkeit darstellt (vgl. Wiebe, 1954; Scott, 1955).

Übungen auf labilen Unterlagen sind in ihrem Schwierigkeitsgrad variierbar und werden nach dem Prinzip der progressiveren Belastungssteigerung verändert. Nur durch eine fortschreitende Steigerung kann eine Stagnation im Trainingsprozess vermieden werden (Erhöhung der koordinativen Ansprüche) (vgl. Zintl, 1988; Zintl & Eisenhut, 2001). So sind Übungen mit einer großen Unterstützungsfläche einfacher als Übungen mit einer kleinen Unterstützungsfläche (Stand auf dem Wackelbrett koordinativ anspruchsvoller als Stand auf dem Therapiekreisel oder gar einer Rasenfläche). Eine Durchführung der Übungen ohne Schuhe kann die kinästhetische Wahrnehmung nochmals fokussieren (vgl. Scholz, 1994). Zusätzliche Aufgaben, wie das Zuwerfen von Bällen oder das Schwingen von Gegenständen, erschweren die Aufgabe ebenso wie das Schließen der Augen.

Empirische Untersuchungen von Smith (1969), Jordon (1972), Klein und Posner (1974), aber auch in jüngerer Zeit von Rockmann-Rüger (1991) und Jerosch et al. (1997) haben gezeigt, dass das visuelle System über das kinästhetische dominiert. Durch gleichzeitige visuelle Informationen wird die kinästhetische Wahrnehmung erschwert. Eine Ausschaltung des visuellen Systems, Übungsdurchführung mit geschlossenen Augen oder besser mit einer Augenbinde, hat demnach eine verstärkte Aufmerksamkeit auf die kinästhetischen Informationen bzw. Rückmeldungen der Propriozeptoren zur Folge (vgl. Aksamit & Husak, 1983).

Wo befindet sich mein Körper im Raum? Wie kann ich Gelenkstellungen wahrnehmen und unterscheiden? Kinästhetik bedeutet die Wahrnehmung von Positionen und Lage der Gliedmaßen und anderer Körperteile, egal ob aktiv oder passiv initiiert (siehe Kapitel 2.1). Um auch in diesem Bereich die Wahr-

nehmung des Golfanfängers zu schulen und zu verbessern, bedarf es zusätzlicher Übungen. Ein Beispiel, das einem mit Sicherheit bekannt ist, ist der Widerspruch von Trainer und Sportler: „Nimm deine Arme hinter den Kopf!“ „Wieso? Die Arme sind doch hinter dem Kopf!“. Um diese Selbstwahrnehmung des eigenen Körpers im Raum zu schulen, haben sich in der Vergangenheit Übungsaufgaben mit der Anforderung Positionen und Lagen mit geschlossenen Augen wiederzugeben, als besonders effektiv erwiesen (vgl. Roloff, 1953; Fetzer et al. 1976; Farfel, 1983; Balster, 1998). Von besonderer Bedeutung sind folgende Übungen:

- Gelenkstellungen wahrnehmen
- Gelenkbewegungen und -weiten erfahren
- differenzierte Gelenkänderungen wahrnehmen
- Körperraumlage und -positionen halten und verändern
- Krafteinsätze regulieren und dosieren
- Muskelspannungen regulieren bzw. auf- und abbauen.

Der Sportler hat die Aufgabe vorgegebene Distanzen, Höhen, Endpositionen oder Sportgerätepositionen anzuzeigen. Ziel ist es eine Erhöhung der räumlichen Genauigkeit zu erreichen. Allein mit geschlossenen Augen geradeaus zu laufen erweist sich zu Beginn als besonders schwer, kann aber erfolgreich trainiert werden. Farfel (1983) kam in seinen Studien bei Turnern zu der Schlussfolgerung, dass durch ein spezielles Dreh- bzw. Rotationstraining die Regulierung der Lage des Körpers im Raum erheblich verbessert werden kann.

Für den Golfer ist es von entscheidender Bedeutung einschätzen zu können, wo sich sein Schläger befindet und wie groß seine Ausholbewegung ist. Durch das Fixieren des Balls mit den Augen während der gesamten Bewe-

gung ist eine visuelle Kontrolle nicht möglich. Der Golfer muss erspüren, wo sich seine Arme und sein Schläger im Raum befinden.

Die Faktoren (äußere Kräfte), die aktiv in die Bewegung eingreifen, sind sehr umfangreich. An erster Stelle steht sicherlich die Schwerkraft, sie wirkt ständig auf den Sportler und das Sportgerät ein. Im Golfsport wirken eine Vielzahl von Kräften und Momenten im Sportler-Sportgerät-System (vgl. Ballreich & Kuhlow-Ballreich, 1992; Jorgensen, 1994; Appel, 2000). Ziel soll es sein diese aktiven und passiven Kräfte für sich zu nutzen (vgl. Kapitel 3.1.2). Um dieses erfolgreich umsetzen zu können, muss der Sportler im Rahmen seines Trainings lernen, diese Kräfte wahrzunehmen (erspüren). Es bieten sich eine Vielzahl an Möglichkeiten dies zu trainieren. Zum Beispiel durch den Einsatz verschieden schwerer Sportgeräte. Hierbei wird sich das Phänomen des kinästhetischen Nacheffektes zu Nutze gemacht. Bekannt ist dieses Phänomen aus dem Bereich der Leichtathletik. Hammerwerfer trainieren zum Beispiel mit Hämmern unterschiedlichen Gewichts, aber auch mit Hämmern unterschiedlicher Längen (vgl. Kollodij, 1979). Auch Farfel (1983) berichtete von einem erfolgreichen Training mit unterschiedlichen Ballgewichten im Basketball. Er bestätigt mit seinen Untersuchungsergebnissen auch die physiologische Seite, dass die Steuerung der Raumparameter der Bewegungen nicht von der begleitenden Muskelspannung abhängt.

Zurückzuführen ist dieser kinästhetische Nacheffekt auf einen intensiveren Wahrnehmungsprozess des kinästhetischen Analysators der nachfolgende gleichartige Wahrnehmungsvorgänge beeinflusst (vgl. Hamsen, 1976). Darunter fallen auch kontrastierende Übungen, die nicht nur das Gewicht betreffen. So wird auch durch das Verwenden längerer und kürzerer Sportgeräte, dünnerer und dickerer Griffe dieser Effekt erreicht. Das Tragen weicher Handschuhe im Golftraining hat ebenfalls Auswirkungen auf das Spüren der Griffestigkeit und das Haltevermögen beim Schwung. Durch die auftretenden Kräfte gleitet bzw. rutscht der Schläger fast aus der Hand, der

Sportler erfährt die Stärke und Richtung der resultierenden Kraft. Rockmann-Rüger (1991) berichtet über einen ähnlichen Sachverhalt in der Studie Widdops, der positive Veränderungen des kinästhetischen Bewegungsbewusstseins durch das Tragen enganliegender Balletttanzüge nachwies.

Kinder lieben es, gehalten an einem Arm und einem Bein, wie ein Flugzeug durch die Luft gedreht zu werden. Was ist das Tolle an diesem „Flugzeugspiel“? Die Kinder spüren förmlich die Kräfte, die auf sie einwirken. Auch der Erwachsene spürt, dass bei genügend schneller Rotation um die eigene Achse kaum mehr ein Kraftaufwand zum „Fliegenlassen“ (Halten) des Kindes notwendig ist. Genau dieses Phänomen soll der Golfer durch das Schwingen seines Golfschlägers erfahren, „es geht alles von alleine - ohne große Kraftanstrengung“. Um den Sportler dafür zu sensibilisieren, steht ein reichliches Übungsrepertoire zur Verfügung.

So kann das Drehen eines Tennisballs an einer Schnur eine ähnliche Erfahrung vermitteln wie das „Flugzeugspiel“. Der Tennisball an der Schnur wird durch kleine Bewegungen um die Hand rotiert. Der Sportler spürt die Kräfte, die durch den rotierenden Ball an seiner Hand entstehen. Der Ball zieht nach außen und rotiert ohne großen zusätzlichen Kraftaufwand. Variationen in der Schwungebene oder in der Länge der Schnur des Tennisballs führen zu unterschiedlichen Wahrnehmungen. Ebenso kann man den Ball ähnlich eines Hammers in der Leichtathletik schleudern. Verwendet der Sportler den Tennisball an der Schnur wie ein Pendel, so wird dem Sportler das Gesetz des Pendels auf einfachste Weise verdeutlicht. Energieerhaltung (wenn kein Reibungsverlust vorliegt) und Energieumwandlung (Umwandlung potentieller Energie in kinetische Energie und umgekehrt), sowie die beschleunigende Kraft können selbst erfahren bzw. verfolgt werden. Durch Verkürzung der Schnur, oder beim Golfen des Schlägerschafts, wird eine Pendelverkürzung erreicht und das Prinzip der Schwungverstärkung wird erkennbar (vgl. Kassat, 1993). Versucht der Golfer während seiner Pendel- und Schwungübungen

seinen Körperschwerpunkt zu verlagern, so stellt er schnell fest, welchen Einfluss dies auf den Ablauf seiner Bewegung hat. Wiederum führt eine kleine Veränderung im Bewegungsablauf zu neuen bzw. anderen Kräften, die das Sportler-Sportgerät-System nachhaltig beeinflussen und den Erfahrungsschatz des Anfängers erweitern.

Basierend auf den dargestellten Erkenntnissen der vorliegenden wissenschaftlichen Literatur wurde folgendes kinästhetisches Training entwickelt.

6.2 Stundenaufbau und Übungsbeschreibungen

Das Trainingsprogramm umfasst 8 Trainingseinheiten. Die Trainingshäufigkeit beträgt 2 Trainingseinheiten pro Woche, mit einem Trainingsumfang von je 30 Minuten und wird vor dem herkömmlichen Golfkurs durchgeführt. Jede Trainingseinheit ist in 3 Schwerpunkte untergliedert:

- Gleichgewichtsschulung
- Körperwahrnehmung im Raum
- Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte.

Ergänzend sind im Anhang der Arbeit Abbildungen der Trainingsinhalte zu finden (Kapitel 12). Die acht Trainingseinheiten setzen sich folgendermaßen zusammen:

1. Unterrichtsstunde:

Ziel	Übung	Dauer
Gleichgewicht	Hüftbreit geöffnet stehen: <ul style="list-style-type: none"> • Gewichtsverlagerung rechts und links mit geschlossenen Augen • Gewichtsverlagerung rechts und links auf einem Schaumstoffstück mit geschlossenen Augen • Balancieren auf einem Taustück mit offenen / geschlossenen Augen 	~ 3 min ~ 4 min ~ 3 min
Körperwahrnehmung im Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Baumstammspiel mit geschlossenen Augen • Mit geschlossenen Augen geradeaus / links / rechts laufen • Nach 1/1 Drehung mit geschlossenen Augen geradeaus laufen 	~ 4 min ~ 4 min ~ 5 min
Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte	<ul style="list-style-type: none"> • Partner drücken mit den Handflächen gegeneinander / lehnen sich nach hinten mit geschlossenen Augen • Verschieden schwere Gewichte mit geschlossenen Augen einordnen (Tennisbälle: 60/100/110/130 g) 	~ 3 min ~ 4 min

Übungsbeschreibung:

Gleichgewicht:

- Gewichtsverlagerung rechts und links mit geschlossenen Augen: Schiebe Deinen Körperschwerpunkt vom rechten Bein auf das linke und zurück. Beachte dabei, dass Du nicht nur den Oberkörper zur Seite

neigst, sondern den ganzen Körper zur Seite verlagerst. Der Rumpf bleibt aufrecht! Halte die Augen geschlossen. Übe dies 3 Minuten.

- Gewichtsverlagerung rechts und links auf einem Schaumstoffstück mit geschlossenen Augen:
Schiebe Deinen Körperschwerpunkt vom rechten Bein auf das linke und zurück. Verliere dabei auf dem Schaumstoffstück nicht das Gleichgewicht! Halte die Balance! Beachte dabei, dass Du nicht nur den Oberkörper zur Seite neigst, sondern den ganzen Körper seitlich verschiebst. Der Rumpf bleibt aufrecht! Halte die Augen geschlossen. Übe dies 4 Minuten.
- Balancieren auf einem Taustück:
Balanciere auf dem Taustück, ohne das Gleichgewicht zu verlieren. Versuche die Augen geschlossen zu halten. Wiederhole dies ein paar mal.

Körperwahrnehmung im Raum:

- Baumstammspiel mit geschlossenen Augen:
Tut Euch zu dritt zusammen. Einer stellt sich mit geschlossenen Augen in die Mitte und baut Körperspannung auf. Die zwei anderen nehmen an den Schultern Kontakt auf, damit ein Sicherheitsgefühl entsteht. Derjenige in der Mitte wird nun wie eine Baumstamm hin und her geschubst. Nicht zu viel Schwung! Haltet ihn mal in der schrägen Position fest und lasst ihn schätzen, wie schräg seine Position ist. Gebt ihm Rückmeldung, ob seine Wahrnehmung stimmt.
- Mit geschlossenen Augen geradeaus laufen:
Lauft mit geschlossenen Augen 10 bis 15 Schritte geradeaus. Öffnet anschließend die Augen und kontrolliert wohin Ihr gelaufen seid. Übt dies mehrere Male.

- Mit geschlossenen Augen nach einer 1/1 Drehung geradeaus laufen:
Dreht Euch mit geschlossenen Augen um 360° und geht anschließend 10 bis 15 Schritte geradeaus. Kontrolliert im Anschluss wohin Ihr gelaufen seid. Übt dies mehrere Male.

Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte:

- Mit geschlossenen Augen drücken Partner mit den Handflächen gegeneinander / lehnen sich nach hinten:
Fasst Euch zu zweit mit geschlossenen Augen an die Hände und lehnt Euch nach hinten. Spürt, wie das Gewicht des Partners an Euch zieht. Spürt ebenfalls das Gewicht, wenn Ihr Euch mit Eurem Gewicht gegeneinander lehnt.
- Verschieden schwere Gewichte mit geschlossenen Augen einordnen:
Gebt Eurem Partner jeweils einen Tennisball in die Hand. Er soll entscheiden, welcher Ball schwerer ist. Wechselt die Bälle mehrfach durch. Schätzt auch, wie schwer die Tennisbälle sind.

2. Unterrichtsstunde:

Ziel	Übung	Dauer
Gleichgewicht	• Einbeinstand (barfuss im Gras) rechts / links	~ 3 min
	• Einbeinstand (barfuss im Gras) rechts / links mit geschlossenen Augen	~ 3 min ~ 4 min
	• Schritt mit geschlossenen Augen in den Einbeinstand ausbalancieren	
Körperwahrnehmung im Raum	• Im Stehen mit geschlossenen Augen verschiedene Armwinkel anzeigen	~ 4 min
	• Schritte mit geschlossenen Augen und verschiedenen Entfernungsvorgaben (30 cm, 50 cm ...)	~ 4 min
Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte	Tennisball an einer Schnur mit geschlossenen Augen schwingen:	
	• Schwingen in verschiedenen Ebenen	~ 4 min
	• kurze / lange Schnur	~ 4 min
	• Hammerwurf	~ 4 min

Übungsbeschreibung:

Gleichgewicht:

- Einbeinstand im Gras:
Stelle Dich auf ein Bein und halte die Balance. Achte darauf, dass Du Dein Kniegelenk nicht ganz streckst! Wechsel nach 20 bis 30 Sekunden das Bein. Auf welchem Bein kannst Du besser stehen? Gibt es einen Unterschied?

- Einbeinstand im Gras mit geschlossenen Augen:
Stelle Dich mit geschlossenen Augen auf ein Bein und halte das Gleichgewicht. Achte darauf, dass Du Dein Kniegelenk nicht ganz streckst - Knie minimal gebeugt! Wechsel nach 20 bis 30 Sekunden das Bein. Auf welchem Bein kannst Du besser stehen? Gibt es einen Unterschied?

Körperwahrnehmung im Raum:

- Mit geschlossenen Augen im Stehen verschiedene Winkel anzeigen:
Bildet wieder Zweiergruppen. Stellt Euch vor, Ihr zeigt mit Euren Armen verschiedene Winkel an. Euer Partner gibt Euch vor, was Ihr anzeigen sollt und korrigiert Euch anschließend. Zum Beispiel: zeige mir einen Winkel von 80°. Jeder übt ungefähr 4 Minuten.
- Mit geschlossenen Augen verschiedene Entfernungsangaben abschreiten:
Stellt Euch neben die Zollstöcke am Boden. Wieder sind die Augen geschlossen. Euer Partner gibt Euch die Vorgabe, wie groß Eure Schritte sein sollen, z.B.: mache einen Schritt von 40 cm Länge. Übt ein paar mal und wechselt dann.

Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte:

- Tennisball an der Schnur mit geschlossenen Augen schwingen:
Schwingt den Tennisball an der Schnur in verschiedenen Ebenen. Mal vor und mal seitlich vom Körper. Spürt, wie der Ball an Eurer Hand zieht. Schwingt den Ball mal mit kurzer, mal mit langer Schur. Spürt Ihr was sich ändert? Schwingt den Tennisball, als ob Ihr einen Leichtathletikhammer werfen wollt. Braucht Ihr viel Kraft, um den Ball rotieren zu lassen? Spürt Ihr die Kräfte, die wirken?

3. Unterrichtsstunde:

Ziel	Übung	Dauer
Gleichgewicht	<ul style="list-style-type: none"> • Einbeinstand mit geschlossenen Augen (barfuss im Gras) rechts / links und etwas auf dem Kopf balancieren (z.B. einen Sandsack, leerer Joghurtbecher, Münze) • Einbeinstand (barfuss im Gras) rechts / links und einen Tennisball partnerweise zuwerfen 	~ 3 min ~ 4 min
Körperwahrnehmung im Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Wurfübung im Sitzen (Rotation im Raum): Verschiedene Körperabschnitte rotieren gegeneinander: Schultern rotieren im Sitzen • Arme verschränkt vor der Brust, Kopf steht fest, Schultern rotieren (im Sitzen, im Stand), Augen geschlossen 	~ 6 min ~ 5 min
Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte	<ul style="list-style-type: none"> • Kurze Wiederholung der Übungen mit dem Ball an der Schnur • Ball an der Schnur rotieren lassen • Partner schwingt von erhöhten Stand, der Andere versucht den Ball zu fangen 	~ 3 min ~ 5 min ~ 4 min

Übungsbeschreibung:

Gleichgewicht:

- Einbeinstand (barfuss) im Gras und gleichzeitig etwas auf dem Kopf balancieren:
Stellt Euch wieder mit geschlossenen Augen auf ein Bein und balanciert gleichzeitig den Tennisball auf dem Kopf. Steht aufrecht! Wechselt

das Bein nach 20 bis 30 Sekunden. Könnt Ihr die Übung auf dem einem Bein besser, als auf dem Anderen?

- Im Einbeinstand partnerweise einen Ball zuspielen:
Stellt Euch auf ein Bein (barfuss) und spielt Euch partnerweise den Tennisball zu. Steht mal auf dem rechten, mal auf dem linken Bein. Wenn Ihr sehr sicher seit, spielt den Ball nicht so zielgenau zu und versucht, Euren Partner aus dem Gleichgewicht zu bringen.

Körperwahrnehmung im Raum:

- Wurfübung im Sitzen:
Setze Dich hin. Dein Partner wirft Dir einen Tennisball zu. Deine Aufgabe ist es, den Ball mit einer Hand zurückzuspielen. Dabei darfst Du Dich nur im Rumpf bewegen und mit dem Arm ausholen. Mit dem Gesäß bleibst Du fest auf dem Hocker sitzen. Spiele den Ball mal mit der rechten, mal mit der linken Hand zurück und achte darauf, ob Du zu einer Seite besser rotieren kannst, als zur anderen.
- Verschiedene Körperabschnitte rotieren gegeneinander:
Du lehnst Dich mit dem Gesäß im Halbsitz gegen die Wand. Deine Arme verschränkst Du vor der Brust. Deine Aufgabe ist es nun, nur mit dem Oberkörper zu rotieren. Schließe die Augen und spüre, ob Du zu einer Seite besser rotieren kannst. Beachte, dass das Becken ganz fest ist!

Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte:

- Wiederhole die Übungen mit dem Ball an der Schnur:
Spüre mit geschlossenen Augen, wie die Kräfte an der Schnur ziehen.
- Der Partner lässt den Ball an der Schnur aus horizontaler Haltung los, der andere soll den Ball fangen:

Stelle Dich Deinem Partner gegenüber. Deine Arme hängen seitlich am Körper. Dein Partner hält den Ball waagrecht und lässt ihn plötzlich los. Deine Aufgabe ist es, ihn zu fangen. Die Aufgabe wird durch wechselnde Schnurlängen erschwert. Außerdem sollst Du den Ball sowohl mit der rechten, als auch mit der linken Hand fangen.

4. Unterrichtsstunde:

Ziel	Übung	Dauer
Gleichgewicht	<ul style="list-style-type: none"> • Einbeinstand auf einem Therapiekreisel rechts / links • Einbeinstand auf einem Therapiekreisel rechts / links mit geschlossenen Augen 	~ 4 min ~ 4 min
Körperwahrnehmung im Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Im Stehen mit geschlossenen Augen mit der Hand verschiedene Höhen anzeigen (rechte und linke Hand) • Werfen mit geschlossenen Augen auf ein Ziel in 1 m, 2 m, 5 m Entfernung 	~ 4 min ~ 4 min
Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte	Stab mit geschlossenen Augen schwingen: <ul style="list-style-type: none"> • mit einer Hand schwingen rechts / links • mit lockerem Griff schwingen, so dass der Stab aus der Hand rutscht • mit festem Griff schwingen • mit Handschuhen schwingen 	~ 3 min ~ 4 min ~ 4 min ~ 3 min

Übungsbeschreibung:

Gleichgewicht:

- Einbeinstand auf dem Therapiekreisel:
Stelle Dich mit einem Fuß auf den Therapiekreisel und versuche den Kreisel stabil zu halten. Denke daran, dass Du Dein Knie nicht überstreckst.
- Einbeinstand auf dem Therapiekreisel mit geschlossenen Augen:
Stelle Dich mit geschlossenen Augen einbeinig auf den Therapiekreisel und versuche den Kreisel stabil zu halten. Was ist schwerer, mit offenen oder geschlossenen Augen? Wechsel wieder nach 20 bis 30 Sekunden das Bein, auf dem Du stehst.

Körperwahrnehmung im Raum:

- Mit geschlossenen Augen verschiedenen Höhen anzeigen:
Stelle Dich aufrecht hin und schließe die Augen. Mit der Hand sollst Du nun verschiedene Höhenangaben anzeigen, die Dir Dein Partner vorgibt. Zum Beispiel: zeige mir eine Höhe von 60 cm über dem Boden. Übe dies sowohl mit der rechten, als auch mit der linken Hand, Dein Partner korrigiert Dich. Im Anschluss wechselt Ihr.
- Werfen mit geschlossenen Augen:
Stelle Dich mit geschlossenen Augen neben das Maßband. Dein Partner gibt Dir nun vor, wie weit Du den Tennisball werfen sollst (1,5 m, 3 m, 2,5 m,...). Wirfst Du zu weit oder zu kurz, probiere es nochmals. Im Anschluss wird gewechselt.

Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte:

- Stab mit geschlossenen Augen mit einer Hand schwingen:
Schließe die Augen und schwinde den Holzstab mit einer Hand hin und her. Wechsel die Hand.
- Stab mit geschlossenen Augen und lockeren Griff schwingen:
Halte den Stab so locker in der Hand, dass er beim Schwingen gerade nicht herausrutscht. Schwinde den Stab mit weichen Handschuhen. Achte bei allen Übungen auf die Kraft, die durch das Schwingen am Stab zieht. Die Augen sind geschlossen.
- Stab mit geschlossenen Augen und festem Griff schwingen:
Schwinde den Stab mit ganz festem Griff, als ob Du ihn zusammendrücken willst. Schwinde im Anschluss mit ganz lockerem Griff. Spüre den Unterschied! Was passiert beim Schwingen mit den unterschiedlichen Griffstärken? Kannst Du immer gleich gut schwingen? Vergiss nicht, die Augen zu schließen.

5. Unterrichtsstunde:

Ziel	Übung	Dauer
Gleichgewicht	<ul style="list-style-type: none"> Einbeinstand auf Therapiekreisel rechts / links, gegenseitiges Zuwerfen eines Tennisballs 	~ 6 min
Körperwahrnehmung im Raum	<ul style="list-style-type: none"> Tennisball hochwerfen, 1/1 Drehung und wieder fangen 	~ 8 min
Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte	<p>Augen sind geschlossen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Golfschläger mit einer Hand schwingen rechts / links Golfschläger mit unterschiedlicher Griffestigkeit schwingen, Unterschied erspüren 	~ 6 min ~ 6 min

Übungsbeschreibung:

Gleichgewicht:

- Einbeinstand auf dem Therapiekreisel und gleichzeitiges Zuwerfen eines Tennisballs:

Stelle Dich einbeinig auf den Therapiekreisel. Dein Partner steht Dir in ca. 3 m Entfernung gegenüber. Werft Euch den Ball gegenseitig zu und versucht die Balance zu halten.

Körperwahrnehmung im Raum:

- Tennisball hochwerfen und um 360° drehen:
Werft den Tennisball so in die Luft, dass Ihr Euch um 360° drehen und

den Ball wieder fangen könnt. Dreht Euch sowohl rechts, als auch linksherum. Könnt Ihr es zu einer Seite besser?

Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte:

- Schwingen des Schlägers mit geschlossenen Augen in einer Hand in verschiedenen Ebenen:
Schwinge den Schläger mal rechts und mal links vom Körper. Schwinge ihn außerdem vor dem Körper. Fällt Dir eine bestimmte Richtung leichter, als die andere?
- Schwingen des Schlägers mit unterschiedlicher Grifffestigkeit:
Schwinge den Schläger, indem Du die Grifffestigkeit variiert. Spüre den Unterschied im Schwungsverhalten. Wie wirkt sich die unterschiedliche Grifffestigkeit auf Deine Gelenke aus (Schulter, Ellenbogen, Hand)?

6. Unterrichtsstunde:

Ziel	Übung	Dauer
Gleichgewicht	<ul style="list-style-type: none"> • Einbeinstand auf dem Wackelbrett rechts / links • Einbeinstand auf dem Wackelbrett rechts / links mit geschlossenen Augen 	~ 4 min ~ 5 min
Körperwahrnehmung im Raum	Augen geschlossen: <ul style="list-style-type: none"> • 1/1 Drehung anschließend mit der Hand auf die Handfläche des Partners deuten • 1/1 Drehung und mit einem Stab auf einen Punkt zeigen 	~ 6 min ~ 6 min
Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte	Schwingen des Schlägers aus der Ansprechposition mit geschlossenen Augen in beiden Händen: <ul style="list-style-type: none"> • Golfschläger beidhändig schwingen • verschieden lange Schläger • verschieden schwere Schläger 	~ 5 min ~ 4 min ~ 4 min

Übungsbeschreibung:

Gleichgewicht:

- Einbeinstand auf dem Wackelbrett:
Stellt Euch einbeinig auf das Wackelbrett und versucht es stabil zu halten, so dass es nicht am Boden aufsetzt. Haltet Euch gegebenenfalls am Anfang fest. Die Kipprichtung sollt Ihr variieren (rechts / links, vor / zurück), ebenfalls das Standbein.
- Einbeinstand auf dem Wackelbrett mit geschlossenen Augen:
Stellt Euch sowohl mit dem rechten, als auch mit dem linken Bein auf das Wackelbrett und balanciert es aus. Haltet Euch gegebenenfalls am

Anfang fest. Wenn Ihr sicher seid, könnt Ihr auch wieder die Kipprichtung ändern.

Körperwahrnehmung im Raum:

- 1/1 Drehung und anschließend mit der Hand auf einen Punkt zeigen: Stellt Euch zu zweit gegenüber. Einer hebt seine Hand und verharrt in dieser Position. Aufgabe des Anderen ist es nun sich mit geschlossenen Augen um 360° zu drehen und auf die Handfläche zu deuten. Wird die Handfläche verfehlt, so probiert es ein weiteres Mal. Übt dies mit verschiedenen Handpositionen und auch mit beiden Händen.
- 1/1 Drehung und mit einem Stab auf einen Punkt zeigen: Dreht Euch mit geschlossenen Augen um die eigene Achse und zeigt mit dem Stab auf einen vorher gekennzeichneten Punkt. Öffnet anschließend die Augen und kontrolliert Euch.

Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte:

- Schwingt den Golfschläger mit geschlossenen Augen mit der rechten und der linken Hand, aber auch beidhändig.
- Schwingt nun Golfschläger mit verschiedenen Längen mit geschlossenen Augen und spürt den Unterschied.
- Schwingt nun verschieden schwere Golfschläger mit geschlossenen Augen. Was ist anders? Spüre genau, was am Schläger passiert.

7. Unterrichtsstunde:

Ziel	Übung	Dauer
Gleichgewicht	<ul style="list-style-type: none"> • Stabistraße (Aneinanderreihung von Schaumstoff, Kreisel, Wackelbrett) • Stabistraße mit geschlossenen Augen 	~ 5 min ~ 6 min
Körperwahrnehmung im Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Rotation im Halbsitz mit geschlossenen Augen • Schwung mit Schläger im Halbsitz mit geschlossenen Augen 	~ 5 min ~ 6 min
Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte	<ul style="list-style-type: none"> • Partner hält Schläger in waagrechter Position und lässt dann los (ggf. vorher noch mal mit Pendel rechts / links) 	~ 2 x 4 min

Übungsbeschreibung:

Gleichgewicht:

- Stabistraße:
Reihe den Schaumstoff, den Therapiekreisel, das Wackelbrett, das Tau hintereinander. Balanciere nun über die Geräte, ohne einen Fuß herunterzusetzen. Probiere es sowohl mit geöffneten Augen, als auch mit geschlossenen.

Körperwahrnehmung im Raum:

- Rotation im Halbsitz mit geschlossenen Augen:
Du lehnst Dich mit dem Gesäß im Halbsitz gegen die Wand, Deine Arme verschränkst Du vor der Brust. Deine Aufgabe ist es nun, nur mit dem Oberkörper zu rotieren. Schließe die Augen und spüre, ob Du zu

einer Seite besser rotieren kannst. Beachte, dass das Becken ganz fest ist!

- Schwung mit Schläger im Halbsitz mit geschlossenen Augen:
Du lehnst Dich mit dem Gesäß im Halbsitz gegen die Wand. Nimm den Schläger in die Hand und schwinge ihn vor dem Körper. Spüre, wie groß die Schwungbewegung ist. Konzentriere Dich darauf, dass nur der Oberkörper die Bewegung mitmacht, das Becken ist fest.

Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte:

- Ihr steht Euch zu zweit gegenüber. Du hältst den Schläger wie zum Schwingen in der Hand. Der Partner hebt den Schläger bis in die Waagrechte und lässt ihn plötzlich los. Ihr sollt das „Fallen“ des Schlägers spüren und den Schläger ohne zusätzlichen Krafteinsatz auspendeln lassen - die Augen sind geschlossen. Übt dies mehrere Male und wechselt dann.

8. Unterrichtsstunde:

Ziel	Übung	Dauer
Gleichgewicht	Stehen auf dem Schaumstoff oder dem Schaumstoff und einem Therapiekreisel und gleichzeitiges Schwingen des Schlägers: <ul style="list-style-type: none"> • mit offenen Augen • mit geschlossenen Augen 	~ 2 min ~ 6 min
Körperwahrnehmung im Raum	<ul style="list-style-type: none"> • Mit dem Schläger (Schlägerkopf) verschiedene Positionen anzeigen, die Augen sind geschlossen • Durchführung von Schwüngen mit geschlossenen Augen. Schätzung der Weite der Ausholbewegung 	~ 6 min ~ 5 min
Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte	Den Schwung mit geschlossenen Augen erspüren (Start aus der Ansprechposition): <ul style="list-style-type: none"> • Beine offen / geschlossen • Fußaufsatz vorne / hinten • Spielen eines Balls mit geschlossenen Augen mit / ohne Schaumstoff 	~ 3 min ~ 3 min ~ 5 min

Übungsbeschreibung:

Gleichgewicht:

- Stehen auf dem Schaumstoff oder dem Schaumstoff und dem Therapiekreisel und gleichzeitiges Schwingen des Schlägers aus der Ansprechposition:
Stell Dich mit beiden Beinen auf den Schaumstoff. Nimm die Ansprechposition ein und führe einen Schwung durch – halte dabei das Gleichgewicht. Übe dies erst mit offenen und anschließend mit geschlossenen Augen.

Körperwahrnehmung im Raum:

- Mit dem Schlägerkopf verschiedene Positionen anzeigen:
Nehmt mit geschlossenen Augen die Ansprechposition ein. Euer Partner gibt Euch eine Schlägerkopfposition vor, die Ihr einnehmen sollt (Weite der Ausholbewegung). Als Hilfe stellt Euch eine Uhr vor und zeigt eine bestimmte Uhrzeit an (10 Uhr, 8 Uhr, 2 Uhr...). Im Anschluss wird gewechselt.
- Führt einen Schwung mit geschlossenen Augen aus und schätzt wie weit Ihr ausgeholt habt. Euer Partner korrigiert Euch.

Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte:

- Den Schwung mit geschlossenen Augen erspüren:
Führt mehrere Schwünge hintereinander mit a) offenem oder geschlossenem Stand, und b) Fußbelastung vorne und hinten durch.
- Spielen von Bällen mit geschlossenen Augen:
Nehmt Eure Ansprechposition ein. Mit geschlossenen Augen sollt Ihr nun einen Ball spielen und beurteilen ob es ein guter oder schlechter Ball war. Wer dabei keine Schwierigkeiten hat probiert das Ganze zusätzlich auf dem Schaumstoff.

6.3 Versuchsdurchführung

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das in Kapitel 6.2 vorgestellte kinästhetische Training auf seine Relevanz für den Lernprozess bei komplexen motorischen Bewegungen am Beispiel des Golfspiels getestet. Diese Studie wurde in Zusammenarbeit mit der Golfschule „The Move“ in Harthausen bei München durchgeführt. Alle Teilnehmer der Anfängerkurse der Saison Sommer 2000 wurden zur Überprüfung der Hypothese, ob ein kinästhetisches Training das Erlernen des Golfschwungs beeinflusst, herangezogen.

Der erste Anfängerkurs startete im Mai, der letzte im Oktober 2000. Jeder Golfkurs hatte maximal 6 Teilnehmer. Die Anfängerkurse der Golfschule umfassen 8 Trainingstage (-einheiten) von je 2 Stunden und fanden an den Wochenenden statt.

Zu Beginn der Saison wurden 10 Kurse ohne das kinästhetische Zusatztraining durchgeführt. In der zweiten Hälfte der Saison wurden 5 Anfängerkurse durch ein zusätzliches 30 minütiges kinästhetisches Training ergänzt. Dieses kinästhetische Training wurde vor jeder Unterrichtsstunde durchgeführt. Die Kurse mit und ohne Zusatztraining fanden jeweils geblockt statt, so dass eine Selbstselektion seitens der Kursteilnehmer nicht möglich war. Sowohl die Kursteilnehmer mit, als auch ohne Zusatztraining bekamen die gleichen Kursinhalte des klassischen Golfkurses der Golfschule vom Golfpro vermittelt. Somit konnte das einheitliche Kursschema der Golfschule gewährleistet und das einheitliche Unterrichtsbild gewahrt werden.

6.4 Probandengut

Insgesamt nahmen 43 weibliche und 43 männliche Versuchspersonen an der Untersuchung teil. 56 Probanden entfielen auf die Kontrollgruppe, 30 Probanden absolvierten zusätzlich zum Golfkurs 8 Unterrichtseinheiten des kinästhetischen Zusatztrainings und bildeten somit die Experimentalgruppe.

Die 27 weiblichen Probanden der Kontrollgruppe waren im Mittel 38,5 +/- 6,7 Jahre alt, die 29 männlichen Probanden 45,1 +/- 12,6 Jahre. Die 17 weiblichen Teilnehmer der Experimentalgruppe waren im Durchschnitt 36,6 +/- 8,1 Jahre alt, die 13 männlichen 40,3 +/- 11,3 Jahre alt..

Alle Versuchspersonen waren Golfanfänger und belegten den Golfkurs aus freien Stücken. Die Anzahl der Probanden war somit von der Anzahl der Kursteilnehmer der Golfschule abhängig und zu Beginn der Saison nur schlecht kalkulierbar. Seitens der Versuchsleitung war kein Einfluss auf die Anmeldezahlen möglich. Saisonbedingte Schwankungen der Teilnehmerzahlen waren im voraus nicht abschätzbar und führten zu der Diskrepanz zwischen der Teilnehmerzahl der Kontroll- und der Experimentalgruppe. Eine Parallelisierung der Gruppen war daher nicht möglich.

Die Teilnehmer der Studie wurden nicht darüber informiert, dass das kinästhetische Zusatztraining im Rahmen einer universitären Studie erfolgte (Blindstudie). Vielmehr wurde es in den Kursinformationen als Aufwärmtraining deklariert. Hierdurch sollte eine Meinungsbildung hinsichtlich des Sinn und Zwecks des Trainings vermieden werden und zur verpflichtenden Teilnahme aufgerufen werden.

Das Training fand auf der überdachten Driving-Range des Golfplatzes statt, so dass Wettereinflüsse keine Rolle spielten. Sämtliche Trainingsmittel wurden zur Verfügung gestellt, um zusätzliche Kosten für die Kursteilnehmer zu vermeiden. Das Zusatztraining wurde immer vom gleichen Versuchsleiter

(Autor) durchgeführt, so dass auch unterschiedliche Lehrverfahren / Vermittlungsverfahren ausgeschlossen werden konnten (Konstanthaltung der Lehrmethode). Unmittelbar im Anschluss an das kinästhetische Training fand der Golfkurs, unter Leitung eines Golfpros, in seinem herkömmlichen Rahmen und Inhalt statt.

6.5 Datenerfassung

6.5.1 Feldtest

Am Ende des Golfkurses wurde jeder Teilnehmer mittels des „Green-Golf-Test“ (Green et al., 1987) getestet. Hierbei waren folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Long-Putt: 6 Versuche werden aus 7,5 m (25 ft) Entfernung auf das Loch gespielt. Die Bälle liegen im Kreis rund um das Loch und werden im Uhrzeigersinn gespielt.
- Chip-Shot: 6 Versuche werden aus 10,5 m (35 ft) Entfernung gespielt. Die Bälle werden von der gleichen Ausgangsposition gespielt, es kann ein Eisen beliebiger Art verwendet werden.
- Pitch-Shot: 6 Versuche werden auf die 36 m (40 yd) entfernte Fahne gespielt. Es kann wahlweise ein 7, 8, oder 9er Eisen verwendet werden.
- Approach-Shot: 4 Versuche werden auf eine, bei Frauen 99 m (110 yd) und bei Männern 126 m (140 yd) entfernte Fahne gespielt. Die Eisen können beliebig gewechselt werden.

Der Long-Putt und der Chip-Shot wurden auf dem Putting-Green, der Pitch-Shot und der Approach-Shot auf der Driving-Range durchgeführt. Die Ergebnisse der sechs Versuche des Long-Putt, Chip-Shot und Pitch-Shot wurden als Summe der Distanzen zum Ziel ermittelt und ausgewertet. Das Ergebnis des Approach-Shot bildete die Senkrechte des liegengebliebenen Balls zur Ziellinie in 99 m bzw. 126 m Entfernung. Auch hier wurde die Summe der Ergebnisse der vier Schläge gebildet und ausgewertet (vgl. Green et al., 1987). Alle Aufgaben bzw. Schläge wurden mit den selben Bällen, Impact Distance 432, gespielt.

6.5.2 Bewegungsanalyse

Zehn Probanden der Kontrollgruppe, von denen nur acht aufgrund des schlechten Bildmaterials ausgewertet wurden, und sechzehn Probanden der Experimentalgruppe, von denen ebenfalls aufgrund des nicht brauchbaren Bildmaterials fünfzehn ausgewertet wurden, stellten sich freiwillig für Aufnahmen im Bewegungsanalysesystem zur Verfügung. Für diese Aufnahmen kamen die Teilnehmer in das Labor auf dem Gelände der Universität der Bundeswehr in Neubiberg.

Die Kontrollgruppe setzte sich aus vier Frauen und vier Männern mit einem Durchschnittsalter von 37,5 +/- 6,2 Jahren bzw. 46,5 +/- 9,0 Jahren zusammen. Die Experimentalgruppe bestand aus acht Frauen und sieben Männern. Die Frauen waren im Mittel 38,6 +/- 8,8 Jahre alt, die Männer 42,1 +/- 11,7 Jahre. Die Aufnahmen fanden in der ersten Woche nach Abschluss des Golfkurses statt.

Das verwendete Bewegungsanalysesystem ist von der Firma MotionAnalysis Inc. Santa Rosa, Kalifornien. Es besteht aus 8 computergestützten digitalen Hochgeschwindigkeitskameras der Firma

Falcon des Typs Hires 240 mit 8 mm Linsen und einem Aufnahmefrequenzbereich von 60 bis 240 Hz. Die Auflösung beträgt 648 vertikale und 242 horizontale Linien. Jedes Kameraobjektiv ist von einem Leuchtdiodenring umgeben, der ein gepulstes Rotlicht abstrahlt. Dieses Rotlicht wird von Markern, die mit einer reflektierenden Folie beklebt sind, reflektiert.

Die Videokameras sind mit einem Videoprozessor (MIDAS für Motion Integrated Data Acquisition) verbunden, der die Bilder der 8 Kameras synchronisiert. Die zweidimensionalen Rohdaten die von den acht Kameras aufgenommen werden, werden an einen PC mit der Software Eva 6.0 / 6.03 (Beta 5) weitergegeben. Dort werden die von jeder Kameraperspektive vorliegenden Daten zu einem dreidimensionalen Bild weiterverarbeitet.

Um eine derartige Berechnung durchführen zu können, muss vor jeder Messung das Aufnahmesystem kalibriert werden. Hierzu wird in den Aufnahmebereich ein Rahmen gestellt, an dessen acht Ecken sich je ein reflektierender Marker befindet. Die Abstände der einzelnen Marker zueinander sind dem System bekannt. Anhand einer Aufnahme kann im Anschluss der Raum exakt vermessen bzw. berechnet werden. Ergänzend wird noch eine weitere Kalibrierung, die sogenannte „wand-calibration“ mit einem Stab, der drei reflektierende Marker besitzt, durchgeführt. Dieser Stab wird innerhalb des Aufnahmebereiches bewegt. Dies ermöglicht eine zusätzliche Absicherung, so dass auch die Randbereiche des Aufnahmefeldes genauestens erfasst werden können.

Die Golfschwünge wurden mit einer Frequenz von 240 Hz aufgenommen. Nach den Empfehlungen des Herstellers wurden die 8 Kameras kreisförmig ($r = 3,5$ m) um den Aufnahmebereich angeordnet. Zwei gegenüberliegende Kameras befanden sich auf 3 m Höhe, zwei Kameras auf 2,7 m und vier auf 2,5 m Höhe. Die Fixierung des Aufnahmebereichs gewährleistete ein Aufnahmefeld, dass höher, tiefer und breiter war, als das voraussichtliche

maximal erreichbare Bewegungsausmaß der Probanden inklusive Schläger. Alle Markierungspunkte am Körper des Probanden und am Golfschläger konnten durch das System gesehen und identifiziert werden.

Der Markersatz, mit dem jede Versuchsperson beklebt wurde, bestand aus 23 Markern. Die Marker haben einen Durchmesser von 3,8 cm (1½ inch) bzw. 1,9 cm (¾ Inch) und sind mit einer reflektierenden Folie der Firma 3M beklebt. Folgende Körperstellen wurden markiert (die Verwendung von 3,8 cm Markern ist mit einem Stern „*“ gekennzeichnet):

- rechte und linke Schläfe
- 7. Halswirbel (C 7)
- rechte und linke Schulter (Acromion)*
- rechter und linker lateraler Ellbogen
- rechtes und linkes mediales Handgelenk
- 10. Brustwirbel (TH 10)*
- rechte und linke Hüfte (Trochanterhöhe)*
- rechtes und linkes Kniegelenk (Höhe des lateralen Gelenkspaltes)
- rechtes und linkes oberes Sprunggelenk (Höhe des Malleolus lateralis)
- rechte und linke hintere Ferse (Calcaneus posterior)
- rechte und linke Fußspitze (Höhe des großen Zehs)
- 3 Referenzmarker zur besseren Identifizierung der Körperseite bei der späteren Bildauswertung: linkes Schulterblatt (Scapula), linker hinterer Oberarm, linker hinterer Oberschenkel.

Zusätzlich wurde der Schläger mit 4 Markern versehen:

- Schlägerschaft oben (unterhalb des Griffbands)
- Schlägerschaft unten
- Schlägerkopf innen
- Schlägerkopf außen.

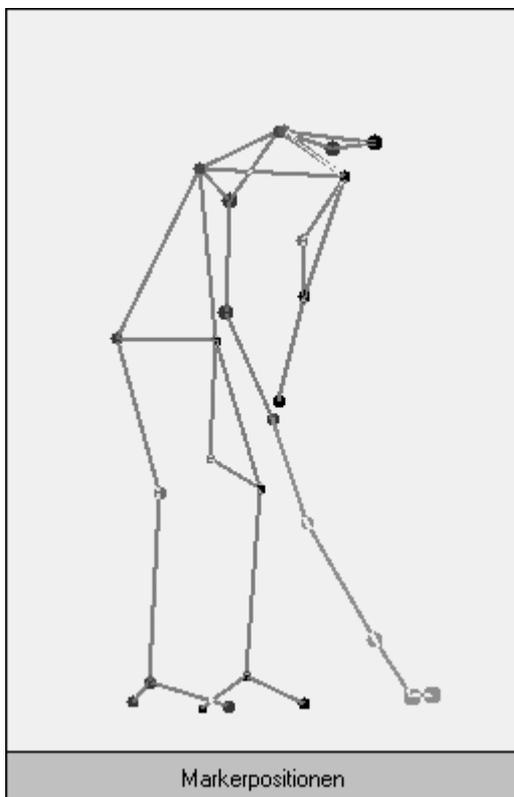


Abbildung 6.1: Die Versuchsperson steht vor Beginn der Aufnahme in der Ansprechposition. Zu sehen sind die einzelnen Marker am Körper des Probanden (Punkte). Die Marker sind durch Linien miteinander verbunden und bilden somit die einzelnen Körpersegmente, die Verbindung zum Schläger und den Schläger.

Jeder Proband trug zur Aufnahme eine eng anliegende kurze schwarze Hose und ein eng anliegendes schwarzes Trägershirt. Alle Marker, bis auf die Marker TH 10 und die zwei Hüftmarker (Trochanterhöhe), wurden direkt auf die Haut, die Marker an der Ferse und an der Fußspitze auf die Schuhe geklebt. Das Schuhwerk konnte jeder Proband selber wählen, in der Regel handelte es

sich um die Golf- oder Turnschuhe, die auch während des Kurses getragen wurden. Gespielt wurde von allen Teilnehmern mit demselben 7er Eisen, welches mit den o.g. Markern präpariert wurde.

Jeder Proband hatte vor den Aufnahmen die Möglichkeit sich mit und ohne Golfschläger aufzuwärmen und sich mit den Aufnahmebedingungen vertraut zu machen. Von jedem Probanden wurden 10 Golfschwünge aufgezeichnet, die mit dem präparierten Eisen 7 geschlagen wurden. Es wurde mit einem Indoor-Ball gespielt, um einer möglichen Beschädigung des Messsystems entgegen zu wirken. Abgeschlagen wurde von einer Kunstrasenmatte mit Gummitree.

Parallel zur Aufnahme durch die Hochgeschwindigkeitskameras wurde eine normale Videoaufzeichnung mit einer Panasonic S-VHS-C Kamera gemacht. Diese konnten bei Bedarf, zum Vergleich mit den Computeraufnahmen herangezogen werden, um eventuelle Unklarheiten auszuräumen.

6.6 Auswertung

6.6.1 Feldtestdaten

Die Testergebnisse der sechs Einzelversuche beim Putten, Chip-Shot und Pitch-Shot wurden zu einem Gesamtwert aufsummiert. Ebenfalls aufsummiert wurden die Testergebnisse der vier Versuche beim Approach-Shot. Dieser Gesamtwert jedes Testitems der einzelnen Probanden ging als Endergebnis in die Berechnungen der Mittelwerte und Standardabweichungen für die Kontroll- und Experimentalgruppe ein.

Die statistische Analyse wurde mit der Software „R“ des R-Development Core Team durchgeführt. Diese Software ist über die TU Wien beziehbar: www.ci.tuwien.at.ac/R. „R“ bietet eine Softwarelösung zur Datenanalyse mittels statistischer Auswertungsverfahren und der graphischen Darstellung. Es wurden die arithmetischen Mittel und die Standardabweichungen für jede Versuchsgruppe (Kontroll- und Experimentalgruppe) und jedes Testitems (Putten, Chippen, Pitchen, Approach), differenziert nach Geschlecht und Gruppenzugehörigkeit, berechnet. Die Daten wurden mittels F-Test und Welch Test (t-Test) analysiert und auf Signifikanz geprüft. Der F-Test prüft auf Varianzhomogenität, der Welch Test (t-Test) die Mittelwertsunterschiede. Die Prüfung auf Signifikanz wurde sowohl auf dem 5%, als auch dem 1% Niveau durchgeführt.

6.6.2 Bewegungsanalysedaten

Die Software Eva 6.0 / 6.03 (Beta 5) berechnet aus den aufgenommen Bewegungsdaten die dreidimensionalen Koordinaten. Dies geschieht durch Bestimmung der Raumkoordinaten für jeden einzelnen Marker und jeden Messzeitpunkt (240 Punkte pro Sekunde). Resultat ist eine durch Computeraanimation visualisierte Bewegung.

Der Beginn der auszuwertenden Bewegungsabschnitts wurde durch eine erste Positionsveränderung des Schlägerkopfes in x-Richtung definiert, das Ende der Bewegung durch das Treffen des Balls mit dem Schlägerkopf (Abbildung 6.2). Die Koordinaten der Schlägerkopfbahn wurden berechnet, und die dritte Zeitableitung (englisch: rate of change in speed) gebildet. Diese Daten wurden anschließend mit 12 Hz geglättet. Die entsprechende Anzahl der Bilder (englisch: frame) des Bewegungsabschnitts wurde ermittelt.

Die weitere Datenverarbeitung, zur Berechnung der „jerk-cost“, wurde mit einem Fortranprogramm durchgeführt. Es wird sowohl die „Gesamt-jerk-cost“, als auch die „jerk-cost“ des Aufschwunges und des Abschwungs berechnet. Der Umkehrpunkt von Aufschwung zu Abschwung wurde durch den Richtungswechsel in x-Richtung bestimmt und das dazugehörige „frame“ ermittelt. Die „Gesamt-jerk-cost“ bildet die Summe der „jerk-cost“ des Auf- und Abschwungs. Die Berechnungen der „jerk-cost“ basieren auf der Veröffentlichung von Schneider (1990 b) (vgl. hierzu Kapitel 3.1.3).

Die berechneten „jerk-cost“ Werte wurden anschließend einer statistischen Analyse unterzogen. Die statistische Analyse wurde ebenfalls mit der Software „R“ durchgeführt. Es wurden die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen gebildet, und ebenfalls eine Signifikanzprüfung mittels F-Test und t-Test (Welch-Test) durchgeführt. Auch hier wurde mit 1%-iger und 5%-iger Sicherheit geprüft. Die Analyse wurde nach Versuchsgruppe und zusätzlich nach Geschlecht differenziert.

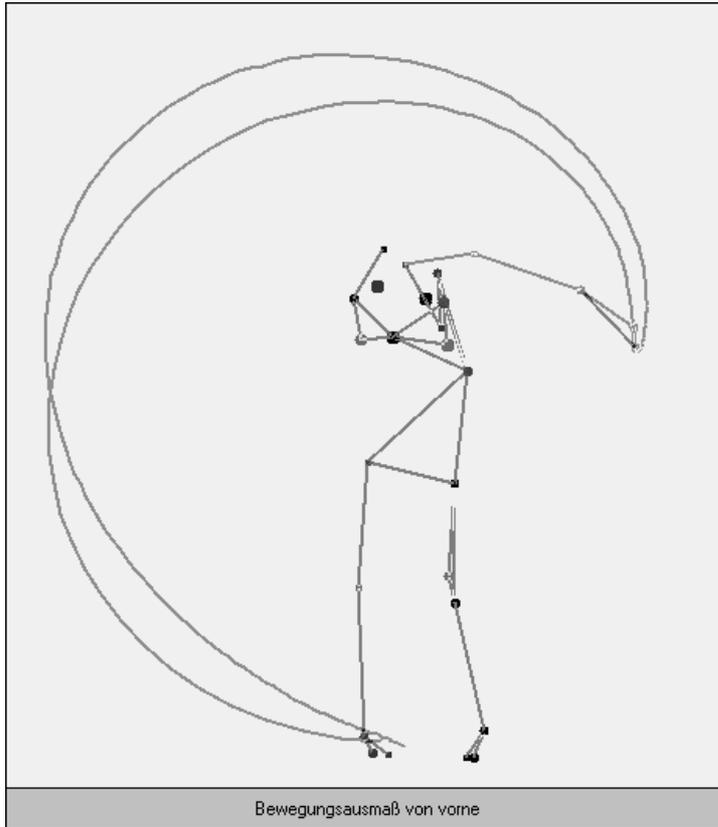


Abbildung 6.2: Bewegungsbahn des ausgewählten Bewegungsabschnitts von vorne.

7 ERGEBNISSE

7.1 Ergebnisdarstellung der Felduntersuchung

Aus den Testergebnissen der Kontroll- und Experimentalgruppe wurden die arithmetischen Mittel und die Standardabweichungen der Testergebnisse der Distanzen zum Ziel als Voraussetzung zur Signifikanzprüfung berechnet. Hierbei wurde in eine Gesamtstichprobe und in geschlechtsspezifische Stichproben unterschieden. Es wird an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen, dass Testergebnisse mit einem niedrigen Wert ein besseres Ergebnis darstellen, als Testergebnisse mit einem hohen Wert. Vergleiche hierzu die Datenerfassung des Feldtests, gemessen wurde die Entfernung zum Ziel, in Kapitel 6.5.1.

Die statistischen Tests wurden mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% und 5% bzw. einem Konfidenzintervall von 99% und 95% durchgeführt. Auf dem 1%-igen Niveau wird von einem hoch signifikanten Unterschied gesprochen, auf dem 5%-igen Niveau von einem signifikanten. Berechnet wurde der p-Wert (englisch: p-value). „Der p-Wert ist definiert als die Wahrscheinlichkeit, unter H_0 den beobachteten Prüfgrößenwert oder einen in Richtung der Alternative extremeren Wert zu erhalten. Ist der p-Wert kleiner oder gleich dem vorgegebenen Signifikanzniveau α , so wird H_0 verworfen. Ansonsten behält man H_0 bei.“ (Fahrmeir et al., 1999). Die p-Werte bieten den Vorteil, dass man an ihnen direkt ablesen kann, zu welchem Niveau der zugehörige Test die Nullhypothese gerade noch verworfen hätte. Somit bietet der p-Wert mehr Informationen als die ja-nein-Entscheidung bezüglich der Ablehnung der Nullhypothese.

Hinsichtlich der Frage, ob sich die Stichprobenvarianzen signifikant unterscheiden, wurde der F-Test (Überprüfung der Varianzhomogenität) durchgeführt, zur Signifikanzprüfung der Mittelwertsunterschiede der Welch Test (t-Test).

7.1.1 Mittelwerte und Standardabweichungen

Die Berechnungen der arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der vier Testvariablen (Putt, Chip-Shot, Pitch-Shot, Approach-Shot) ergaben die folgenden Werte der Tabellen 7.1 bis 7.4. Es sei nochmals darauf hingewiesen, dass ein kleinerer Ergebniswert einer besseren Leistung zuzuschreiben ist. Die Ergebnisse jedes einzelnen Probanden berechnen sich aus der Summe der Distanzen zum Ziel (vgl. hierzu Kapitel 6.5.1). Je kleiner die Summe, umso näher hat der Proband an das Ziel herangespielt, und desto besser das Testergebnis.

Aus der Abbildung 7.1 (Vergleich der Kontroll- und Experimentalgruppe beim Putten) ist ersichtlich, dass nur geringfügige Unterschiede im Mittelwert bestehen. Die gesamte Experimentalgruppe ist um 0.03 m besser, als die Kontrollgruppe. Unterteilt man die Gesamtgruppe in weibliche und männliche Teilnehmer, so zeigen die weiblichen Probanden im Mittel ein besseres Ergebnis von 0.12 m. Die Herren der Experimentalgruppe sind dagegen um 0.02 m schlechter.

		n	Putt [m]
Kontrollgruppe	gesamt	56	1.29 +/- 0.45
	weiblich	27	1.49 +/- 0.33
	männlich	29	1.10 +/- 0.33
Experimentalgruppe	gesamt	30	1.26 +/- 0.37
	weiblich	17	1.37 +/- 0.33
	männlich	13	1.12 +/- 0.37

Tabelle 7.1: Putten: Arithmetische Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel.

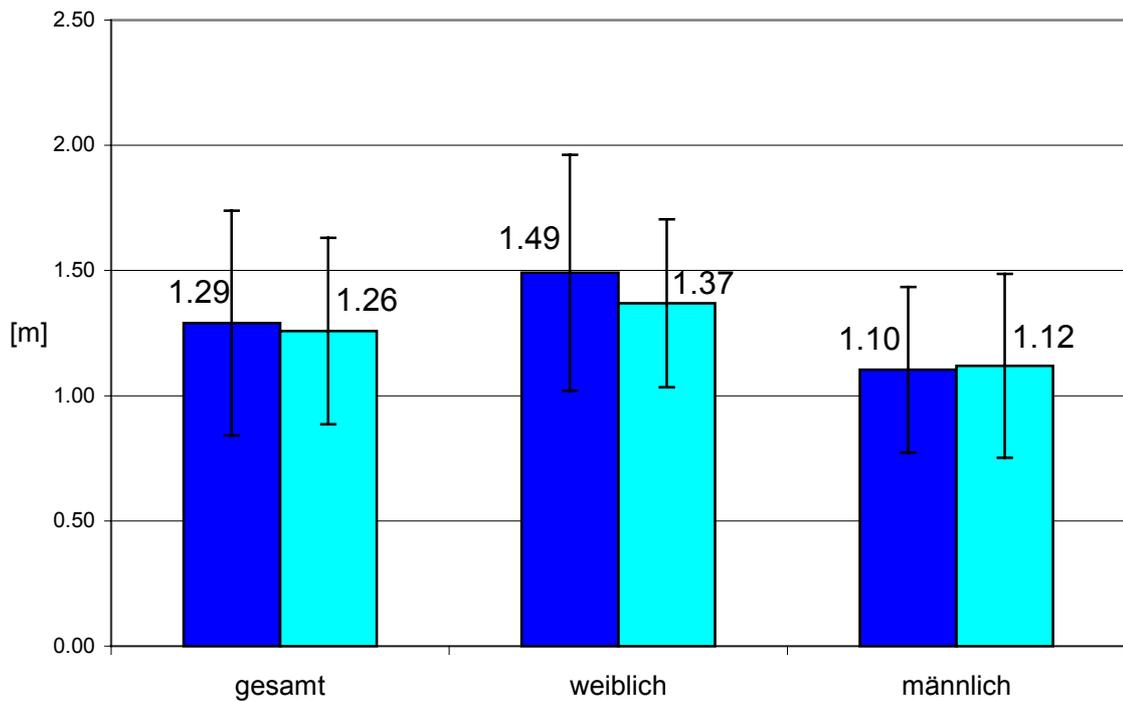


Abbildung 7.1: Putten: Auf der y-Achse sind die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel [m] der Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau) dargestellt. Auf der x-Achse findet sich die Unterteilung in Gesamtstichprobe, weibliche Stichprobe und männliche Stichprobe.

Beim Chip-Shot weisen sowohl die gesamte, als auch die weibliche und männliche Experimentalgruppe bessere Testergebnisse auf. Abbildung 7.2 verdeutlicht dies gut. Die Gesamtgruppe der Experimentalgruppe ist im Durchschnitt um 5.17 m besser als die Kontrollgruppe, die weibliche Experimentalgruppe um 5.58 m und die männliche um 4.99 m. Insgesamt sind die Männer sind im Chippen, bei gleicher Zielvorgabe von 10.5 m, im Durchschnitt besser als die weiblichen Teilnehmer.

		n	Chip [m]
Kontrollgruppe	gesamt	56	24.05 +/- 9.41
	weiblich	27	26.65 +/- 9.20
	männlich	29	21.63 +/- 8.95
Experimentalgruppe	gesamt	30	18.88 +/- 6.54
	weiblich	17	21.07 +/- 6.06
	männlich	13	16.64 +/- 6.22

Tabelle 7.2: Chip-Shot: Arithmetische Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel.

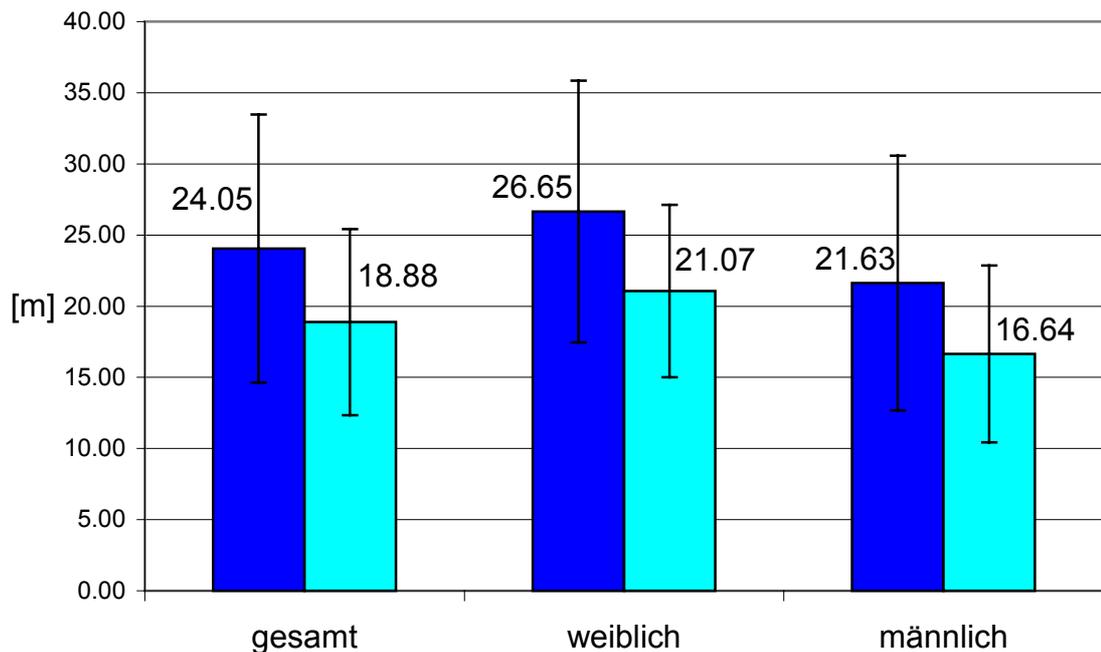


Abbildung 7.2: Chip-Shot: Auf der y-Achse sind die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel [m] der Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau) dargestellt. Auf der x-Achse findet sich die Unterteilung in Gesamtstichprobe, weibliche Stichprobe und männliche Stichprobe.

Tabelle 7.3 und Abbildung 7.3 stellen die Mittelwerte und Standardabweichungen beim Pitch-Shot dar. Ersichtlich ist, dass die Mittelwertsunterschiede weiterhin zunehmen. Die gesamte Kontrollgruppe weist eine mittlere Gesamtdistanz von 79.8 m auf, und ist damit um 32.52 m schlechter als die Experimentalgruppe. Die weiblichen Teilnehmerinnen der Kontrollgruppe erreichten mit einer durchschnittlichen Entfernung von 89.53 m ein schlechteres Ergebnis als die Experimentalgruppe mit 50.69 m. Bei den Männern verhält es sich ähnlich, die Kontrollgruppe weist 70.84 m im Gegensatz zur Experimentalgruppe mit 42.93 m. Auffallend sind auch die geringeren Standardabweichungen der Experimentalgruppe.

		n	Pitch [m]
Kontrollgruppe	gesamt	56	79.85 +/- 27.55
	weiblich	27	89.53 +/- 29.44
	männlich	29	70.84 +/- 22.14
Experimentalgruppe	gesamt	30	47.33 +/- 13.65
	weiblich	17	50.69 +/- 13.09
	männlich	13	42.93 +/- 13.11

Tabelle 7.3: Pitch-Shot: Arithmetische Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel.

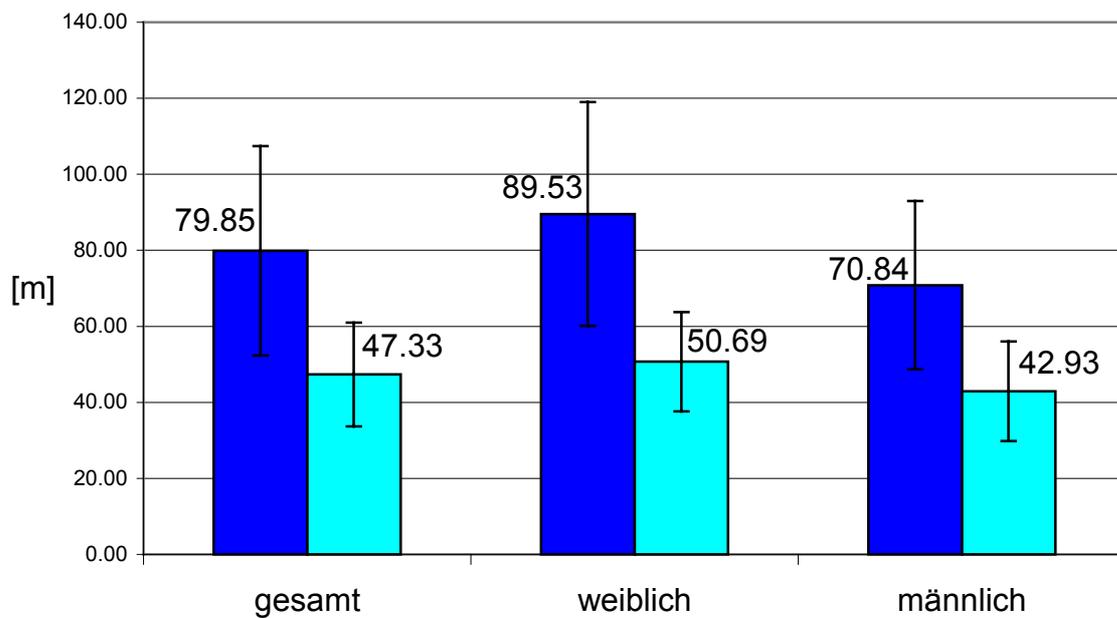


Abbildung 7.3: Pitch-Shot: Auf der y-Achse sind die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel [m] der Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau) dargestellt. Auf der x-Achse findet sich die Unterteilung in Gesamtstichprobe, weibliche Stichprobe und männliche Stichprobe.

Der Approach-Shot ist der Schwung, mit dem man den Ball am weitesten Spielen kann. Die Tabelle 7.4 und die Abbildung 7.4 fassen die Ergebnisse zusammen. Es zeigt sich eine sehr große Kluft zwischen der Kontroll- und Experimentalgruppe. Die Testergebnisse differieren erheblich und weisen auch zusätzlich wesentliche Unterschiede in der Streuung auf. So ist die gesamte Kontrollgruppe im Mittel um 68.02 m schlechter als die Experimentalgruppe. Genauso extrem sind die Ergebnisse bei den Frauen und Männern. Hier finden wir Unterschiede von 51.78 m bei den Frauen und 80.53 m bei den Männern. Auch die Standardabweichungen sind bei den Kontrollgruppen wesentlich größer. Im Vergleich zum Chip-Shot und Pitch-Shot zeigt sich beim Approach-Shot nicht, dass die Männer zielgenauer spielen können.

		n	Approach [m]
Kontrollgruppe	gesamt	56	143.79 +/- 73.65
	weiblich	27	120.64 +/- 53.04
	männlich	29	165.33 +/- 83.02
Experimentalgruppe	gesamt	30	75.77 +/- 39.03
	weiblich	17	68.86 +/- 31.09
	männlich	13	84.80 +/- 45.92

Tabelle 7.4: Approach-Shot: Arithmetische Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel.

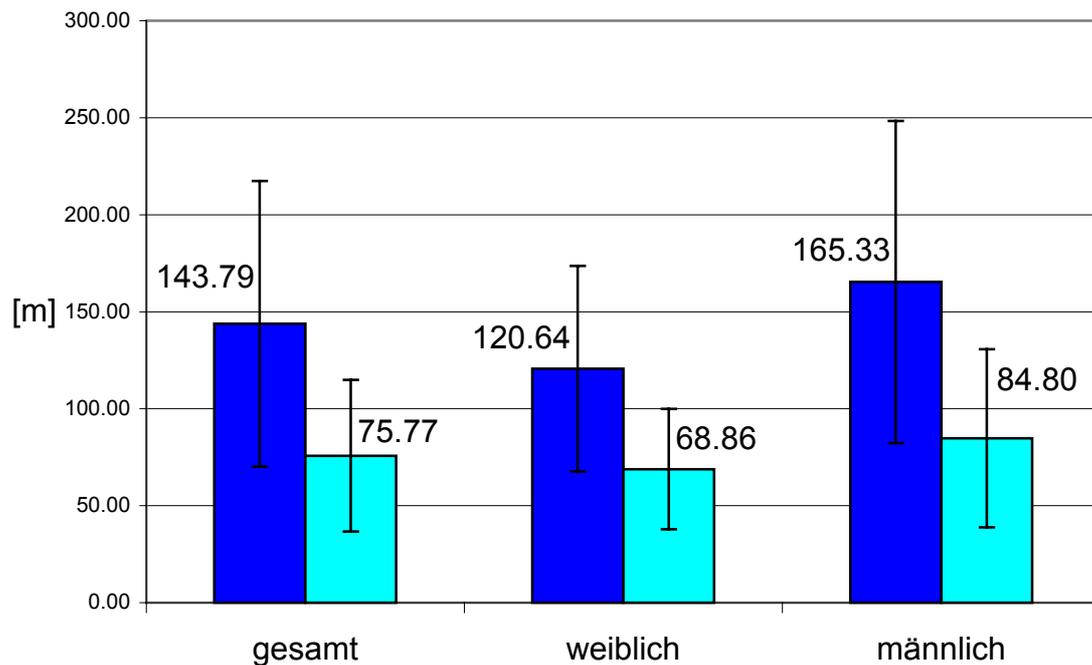


Abbildung 7.4: Approach-Shot: Auf der y-Achse sind die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel [m] der Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau) dargestellt. Auf der x-Achse findet sich die Unterteilung in Gesamtstichprobe, weibliche Stichprobe und männliche Stichprobe.

Anhand von Abbildung 7.5 ist sehr gut ersichtlich, dass nicht nur die gesamte Kontrollgruppe, sondern auch die weibliche und männliche größere Streuungen aufweisen, als die zugehörigen Experimentalgruppen. Es ist zu beachten, dass bei einem „boxplot“ die Streuung nicht mit der Standardabweichung oder Varianz gleichzusetzen ist. Dennoch sind die Interpretationen ähnlich. Die Box beinhaltet 50 % aller Probanden. Der obere Rand der Box stellt 75 %, der untere Rand 25 % der Versuchspersonen dar. Der horizontale Strich innerhalb der Box ist der Median. Die zwei Linien außerhalb der Box gehen bis zum minimalen und maximalen Wert und bilden somit die Spannweite. Dies bedeutet im vorliegenden Fall, dass eine schmale Box eine geschlosseneren Leistung der Probanden darstellt.

Besonders auffällig ist die größere Streuung (dargestellt durch die größere Box und die größere Spannweite) der gesamten Kontrollgruppe im Approach-Shot und im Pitch-Shot. Die weiblichen Teilnehmer der Kontrollgruppe heben sich durch eine extreme Leistungsstreuung im Chip-Shot hervor, zeigen aber auch beachtliche Unterschiede in den anderen drei Testvariablen. Die Streuungen der Testergebnisse der männlichen Teilnehmer sind beim Approach-Shot und Pitch-Shot wesentlich ausgeprägter, als in der Experimentalgruppe. Im Chip-Shot weist die männliche Experimentalgruppe ebenfalls stetigere Ergebnisse als ihre Vergleichsgruppe auf. Im Putten sind die Streuungen in der Kontroll- und Experimentalgruppe annähernd gleich.

Resultierend kann zusammengefasst werden, dass die Experimentalgruppen nicht nur im Mittelwert signifikant besser sind, sondern auch eine stabilere und geschlossenerere Leistung zeigen.

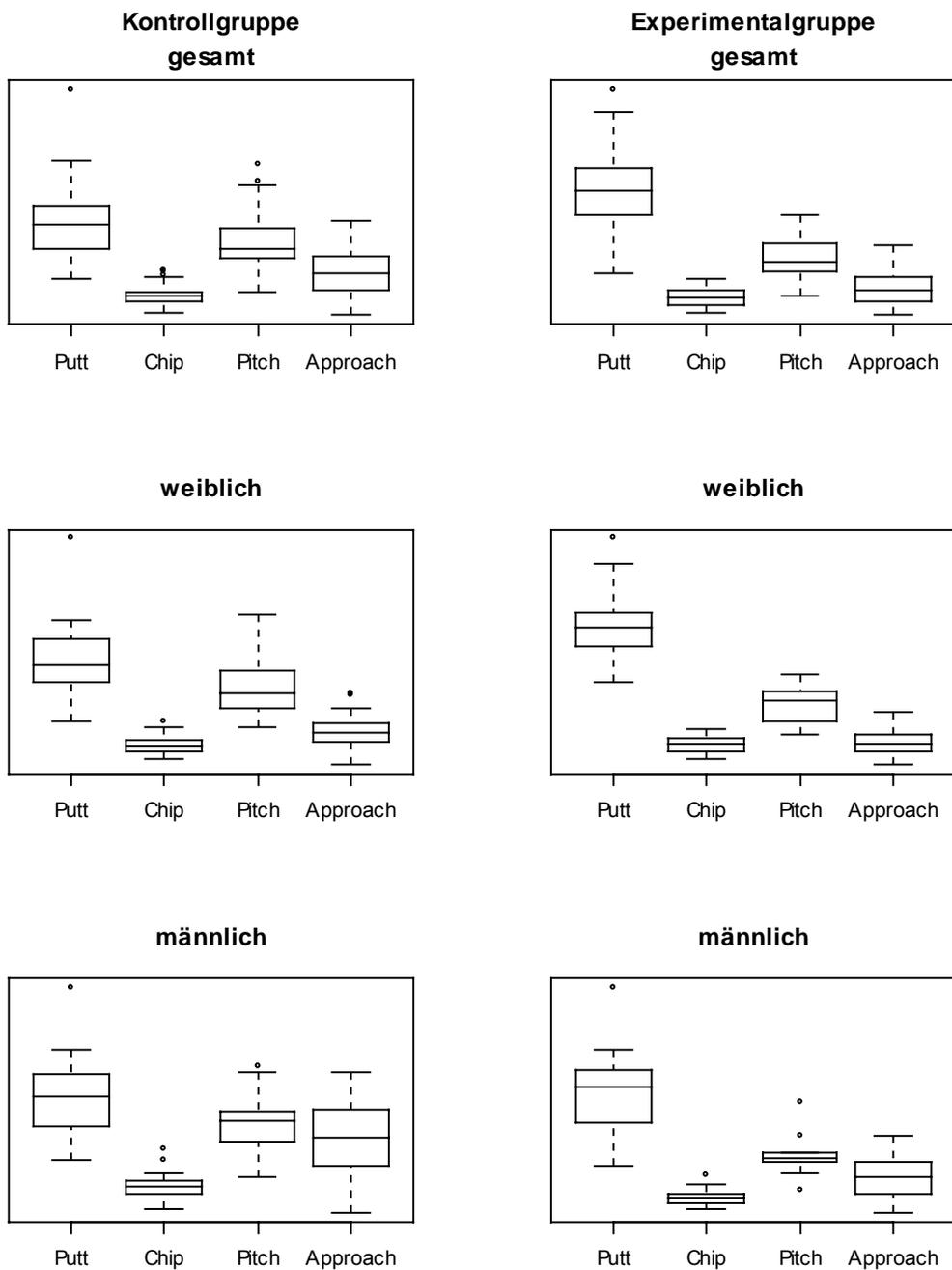


Abbildung 7.5: Graphische Verdeutlichung („boxplot“) der Streuung um den Median. Die linke Spalte beinhaltet die Mediane und Quantile der Kontrollgruppe, die rechte Spalte die der Experimentalgruppe. Die beiden Gruppen sind reihenweise in Gesamtgruppe, weibliche Gruppe und männliche Gruppe unterteilt. Ausreißer sind durch das Symbol „o“ gekennzeichnet.

7.1.2 Signifikanzwerte

Der F-Test prüft die Stichproben auf Varianzhomogenität, das heißt die Annahme, dass die Varianzen in den jeweiligen Grundgesamtheiten gleich sind (vgl. Claus & Ebner, 1989; Fahrmeir et al., 1999).

Es ergaben sich folgende Ergebnisse:

	gesamt	weiblich	männlich
Putt	0.30	0.17	0.55
Chip-Shot	0.03	0.09	0.16
Pitch-Shot	<0.01	<0.01	0.14
Approach-Shot	<0.01	0.03	0.04

Tabelle 7.5: Tabellarische Übersicht der p-Werte des F-Tests im Vergleich von Kontrollgruppe und Experimentalgruppe. Zur Übersicht sind die Zahlen auf die zweite Nachkommastelle gerundet. Die signifikanten Werte sind grau hinterlegt.

Die Prüfungen der Gesamtstichprobe durch den t-Test (vgl. tabellarischer Überblick in Tabelle 7.6), Test zur Prüfung von Mittelwertsunterschieden, ergaben im Putten sowohl auf dem 1%, als auch auf dem 5 % Niveau einen nicht signifikanten Unterschied. Daraus folgt, dass sich die Gruppen in ihrem Mittelwert nicht voneinander unterscheiden. Der p-Wert des t-Tests liegt bei 0.7307.

Im Chippen, Pitchen und beim Approach-Shot zeigte sich ein entgegengesetztes Ergebnis der drei Testvariablen. Der Mittelwertsunterschied der Kontroll- und Experimentalgruppe ist bei allen drei Testitems hoch signifikant. Das kinästhetische Training führt nachgewiesenermaßen zu einem signifikant besseren Ergebnis der Experimentalgruppe, als der Kontrollgruppe. Im Chip-Shot ergab sich ein p-Wert von 0.00748. Im Pitch-Shot ein Wert von 1.100e-09. Der p-Wert des Approach-Shot ermittelt durch den t-Test von 3.554e-07.

Der geschlechtsspezifische Mittelwertsvergleich der Kontroll- und Experimentalgruppe zeigt vergleichbare Ergebnisse. Die Resultate im Putten erwiesen sich sowohl bei den Frauen, als auch bei den Männern als nicht signifikant (p-Wert Frauen: 0.3345, Männer: 0.9336).

Der p-Wert des Chip-Shot lässt eine Annahme oder Ablehnung der Nullhypothese je nach Signifikanzniveau zu. Auf dem 5% Niveau würde die Nullhypothese bei den Frauen und Männern verworfen (es besteht ein signifikanter Unterschied), auf dem 1% Niveau angenommen werden (kein signifikanter Unterschied). Die p-Werte verdeutlichen dies: weiblich 0.024 und männlich 0.0453.

Eindeutig sind wiederum die Ergebnisse des Pitch-Shot und Approach-Shot. Sie ergeben einen geschlechtsunabhängigen hoch signifikanten Mittelwertsunterschied. Der p-Wert der weiblichen Probanden ist beim Pitchen $8.372e-07$ und beim Approach-Shot 0.0002569. Die Werte der männlichen Teilnehmer beim Pitch-Shot $6.516e-05$ und beim Approach-Shot 0.0003687.

	gesamt	weiblich	männlich
Putt	0.73	0.33	0,93
Chip-Shot	<0.01	0.02	0.05
Pitch-Shot	<0.01	<0.01	<0.01
Approach-Shot	<0.01	<0.01	<0.01

Tabelle 7.6: Tabellarische Gesamtübersicht der p-Werte des Welch Tests (t-Test) im Vergleich von Kontrollgruppe und Experimentalgruppe. Zur Übersicht sind die Zahlen auf die zweite Nachkommastelle gerundet. Die signifikanten Werte sind grau unterlegt.

Betrachtet man innerhalb der Stichproben die Korrelationen der einzelnen Testitems zueinander und fügt noch die Variable des Alters hinzu, so zeigen sich nur schwache Zusammenhänge innerhalb der fünf Testvariablen. In umseitigen Abbildungen 7.6 und 7.7 finden sich die Matrizes der Streudiagramme der Testergebnisse für die Testvariablen Alter, Putten, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot. In diesen zwei graphischen Darstellungen ist bereits gut zu erkennen, dass es weder in der Kontrollgruppe, noch in der Experimentalgruppe deutliche Zusammenhänge gibt. Die Tabellen 7.7 und 7.8 listen die jeweiligen Korrelationskoeffizienten zum besseren Überblick auf.

	Alter	Putt	Chip-Shot	Pitch-Shot	Approach-Shot
Alter					
Putt	-0.07				
Chip-Shot	0.02	0.32			
Pitch-Shot	-0.08	0.32	0.16		
Approach-Shot	0.49	-0.01	-0.11	-0.06	

Tabelle 7.7: Korrelationskoeffizienten der Kontrollgruppe der Variablen Alter, Putt, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot.

	Alter	Putt	Chip-Shot	Pitch-Shot	Approach-Shot
Alter					
Putt	-0.36				
Chip-Shot	0.08	0.33			
Pitch-Shot	0.33	0.01	0.35		
Approach-Shot	0.44	-0.07	-0.18	0.05	

Tabelle 7.8: Korrelationskoeffizienten der Experimentalgruppe der Variablen Alter, Putt, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot.

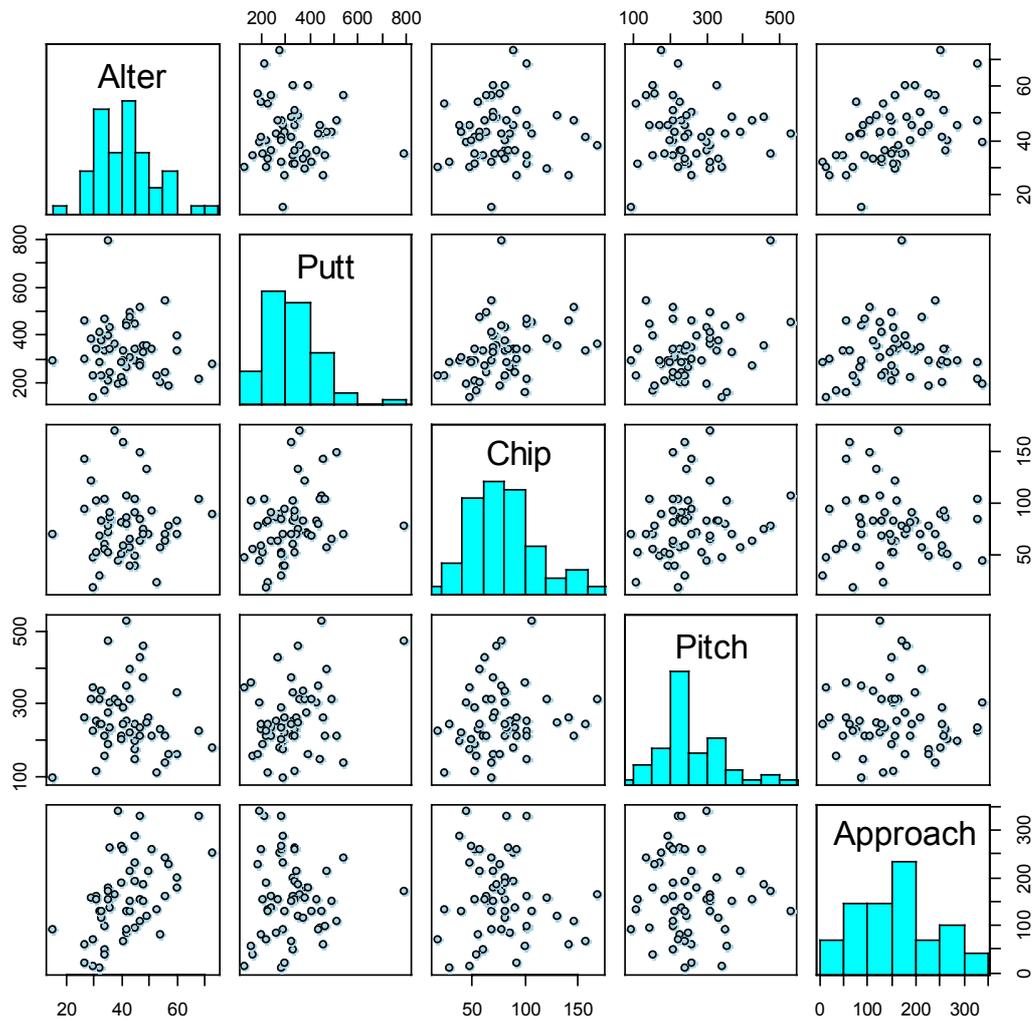


Abbildung 7.6: Streudiagramm-Matrix der Kontrollgruppe der Testvariablen Alter in Jahren, Putt, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot in Metern. Zur Übersicht sind zusätzlich die Histogramme der einzelnen Variablen abgebildet.

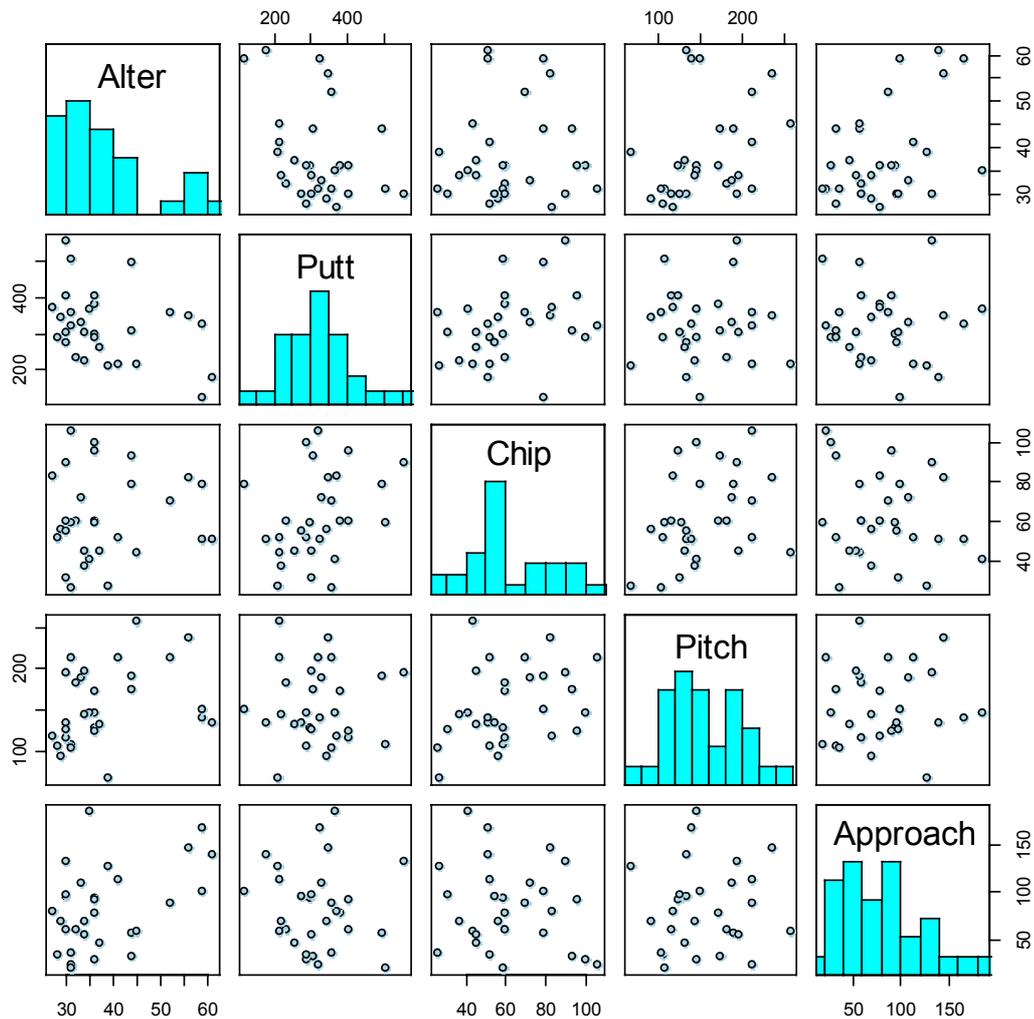


Abbildung 7.7: Streudiagramm-Matrix der Experimentalgruppe der Testvariablen Alter in Jahren, Putt, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot in Metern. Zur Übersicht sind zusätzlich die Histogramme der einzelnen Variablen dargestellt.

7.2 Ergebnisdarstellung der Bewegungsanalyse

Aus den digitalen Videoaufnahmen der Golfschwünge wurde mittels Bewegungsanalyse die Schlägerkopfgeschwindigkeit bestimmt und daraus die „jerk-

cost“ berechnet (vgl. Kapitel 6.5.2 und 6.6.2). Die Ergebnisse der „jerk-cost“ Berechnungen wurden ebenfalls einer statistischen Analyse unterzogen. Die Mittelwerte sind in Tabelle 7.9 nachzulesen. Es gilt auch hier zu beachten, dass ein kleinerer Wert ein besseres Ergebnis darstellt. Das heißt, geringere Beschleunigungsänderungen bedeuten eine fließendere Bewegung.

Die graphische Darstellung der Mittelwerte lässt die Tendenz erkennen, dass im Aufschwung die Kontrollgruppe besser ist als die Experimentalgruppe. Betrachtet man die Stichproben zusätzlich nach dem Geschlecht getrennt, so spiegelt sich diese Tendenz wieder (vgl. Abbildung 7.8 bis 7.10).

Die Abschwungphase und der Gesamtverlauf der Bewegung zeigen jedoch ein entgegengesetztes Ergebnis. Sowohl die Gesamtstichprobe, als auch die weibliche und männliche Gruppe zeigen im Abschwung und im Gesamtverlauf im Mittel kleinere „jerk-cost“ Werte, also ein besseres Ergebnis. Dies bedeutet, dass die Probanden, die ein kinästhetisches Training absolvierten, ihre Bewegung tendenziell fließender ausführen.

		n	jerk-cost-Aufschwung	jerk-cost Abschwung	Gesamt-jerk-cost
Kontrollgruppe	gesamt	8	563	2620	3320
	weiblich	4	582	1860	2830
	männlich	4	536	3490	3860
Experimentalgruppe	gesamt	15	886	2210	2920
	weiblich	8	959	1290	2250
	männlich	7	800	3230	3670

Tabelle 7.9: Mittelwerte der „jerk-cost“ im Aufschwung, Abschwung und der Gesamtbewegung in $[m^2/s^5 \times 10^2]$. Die Werte sind auf die dritte signifikante Stelle gerundet.

		n	jerk-cost-Aufschwung	jerk-cost Abschwung	Gesamt-jerk-cost
Kontrollgruppe	gesamt	8	+/- 173	+/- 1680	+/- 1560
	weiblich	4	+/- 160	+/- 227	+/- 813
	männlich	4	+/- 209	+/- 2310	+/- 2140
Experimentalgruppe	gesamt	15	+/- 587	+/- 1840	+/- 1410
	weiblich	8	+/- 699	+/- 560	+/- 1060
	männlich	7	+/- 472	+/- 2140	+/- 1380

Tabelle 7.10: Standardabweichungen der „jerk-cost“ im Aufschwung, Abschwung und der Gesamtbewegung in $[m^2/s^5 \times 10^2]$. Die Werte sind auf die dritte signifikante Stelle gerundet.

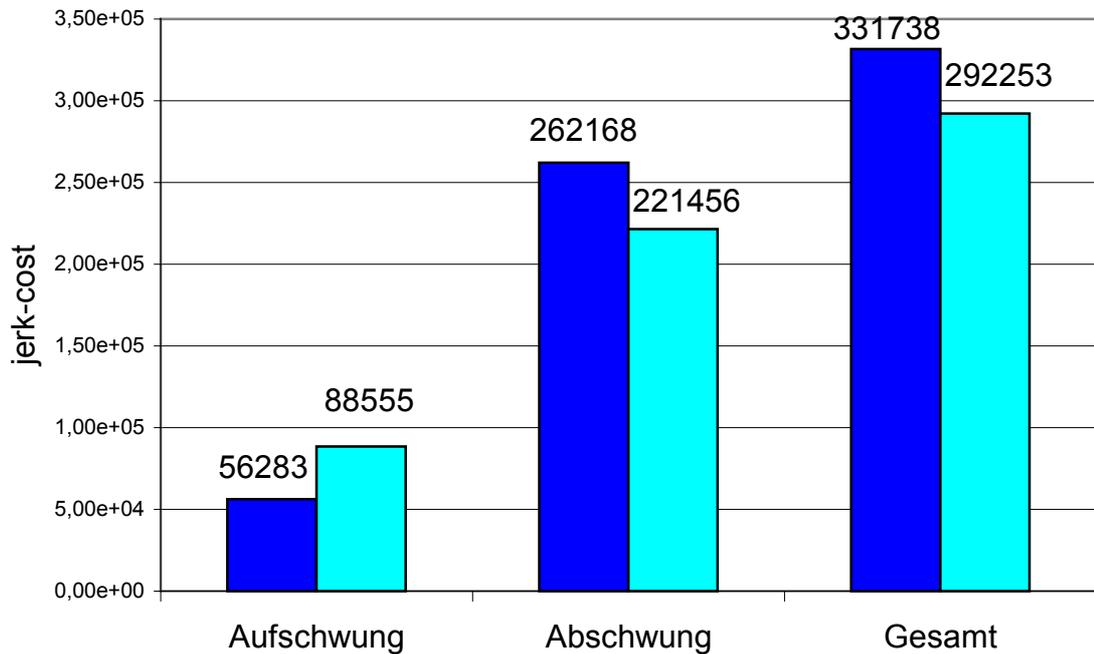


Abbildung 7.8: Vergleich der Mittelwerte der „jerk-cost“ in $[m^2/s^5]$ der gesamten Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau).

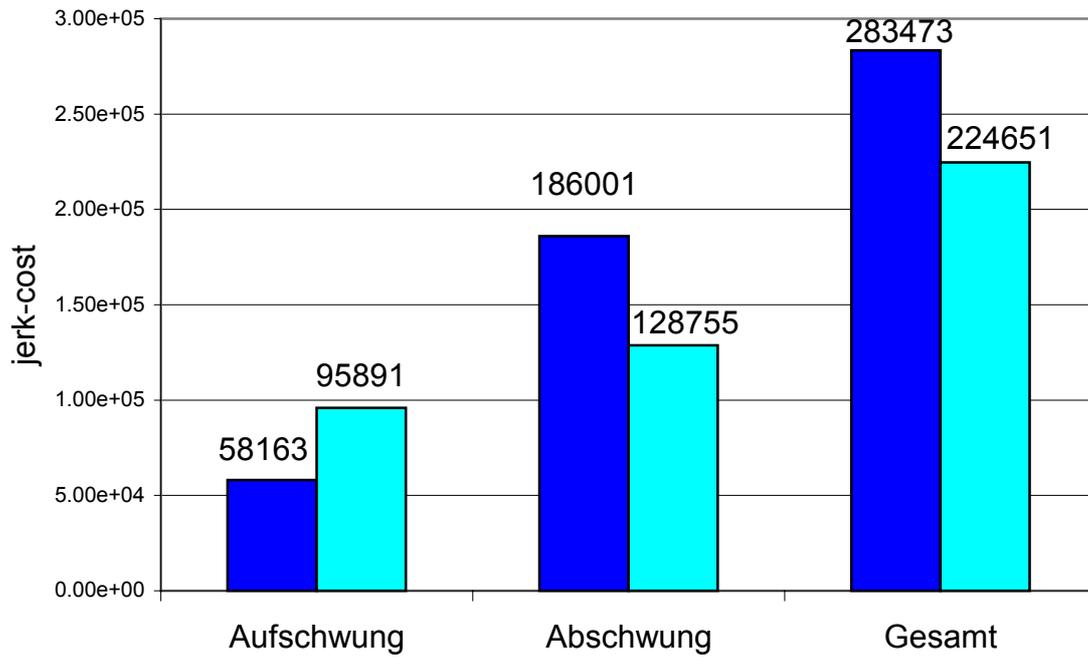


Abbildung 7.9: Vergleich der Mittelwerte der „jerk-cost“ in $[m^2/s^5]$ der weiblichen Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau).

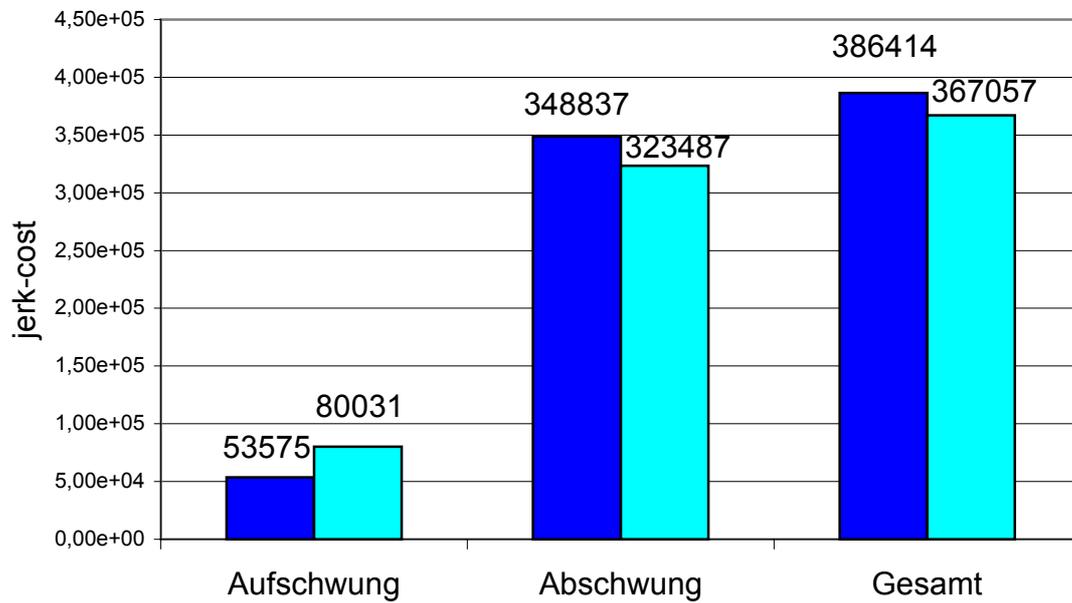


Abbildung 7.10: Vergleich der Mittelwerte der „jerk-cost“ in $[m^2/s^5]$ der männlichen Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau).

Die statistische Analyse durch den Welch Test (t-Test) erbrachte allerdings keine signifikante Bestätigung dieser Mittelwertsunterschiede. Tabelle 7.11 zeigt eine Gesamtübersicht der p-Werte. Zu beachten ist, dass es sich um verhältnismäßig kleine Stichproben handelte. Die Kontrollgruppe umfasste acht und die Experimentalgruppe sechzehn Versuchspersonen.

	jerk-cost Aufschwung	jerk-cost Abschwung	Gesamt-jerk-cost
gesamt	0.07	0.71	0.63
weiblich	0.22	0.76	0.74
männlich	0.20	0.89	0.82

Tabelle 7.11: Tabellarische Gesamtübersicht der p-Werte der „jerk-cost“: statistische Datenanalyse mittels Welch Test (t-Test). Die Zahlen sind zur besseren Übersicht auf die zweite Nachkommastelle gerundet. Es zeigen sich keine signifikanten Werte.

Dieses Ergebnis ist nicht unerwartet, da auch die vorherige Prüfung auf Varianzhomogenität (F-Test) keine unterstützenden bzw. voraussetzenden Resultate lieferte (vgl. Tabelle 7.12).

	jerk-cost Aufschwung	jerk-cost Abschwung	Gesamt-jerk-cost
gesamt	<0.01	0.85	0.70
weiblich	0.06	0.92	0.51
männlich	0.14	0.78	0.60

Tabelle 7.12: Tabellarische Gesamtübersicht der p-Werte der „jerk-cost“ Analyse mittels F-Test. Die Zahlen sind zur besseren Übersicht auf die zweite Nachkommastelle gerundet. Signifikante Werte sind grau unterlegt.

Dennoch sollte man den tendenziösen Ergebnissen genauere Beachtung schenken. Eine Gegenüberstellung der Mittelwerte und Standardabweichungen zeigt eindeutig eine größere Streuung der „jerk-cost“ Werte der Kontrollgruppe, als die der Experimentalgruppe (vgl. Tabelle 7.9 und 7.10). Diese größere Streuung der „jerk-cost“ ist in der Abschwungphase und der Gesamtbewegung am ausgeprägtesten. Abbildung 7.11 verdeutlicht dies anhand des „boxplots“ gut.

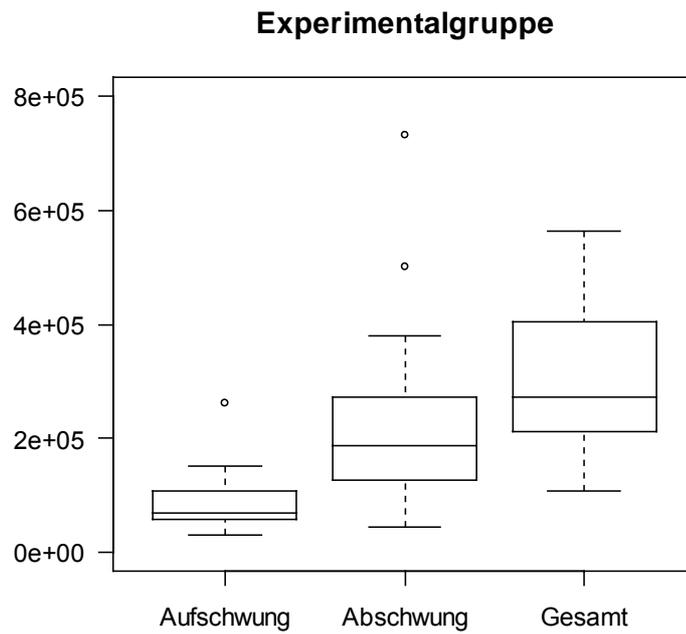
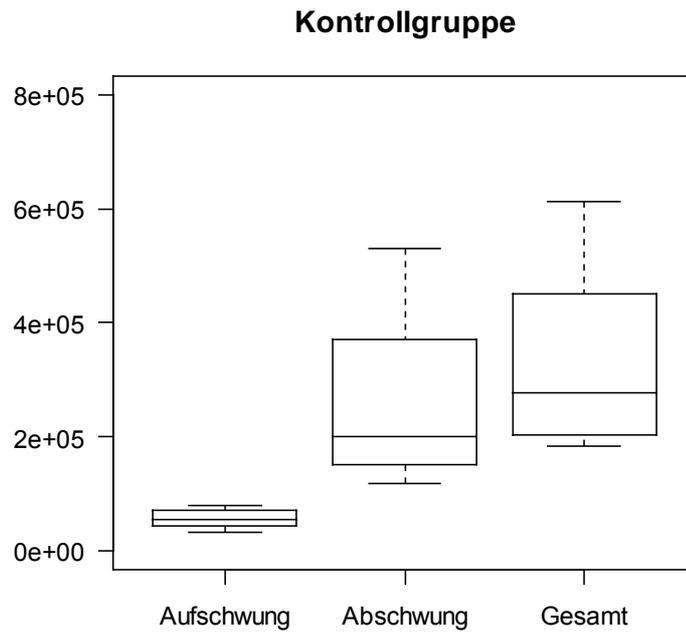


Abbildung 7.11: „Boxplot“ zur graphischen Verdeutlichung vom Median, den Quartilen und der Spannweite der „jerk-cost“ in $[m^2/s^5]$ von Kontroll- und Experimentalgruppe. Das Symbol „◦“ kennzeichnet die Ausreißer der Stichprobe.

8 DISKUSSION

8.1 Bedeutung für die Motorikforschung

8.1.1 Bewegungssteuerung – der Einfluss der Peripherie

Entscheidendes Ergebnis der vorliegenden Studie ist, dass durch das kinästhetische Training das Erlernen des Golfschwungs verbessert werden konnte. Darüber hinaus zeigte sich ebenfalls eine stabilere und homogenere Leistung der Experimentalgruppe, die sich in einer geringeren Streuung ausdrückte. Unter Berücksichtigung der in der Wissenschaft aktuell diskutierten Lerntheorien lässt sich aus den Resultaten der Untersuchung folgernd feststellen, dass das kinästhetische System für den Lernerfolg mitentscheidender Träger ist. Eine koordinierte Bewegung setzt die Wahrnehmung reaktiver Phänomene über die kinästhetischen und propriozeptiven Funktionen voraus. Gielen spricht von einer unabdingbaren Verknüpfung von Handeln und Wahrnehmen:

One of the fundamental problems of action and perception relates to the fact that perception without action on the one hand, and action without perception on the other hand, would be completely useless. It is because we have both that they both become meaningful. There are several arguments for this rather bold statement. The first argument says that motor commands have to be adjusted all the time to generate movements in the proper direction and amplitude and with proper timing. [...] Obviously, sensory systems like the visual system, but also the proprioceptive system, the vestibular system, and cutaneous receptors, are perfect mechanisms to provide feedback about the effect of motor commands. The second argument for the important role of movements for perceptual

processes tells us that movements are important since they can actively induce new sensory inputs. [...] This argument explains that perception is not a passive process but rather an active process of gathering new information about the environment. There is a third argument [...] . This argument relates to self-organization within the central nervous system. (Gielen, 2001, S. 224).

Bereits Bernstein hat in seinen Arbeiten in Bezug auf die Bewegungssteuerung davon gesprochen, dass der motorische Effekt eines zentralen Nervenimpulses nicht im Zentrum, sondern an der Peripherie entschieden wird (vgl. Bernstein, 1987), und somit die Propriozeption eine einflussreiche Rolle spielt. Auf Bernsteins Theorie basierend, haben sich in den letzten Jahren zwei kontroverse Meinungen zur Bewegungssteuerung und der Frage „Was sind die relevanten Freiheitsgrade?“ herausgebildet. Freiheitsgrade verstanden als: „[...] the numbers of independent coordinates in a coordinate system that are required to completely specify the position of an object in space.“ (Panjabi & White, 2001).

Eine dieser Meinungsrichtungen vertritt Latash, der seine erste Ausbildung an der Moskauer Schule erhielt, die auch nach Bernsteins Tod von dessen wissenschaftlicher Grundlagenforschung geprägt wurde. Latash schreibt in seiner Äquilibriumshypothese den Freiheitsgraden eine zentrale Bedeutung zu. Die Freiheitsgrade bilden unabhängige Variablen, die auf einer zentralen Ebene definiert sind und unter direkter Kontrolle des zentralen Nervensystems stehen. Damit bestünde eine Unabhängigkeit von peripheren Veränderungen. Diese Kontrollvariablen beschreibt Latash durch das „r-Kommando“ und das „c-Kommando“. Das „r-Kommando“ steht in direkter Anlehnung an die reziproke Innervation eines Antagonistenpaares, das „c-Kommando“ erfasst die Kokontraktion der Antagonisten (vgl. Latash, 1993). Ein zentraler Punkt in Latashs Ansatz ist, dass das Problem der überflüssigen Freiheitsgrade nicht vollkommen gelöst werden muss und „[...]“, daß nicht jede Uneindeutigkeit der Lösungsmenge durch zusätzliche Constraints eliminiert werden muss. Eine Untermenge der Lösungen kann und soll durchaus bestehen bleiben, aus der dann das zentrale Nervensystem durch Zufall geleitet

„auswählt“ oder auch nur „würfelt.“ (Hirtz & Nüske, 1997, S.24.). Latash projiziert das Problem der Freiheitsgrade auf eine interne Kontrollsprache, derer sich das zentrale Nervensystem bedient. Weiterhin gesteht er dem zentralen Nervensystem, bzw. dem obersten Kontrollorgan volle Entscheidungsautonomie zu.

Die zweite, gegensätzliche Interpretationslinie verfolgt Turvey. Er beschreibt die Freiheitsgrade als Dimensionen der Attraktoren, die die realisierten Bewegungen erfassen (vgl. Hirtz & Nüske, 1997). Turveys Auffassung unterscheidet sich von Latash insofern, dass er von Selbstorganisation spricht und einen Weg aufzeigt, wie Ordnung in komplexen Systemen entstehen kann, ohne Kontrolle „von oben“ erforderlich zu machen. In Anlehnung an Bernstein spricht Turvey auch von Synergien. Wichtigste Erkenntnis ist, dass diese Ordnung nicht mehr von höheren Instanzen dem System aufgezwungen wird, sondern in der Interaktion von vielen Dimensionen durch physikalische Gesetze, d.h. deterministisch entsteht. Durch diese Selbstorganisation entstehen Synergien, die wesentlich weniger Freiheitsgrade aufweisen (vgl. Kugler & Turvey, 1987). Diese Reduktion der Freiheitsgrade vollzieht sich sowohl in der Bewegungsrealisation, als auch im Prozess des Lernens. Wahrgenommene Informationen spielen in Turveys Konzept eine wesentliche Rolle, um die Zielbezogenheit der Bewegungen herzustellen.

In Bezug auf die vorliegenden Ergebnisse dieser Studie, den positiven Einfluss der Kinästhetikschulung auf den Lernerfolg, liegt eine Unterstützung Turveys Interpretationslinie nahe, dass Rückmeldungen aus der Peripherie und der Interaktion mit der Umwelt eine entscheidende Bedeutung zukommt, und somit Einfluss auf die Bewegung ausübt.

Edelmann (1987,1993), ein Vertreter der „action-perception“ Linie, weist in seinen Arbeiten mehrfach darauf hin, dass Lernen ohne Wahrnehmung nicht möglich ist (vgl. Kapitel 3.1.6). Adaptationen sind nur über die Aktion in

und mit der Umwelt möglich. In seiner Theorie passen sich die zellulären Bausteine des Gehirns und des Nervensystems selbstständig an und korrigieren ihre Verknüpfungen durch Wechselwirkungen mit der Umwelt. Auch in dieser Argumentationskette beeinflusst das kinästhetische Training als Umweltreiz die Bewegungssteuerung aktiv. Dies hat bei Golfanfängern eine verbesserte Bewegungskontrolle, im Sinne der Koordination und Ökonomie, zur Folge.

Über die bereits vorgestellten Autoren hinaus hat sich auch Cordo (1990) ebenfalls mit der Frage der Bewegungssteuerung beschäftigt. Wie benutzt das zentrale Nervensystem kinästhetischen Input zur Kontrolle einer mehrgelenkigen Bewegungssequenz? Er kam zu dem Resultat, dass es für ein vollständiges Verständnis unausweichlich ist, die sensorischen Mechanismen zusätzlich zu den zentralen Mechanismen in Betracht zu ziehen. Seine Ergebnisse demonstrieren, dass Bewegungen sowohl vom sensorischen Input, als auch von zentralen Programmen gesteuert werden. Es zeigt sich jedoch eine Abhängigkeit davon, ob der sensorische Input (hier als kinästhetische Informationen) kinematische Informationen enthält, die den motorischen Output (Bewegung) beeinflussen. Diese Erkenntnisse können auf die vorliegende Untersuchung übertragen werden. Die kinästhetischen Informationen (Informationen über die Lage im Raum, Kräfte und Spannungen der Muskeln, Sehnen und Gelenke des Sportlers und seinem Schläger) kontrollieren die Kinematik des motorischen Outputs (Schwungbewegung) und sind somit von mitentscheidender Relevanz.

Unterstützung findet Cordo in der Arbeit von Gandevia & Burke (1992). Sie beschäftigten sich mit zwei Fragestellungen. Ein Untersuchungsschwerpunkt war das Feedback aus Muskeln, Gelenken und der Haut, und den daraus resultierenden Reflexen und kinästhetischen Konsequenzen bei natürlichen Bewegungen. Zweiter Schwerpunkt ihrer Arbeiten war die Rolle der zentralen motorischen Kommandos bei der Steuerung von natürlichen Bewegungen und Bewegungen ohne vorhandener Afferenz. Resultierend daraus kamen sie zu dem Schluss, dass das zentrale Nervensystem sowohl Zugang

zu peripheren kinästhetischen Signalen hat, als auch zu endogenen, zentral generierten Signalen (Timing, Grad und Bestimmungsort des motorischen Outputs bzw. der motorischen Bewegung). Obwohl diese kinästhetischen Signale nicht immer bewusst sind, können sie doch ins Bewusstsein gerufen werden. Die peripheren kinästhetischen Signale können reflexartig den Output der Motoneurone in Bezug auf die Bewegungsaufgabe beeinflussen. Ein vollständiges Bewegungsrepertoire kann nicht ohne die Assistenz afferenter Meldungen bei laufenden Bewegungen justiert werden, bzw. die Bewegungssteuerung für laufende oder folgende Bewegungen aktualisieren. Die Reizung der kinästhetischen Rezeptoren durch ein gezieltes Training hätte somit einen gesteigerten afferenten Signalfloss zur Folge, der auch bewusstseinsfähig ist. Konsequenterweise würde dadurch der Einfluss der peripheren Signale auf die Bewegungssteuerung zunehmen und zur Weiterentwicklung der Bewegung, hier zum Lernen des Golfschwungs, vermehrt beitragen. Der Lernprozess kann erfolgreicher voran getrieben werden.

Sainburg und Kollegen (1993, 1995) unterstützen die Theorie des Einflusses der Propriozeption auf die Bewegungssteuerung anhand ihrer Deafferentierungsexperimente. Sie folgerten aus ihren Untersuchungen, dass propriozeptive Informationen eine wichtige Rolle in der Zwischengelenkskoordination bei mehrgelenkigen Bewegungen spielen, da ein Verlust der Propriozeption ein gestörte Koordination zur Folge hat. Diese gestörte Koordination wird auf einen Fehler in der Kontrolle der interaktiven Kräfte, die bei Gliedmaßensegmenten während mehrgelenkiger Bewegungen entstehen, zurückgeführt. Sainburg et al. nehmen an, dass die Informationen während der Bewegung ein „update“ an das interne Modell der Gliedmaßendynamik liefern und dann zur Bewegungssteuerung herangezogen werden. Hoch koordinative Bewegungen weisen somit eine gesteigerte Abhängigkeit von den propriozeptiven Rückmeldungen auf. Dies kann durch die Resultate der Autorin unterstützt werden.

Bezugnehmend auf die vorgestellten Hypothesen der einzelnen Autoren zur Bewegungssteuerung sprechen die Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Studie dafür, dass das durchgeführte kinästhetische Training einen großen Einfluss auf die Peripherie und daraus resultierend auf die Bewegungssteuerung ausübt. In der Peripherie wird die Bewegung umgesetzt und die reaktiven Kräfte haben dort ihre größte Wirkung, so dass eine gezielte Schulung der Bewegungswahrnehmung über das kinästhetische System eine erfolgreichere Bewegungsausführung zur Folge hat. Dies lässt den Schluss zu, dass während des Lernprozesses aktiv in die Bewegungssteuerung eingegriffen werden konnte und Modifizierungen möglich waren. Ein zentral gesteuertes motorisches Programm, welches nach Initialisierung konsequent abläuft, wäre nicht in der Lage auf Veränderungen bzw. äußere Einflüsse adäquat zu reagieren. Dies unterstützt die Hypothesen der Dezentralisierung in der Bewegungssteuerung zugunsten der Peripherie.

8.1.2 Bewegungsfluss – „jerk-cost“

Ein weiterer Aspekt der motorischen Planung und Kontrolle postuliert, dass das zentrale Nervensystem durch Minimierung der „jerk-cost“, versucht die Bewegung geschmeidiger (fließender) zu machen. Schneider bestätigte 1990 mit seiner Arbeit: „[...]“, daß der Beschleunigungsaufwand als quantitative Beschreibung des Bewegungsflusses validiert wurde und somit als Gütemaß praktische Anwendung finden kann.“ (Schneider, 1990 b, S.198).

Die Ergebnisse der Bewegungsanalyse der vorliegenden Studie und der daraus berechneten „jerk-cost“ Werte bekräftigen dies. Die Experimentalgruppe zeigt bessere Endresultate, als die Kontrollgruppe. Sowohl die Gesamtstichprobe, als auch die weiblichen und männlichen Teilnehmer der Experimentalgruppe weisen im Abschwung und der Gesamtbewegung kleinere „jerk-cost“ Werte auf, also einen größeren Bewegungsfluss, als die

Kontrollgruppe. Die signifikante statistische Absicherung der „jerk-cost“ Ergebnisse fehlt zwar, jedoch kann von einer eindeutigen Tendenz gesprochen werden. Die im Mittel kleineren „jerk-cost“ Werte der Experimentalgruppe kennzeichnen eine fließendere Bewegungsausführung. Diese fließende Bewegungsausführung ist auf das kinästhetische Training zurückzuführen. Durch die Schulung der kinästhetischen Wahrnehmung und dem gezielten Ansprechen der Propriozeptoren mittels Übungen zur Verbesserung der Gleichgewichtsregulation, der Körperwahrnehmung im Raum und Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte konnten die Golfschüler diese Ressourcen besser bzw. aktiv nutzen.

Im Aufschwung ist diese Tendenz nicht zu erkennen. Hier weist die Kontrollgruppe kleinere Werte auf als die Experimentalgruppe. Dieses Ergebnis scheint in Zusammenhang mit anderen Untersuchungen jedoch nicht überraschend. Es ist kongruent mit den Ergebnissen von Münzenberger (1998) und Opitz (1998). Ihre Untersuchungen zeigten, dass die Aufschwünge (Rückschwünge) zwischen verschiedenen Golfpros mehr variierten als die Abschwünge. Zudem wurde in ihrer Studie deutlich, dass die Art des Aufschwungs keinen Einfluss auf die Koordination im Abschwung hatte. Das bedeutet, dass auf unterschiedlichen Wegen (Schwungausführung) das gleiche Ziel erreicht wurde, nämlich den Ball mit größtmöglicher Geschwindigkeit des Schlägerkopfes zu treffen.

Für die vorliegende Untersuchung ist relevant, dass kein zwingender Zusammenhang zwischen Aufschwung und Abschwung besteht. Die Golfschwungbewegung kann im Abschwung fließend sein, ohne dass sie sich im Aufschwung zwingend harmonisch präsentiert. Somit lässt eine statistische Absicherung im Rahmen einer neuen Studie mit der notwendigen Probandenzahl doch ein Ergebnis erwarten, dass dem vorliegenden entspricht, nämlich eine fließendere Bewegungsausführung durch eine gezielte Schulung des kinästhetischen Systems zu erreichen.

Die vorliegenden Resultate lassen weiterhin tendenziell erkennen, dass die weiblichen Probanden wesentlich kleinere „jerk-cost“ Werte aufweisen, als die männlichen Probanden. Dies wirft die Frage auf, ob das kinästhetische Training von Frauen besser angenommen und / oder umgesetzt werden kann, als von Männern. Kann von der geschmeidigeren Bewegung (Bewegungsfluss) auf ein ausgeprägteres Bewegungsempfinden (Bewegungsgefühl) der Frauen geschlossen werden? Um diese Frage hinreichend beantworten zu können müssen jedoch auch hier weiterführende Studien durchgeführt werden.

8.2 Bedeutung für die Sportwissenschaften

Allgemein wird die Sportwissenschaft als angewandte Wissenschaft bezeichnet. Somit wird ihre Funktion angesprochen, welche als Zielsetzung die sofortige Nutzbarkeit der Ergebnisse und die Umsetzbarkeit in die Sportpraxis hat (vgl. Schnabel & Thieß, 1993). In der Konstellation Sportwissenschaft und Sportpraxis liegt, vereinfacht dargestellt, ein Bedingungsgefüge von drei Personen vor: Der Sportwissenschaftler, der in seinen Studien neuste Erkenntnisse sammelt, der Trainer, der diese Erkenntnisse in die Trainingspraxis umsetzen muss und an den Sportler weitergibt, der wiederum eine sportliche Bewegung erlernen soll, ausführen und optimieren möchte. Aus dem Trainings- und Wettkampfalltag ergeben sich offene Fragen, die ein erneutes wissenschaftliches Arbeiten bzw. forschen erfordern. In Abbildung 8.1 wird dieses Dreiecksverhältnis und die Abhängigkeiten voneinander vereinfacht dargestellt.

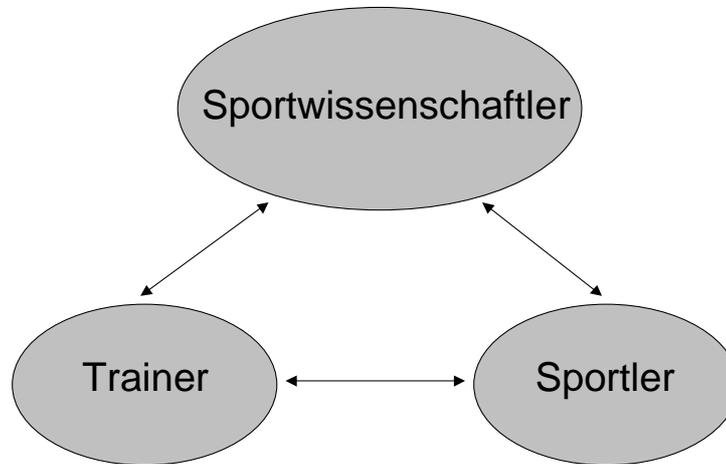


Abbildung 8.1: Darstellung des Dreiecksverhältnis von Sportwissenschaftler, Trainer und Sportler und der daraus resultierenden Interdependenzen.

Um einen Sportler zu maximaler Leistung zu führen oder eine optimale Bewegungsausführung zu erreichen, muss der Trainer in der Lage sein verschiedene Bereiche der Sportwissenschaft zu verknüpfen. Zu diesen Bereichen zählen, neben der Sportmedizin, Sportpädagogik und der Sportpsychologie, die Bewegungslehre und Trainingslehre.

Der Gegenstandsbereich der Bewegungslehre erstreckt sich auf die „[...] äußerlich sichtbaren Abläufe, d.h. auf die Bewegungen als raum-zeitliche Veränderungen, wie auf die körperinternen Steuerungs- und Funktionsprozesse, die am Zustandekommen der sichtbaren Vollzüge beteiligt sind.“ (Eberspächer, 1992, S.56). Für das Forschungsfeld der äußeren

Bewegungsabläufe sind die wesentlichen Ziele die Beschreibung, Analyse und Erklärung von Bewegungstechniken. So lassen sich von den meisten Sportarten Bewegungsbeschreibungen mittels kinematischer Merkmale finden (vgl. z.B.: Milburn, 1982; Cavanagh, 1990; Ballreich & Kuhlow-Ballreich, 1992; Allard et al., 1995) und eine annähernd optimale Bewegungsausführung (Bewegungstechnik) ableiten. Was in der Bewegungswissenschaft im Bereich der Biomechanik noch eher stiefmütterlich behandelt wird, ist die Wirkung passiver Kräfte und die Analyse der intersegmentellen Dynamik, welche entscheidenden Einfluss auf die Koordination einer Bewegung haben (vgl. Vereijken, 1991; Zernicke & Schneider, 1993). Die Ermittlung der Gesetzmäßigkeiten der Bewegungskoordination reicht in den Bereich der internen Prozesse. Hierzu zählen vor allem die Veränderungen durch motorische Lern- und Entwicklungsprozesse und die Beschreibungen motorischer Fähigkeiten und Fertigkeiten, sowie die Konstruktion von spezifischen Diagnoseinstrumenten.

In den klassischen Lerntheorien der letzten Jahrzehnte (siehe Kapitel 3) ist die Kinästhetik bzw. die Propriozeption als fester Bestandteil der internen Rückmeldungen verankert. „Jede Art von Training und Beanspruchung des Bewegungsapparates setzt einerseits die Funktion der Propriozeption voraus, hat jedoch andererseits auch die Potenz, die Propriozeption im Sinne von Trainingseffekten zu beeinflussen.“ (Quante & Hille, 1999, S.306). Doch leider ist es bis heute in den wenigsten Sportarten, so auch im Golfen, zu einer Konkretisierung oder Systematisierung in Bezug auf die sportartspezifische Schulung der kinästhetischen Wahrnehmung in der Sportpraxis gekommen.

Bereits seit einigen Jahrzehnten gilt es als abgesichert, dass die kinästhetische Wahrnehmung mit dem Könnensniveau steigt (vgl. Roloff, 1953; Wiebe, 1954; Fetzer et al., 1976; Willert, 1977; Schuck, 1990; Rockmann-Rüger, 1991),, aber zusätzlich sportartspezifische Modifikationen in Bezug auf die Propriozeption aufweist (Dalichau & Scheele, 2000). Schnabel & Thieß (1993) sprechen in dem Stadium der Grobkoordination von

verschwommenen Bewegungsempfindungen und einer gering ausgeprägten kinästhetischen Komponente. Ihre Aussagen zum Stadium der Grobkoordination betreffen, bzw. gelten für den Trainingsanfänger. Erst im Stadium der Feinkoordination und später der stabilisierten Feinkoordination erreichen die kinästhetischen Informationen eine hohe Präzision. Ältere Untersuchungen Puni haben bestätigt: „[...] daß das Bewegungsempfinden bei der vollständigen Beherrschung einer sportlichen Übung eine wichtige Rolle spielt. [...] Dadurch kann sich der Sportler bei der Ausführung der zu erlernenden und der erlernten Übungen immer besser orientieren und sich neue aneignen.“ (Puni, 1961, S.38). Ein Training bzw. gezieltes sportartspezifisches Ansprechen der Rezeptoren wurde somit bisher dem Bereich des fortgeschrittenen Stadiums und nicht dem Anfängerbereich zugesprochen.

Diese Studie belegt allerdings, dass bereits ein gezieltes Ansprechen der Rezeptoren in der frühen Lernphase einer neuen Bewegung einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg ausübt und bereits hier erfolgreich in den Lernprozess eingegriffen werden kann. Es kann folglich auf eine bessere Wahrnehmung des Schülers in Bezug auf den eigenen Körper und dessen Gliedmaßen, der inneren Muskelkräfte und -spannungen und der auf ihn einwirkenden äußeren Kräfte geschlossen werden. Denn der geschickte Einsatz der inneren Kräfte ist die Voraussetzung für ein funktionelles Wirken der äußeren Kräfte und daraus folgernd eines ökonomischeren Bewegungsablaufs (vgl. Bernstein, 1967; Schneider, 1990 a; Whiting & Vereijken, 1993). Diese Feststellung ist aus den Veröffentlichungen Bernsteins als „Bernsteins Koordinationshypothese“ bekannt (vgl. Bernstein, 1967) und kann hier wieder aufgegriffen und durch die Resultate unterstützt werden.

Geht man von dem Faktum aus, dass mit steigender technischer Schwierigkeit einer Sportart auch die Komplexität der Koordinationsaufgabe zunimmt, so kann in Bezug auf den Stellenwert der Kinästhetik für den Prozess der Bewegungskoordination festgestellt werden, dass, je höher die

technischen Anforderungen einer Sportart liegen, die Bedeutung der Kinästhetik zunimmt (vgl. Puni, 1961; Strohmeyer, 1982; Rockmann-Rüger, 1991; Lehnertz, 1996). Sainburg et al. (1995) bestätigen dies durch ihre Untersuchungen bei Mehrgelenkigen Bewegungen. Golfen ist eine Sportart, die der Kategorie technisch anspruchsvoller Sportarten zuzuordnen ist. Es handelt sich um eine dreidimensionale Bewegung, bei der alle Gliedmaßen, Rumpf und Sportgerät miteinander koordiniert werden müssen. Anhand biomechanischer Analysen wurde der Golfschwung vielfach untersucht und in seiner Komplexität dargestellt. Biomechanische Parameter, äußere und innere Kräfte, Momente, Geschwindigkeiten und Beschleunigen, sowie das Material wurden mannigfaltig berechnet (vgl. Ballreich & Kuhlow-Ballreich, 1992; Jorgensen, 1994; Appel, 2000) und spielen während der Bewegung eine entscheidende Rolle.

Das Bewegungsausmaß beim Golfen nimmt vom Putt über den Chip-Shot und Pitch-Shot zum Approach-Shot zu. Folgerichtig erhöht sich die Dynamik der Bewegung und die reaktiven Kräfte. Der zunehmende Bewegungsumfang in Kombination mit dem Schläger erfordert einen größeren Einsatz aktiver Kräfte und provoziert zunehmend passive Kräfte. Dies bedeutet nichts anderes, als dass mit Zunahme des Bewegungsumfangs auch die Bedeutung der Kinästhetik für die Bewegung bzw. für den Schwung steigt.

Bernstein hat bereits vor Jahrzehnten auf die Bedeutung von Koordination und Sensorik hingewiesen: „Somit ist die Koordination eine Art komplizierter sensomotorischer Reflex, der mit einem afferenten Zustrom beginnt und mit einer genau adäquaten zentralen Antwort endet. Aber auch der eigentlich afferente Zustrom des Koordinationsreflexes stellt eine Reaktionsform der Körperperipherie auf die begonnene oder ablaufende Bewegung dar.“ (Bernstein, 1987, S.60). Eine bemerkenswerte Arbeit ist die Untersuchung Schneiders (1990 a), welche die Veränderung der intersegmentalen Dynamik während des Lernens einer schnellen mehrgelenkigen Armbewegung vorstellt. Damit wurde auf Bernsteins Arbeiten

zurückgegriffen und seine Koordinationshypothese bestätigt. Kern ist, dass in der dritten Lernphase nunmehr nicht nur reaktive Innervationsimpulse auf ein Minimum reduziert werden, sondern auch die mechanischen reaktiven Kräfte keine negativen Auswirkungen hinterlassen, sondern im positiven Sinne genutzt werden.

Auf die vorliegende Untersuchung übertragen bedeutet dies, dass der Sportler somit in der Lage ist seinen Golfschwung so auszuführen, dass die auftretenden reaktiven Kräfte maximal ausgenutzt werden können. Das absolvierte kinästhetische Training ermöglicht bereits dem Anfänger die wirkenden äußeren und reaktiven Kräfte gezielter bzw. bewusst wahrzunehmen (z.B. Einfluss der Schwerkraft, auftretende Kräfte am Schläger, Schwungverhalten des Schlägers) und im Chippen, Pitchen und Approach-Shot zu nutzen. Folge ist eine ökonomischere Bewegung und ein erfolgreicherer Spiel.

Die schwerpunktmäßig geschulten Fähigkeiten zeigen ihre positive Wirkung mit zunehmenden Bewegungsausmaß. Die gravierendsten Unterschiede der Kontroll- und Experimentalgruppe haben sich beim Pitch-Shot und beim Approach-Shot gezeigt. Unterstützung findet dies durch die Untersuchung von Blasier et al. (1994), die feststellten, dass die Propriozeption der Schulter bei gespannter Kapsel, sprich großräumigen Bewegungen, besser ist, als bei Bewegungen mit einem kleinen Bewegungsausmaß. Jerosch et al. (1995) erhielten in ihren Untersuchungen ähnliche Ergebnisse. Sie stellten eine bessere Propriozeption in den oberen Bewegungsbereichen der Schulter im Vergleich zu den Messbereichen unter Schulterniveau fest. Jerosch und Kollegen führen dies auf die stärker angespannten glenohumeralen Ligamente und eine höhere Aktivität der vorhandenen Mechanorezeptoren zurück. Dies unterstützt die These, dass sich das kinästhetische Training bei großräumigen Bewegungen entscheidender auswirkt, als bei kleinräumigen Bewegungen.

Erklärung findet somit auch der fehlende Trainingserfolg beim Putten. Hier handelt es sich um eine Bewegung mit einem kleinem Bewegungsaus-

maß, so dass nur geringe äußere Kräfte auf den Sportler und sein Sportgerät einwirken. Beim Putten wird in erster Linie die Bewegung durch die Amplitude des Backswing als Funktion der Distanz zum Ziel bestimmt (vgl. Delay et al., 1997). Somit spielt die gezielte Schulung von Körperwahrnehmung im Raum und Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte des kinästhetischen Trainings beim kurzen Spiel eine geringere Rolle als beim Schwingen. Des Weiteren stellt das Putten keine erhöhten Anforderungen an den Vestibularapparat. Daraus ist zu folgern, dass auch der dritte Schwerpunkt des kinästhetischen Trainings, die Schulung der Gleichgewichtsregulation, keinen unmittelbaren Einfluss auf die Leistungen im Putten ausübt.

In Korrelation zum Alter fanden sich weder in der Kontrollgruppe, noch in der Experimentalgruppe beim Putten, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot Zusammenhänge. Das besagt, dass die Leistung in den verschiedenen Golfschwüngen unabhängig vom Alter ist. Daraus kann in Bezug auf das kinästhetische Training gefolgert werden, da die Experimentalgruppe in ihrer Testleistung besser war, dass eine Schulung der propriozeptiven Wahrnehmung auch im Alter noch erfolgreich und sinnvoll ist. Diese Schlussfolgerungen stehen nicht im Widerspruch zu Untersuchungen, die mit zunehmenden Alter einer Verschlechterung der sensorischen Wahrnehmung fanden (vgl. Kaplan et al., 1985; Boucher et al., 1991). Grouios et al. (2000) stellten fest, dass die Fähigkeit der Gewichtsdiskriminierung von der Kindheit über die Adoleszenz bis hin zum vierzigsten Lebensjahr zunimmt und mit zunehmenden Alter wieder abfällt. Sie bringen die Reduzierung der sensorischen Funktionen auch mit der Reduzierung der intellektuellen Funktionen im Alter in Verbindung. Dies wird durch eine Untersuchung von Baltes & Lindenberger (1997) unterstützt. Man vermutet, dass der Verlust sensorischer Funktionen durch die gleichen zentralen Prozesse bedingt ist, wie der Verlust der intellektuellen Funktionen. Dies besagt jedoch lediglich, dass Erwachsene eine schlechtere Wahrnehmung aufweisen, als junge Menschen. In der vorliegenden Untersuchung hat sich jedoch gezeigt, dass diese aber trotzdem noch trainierbar und verbesserbar ist. Gestützt wird diese

Aussage durch die Untersuchungen von Euzet und Gahéry (1998). Sie betonen ebenfalls, dass der altersbedingte Effekt der Verminderung der kinästhetischen Wahrnehmung durch sportliches Training kompensiert werden kann. Dies hebt hervor, dass auch eine Schulung im späten Erwachsenenalter als sinnvoll anzusehen ist.

Konsequenzen für die Trainingspraxis

„In der Sportwissenschaft kommt der Trainingswissenschaft insofern eine Sonderstellung zu, als sie in ihrem Kern, der allgemeinen Trainingslehre nicht wie die anderen Disziplinen auf eine Mutterwissenschaft zurückgreifen kann, ihrerseits eine Querschnittswissenschaft ist und schließlich sich als Allgemeine Trainingslehre aus den vorwissenschaftlichen Trainingsmethodiken entwickelt hat.“ (Eberspächer, 1992, S.507). Die Trainingswissenschaft beschäftigt sich mit dem sportlichen Training, das heißt mit dem Handeln von Sportlern, Trainern, Sportlehrern und Übungsleitern zur Verbesserung der individuellen sportlichen Leistung und der Ausübung im sportlichen Wettkampf (vgl. Schnabel et al., 1994). Zu ihren Aufgaben zählt unter anderem die Analyse des Erfahrungswissen der Trainingspraxis und die empirische Forschung zur sportlichen Leistung und ihrer Entwicklung. Die Überprüfung von Hypothesen und Trainingskonzeptionen dient der Beschreibung, Analyse und Systematisierung des Trainings. Experimentelle Methoden zur Erkenntnisgewinnung bedeuten, dass der Untersucher (Versuchsleiter) gezielt bestimmte Eingriffe in die existierenden Trainingsstrukturen und -prozesse vornimmt, indem er neue bzw. veränderte Trainingsbedingungen exakt definiert und durchführt. Die Auswirkungen dieser veränderten Trainingsbedingungen dienen als Kriterium für die Beantwortung der gestellten Fragen und führen gegebenenfalls zu einer neuen Trainingskonzeption. In der vorliegenden Untersuchung wurde nach diesem Schema verfahren und ein kinästhetisches Training für den Golfsport entwickelt und geprüft.

„Ziel eines Techniktrainings ist es, allgemein Bewegungsfertigkeiten, Fertigkeitselemente und -verbindungen als sportliche Techniken anzueignen, zu lernen oder zu verändern (umlernen), zu stabilisieren (üben), zu koordinieren (flüssiger und ökonomischer zu machen) und zu automatisieren.“ (Mechling, 1988). Die Resultate dieser Arbeit empfehlen für die Trainingspraxis und das Techniktraining im Golfsport eine Erweiterung des Lehrprogramms im Anfängerbereich um die Schulung der kinästhetischen Wahrnehmung mit den Trainingsinhalten Gleichgewichtsschulung, Körperwahrnehmung im Raum und Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte. In Anlehnung an Quante & Hille (1999) kann davon gesprochen werden, dass die Propriozeption für den Breitensport gleichwohl bedeutsam ist und nicht ausschließlich im Leistungs- bzw. Hochleistungssport Anwendung finden sollte. Folgerichtig kann aus trainingswissenschaftlicher Sicht zusammengefasst werden:

- Das kinästhetische System kann gezielt angesprochen werden.
- Die kinästhetischen Informationen sind bewusstseinsfähig.
- Das kinästhetische System wird durch Üben / Trainieren mit geschlossenen Augen (Ausschalten der Dominanz des visuellen Systems) verstärkt angesprochen.
- Das Training muss strukturiert und die Trainingsinhalte aufeinander abgestimmt sein.
- Das Training ist bereits im Anfängerbereich anzusiedeln und die Trainingsplanung entsprechend auszurichten.
- Das kinästhetische Training ist unabhängig vom Alter einsetzbar und erfolgreich.

Oftmals werden kinästhetische Übungen im Golfunterricht zwar intuitiv durchgeführt, z.B. Üben mit unterschiedlichen schweren Schlägern, doch stellt sich ohne Systematisierung kein nachhaltiger, konsistenter Trainingserfolg ein.

Aus diesem Grund ist ein wissenschaftlich fundierter Trainingsaufbau eine unabdingbare Grundvoraussetzung. Die Erfahrung während des Verlaufs der Untersuchung hat gezeigt, dass die Art der Trainingsinhalte für den Schüler oftmals befremdlich wirken. Für Golfanfänger ist Golfen zwingend mit Übungen mit dem Schläger verbunden. Der Großteil der Anfänger ist jedoch nicht in der Lage den hohen Stellenwert kinästhetischer Übungen selbstständig zu erkennen und einen positiven Transfer für seine neu zu erlernende Golfbewegung herzustellen. Besonders aus diesem Grund ist es für die Umsetzung in die Unterrichtspraxis notwendig, dass die Golflehrer den Sinn und Zweck kinästhetischer Übungen erkennen, den Schülern erklären und in ihrem Unterricht gezielt einsetzen. Es ist zu beachten, dass es sich bei dem kinästhetischen Training nicht um einzelne isolierte Übungen handelt, sondern ein Erfolg des Trainings an eine kontinuierliche und zielgerichtete Übungsdurchführung gekoppelt ist.

Aufgrund der neu erlangten Kenntnisse bezüglich des Stellenwerts der Kinästhetik im Golfsport, stellt sich die Frage, wie eine Übungsvermittlung aussehen könnte. In diesem Zusammenhang erscheint es sinnvoll, eine gezielte Schulung der Golflehrer im Rahmen von Fortbildungen zu überdenken. Dies hat den Vorteil, dass eine strukturierte Umsetzung in den Unterricht möglich ist. Zusätzliche Informationen über den Bereich der Trainingsinhalte hinaus, wie z.B. Funktion der Rezeptoren oder Grundlagen des motorischen Lernens lassen das kinästhetische Training in einem anderen Licht erscheinen. Die direkte Vermittlung des Trainings an den Golfanfänger, z.B. durch Printmedien oder Videos, kann aufgrund der mangelnden Bewegungserfahrung im Golfen und der unzureichenden Bewegungswahrnehmung problematisch sein. Die Tatsache, dass einige Übungen auf den Anfänger golfspezifisch wirken, haben oft ein Unverständnis oder gar den Eindruck von Sinnlosigkeit zur Folge. Dies würde durch die Fachkenntnis des Golflehrers abgefangen bzw. kompensiert werden.

Die Trias von Kinästhetik, motorischem Lernen und Sport ist mit dieser Arbeit um einige Aspekte erweitert worden und liefert zugleich den Anstoß für neue Fragestellungen. So erscheint eine Überprüfung der Hypothese, ob ein kinästhetisches Training auch im Fortgeschrittenstadium einen weiteren Leistungszuwachs bewirken kann, aufgrund dieser Arbeit sehr sinnvoll. Ebenfalls bietet die Bewegungsanalyse noch erweiternde Möglichkeiten zur Analyse der Golfschwungbewegung. So kann die Berechnung der intersegmentellen Dynamik noch zusätzliche Aufschlüsse über die Bewegung, die Güte der Bewegungen und die Wirkung des kinästhetischen Trainings liefern.

Ausblickend sollte man ebenfalls die mögliche Übertragbarkeit auf andere Sportarten in Betracht ziehen. So wirken z.B. auch bei Sportarten wie Baseball, Tennis, den leichtathletischen Wurfdisziplinen, aber auch Schwimmen, Turnen u.v.a.m. aktive und passive Kräfte auf den Sportler ein. Der Transfer des Erfolgs des strukturierten kinästhetischen Trainings liegt hier nahe. Weitere Untersuchungen würden, nach sportartspezifischer Konfiguration der Trainingsinhalte des kinästhetischen Trainings, zur Frage der möglichen Verallgemeinerung beitragen. Im Sinne einer Abstraktion lassen die insgesamt positiven Ergebnisse der vorgestellten Studie auch Überlegungen in Richtung Sportpädagogik und dem Teilgebiet der Didaktik zu. Es bleibt zu prüfen, ob die Resultate einen ergänzenden Aspekt für dialogische Lernkonzepte und -strategien darstellen können, wie es bereits in Bezug auf die möglichen Vermittlungsverfahren im Golfen angedacht wurde.

9 ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zu überprüfen, welche Wirkung ein kinästhetisches Training auf das Erlernen einer komplexen motorischen Bewegung hat. Exemplarische Sportart war das Golfen. Das kinästhetische Training beinhaltete eine gezielte Schulung der Schwerpunkte Gleichgewichtsregulation, Körperwahrnehmung im Raum und Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte. Hierdurch sollte das kinästhetische System gezielt angesprochen und eine verbesserte Wahrnehmung des Schülers erreicht werden.

In die Studie wurden 86 Golfanfänger einer Golfschule einbezogen. 56 Teilnehmer/-innen (27 weiblich, 29 männlich) bildeten die Kontrollgruppe, 30 Teilnehmer/-innen (17 weiblich, 13 männlich) die Experimentalgruppe. Eine exakte Splittung in zwei gleich große Gruppen war im Voraus nicht möglich, da nicht abschätzbar war, wie sich die Anmeldezahlen der Anfängerkurse in der Saison entwickeln würden. Das zusätzliche kinästhetische Training der Experimentalgruppe umfasste 30 Minuten und fand jeweils vor der üblichen Kurseinheit statt. Jeder Anfängergolfkurs umfasste wiederum 8 x 2 Stunden und hatte maximal 6 Teilnehmer. Am Ende des Kurses wurden alle Kursteilnehmer, unabhängig ob Kontroll- oder Experimentalgruppe, einem Test im Putten, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot unterzogen. Darüber hinaus wurde bei 23 Probanden (15 mit und 8 ohne ein kinästhetisches Training) der Golfschwung mittels biomechanischer Analyse untersucht. Diese Aufnahmen wurden zur Quantifizierung des Bewegungsflusses (englisch: „jerk-cost“) herangezogen. Sinn und Zweck der „jerk-cost“ Berechnung war, zu prüfen ob das kinästhetische Training sich nicht nur in den besseren praktischen Testergebnissen widerspiegelt, sondern auch in der Flüssigkeit (Gleichmäßigkeit) der Bewegungsausführung.

Die Resultate der vorliegenden Untersuchung zeigen, dass das kinästhetische Training beim Erlernen des Golfschwungs einen besseren und stabileren Golfschwung bewirkt. Dieses zeigte sich anhand der signifikant besseren Testergebnisse des Feldtests im Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot. Einzige Ausnahme bildete das Putten, da hier nur geringe reaktive Kräfte wirken und keine außerordentlichen Anforderungen an den Vestibularapparat gestellt werden. Die berechneten „jerk-cost“ Werte bestärken die Ergebnisse des Feldtests, obgleich sie nicht statistisch abgesichert sind. Es ist zu erkennen, dass die Experimentalgruppe ihre Golfschwünge im Abschwung, aber auch in der Gesamtbewegung tendenziell fließender ausführte, als die Kontrollgruppe. Sowohl im Feldtest, als auch bei der Bewegungsanalyse war eine deutlich größere Streuung der Ergebnisse der Kontrollgruppe zu verzeichnen, was den Rückschluss auf eine stabilere Bewegungsausführung der Experimentalgruppe zulässt.

Im Blickpunkt der Bewegungssteuerung liefert die Untersuchung unterstützende Argumente für einen Einfluss der Peripherie auf die Bewegungssteuerung. Eine koordinierte Bewegung setzt die Wahrnehmung von inneren Kräften und Spannungen, aber auch reaktiver Phänomene über die Propriozeption voraus. Zielt nun das Training genau auf die Reizung der Propriozeptoren ab und führt zu einer besseren und stabileren Bewegungsausführung, so kann diese Bewegung nicht allein zentral gesteuert sein. Dementsprechend kann, in Anlehnung an Bernstein (vgl. 1967,1987) der motorische Effekt des zentralen Impulses nicht im Zentrum im Voraus entschieden werden, sondern in der Peripherie. Die Interaktion mit der Umwelt und die daraus resultierenden physikalischen Dimensionen haben somit einen entscheidenden Einfluss auf die Bewegungsausführung.

10 SUMMARY

The objective of this study was to test the effects kinesthetic training on learning complex motor movement. The sport studied was golf. The kinesthetic training focused on improving balance, spatial awareness and the perception of all active and passive forces. Training the kinesthetic system was supposed to improve the participants' perception.

In the study 86 beginners took a golf course. The control group consisted of 56 participants (27 females and 29 males), while a further 30 participants were put into the test group (17 females and 13 males). It was not possible to split participants into groups of equal size in advance as numbers of enrolments increased during the season. All participants received a beginners' golf course which consisted of 8 two-hour lessons and had a maximum of 6 participants. The experiment group received an additional thirty-minute session of kinesthetic training prior to each session of the standard golf course. At the end of the course all the participants of the experiment and control groups were tested for their ability to putt, chip, pitch and do approach shots. In addition, 15 participants with kinesthetic training and 8 without kinesthetic training underwent a further test: a biomechanical analysis of their swings was used to quantify the jerk-cost. While the field test reflected practical results, the aim of the jerk-cost calculation was to test whether the kinesthetic training had any effect on the flow of movement.

The results of this study show that the kinesthetic training leads to a better and more stable swing. This was illustrated by the field test for chipping, pitching and approach shots where those with kinesthetic training achieved significantly better results than those without. The exception was the putting stroke, although this was hardly surprising since putting strokes involve only light reactive forces and no particular demands are made on the vestibular apparatus. The values calculated in the jerk-cost test reinforce the result of the

field test although they are not statistically significant. It also became clear that the test group achieved more flowing movements on the downswing and generally than the control group. The results achieved by the control group showed far greater variation in the field tests as well as in the biomechanical analysis. This leads to the conclusion that the test group was able to produce more stable movements.

As regards movement control, the results of the study provide arguments that support the idea of peripheral influences. Co-ordinated movement requires the perception of inner forces and tensions as well as reactive phenomena via proprioceptors. If training aimed at stimulating proprioceptors leads to better and more stable movement, then movement cannot be only centrally controlled. Therefore, as suggested by Bernstein (cf. 1967, 1987), the motor effects of the central impulse cannot be decided in advance; they can be decided in the periphery.

11 LITERATURVERZEICHNIS

- Adams, J.A. (1971). A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 3, 111-141.
- Adams, J.A., Gopher, D. & Lintern, G. (1977). Effects of visuell and proprioceptive feedback on motor learning. *Journal of Motor Behavior*, 9, 11-12.
- Adams, J.A. (1987). Historical review and appraisal of research on the learning, retention, and transfer of human motor skills. *Psychological Bulletin*, 101, 1, 41-74.
- Aksamit, G. & Husak, W. (1983). Feedback influences on the skill of putting. *Perceptual and Motor Skills*, 1, 56, 19-22.
- Allard, P., Stokes, I.A.F. & Blanche, J.-P. (1995). *Three-dimensional analysis of human movement*. Champaign.
- Anochin, P.K. (1967). *Das funktionelle System als Grundlage der physiologischen Architektur des Verhaltensaktes*. Jena.
- Appel, H. (2000). Physikalische Aspekte des Golfspiels. *Physikalische Blätter*, 56, 25-31.
- Ballreich, R. & Kuhlow–Ballreich, A. (1992). *Biomechanik der Sportarten*. Band 3: Biomechanik der Sportspiele. Stuttgart.
- Balster, K. (1998). Bausteine der sensomotorischen Entwicklungsförderung (3) – die kinästhetische Wahrnehmung. *Sportpraxis*, 39, 5, 19-21.

- Baltes, B.P. & Lindenberger, U. (1997). Emergence of a powerful connection between sensory and cognitive functions across the adult life span: a new window to study of cognitive aging? *Psychology of Aging, 12*, 12-21.
- Batt, M.E. (1993). Golf injuries. *Sports Medicine, 16*, 64-71.
- Bernstein, N.A. (1967). *The coordination and regulation of movement*. London.
- Bernstein, N.A. (1987): *Bewegungsphysiologie*. Leipzig.
- Bernstein, N.A.(1997). *Die Entwicklung der Bewegungsfertigkeiten*. Institut für angewandte Trainingswissenschaften (Hrsg.). Leipzig.
- Beyer, E. (1992). *Wörterbuch der Sportwissenschaft*. Schorndorf.
- Blasier, R.B., Carpenter, J.E. & Huston, L.J. (1994): Shoulder proprioception – Effect of joint laxity, joint position and direction of motion. *Orthopadic Review, 23*, 45-50.
- Boff, K.R., Kaufmann, L. & Thomas, J.P. (1986). *Handbook of perception and human performance. Volume I: Sensory process and perception*. New York.
- Boldt, F., Ferrauti, A. & Wolff, R. (2000). Sportmedizinische Aspekte des Golfsports. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 51, 2*, 67-70.
- Bolland, L. (1990). *Golf - der neue Weg*. Hamburg, Rowohlt.
- Bongaardt, R. & Meijer, O.G. (2000). Bernstein's theory of ovement behavior: historical development and contemporary relevance. *Journal of Motor Behavior, 32, 1*, 57-71.
- Boucher, J.-L., Denis, S. & Landriault, J.-A. (1991). Sex differences and effects of aging on visuomotor coordination. *Perceptual and Motor Skills, 72*, 507-512.

- Bradley, J. & Kölbing, A. (1989). *Richtig Golf*. München.
- Budinger, H. & Koch, H. (1997). *Kinder- und Jugendtraining*. Lehrbrief 7, Deutscher Golf Verband. Gräfelfing.
- Burgess, P.R. & Clark, F.J. (1969). Characteristics of knee joint receptors in the cat. *Journal of Neurophysiology*, 203, 317-335.
- Burgess, P.R. & Wie, J.Y. (1982). Signaling of kinesthetic information by peripheral sensory receptors. *Annual Review Neuroscience*, 5, 171-187.
- Burgess, P.R., Horch, K.W. & Tuckett, R.P. (1983). Boring's formulation: a scheme for identifying neuronal groups in a sensory system. *Federation Proceedings*, 42, 2521-2527.
- Cavanagh, P.R. (Hrsg.) (1990). *Biomechanics of distance running*. Champaign.
- Clark, F.J. (1975). Information signalled by sensory fibres in medial articular nerve. *Journal of Neurophysiology*, 38, 1464-1472.
- Clark, F.J. & Burgess, P.R. (1975). Slowly adapting receptors in cat knee joint: Can they signal joint angle? *Journal of Neurophysiology*, 38, 1448-1463.
- Clark, F.J., Horch, K.W., Bach, S.M. & Larson, G.F. (1979). Contribution of cutaneous and joint receptors in the awareness of limb position. *Journal of Neurophysiology*, 42, 877-888.
- Clark, F.J., Burgess, P.R. & Chapin, J.W. (1983). Human lacks of sense of static- position of the fingers. *Society Neuroscience Abstracts*, 9, 1033.

- Clark, F.J., Burgess, P.R., Chapin, J.W. & Lipscomb, W.T. (1985): The role of intramuscular receptors in the awareness of limb position. *Journal of Neurophysiology*, 54, 1529-1540.
- Claus, G. & Ebner, M. (1989). *Statistik für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner*. Band 1 Grundlagen. Frankfurt.
- Cochran, A.C. & Stobbs, J. (1968). *The search for the perfect swing*: London.
- Cordo, P.J. (1990). Kinesthetic control of a multijoint movement sequence. *Journal of Neurophysiology*, 63, 161-172.
- Craske, B. (1977). Perception of limb positions induced by tendon vibration. *Science*, 196, 71-73.
- Cratty, B.J. (1975). *Motorisches Lernen und Bewegungsverhalten*. Frankfurt.
- Dalichau, S. & Scheele, K. (2000). Die Winkelproduktionsfähigkeit der Lendenwirbelsäule männlicher Turner, Tennis- und Hockeyspieler. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51, 21-25.
- Delay, D., Nougier, V., Orliaguet J.-P. & Coello, Y. (1997). Movement control in golf putting. *Human Movement Science*, 16, 597-619.
- Dickinson, J. (1974). *Proprioceptive control of human movement*. London.
- Eberspächer, H. (Hrsg.) (1992). *Handlexikon Sportwissenschaft*. Hamburg.
- Edelman, G.M. (1987). *Neural Darwinism - The Theory of Neuronal Group Selection*. New York.
- Edelman, G.M. (1993). *Unser Gehirn - ein dynamisches System*. München.

- Euzet, J.-P. & Gahéry, Y. (1998). Position sense an adolescents. Comparison with adults and sports-trained subjects. *Journal of Human Movement Studies*, 35, 51-71.
- Fahrmeir, L., Künstler, R., Pigeot, I. & Tutz, G. (1999). *Statistik – Der Weg zur Datenanalyse*. Heidelberg.
- Farfel, W.S. (1983). *Bewegungssteuerung im Sport*. Berlin.
- Ferrauti, A., Predel, G., Weber, K. & Rost, R. (1997). Beanspruchungsprofil von Golf und Tennis aus gesundheitssportlicher Sicht. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 48, 263-269.
- Ferrell, W.R. (1980). The adequacy of stretch receptors in the cat knee joint for signalling joint angle throughout a full range of movement. *Journal of Neurophysiology*, 299, 85-99.
- Fetzer, B., Volkamer, M. & Bedenbecker, H.P. (1976). Untersuchungen zur kinästhetischen Wahrnehmung. In: H. Rieder & E. Hahn: *Psychomotorik und sportliche Leistung* (S.24-140). Schorndorf.
- Flash, T. & Hogan, N. (1982). Evidence for an optimization strategy in arm trajectory formation. *Society Neuroscience Abstracts*, 8, 282.
- Flash, T. & Hogan, N. (1985). The coordination of arm movements: An experimentally confirmed mathematical model. *Journal of Neuroscience*, 5, 1688-1703.
- Gandevia, S.C. & Burke, D. (1992). Does the nervous system depend on kinesthetic information to control natural limb movements? *Behavioral and Brain Sciences*, 15, 614-632.

- Garbner, M.D. (1993). *Current issues in biomechanics*. Champaign.
- Gielen, S. (2001). Helmholtz: Founder of the action-perception theory. In: M.L. Latash & V.M. Zatsiorsky. *Classics in Movement Science*. Champaign.
- Green, K.N., East, W.L. & Hensley, L.D. (1987). A golf skills test battery for college males and females. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 58, 1, 72-76.
- Grigg, P. (1975). Mechanical factors influencing response of joint afferent neurons from cat knee. *Journal of Neuroscience*, 38, 1473-1484.
- Grigg, P. (1976). Response of joint afferent neurons in cat medial articular nerve to active and passive movements of the knee. *Brain Research*, 118, 482-485.
- Grosser, M. & Knauss, C. (1995). *Energy Golf Training*. München.
- Grosser, M. & Knauss, M. (1999). *Universal Golf Learning System. Der schnellste und gesundeste Weg zu Ihrem idealen Schwung*. Hartl Golf Resort, Bad Griesbach.
- Grosser, M. & Neumaier, A. (1988). *Kontrollverfahren zur Leistungsoptimierung*. Schorndorf.
- Grouios, I. G., Stergiopoulos, V., Tsorbatzoudis, H. & Alexandris, K. (2000). Effects of normal aging on weight discrimination. *Journal of Human Movement Studies*, 39, 141-156.
- Hansen, G. (1976). Der Einfluss des kinästhetischen Nacheffektes auf die Kugelstoßleistung. In: Ausschuss deutscher Leibeserzieher (Hrsg.), *Sport Lehren und Lernen* (S.302-304). Schorndorf.

- Hamsen, G. (1978). Kinesthesia: A re-definition for physical education research. In: de Potter, *Psychomotor learning*. (S.133-137). Brüssel.
- Hamsen, G. (1979). Zur Untersuchung der kinästhetischen Wahrnehmung. In: H. Eberspächer, A. Trebels: *Sportwissenschaftliche Forschung als Praxisproblem* (S.128-133). Bad Homburg.
- Hazan, Z. (1992). Role of proprioceptors in neural control. *Current Opinion in Neurobiology*, 2, 824-829.
- Hebron, M. (1984). *See and feel the inside move the outside*. New York.
- Hebron, M. (1993). *Building and improving your golf mind, golf body, golf swing*. New York.
- Hirtz, P. (1985). *Koordinative Fähigkeiten im Schulsport*. Berlin-Ost.
- Hirtz, P. & Nüske, F. (Hrsg.) (1997). *Bewegungskoordination und sportliche Leistung integrativ betrachtet*. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Band 87.
- Hogan, N. (1984). An organizing principle for a class of voluntary movements. *Journal of Neuroscience*, 4, 2745-2754.
- Hüpper, G. (1988). *Handbuch des Golfspiels - Theorie, Praxis, Psychologie*. Königswinter, Heel.
- Jones, E. & Brown, I. (1996). *Golf den Schwung erleben*. Hamburg.
- Jordon, T.C. (1972). Characteristics of visual and proprioceptive response times in learning a motor skill. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 24, 536-543.

- Jorgenson, T.P. (1994). *The physics of golf*. New York.
- Jerosch, J., Thorwesten, L., Steinbeck, J. & Schröder, M. (1995). Propriozeption des Schultergelenkes bei gesunden Probanden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 46, 243-251.
- Jerosch, J., Thorwesten, L. & Reuter, M. (1997). Propriozeptive Fähigkeiten im Bereich des Ellenbogengelenkes von Hochleistungstischtennisspielerinnen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 48, 43-48.
- Kaplan, S.F., Nixon, J.E., Reitz, M., Rindfleish, L. & Tucker, J. (1985). Age-related changes in proprioception and sensation of joint position. *Acta Orthopadica Scandinavica*, 56, 72-74.
- Kassat, G. (1993): *Biomechanik für Nicht-Biomechaniker*. Bünde.
- Kelso, J.A. Scott (Hrsg.) (1982). *Human motor behavior. An introduction*. Hillsdale, New Jersey.
- Kerr, R. (1982). *Psychomotor learning*. Philadelphia: Saunders College Publishing.
- Klein, R.M. & Posner, M.I. (1974). Attention to visual and kineshetic components of skills. *Brain Research*, 71, 401-411.
- Kollodij, D. (1979). Zum Hammerwurftraining von Jugendlichen. *Die Lehre der Leichtathletik*, 27, 14, 483-484.
- Kugler, P.N. & Turvey, M.T. (1987). *Information, natural law and self-assembly of rhythmic movement*. Hillsdale, New York.

- Latash, M.L. (1993). *Control of human movement*. Champaign.
- Leadbetter, D. (1991). *Alles über Schlag und Schwung*. Hamburg.
- Lee, D.N. (1980). Visuomotor coordination in space-time. In: G.E. Stelmach & J. Requin (Hrsg.): *Tutorials in motor behavior* (S.281-295). Amsterdam.
- Lehnertz, K. & Koenig, P. (1995). *Techniktraining im Golfsport*. Lehrbrief 6, Deutscher Golf Verband. Gräfelfing.
- Lehnertz, K. (1996). Zur Theorie und Vermittlung sportlicher Techniken. *Leistungssport*, 3, 12-20.
- Leisman, G. (1989). Cybernetic model of psychophysiological pathways: II. Consciousness of tension and kinesthesia. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 12, 3, 174-191.
- Letzelter, H., Letzelter, M. & Bayer, K. (1992). *Leistungsdiagnostik im Golf*. Ahrensburg.
- Lovelace, E.A. (1989). Vision and kinesthesia in accuracy of hand movement. *Perceptual and Motor Skills*, 68, 707-714.
- Mallon, W.J. & Hawkins, R.J. (1997). Verletzungen und Überlastungsschäden im Golf. In: P.A.F.H. Renström (Hrsg.): *Sportverletzungen und Überlastungsschäden* (S.411-421). Köln: Deutscher Sportärzterverlag.
- Marteniuk, R.G. & Young, P.R. (1997). Acquisition of a multi-articular kicking task: Jerk analysis demonstrates movements do not become smoother with learning. *Human Movement Science*, 16, 677-701.

- Mc Carroll, J.R., Rettig, A.C. & Shelbourne, K.D. (1990). Injuries in the amateur golfer. *The Physician and Sportsmedicine*, 18, 122-126.
- Mechling, H. (1988). Zur Theorie und Praxis des Techniktrainings: Problemaufriß und Thesen. *Leistungssport*, 18, 39-42.
- Meier, H. & Ploog, D. (Hrsg.) (1997). *Der Mensch und sein Gehirn. Die Folgen der Evolution*. München.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (1976). *Bewegungslehre*. Berlin.
- Mervis, C.B. & Rosch, E. (1981). Categorization of natural objects. *Annual Review of Psychology*, 32, 89-115.
- Milburn, P.D. (1982). Summation of segmental velocities in the golf swing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14, 60-64.
- Millar, J. (1975). Flexion – Extension sensitivity of elbow joint afferents in cat. *Experimental Brain Research*, 24, 209-214.
- Münzenberger, B. (1998): *Untersuchung zur Quantifizierung qualitativer Bewegungsmerkmale des Golfschwunges durch biomechanische Parameter und zu deren intraindividuellen Variabilität*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg.
- Nelson, W. (1983). Physical principles for economies of skilled movements. *Biological Cybernetics*, 46, 135-147.
- Norman, G. & Peper, G. (1989). *Top Golf*. München.

- Opitz, O. (1998). *Untersuchung zum Zusammenhang zwischen qualitativen Bewegungsmerkmalen und der quantitativen Beschreibung der Bewegungskoordination beim Golfschwung unter Berücksichtigung der intraindividuellen Variabilität*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg.
- Panjabi, M.M. & White, A.A. (2001). *Biomechanics in the musculoskeletal system*. Philadelphia.
- Philipps, B.E. (1941). The relationship between certain phases of kinesthesia and performance during the early stages of acquiring two perceptuomotor skills. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 12, 571-586.
- Pöhlmann, R. & Kirchner, G. (1979). Die Sinnesempfindungen steuern und kontrollieren unsere Bewegungen. *Körpererziehung*, 29, 202-210.
- Puni, A.Z. (1961). *Abriss der Sportpsychologie*. Berlin.
- Quante, M. & Hille, E. (1999). Propriozeption: eine kritische Analyse zum Stellenwert in der Sportmedizin. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50, 10, 306-310.
- Raine, C. (1972). Kinesthesia and proprioception - a clarification of terms? *British Journal of Physical Education*, 3, 4, 27-29.
- Rockmann-Rüger, U. (1991). *Zur Gestaltung von Übungsprozessen beim Erlernen von Bewegungstechniken*. Frankfurt.

- Roloff, L.L. (1953). Kinesthesia in relation to the learning of selected motor skills. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 24, 210-217.
- Röthig, P. u.a. (Hrsg.) (1992). *Sportwissenschaftliches Lexikon*. Schorndorf.
- Rothwell, J.C., Taub, M.M., Day, B.L., Obeso, J.A., Thomas, P.K. & Marsden, C.D. (1982). Manual motor performance in a deafferented man. *Brain*, 105, 515- 542.
- Rousseau, J.-J. (1979). *Emile; Or, on Education*. New York.
- Sainburg, R.L., Poizner, H. & Ghez, C. (1993). Loss of proprioception produces deficits in interjoint coordination. *Journal of Neurophysiology*, 70, 5, 2136-2147.
- Sainburg, R.L., Ghilardi, M.F., Poizner, H. & Ghez, C. (1995). Control of limb dynamics in normal subjects and patients without proprioception. *Journal of Neurophysiology*, 73, 820-835.
- Schade, J.P. (1993). *Anatomischer Atlas des Menschen*. Stuttgart.
- Schmidt, R.A. (1988). *Motor control and learning*. Champaign.
- Schmidt, R.A. (1991). *Motor learning & performance*. Champaign.
- Schmidt, R.F. (Hrsg.) (1993). *Neuro- und Sinnesphysiologie*. Heidelberg.
- Schnabel, G. & Thieß, G. (1993). *Sportwissenschaftliches Lexikon, Band 1*. Berlin.
- Schnabel, G., Harre, D. & Borde, A. (Hrsg.) (1994). *Trainingswissenschaft*. Berlin.
- Schneider, K. (1990 a). *Koordination und Lernen von Bewegungen*. Frankfurt.

- Schneider, K. (1990 b). Der Beschleunigungsaufwand als quantitative Beschreibung des Bewegungsflusses. *Sportwissenschaft*, 20, 2, 192-199.
- Schneider, K. & Zernicke, R.F. (1989). Jerk-cost modulations during the practice of rapid arm movements. *Biological Cybernetics*, 60, 221-230.
- Scholz, A. (1994). Stabilisations- und Koordinationsübungen. *Krankengymnastik*, 46, 5, 614-618.
- Schuck, H. (1990). Trainierbarkeit der sensomotorischen Regulationsfähigkeit. *Training und Wettkampf*, 28, 22-26.
- Scott, M.G. (1955). Measurement of kinesthesia. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 26, 3, 324-341.
- Scott, M.L., Pincivero, D.M., Giraldo, J.L. & Fu, F.H. (1997). The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *American Journal Sports Medicine*, 25, 1, 130-137.
- Sherrington, G.S. (1906). *The Integrative Action of the Nervous System*. New Haven: Yale University Press (wiederveröffentlicht durch Cambridge University Press, 1947).
- Singer, R.N. (1985). *Motorisches Lernen und menschliche Leistung*. Bad Homburg.
- Smith, J.L. (1969). Kinesthesia: A model for movement feedback. In: R.C. Brown & B.J. Cratty (S.31-50): *New perspectives of man in action*. Englewood Cliffs, New York.
- Sporns, O. & Edelman, G.M. (1993). Solving Bernstein's problem: a proposal for the development of coordinated movement by selection. *Child Development*, 64, 960-981.

- Strohmeyer, W. (1982). Kinästhesie im alpinen Skisport. *Hochschulsport*, 9, 2/3, 13-18.
- Tracey, D.J. (1979). Characteristics of wrist joint receptors in the cat. *Experimental Brain Research*, 34, 165-176.
- Vereijken, E.M.J. (1991). *The dynamics of skill acquisition*. Krips Repro, Meppel.
- Whiting, H.T.A. (Hrsg.) (1984). *Human motor actions. Bernstein reassessed*. Amsterdam.
- Whiting, H.T.A. & Vereijken, B. (1993). The acquisition of coordination in skill learning. *International Journal of Sport Psychology*, 24, 343-357.
- Wiebe, V.R. (1954). A study of tests of kinesthesia. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 25, 2, 222-230.
- Willert, J. (1977). Zur Vervollkommnung des kinästhetischen Analysators bei Schulkindern. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, 26, 521-523.
- Yessis, M. (2000). *Explosive golf. Using the science of kinesiology to improve your swing*. Chicago.
- Young, O.G. (1945). A study of kinesthesia in relation of selected movements. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 16, 277-287.

Zernicke, R.F. & Schneider, K. (1993). Biomechanics and developmental neuromotor control. *Child Development*, 64, 982-1004.

Zintl, F. (1988). *Ausdauertraining*. München.

Zintl, F. & Eisenhut, A. (2001). *Ausdauertraining*. München.

12 ANHANG

Zur Verdeutlichung der Trainingsinhalte werden hier die Übungen des kinästhetischen Trainings durch Abbildungen dargestellt. Zur besseren Übersicht werden die einzelnen Trainingsschwerpunkte Gleichgewichtsschulung, Körperwahrnehmung im Raum und Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte einzeln behandelt. Einige Übungen werden durch Variationen ergänzt.

12.1 Übungen zur Gleichgewichtsschulung

Abbildung 12.1: Gleichgewichtsverlagerung rechts und links auf einem Schaumstoffstück. Die Augen sind geschlossen, bzw. durch eine Augenbinde verdeckt. Übungsvarianten: a) auf ebenen Boden, b) im Gras.



Abbildung 12.2: Balancieren auf dem Wackelbrett mit geschlossenen Augen. Übungsvarianten: a) Erschwerung: im Einbeinstand, b) Kipprichtung des Bretts variieren (Brett um 90° drehen).

Abbildung 12.3: Balancieren im Einbeinstand auf dem Therapiekreis mit geöffneten Augen. Übungsvarianten: a) Erleichterung: Einbeinstand am Boden, b) Einbeinstand auf dem Schaumstoffstück, c) Einbeinstand auf dem Wackelbrett.



Abbildung 12.4: Balancieren im Einbeinstand auf dem Therapiekreis mit geschlossenen Augen. Übungsvariante: Einbeinstand am Boden.

Abbildung 12.5: Balancieren auf dem Tau mit offenen Augen. Übungsvariante: mit geschlossenen Augen.



Abbildung 12.6: Einbeinstand auf Schaumstoff mit geschlossenen Augen. Übungsvariante: verschieden weiche Schaumstoffe.



Abbildung 12.7: Einbeinstand auf dem Wackelbrett mit geschlossenen Augen.

Abbildung 12.8: Balancieren auf der „Stabstraße“ mit geschlossenen Augen. Übungsvariante: Reihenfolge der labilen Unterlagen variieren.



Abbildung 12.9: Einen Gegenstand, z.B. einen Tennisball bei geschlossenen Augen auf dem Kopf balancieren. Übungsvarianten: a) Gegenstand variieren, b) im Einbeinstand etwas auf dem Kopf balancieren.



Abbildung 12.10: Stehen mit geschlossenen Augen auf dem Schaumstoff und gleichzeitiges einhändiges Schwingen des Holzstabs. Übungsvariante: andere labile Unterlagen.

Abbildung 12.11: Stehen mit geschlossenen Augen auf dem Schaumstoff und gleichzeitiges beidhändiges Schwingen des Holzstabs. Übungsvariante: andere labile Unterlage.



Abbildung 12.12: Mit geschlossenen Augen einhändiges Schwingen des Golfschlägers auf dem Schaumstoff. Übungsvariante: labile Unterlage variieren.





Abbildung 12.13: Mit geschlossenen Augen beidhändiges Schwingen des Golfschlägers auf dem Schaumstoff. Übungsvariante: labile Unterlage variieren.

12.2 Übungen zur Schulung der Körperwahrnehmung im Raum

Abbildung 12.14: „Baumstamm-spiel“. Man wird von den Partnern hin und her geschubst. Die Augen sind geschlossen.



Abbildung 12.15: Mit geschlossenen Augen geradeaus laufen. Übungsvarianten: a) in verschiedene Richtungen laufen, b) nach 1/1 Drehung geradeaus (in verschiedene Richtungen) laufen.





Abbildung 12.16 a / b: Im Stehen mit geschlossenen Augen verschiedene Armwinkel anzeigen.



Abbildung 12.17 a / b: Im Stehen mit geschlossenen Augen verschiedene Höhen anzeigen. Übungsvariante: Schritte nach verschiedenen Entfernungsvorgaben.

Abbildung 12.18: Weitwerfen mit geschlossenen Augen nach verschiedenen Entfernungsvorgaben.



Abbildung 12.19 a / b: Rotieren des Oberkörpers mit geschlossenen Augen. Schultern drehen, Kopf steht fest. Übungsvarianten: im Stehen.



Abbildung 12.20 a / b: Hochwerfen eines Tennisballs, 1/1 Drehung und wieder fangen des Balls.

Abbildung 12.21: Mit geschlossenen Augen eine 1/1 Drehung und anschließend auf einen Punkt zeigen. Vereinfachte Variante: ohne Stab.





Abbildung 12.22 a / b: Schwung mit dem Holzstab im Halbsitz. Kopf bleibt fest, Augen geschlossen.



Abbildung 12.23 a / b: Schwingen mit dem Schläger im Halbsitz mit geschlossenen Augen.



Abbildung 12.24 a / b: Mit geschlossenen Augen verschiedene Schlägerpositionen anzeigen. Übungsvariante: Durchführung von Schwüngen und Schätzung der Weite der Ausholbewegung.

12.3 Übungen zur Wahrnehmung aktiver und passiver Kräfte



Abbildung 12.25: Partner lehnen sich gemeinsam nach hinten, Augen geschlossen. Übungsvariante: Partner drücken mit den Handflächen gegeneinander.

Abbildung 12.26: Mit geschlossenen Augen verschieden schwere Gewichte einordnen.



Abbildung 12.27: Mit geschlossenen Augen den Tennisball an der Schnur pendeln lassen. Übungsvarianten: a) Pendeln in verschiedenen Ebenen, b) Pendeln mit kurzer und langer Schnur.



Abbildung 12.28: Beidhändiges Pendeln des Tennisballs an der Schnur. Übungsvarianten: a) Pendeln in verschiedenen Ebenen, b) Pendeln mit kurzer und langer Schnur.





Abbildung 12.29: Ball an der Schnur rotieren lassen, Augen geschlossen. Übungsvariante: Schnurlänge variieren.

Abbildung 12.30: Partner schwingt den Ball, der andere versucht ihn zu fangen. Übungsvarianten: a) Partner steht erhöht, b) Partner variiert die Schnurlänge.



Abbildung 12.31: Stab mit geschlossenen Augen einhändig locker hin und her pendeln, Augen geschlossen. Griff locker, so dass der Stab fast aus der Hand rutscht. Übungsvarianten: a) Schwungebene variieren, b) mit weichen Handschuhen pendeln, c) mit dem Schläger pendeln.



Abbildung 12.32: Stab mit festem Handgelenk einhändig hin und her pendeln, Augen geschlossen. Übungsvarianten: a) Schwungebene variieren, b) mit weichen Handschuhen pendeln, c) mit dem Schläger pendeln.





Abbildung 12.33 a / b: Mit geschlossenen Augen den Ball an der Schnur und den Schläger gemeinsam pendeln.

Abbildung 12.34: Schwingen des Schlägers mit geschlossenen Augen.
Übungsvarianten: a) verschieden lange Schläger, b) verschieden schwere Schläger.





Abbildung 12.35: Partner hält den Schläger am Ende in waagrechter Ausgangsposition und lässt dann los. Der Spieler hat die Augen geschlossen und lässt den Schläger durchschwingen.

Abbildung 12.36: Mit geschlossenen Augen auf Zehenspitzen schwingen. Übungsvarianten: a) mit geöffneten Beinen, b) mit geschlossenen Beinen, c) mit und ohne Ball.





Abbildung 12.37: Mit geschlossenen Augen auf der Ferse schwingen. Übungsvarianten: a) mit geöffneten Beinen, b) mit geschlossenen Beinen, c) mit und ohne Ball.

12.4 Unterrichtsmaterialien

Zur Durchführung des kinästhetischen Trainings werden folgende Unterrichtsmaterialien benötigt. Diese sind teils käuflich zu erwerben, aber teilweise auch selbst gefertigt (gekennzeichnet durch einen Stern):

- 6 Augenbinden
- 6 Schaumstoffstücke 40 cm x 60 cm in verschiedenen Schaumstoffhärten *
- 6 Wackelbretter 40 cm x 60 cm *
- 6 Therapiekreisel
- 6 Balanciertäue
- 6 Tennisbälle
- 4 x 6 gefüllte Tennisbälle (50 g, 100 g, 110 g, 130 g) *
- 6 Tennisbälle an der Schnur *
- 6 Paar weiche Handschuhe
- 6 Holzstäbe (Gymnastikstäbe)
- 6 Maßbänder
- 6 Zollstöcke
- 6 Hocker
- 6 Golfschlägersätze für den Anfänger (meistens bestehend aus 5 Schlägern).

13 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1: Neuronaler Schaltkreis der Muskelspindeln und Golgi-Sehnenorgane mit dem Rückenmark (vom 15.04.2001 aus: www.nanonline.org/NANdistanCE/nanneuro/modules/proprio/proprio.html).....	15
Abbildung 2.2: Aufbau einer Muskelspindel (vom 15.04.2001 aus: www.nanonline.org/NANdistanCE/nanneuro/modules/proprio/proprio.html).....	17
Abbildung 2.3: Der Vestibularapparat (vom 15.04.2001 aus: www.nanonline.org/NANdistanCE/nanneuro/modules/proprio/proprio.html).....	19
Abbildung 3.1: Bernsteins 3 Phasen Modell des Lernprozesses.	26
Abbildung 3.2: „Open-loop“ Modell nach Schmidt (1991).....	38
Abbildung 3.3: „Closed-loop“ Modell nach Schmidt (1991).	41
Abbildung 3.4: Entstehung einer Globalkartierung nach Edelman	46
Abbildung 6.1: Die Versuchsperson steht vor Beginn der Aufnahme in der Ansprechposition. Zu sehen sind die einzelnen Marker am Körper des Probanden (Punkte). Die Marker sind durch Linien miteinander verbunden und bilden somit die einzelnen Körpersegmente, die Verbindung zum Schläger und den Schläger.....	92
Abbildung 6.2: Bewegungsbahn des ausgewählten Bewegungsabschnitts von vorne.	96

Abbildung 7.1: Putten: Auf der y-Achse sind die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel [m] der Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau) dargestellt. Auf der x-Achse findet sich die Unterteilung in Gesamtstichprobe, weibliche Stichprobe und männliche Stichprobe.. 99

Abbildung 7.2: Chip-Shot: Auf der y-Achse sind die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel [m] der Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau) dargestellt. Auf der x-Achse findet sich die Unterteilung in Gesamtstichprobe, weibliche Stichprobe und männliche Stichprobe. 101

Abbildung 7.3: Pitch-Shot: Auf der y-Achse sind die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel [m] der Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau) dargestellt. Auf der x-Achse findet sich die Unterteilung in Gesamtstichprobe, weibliche Stichprobe und männliche Stichprobe.. 102

Abbildung 7.4: Approach-Shot: Auf der y-Achse sind die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel [m] der Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau) dargestellt. Auf der x-Achse findet sich die Unterteilung in Gesamtstichprobe, weibliche Stichprobe und männliche Stichprobe. 104

Abbildung 7.5: Graphische Verdeutlichung („boxplot“) der Streuung um den Median. Die linke Spalte beinhaltet die Mediane und Quantile der Kontrollgruppe, die rechte Spalte die der Experimentalgruppe. Die beiden Gruppen sind reihenweise in Gesamtgruppe,

weibliche Gruppe und männliche Gruppe unterteilt. Ausreißer sind durch das Symbol „°“ gekennzeichnet.....	106
Abbildung 7.6: Streudiagramm-Matrix der Kontrollgruppe der Testvariablen Alter in Jahren, Putt, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot in Metern. Zur Übersicht sind zusätzlich die Histogramme der einzelnen Variablen abgebildet.	110
Abbildung 7.7: Streudiagramm-Matrix der Experimentalgruppe der Testvariablen Alter in Jahren, Putt, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot in Metern. Zur Übersicht sind zusätzlich die Histogramme der einzelnen Variablen dargestellt.	111
Abbildung 7.8: Vergleich der Mittelwerte der „jerk-cost“ in $[m^2/s^5]$ der gesamten Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau).	113
Abbildung 7.9: Vergleich der Mittelwerte der „jerk-cost“ in $[m^2/s^5]$ der weiblichen Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau).	114
Abbildung 7.10: Vergleich der Mittelwerte der „jerk-cost“ in $[m^2/s^5]$ der männlichen Kontrollgruppe (dunkelblau) und Experimentalgruppe (hellblau).	114
Abbildung 7.11: „Boxplot“ zur graphischen Verdeutlichung vom Median, den Quartilen und der Spannweite der „jerk-cost“ in $[m^2/s^5]$ von Kontroll- und Experimentalgruppe. Das Symbol „°“ kennzeichnet die Ausreißer der Stichprobe.	117
Abbildung 8.1: Darstellung des Dreiecksverhältnis von Sportwissenschaftler, Trainer und Sportler und der daraus resultierenden Interdependenzen.....	127

Abbildung 12.1: Gleichgewichtsverlagerung rechts und links auf einem Schaumstoffstück. Die Augen sind geschlossen, bzw. durch eine Augenbinde verdeckt. Übungsvarianten: a) auf ebenen Boden, b) im Gras.	157
Abbildung 12.2: Balancieren auf dem Wackelbrett mit geschlossenen Augen. Übungsvarianten: a) Erschwerung: im Einbeinstand, b) Kipprichtung des Bretts variieren (Brett um 90° drehen).	157
Abbildung 12.3: Balancieren im Einbeinstand auf dem Therapiekreisel mit geöffneten Augen. Übungsvarianten: a) Erleichterung: Einbeinstand am Boden, b) Einbeinstand auf dem Schaumstoffstück, c) Einbeinstand auf dem Wackelbrett.	158
Abbildung 12.4: Balancieren im Einbeinstand auf dem Therapiekreisel mit geschlossenen Augen. Übungsvariante: Einbeinstand am Boden.	158
Abbildung 12.5: Balancieren auf dem Tau mit offenen Augen. Übungsvariante: mit geschlossenen Augen.....	159
Abbildung 12.6: Einbeinstand auf Schaumstoff mit geschlossenen Augen. Übungsvariante: verschieden weiche Schaumstoffe.....	159
Abbildung 12.7: Einbeinstand auf dem Wackelbrett mit geschlossenen Augen.	160
Abbildung 12.8: Balancieren auf der „Stabistraße“ mit geschlossenen Augen. Übungsvariante: Reihenfolge der labilen Unterlagen variieren.....	160
Abbildung 12.9: Einen Gegenstand, z.B. einen Tennisball bei geschlossenen Augen auf dem Kopf balancieren.	

Übungsvarianten: a) Gegenstand variieren, b) im Einbeinstand etwas auf dem Kopf balancieren.....	161
Abbildung 12.10: Stehen mit geschlossenen Augen auf dem Schaumstoff und gleichzeitiges einhändiges Schwingen des Holzstabs. Übungsvariante: andere labile Unterlagen.	161
Abbildung 12.11: Stehen mit geschlossenen Augen auf dem Schaumstoff und gleichzeitiges beidhändiges Schwingen des Holzstabs. Übungsvariante: andere labile Unterlage.	162
Abbildung 12.12: Mit geschlossenen Augen einhändiges Schwingen des Golfschlägers auf dem Schaumstoff. Übungsvariante: labile Unterlage variieren.....	162
Abbildung 12.13: Mit geschlossenen Augen beidhändiges Schwingen des Golfschlägers auf dem Schaumstoff. Übungsvariante: labile Unterlage variieren.....	163
Abbildung 12.14: „Baumstammspiel“. Man wird von den Partnern hin und her geschubst. Die Augen sind geschlossen.	164
Abbildung 12.15: Mit geschlossenen Augen geradeaus laufen. Übungsvarianten: a) in verschiedene Richtungen laufen, b) nach 1/1 Drehung geradeaus (in verschiedene Richtungen) laufen.....	164
Abbildung 12.16a / b: Im Stehen mit geschlossenen Augen verschiedene Armwinkel anzeigen.....	165
Abbildung 12.17a / b: Im Stehen mit geschlossenen Augen verschiedene Höhen anzeigen. Übungsvariante: Schritte nach verschiedenen Entfernungsvorgaben.	165
Abbildung 12.18: Weitwerfen mit geschlossenen Augen nach verschiedenen Entfernungsvorgaben.	166

Abbildung 12.19a / b: Rotieren des Oberkörpers mit geschlossenen Augen. Schultern drehen, Kopf steht fest. Übungsvarianten: a) im Sitzen, b) im Stehen.	166
Abbildung 12.20a / b: Hochwerfen eines Tennisballs, 1/1 Drehung und wieder fangen des Balls.....	167
Abbildung 12.21: Mit geschlossenen Augen eine 1/1 Drehung und anschließend auf einen Punkt zeigen. Vereinfachte Variante: ohne Stab.	167
Abbildung 12.22a / b: Schwung mit dem Holzstab im Halbsitz. Kopf bleibt fest, Augen geschlossen.	168
Abbildung 12.23a / b: Schwingen mit dem Schläger im Halbsitz mit geschlossenen Augen.	168
Abbildung 12.24a / b: Mit geschlossenen Augen verschiedene Schlägerpositionen anzeigen. Übungsvariante: Durchführung von Schwüngen und Schätzung der Weite der Ausholbewegung.	169
Abbildung 12.25: Partner lehnen sich gemeinsam nach hinten, Augen geschlossen. Übungsvariante: Partner drücken mit den Handflächen gegeneinander.....	170
Abbildung 12.26: Mit geschlossenen Augen verschieden schwere Gewichte einordnen.....	170
Abbildung 12.27: Mit geschlossenen Augen den Tennisball an der Schnur pendeln lassen. Übungsvarianten: a) Pendeln in verschiedenen Ebenen, b) Pendeln mit kurzer und langer Schnur.	171

Abbildung 12.28: Beidhändiges Pendeln des Tennisballs an der Schnur. Übungsvarianten: a) Pendeln in verschiedenen Ebenen, b) Pendeln mit kurzer und langer Schnur.....	171
Abbildung 12.29: Ball an der Schnur rotieren lassen, Augen geschlossen. Übungsvariante: Schnurlänge variieren.	172
Abbildung 12.30: Partner schwingt den Ball, der andere versucht ihn zu fangen. Übungsvarianten: a) Partner steht erhöht, b) Partner variiert die Schnurlänge.	172
Abbildung 12.31: Stab mit geschlossenen Augen einhändig locker hin und her pendeln, Augen geschlossen. Griff locker, so dass der Stab fast aus der Hand rutscht. Übungsvarianten: a) Schwungebene variieren, b) mit weichen Handschuhen pendeln, c) mit dem Schläger pendeln.	173
Abbildung 12.32: Stab mit festen Handgelenk einhändig hin und her pendeln, Augen geschlossen. Übungsvarianten: a) Schwungebene variieren, b) mit weichen Handschuhen pendeln, c) mit dem Schläger pendeln.	173
Abbildung 12.33a / b: Mit geschlossenen Augen den Ball an der Schnur und den Schläger gemeinsam pendeln.	174
Abbildung 12.34: Schwingen des Schlägers mit geschlossenen Augen. Übungsvarianten: a) verschieden lange Schläger, b) verschieden schwere Schläger.	174
Abbildung 12.35: Partner hält den Schläger am Ende in waagrechter Ausgangsposition und lässt dann los. Der Spieler hat die Augen geschlossen und lässt den Schläger durchschwingen.....	175

Abbildung 12.36: Mit geschlossenen Augen auf Zehenspitzen schwingen. Übungsvarianten: a) mit geöffneten Beinen, b) mit geschlossenen Beinen, c) mit und ohne Ball..... 175

Abbildung 12.37: Mit geschlossenen Augen auf der Ferse schwingen. Übungsvarianten: a) mit geöffneten Beinen, b) mit geschlossenen Beinen, c) mit und ohne Ball..... 176

14 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 7.1: Putten: Arithmetische Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel.	99
Tabelle 7.2: Chip-Shot: Arithmetische Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel.	100
Tabelle 7.3: Pitch-Shot: Arithmetische Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel.	102
Tabelle 7.4: Approach-Shot: Arithmetische Mittel und Standardabweichungen der Distanzen zum Ziel.	103
Tabelle 7.5: Tabellarische Übersicht der p-Werte des F-Tests im Vergleich von Kontrollgruppe und Experimentalgruppe. Zur Übersicht sind die Zahlen auf die zweite Nachkommastelle gerundet. Die signifikanten Werte sind grau hinterlegt.	107
Tabelle 7.6: Tabellarische Gesamtübersicht der p-Werte des Welch Tests (t-Test) im Vergleich von Kontrollgruppe und Experimentalgruppe. Zur Übersicht sind die Zahlen auf die zweite Nachkommastelle gerundet. Die signifikanten Werte sind grau hinterlegt.	108
Tabelle 7.7: Korrelationskoeffizienten der Kontrollgruppe der Variablen Alter, Putt, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot.	109
Tabelle 7.8: Korrelationskoeffizienten der Experimentalgruppe der Variablen Alter, Putt, Chip-Shot, Pitch-Shot und Approach-Shot.	109

Tabelle 7.9: Mittelwerte der „jerk-cost“ im Aufschwung, Abschwung und der Gesamtbewegung in $[m^2/s^5 \times 10^2]$. Die Werte sind auf die dritte signifikante Stelle gerundet..... 112

Tabelle 7.10: Standardabweichungen der „jerk-cost“ im Aufschwung, Abschwung und der Gesamtbewegung in $[m^2/s^5 \times 10^2]$. Die Werte sind auf die dritte signifikante Stelle gerundet. 113

Tabelle 7.11: Tabellarische Gesamtübersicht der p-Werte der „jerk-cost“: Statistische Datenanalyse mittels Welch-Test (t-Test). Die Zahlen sind zur besseren Übersicht auf die zweite Nachkommastelle gerundet. Es zeigen sich keine signifikanten Werte..... 115

Tabelle 7.12: Tabellarische Gesamtübersicht der p-Werte der „jerk-cost“ Analyse mittels F-Test. Die Zahlen sind zur besseren Übersicht auf die zweite Nachkommastelle gerundet. Signifikante Werte sind grau unterlegt.. 115

DANKSAGUNG

Mein Dank geht an erster Stelle an Herrn Professor Dr. Klaus Schneider, der es mir ermöglichte an seinem Lehrstuhl für Bewegungs- und Trainingswissenschaften des Instituts für Sportwissenschaft und Sport zu promovieren. Seine stets freundliche Art schaffte immer eine angenehme Arbeitsatmosphäre. Seine ständige Bereitschaft bei Fragen und Problemen konstruktiv zu helfen, führten die Arbeit zu einem schnellen und erfolgreichen Ende. Leider war so manche unserer Golfkunden nicht von vergleichbaren Erfolg gekrönt.

Herrn Professor Dr. Helmut Altenberger vom Lehrstuhl für Sportpädagogik der Universität Augsburg, möchte ich ebenfalls recht herzlich für seine konstruktiven Anregungen danken, und freue mich, dass er sich als Zweitgutachter zu Verfügung stellt.

Danken möchte ich weiterhin Herrn Jon Taylor und seinen Mitarbeitern der Golf Academy „The Move“, die die vorliegende Studie im Rahmen ihres Kursprogramms ermöglichten.

Ein dickes Dankschön geht an die gute Seele des Instituts, Frau Renate Müller. Ohne den morgendlichen Kaffee, die netten Gespräche und ihre unkonventionelle Art wäre so mancher Arbeitstag anders verlaufen. Weiterhin einen Gruß an Jiri Adamec, der während seiner kurzen Zeit am Lehrstuhl immer auf alles eine Antwort wusste.

Mein besonderer Dank gilt meinem Lebensgefährten Volker Kurr. Ohne ihn hätte ich den Schritt zurück an die Uni vielleicht nicht angetreten. Seine motivierenden und anerkennenden Worte haben mich stets begleitet und aufgebaut.

Nicht zu vergessen sind meine Eltern. Sie haben mir meinen beruflichen Werdegang ermöglicht und mich stets in meinen Entscheidungen unterstützt.

Es dürfen nicht unerwähnt bleiben: Bernd Winkler, der beste Computerfachmann und Zahlenjongleur. Karin Sölla, ohne die meine Probanden nicht im Dunkeln getappt wären. Claudia Wruck und Stephan Schaffner, die meine Arbeit Korrektur gelesen haben. Melanie Girdlestone, die der Summery den wirklich englischen Schliff verpasste und Herbert Nowak, der vielleicht jetzt eine Karriere als Fotomodell vor sich hat.