

- KOHR, L.: Small is beautiful. Ausgewählte Schriften aus dem Gesamtwerk. Wien: Deuticke, 1995.
- KURZ, D.: Handlungsfähigkeit im Sport. In: PEPPER, D./CHRISTMANN, E. (Hrsg.): Zur Standortbestimmung der Sportpädagogik. 52-67, Schorndorf 1987.
- KURZ, D.: Sport mehrperspektivisch unterrichten - warum und wie? In: ZIESCHANG, K./BUCHMEIER, W. (Hrsg.): Sport zwischen Tradition und Zukunft, Schorndorf 1992, 15-18.
- KURZ, D.: Braucht der Schulsport eine neue curriculare Leitidee? In: LANDESINSTITUT FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG (Hrsg.): Schulsport in Bewegung. Bönen 1995, 63-80(a).
- LOVELOCK, J.: Gaja. Die Erde ist ein Lebewesen. Bern 1992.
- MEINBERG, E.: Homo Oecologicus. Das neue Menschenbild im Zeichen der ökologischen Krise. Darmstadt 1995.
- MEYER-ABICH, K.-M.: Aufstand für die Natur. Von der Umwelt zur Mitwelt. Hanser. München 1990.
- MEYER-ABICH, K.-M.: Praktische Naturphilosophie. Erinnerung an einen vergessenen Traum. München 1997.
- NEUMANN, D.: Pädagogische Perspektiven der Humanethologie. In: Zeitschrift für Pädagogik 40 (1994) 2, 201-227.
- PICHT, G.: Der Begriff Natur und seine Geschichte. Stuttgart 1993.
- RÖTHIG, P./PROHL, R.: Gesundheit als Bildungsproblem des Sports. In: Sportwissenschaft 22 (1992) 172-185.
- SCHEID, V.: Bewegung und Entwicklung im Kleinkindalter. Schorndorf 1989.
- SCHMIDT, D.: Sport als Kulturphänomen? Zur Einordnung des Sports bei Gruppe. In: HILDENBRANDT, E. (Hrsg.): Sport als Kultursegment aus der Sicht der Semiotik. 9-14, Hamburg 1997.
- SEEWALD, F./KRONBICHLER, E./GRÖSSING, S.: Sportökologie. Wiesbaden 1998.
- WEININGER, O.: Geschlecht und Charakter. Wien 1926.

Leistungsdagnostik im Spitzensport - Bedeutung, Methoden und Anwendungsbereiche

PERFORMANCE DIAGNOSTICS IN COMPETITIVE SPORT - SIGNIFICANCE, METHODS, AND AREAS OF APPLICATION

(Arbeiten aus dem Institut für Sportwissenschaften Salzburg)

Zusammenfassung

Die Leistungsdiagnostik hat im modernen Spitzensporttraining einen sehr hohen Stellenwert. Das ständige Steuern und Regeln des Trainingsprozesses ist von zentraler Bedeutung, um Irrwege zu vermeiden und somit hohe Ökonomie des Trainings zu gewährleisten. Die Diagnose sportlicher Leistungen ist jedoch nicht nur zur Steuerung des Trainings im engeren Sinne von Bedeutung. Sie wird auch bei der Ermittlung leistungsbestimmender Einflußgrößen der jeweiligen Sportart breit eingesetzt. Im vorliegenden Beitrag werden zunächst verschiedene Verfahren zur Bestimmung sportartspezifischer Einflußgrößen anhand konkreter Beispiele vorgestellt.

Computergestützte Spielanalysensysteme für die Sportarten Fußball und Tennis ermöglichen die systematische Analyse der Handlungsstrukturen. Mit biomechanischen Methoden durchgeführte Technikanalysen können wesentlich zum besseren Verständnis der von den Athleten praktizierten Bewegungstechniken führen und somit den Trainern wertvolle Unterstützung bei der Ansteuerung der Trainingsziele bieten. Der dafür notwendige hohe meßtechnische Aufwand wird anhand zweier Beispiele offensichtlich.

Sportmotorische Leistungsprofile beinhalten einerseits eine Testbatterie zur Überprüfung der wesentlichsten konditionell-kognitiven Fähigkeiten der jeweiligen Sportart und stellen andererseits Normwerte, die die Einschätzung der erzielten Leistungen ermöglichen, bereit. Als Beispiel wird das Leistungsprofil eines Weltklassenreiters dargestellt.

Der Qualität der Einzeltests zur Überprüfung leistungsbestimmender Merkmale kommt hohe Bedeutung zu. Vor allem die Hauptgütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität müssen in hohem Maße abgesichert sein. Mit welchen Methoden diese Qualität erreicht werden kann, wird an einzelnen Beispielen aufzuzeigen versucht. Abschließend werden verschiedene Schnellinformationssysteme, die in sogenannten „Meißplätzen“ zur Verkürzung der Aneignungszeit im Technik- und Konditionstraining eingesetzt werden, vorgestellt.

Summary

Performance diagnostics carry a very high value in modern elite sport training. Continuous directing and controlling of the training process is of central significance to avoid sub-optimal regimens and to thus guarantee high efficiency in training. The determination of sport performance levels, however, is of significance not only for directing training in the narrow sense. It is also already utilized in defining performance-determining variables of influence for the particular type of sport. At the beginning of this contribution, procedures for determining sport-specific variables are introduced using concrete examples.

Computer supported game analysis systems for soccer and tennis make possible a systematic analysis of the structure of the game. Analyses of technique using biomechanical methods essentially can lead to better understanding of the motion techniques employed by athletes

and thereby provide trainers valuable support for the direction of training goals. The high technical measurement standard required becomes clear by two examples.

Sport motor performance profiles, on the one hand, involve a test battery for checking the most essential conditioning-coordinative components of the respective sport; on the other, they make available norm values enabling estimation of sought performance levels. The performance profile of a world-class tennis player shall be presented as an example.

The quality of the individual tests for checking performance-determining characteristics are very important. Above all, the primary quality criteria of validity, reliability and objectivity must be secured at a high level. The methods by which this quality can be achieved will be depicted using individual examples. To conclude, several rapid information systems employed in so-called "measuring stations" for reducing application turn-around time in technical and conditioning training will be introduced.

1. Einführung

Im Hochleistungssport scheint das Ende der Leistungsentwicklung nicht absehbar. Auch wenn die Leistungsverbesserungen in immer kleiner werdenden Stufen erfolgen, kann davon ausgegangen werden, daß sie in praktisch allen Sportarten noch lange Zeit anhalten. Künftig dürften Leistungsverbesserungen auf internationalem Leistungsniveau jedoch vor allem durch Erhöhung der Trainingsqualität und nicht so sehr durch Zunahme der Trainingsumfänge erzielt werden. Die Trainingsqualität kann dann hohes Niveau erreichen, wenn der Trainingsprozeß systematisch geplant und in Form eines Regelkreises gestaltet wird. Dabei sind folgende Schritte zu berücksichtigen:

- Die zu erreichenden Trainingsziele sind möglichst genau festzulegen,
- die einzelnen Trainingsmaßnahmen (Trainingsmethoden) sind dem neuesten trainingswissenschaftlichen Stand entsprechend auszuwählen und detailliert zu planen,
- das Training ist dem Trainingsplan entsprechend zu gestalten,
- die Leistungsentwicklung muß im Bereich aller wesentlichen Einflußgrößen in regelmäßigen Abständen überprüft werden (Leistungskontrollen), und
- die Ergebnisse der Leistungskontrollen müssen interpretiert und die Trainingsplanung muß entsprechend adaptiert werden.

Leistungskontrollen haben offensichtlich einen sehr hohen Stellenwert im modernen Spitzensporttraining. Das ständige Steuern und Regeln des Trainingsprozesses ist von zentraler Bedeutung, um Irrwege zu vermeiden und somit hohe Ökonomie des Trainings zu gewährleisten. Effiziente Leistungskontrollen setzen jedoch hochwertige Prüfverfahren voraus. Sie müssen in besonderem Maße den Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität genügen.

Die Diagnose sportlicher Leistungen ist jedoch nicht nur zur Steuerung des Trainingsprozesses im engeren Sinne von Bedeutung. Die exakte Festlegung von Trainingszielen setzt voraus, daß die leistungsbestimmenden Einflußgrößen bzw. deren Einflußhöhen möglichst genau bekannt sind. Dies trifft sowohl für technische, taktische,

konditionelle als auch für psychische Teilziele zu. In vielen Fällen können diese nur mittels leistungsdiagnostischer Verfahren bestimmt werden.

Zahlreiche trainingswissenschaftliche Untersuchungen konnten aufzeigen, daß der Einsatz von Schnellinformationssystemen bei der Ansteuerung vieler technischer, taktischer, konditioneller und psychischer Trainingsziele zu den kürzesten Aneignungszeiten führt. Unter Schnellinformationssystemen werden Leistungsdiagnoseverfahren verstanden, die, zumeist elektronisch gesteuert, innerhalb weniger Sekunden die Ergebnisse der Bewegungsdiagnosen bereitzustellen in der Lage sind.

Im vorliegenden Beitrag sollen moderne Methoden der Leistungsdiagnostik und deren Anwendungsbereiche vorgestellt und diskutiert werden. In zahlreichen Beispielen werden dabei Untersuchungsergebnisse der Arbeitsgruppe am Institut für Sportwissenschaften der Universität Salzburg eingebracht. Schwerpunkte bilden Verfahren zur Diagnose technischer, taktischer und konditioneller Leistungen, wobei sportmedizinische und sportspsychologische Methoden nicht behandelt bzw. nur gestreift werden.

2. Verfahren zur Bestimmung sportartspezifischer Einflußgrößen

In der Trainingspraxis ist vielfach festzustellen, daß die Bestimmung der sportartspezifischen Einflußgrößen und damit der zentralen Trainingsziele auf Erfahrungswissen und Spekulation aufbaut. Wissenschaftlich gesichertes Wissen über leistungsbestimmende Merkmale ist nur in wenigen Sportarten gegeben (BARTLETT 1997). Dies dürfte vor allem darauf zurückzuführen sein, daß für die Analyse leistungsrelevanter Merkmale einer Sportart im allgemeinen hochwertige, komplexe Meßvorrichtungen benötigt werden. Zudem führen meist nur Feldmessungen unter Wettkampf- bzw. wettkampfhähnlichen Bedingungen zu brauchbaren Resultaten.

Bewährt haben sich in diesem Zusammenhang bislang computer- und videogestützte Systeme zur Spiel- und Kampfsportanalyse, kinematische, kinetische und elektromyographische Methoden zur Technik- und Belastungsanalyse sowie physiologische und biochemische Verfahren zur Bestimmung kardiopulmonarer und metabolischer Merkmale.

2.1. Computergestützte Spiel- und Kampfsportanalysen

Spiel- und Kampfsportarten sind durch eine Vielzahl leistungsbestimmender Merkmale gekennzeichnet. Sowohl das konditionelle, vor allem jedoch das technisch-taktische Anforderungsniveau ist komplex und sehr breit gefächert. Daher ist gerade in diesen Sportarten die Effizienz des Trainings nur dann gewährleistet, wenn bei der Auswahl der Trainingsinhalte eine hohe Konzentration auf die individuellen Defizite erfolgen kann. Voraussetzung dafür ist zunächst eine Analyse des aktuellen internationalen Leistungsniveaus der jeweiligen Sportart. Folglich sind in den vergangenen Jahren gerade in den Spielesportarten von einigen Arbeitsgruppen computer- und videogestützte Systeme entwickelt worden, die eine komplexe Erfassung der wesentlichsten Aktionen während des Wettkampfes ermöglichen (FERRAUTI/WEBER 1991; LAMES 1991; LAMES 1994; ZIMMERMANN 1995; FRÖHNER 1995; REILLY et al. 1993; BERNWICK/MÜLLER 1995a, b; LOY 1995; MÜLLER/LORENZ 1996).

Ein für die Sportart Fußball entwickeltes System gewährleistet die Registrierung aller wichtigen Handlungen eines Spielers während des gesamten Spieles (MÜLLER/LORENZ 1996). Die mittels moderner Computertechnologie festgehaltenen

Aktionen werden in solche ohne Ball (Sprinten, Laufen, Traben, Gehen, Stehen, Springen, Richtungswechsel, Zweikampf) bzw. mit Ball (Ballannahme, Zuspiel, Dribbling, Torschuß, Kopfball, Einwurf) unterteilt. Die Dateneingabe erfolgt über ein spezielles, mit dem Notebook verbundenes Keyboard (Abb. 1). Dieses besteht aus 150 Sensortasten, von denen jeder eine frei definierbare Funktion zugeordnet werden kann. Die einzelnen Funktionen werden in einem am Keyboard befestigten Formblatt wiedergegeben. Die Tasten der linken Seite des Formblattes repräsentieren die verschiedenen Beobachtungskategorien (Sprint, Lauf, Dribbling, etc.) und die dazugehörigen Variablen (mit Ball, in Bedrängnis, erfolgreich, etc.). Auf der rechten Seite des Formblattes sind das in 24 Sektoren unterteilte Fußballfeld und die das Spielfeld umgebenden „Aus-Felder“ dargestellt.

Abb. 1: Dateneingabe über das Keyboard

Die Datenauswertung sieht zunächst ein Spielprotokoll vor, in dem alle eingegebenen Aktionen in chronologischer Reihenfolge aufgelistet werden. Pro Spiel werden durchschnittlich 600 solcher Aktionen registriert. In der folgenden Auswertestatistik werden alle Beobachtungskategorien und -variablen in absoluten und Prozentzahlen angegeben. Die Spielzeit wird in 6 Abschnitte à 15 Minuten unterteilt, wodurch alle beobachteten Merkmale auch unter dem Aspekt der Spieldauer analysiert werden können.

Exemplarisch werden die Ergebnisse von insgesamt 8 beobachteten Spielen einer österreichischen Spitzenmannschaft zusammengefaßt, wobei pro Spiel alle Aktionen eines Spielers registriert wurden.

Der in 90 Spielminuten pro Spieler durchschnittlich zurückgelegte Weg beträgt 8923 m. 606 m (7%) werden gesprintet, 1492 m (17%) gelaufen, 3943 m (44%) getraht und 2891 m (32%) gegangen. Wie Abb. 2 zu entnehmen ist, hängt die zurückgelegte Wegstrecke wesentlich von der Spielposition ab. Die längsten Wege legen die Mittelfeldspieler mit bis zu 10,5 km zurück, während die Strecken, die die Stürmer und

der Libero zurücklegen, mit knapp 8 km deutlich geringer sind. Im Vergleich mit einer von WINKLER (1983) publizierten Studie von Spielern der deutschen Bundesliga ergibt sich ein um ca. 10 Prozent geringeres Laufpensum der österreichischen Spitzenspieler.

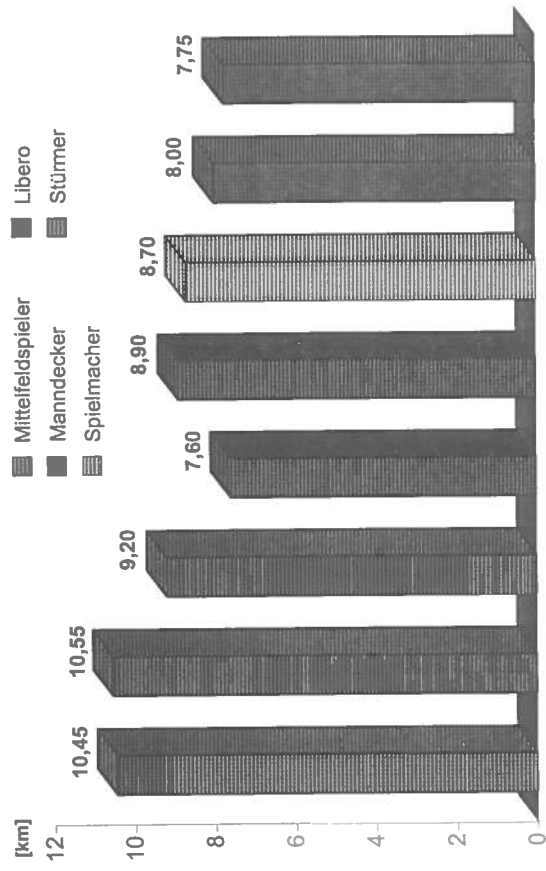


Abb. 2: Während des Spiels zurückgelegte Wege (in km) in Abhängigkeit von der Spielposition (Fußball)

Sehr aufschlußreich ist auch die in Abb. 3 dargestellte Aufteilung der durchschnittlichen Weglängen, die in den verschiedenen Intensitätsstufen Sprinten, Laufen, Traben und Gehen zurückgelegt werden. Pro Spiel und Spieler werden durchschnittlich 40 Sprints über durchschnittlich 15,4 m, 88 Läufe mit mittlerem Tempo über 17,1 m, 285 Läufe im Trabtempo über 13,8 m und 248 Gehwege über 11,8 m absolviert. Die durchschnittlich im Sprint und Lauf zurückgelegte Wegstrecke beträgt 2098 m. Von der während eines Spieles durchschnittlich zurückgelegten Wegstrecke von ca. 8900 m werden nur 280 m, das sind 3,1 Prozent, mit dem Ball absolviert.

Pro Spiel und Spieler werden durchschnittlich 67 Balkkontakte gezählt. Die meisten Balkkontakte hat der Libero (89), gefolgt von den Mittelfeldspielern (65) und den Mandeckern (59). Die Zahl der Ballverluste muß sinnvollerweise im Zusammenhang mit der Anzahl der Balkkontakte gesehen werden. Die im Verhältnis zur Anzahl an Balkkontakten geringsten Ballverluste haben die Liberos (6%). Nach durchschnittlich jedem 5. Balkkontakt geht der Ball in den Besitz des Gegners über. 70 Prozent der Ballverluste entfallen auf Fehlpässe, 16 Prozent auf fehlerhafte Dribblings und 14 Prozent auf Ballmitnahmefehler.

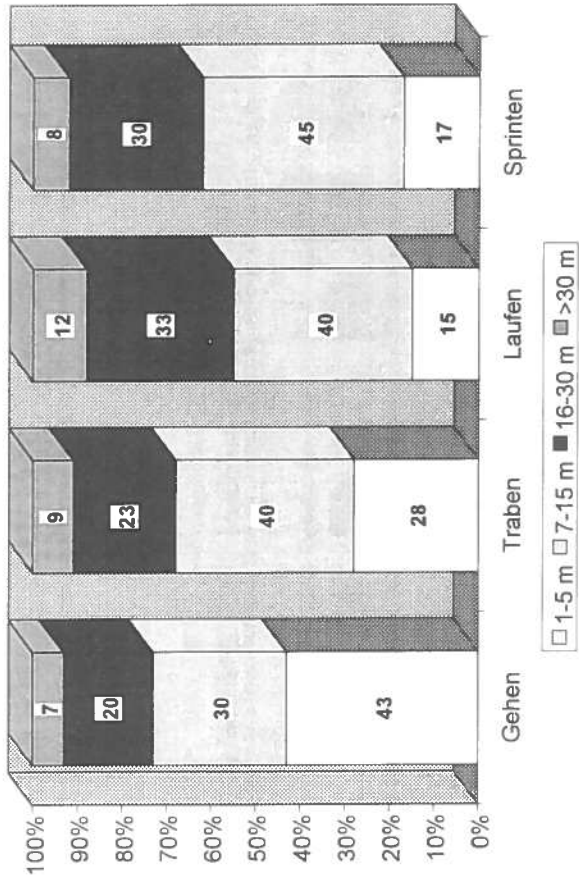


Abb. 3: Prozentuelle Verteilung der Weglängen in den verschiedenen Intensitätsstufen (Fußball)

Ein ähnlich strukturiertes computergestütztes Spielanalysensystem wurde für die Sportart Tennis entwickelt (BERNWICK/MÜLLER 1995a, b). Damit kann jeder einzelne Schlag eines beobachteten Spielers während des gesamten Spieles registriert werden, wobei jeweils die verwendete Schlagtechnik (Aufschlag, Return, Volley, Stop, etc.), die Drallart des geschlagenen Balles (Drive, Topspin, Slice), die Flugbahn (Abschlag- und Aufprallposition des Balles im Spielfeld) und das Handlungsergebnis (Punkt, Fehler, erzwungen, nicht erzwungen, etc.) eingegeben werden. Die Auswertesoftware besteht aus einem Spielprotokoll, in dem sämtliche Aktionen in chronologischer Reihenfolge aufgelistet werden, einer Kurzauswertung, die dem Trainer als übersichtliche Schnellinformation unmittelbar nach dem Spiel dienen soll, und einer umfassenden Schlag- und Fehleranalyse.

Mit diesem System wurde versucht, in einer breit angelegten Erhebung repräsentative Normprofile für das aktuelle internationale Spitzentennis der Herren zu erstellen. Dabei wurden insgesamt 200 Spiele von ATP-Spietzenspielern (109 Spiele der Top 10, 39 Spiele ATP 11 - 20 und 52 Spiele ATP > 20) analysiert. Die Normprofile wurden für verschiedene Leistungsklassen und Bodenbeläge ermittelt. Sie beschreiben die durchschnittlichen Schlaghäufigkeiten, die Punkt- und Fehlerverteilungen aller Schlagkategorien und verschiedene Quotienten und Indices.

Exemplarisch werden einige Ergebnisse dieser Studie vorgestellt. Abb. 4 stellt die durchschnittliche Verteilung der einzelnen Schlagtechniken auf zwei verschiedenen Bodenbelägen bei den Top 10 - Spielern dar. Der Anteil an Grundlinienschlägen ist auf Sandbelägen mit 43,2 Prozent aller Schläge wesentlich größer als auf Hard Courts mit

nur 24 Prozent. Während auf Sandbelägen die Grundlinienschläge und der Aufschlag die dominanten Schlagtechniken sind, haben Aufschlag, Return und Grundlinienschläge (GL) auf Hard Courts annähernd gleich große Spielanteile.

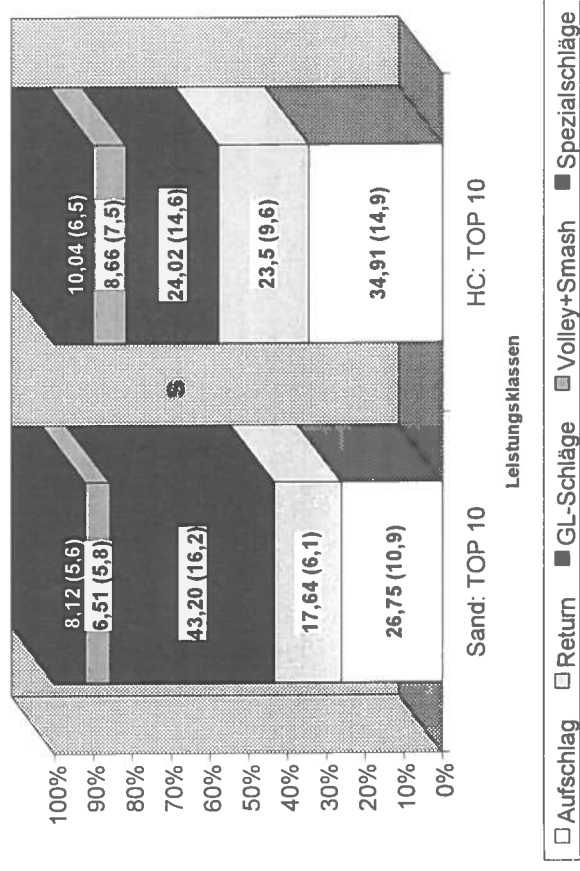


Abb. 4: Prozentuelle Verteilung der Schlagtechniken der Top 10 - Spieler auf Sand und Hard Courts (Standardabweichungen in Klammer)

Von großer Bedeutung scheint beispielsweise die Schlagtechnik Return auf Sandplätzen zu sein. Zwischen den Top 10 - Spielern und den Spielern, die im ATP - Ranking zwischen 11. und 20. Stelle positioniert sind, ergeben sich signifikante Unterschiede (p: 0,04) in der Anzahl der fehlerhaften Schläge sowie stark signifikante Unterschiede (p: 0,008) im Erfolgsquotienten (Verhältnis Punkte zu Fehler) und im Initiativeindex (Versuch, direkte Punkte mit dieser Schlagtechnik zu erzielen) zugunsten der Top 10 - Spieler.

Auch bei den Grundlinienschlägen scheint der Effektivitätsindex E_i - (Punkte - Fehler) x 100/h - ein besonders aussagekräftiger Parameter zu sein. Wie aus der Abb. 5 entnommen werden kann, sind die Unterschiede zwischen den drei Leistungsklassen auf Sandplatzbelägen jeweils signifikant bzw. stark signifikant, während auf Hard Courts vor allem die ATP > 20 - Spieler signifikant geringere Effektivität bei den Grundlinienschlägen haben als die Top 20 - Spieler.

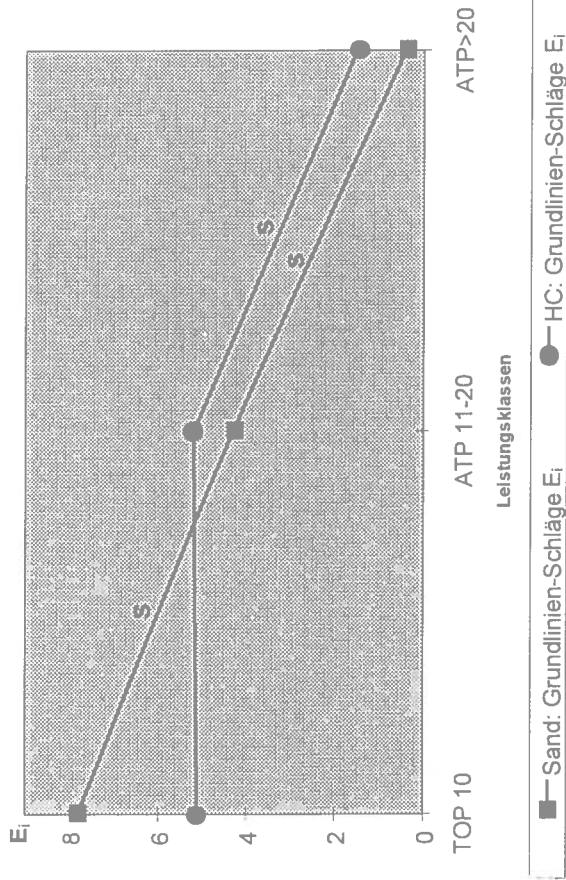


Abb. 5: Effektivitätsindex bei den Grundlinienschlägen der 3 Leistungsklassen auf Sand und Hard Court

10,1 Prozent der Gesamtschläge auf Sand und 16,6 Prozent auf Hardcourt entfallen durchschnittlich auf Angriffsbälle. Ein Angriff bedeutet im allgemeinen ein Aufrücken des Spielers ans Netz, entweder mit einem Vorhand- oder Rückhandgrundlinienschlag oder mit dem Service. Gelingt dem Spieler ein direkter (Ball für den Gegner nicht mehr spielbar) oder ein „normaler“ (Gegner begeht Regelfehler) Punkterfolg, spricht man von einem erfolgreich abgeschlossenen Angriff. Bei einem Fehler ist der Angriff nicht erfolgreich. Auf Sand führen durchschnittlich 21,6 Prozent der Angriffe (Hard Court: 25,8 Prozent) zu einem Punkterfolg; 25,8 Prozent sind fehlerhaft (Hard Court: 31,9 Prozent).

2.2. Biomechanische Technikanalysen

Das Forschungsgebiet der Sportbiomechanik ist durch zwei zentrale Untersuchungsziele gekennzeichnet. Einerseits ist es die Vermeidung von bei sportlicher Aktivität auftretenden Verletzungen und andererseits die Optimierung der Lösungsverfahren sport spezifischer Bewegungsaufgaben. Die methodischen Ansätze beim zweiten Untersuchungsziel, der Verbesserung des sportlichen Leistungsniveaus, setzen sich aus deskriptiven, experimentellen und rein theoretischen Anteilen zusammen (YEADON/CHALLIS 1993). Beschreibende biomechanische Untersuchungen versuchen, mit kinematischen, dynamischen oder elektromyographischen Methoden von Athleten praktizierte Bewegungstechniken quantitativ zu charakterisieren. Experimentelle Untersuchungsdesigns entwickeln, zumeist auf der Basis der Ergebnisse beschreibender Untersuchungen, neue Theorien und überprüfen die daraus abgeleiteten Hypothesen. In theoretischen Studien wird der Athlet in seiner

sportspezifischen Situation in ein abstraktes, im allgemeinen stark vereinfachtes mathematisches Modell überführt. Damit können einerseits bereits beschriebene Bewegungsaufgaben simuliert und andererseits die optimale Lösung der Bewegungsaufgabe gesucht werden. In der Literatur wird vielfach darauf hingewiesen, daß die auf die Verbesserung des Leistungsniveaus ausgerichtete Sportbiomechanik sich zu sehr mit beschreibenden Untersuchungsansätzen zufriedene gebe und nur selten theoretisch leitete Experimente durchführt würden (YEADON/CHALLIS 1993; NIGG 1993). BARTLETT (1997) stimmt dieser Kritik grundsätzlich zu, verweist allerdings auch darauf, daß in vielen Sportarten noch nicht einmal beschreibende Bewegungsanalysen mit entsprechend anspruchsvollen Meßmethoden existierten. Dies treffe vor allem auf die Wiedergabe kinematischer Merkmale im dreidimensionalen Raum sowie dynamischer und elektromyographischer Parameter zu. Sowohl experimentelle Untersuchungsansätze als auch mathematische Modelle sind jedoch auf hochwertige deskriptive Untersuchungsergebnisse angewiesen.

Wissenschaftlich gesicherte Aussagen über optimale Lösungsstrategien für sport spezifische Bewegungsaufgaben sind daher nur ansatzweise zu finden (YEADON et al. 1990; BEST et al. 1995). Ergebnisse aus experimentellen und beschreibenden Untersuchungen haben jedoch in vielen Fällen zu besserem Verständnis der von den Athleten praktizierten Bewegungstechniken geführt und den Trainern wertvolle Unterstützung bei der Ansteuerung der Trainingsziele geboten. Aufgrund des enorm hohen meßtechnischen Aufwandes sind selbst beschreibende biomechanische Bewegungsanalysen bislang zumeist nur bei sogenannten geschlossenen Sportarten, wie Wurf- und Sprungdisziplinen in der Leichtathletik oder Gerätturnen, durchgeführt worden. Umfassende biomechanische Bewegungsbeschreibungen von offenen Sportarten, die großräumig in der freien Natur durchgeführt werden, sind nach wie vor Mangelware.

Der meßtechnische Aufwand bei deskriptiven biomechanischen Bewegungsanalysen ist insofern beträchtlich, als einerseits hohe Ansprüche an die Meßgenauigkeit gestellt werden müssen, andererseits aber die Beeinflussung des Bewegungsablaufes durch die Meßsensoren nur sehr gering sein darf. Da die Analyse komplexer Bewegungstechniken im allgemeinen nicht im Labor stattfinden kann, sondern unter Feldbedingungen erfolgen muß, erweitern sich die Anforderungen an das diagnostische Instrumentarium auf hinreichende Mobilität und Feldtauglichkeit.

Wie aufwendig hier die Untersuchungseinrichtungen sein müssen, soll anhand zweier am Institut für Sportwissenschaften der Universität Salzburg durchgeführter Beispiele gezeigt werden.

2.2.1. Biomechanische Beschreibung und Analyse der V-Technik im Skispringen (vergl. SCHWAMEDER/MÜLLER 1995)

Die Untersuchung wurde mit kinematischen und dynamischen Meßsystemen durchgeführt. Zur Bestimmung der dreidimensionalen Ortskoordinaten ausgewählter Kennpunkte wurden die Aufnahmen zweier synchronisierter Videokameras verwendet. Als Bildverarbeitungs- und Auswertprogramm diente das Videoanalyssystem der Fa. Peak mit einem Zusatzprogramm zur Behandlung schwenk- und neigbarer sowie in ihrer Brennweite variierbarer Kameras. Der Einsatz dieses Zusatzprogramms setzte ein ortsfestes Paßpunktesystem voraus, das im zu untersuchenden Bewegungsabschnitt an der Untersuchungsschanze installiert wurde. Als Paßpunkte dienten weiß bzw.

schwarz gefärbte Tennisbälle, die auf dünnen Stahlseilen im Abstand von ca. einem Meter montiert und zusammen mit den beiden Kamerastandpunkten geodätisch vermessen wurden.

Die Kraftmessungen erfolgten mit Hilfe des EMED-Systems der Fa. Novel, bestehend aus zwei Druckmeßsohlen (je 85 kapazitive Druckaufnehmer, 40 Hz) und einer Steuerungs- und Speichereinheit.

Die Videoaufnahmen wurden in einem sehr zeitintensiven Verfahren manuell digitalisiert. Anschließend konnten die dreidimensionalen Ortskoordinaten der anatomischen Kennpunkte berechnet werden. Für die Auswertung der dynamischen Daten wurden über die 170 Sensoren der beiden Sohlen eine 55 x 40 - Matrix gelegt und die Kraftwerte in jedem Matrixfeld durch ein Interpolationsverfahren bestimmt.

Als Probanden standen 8 Mitglieder der österreichischen Nationalmannschaft zur Verfügung. Sowohl bei den kinematischen als auch bei den dynamischen Merkmalen ergab die Fehlerabschätzung zufriedenstellende Ergebnisse.

Der mittlere Fehler der Kennpunktbestimmung beträgt im Bereich des Absprungs für alle drei Raumrichtungen ca. +/- 1,0 cm. Zur Fehlerabschätzung der dynamischen Merkmale wurden unter Laborbedingungen Kontrollmessungen mit einer Kraftmeßplatte (Kistler) durchgeführt. Das EMED-Meßsystem weist bei Messungen im Bereich des Körpergewichts einen systematischen Fehler von ca. 5% unterhalb des Sollwerts auf. Mit zunehmender Belastung bis zum zweifachen Körpergewicht nimmt der relative Fehler im allgemeinen etwas ab, kann bei dynamischen Abläufen jedoch auch Werte von 9% erreichen.

Anhand der berechneten kinematischen und dynamischen Merkmale wurde die untersuchte Skisprungtechnik zunächst beschrieben und anschließend mit statistischen Methoden analysiert. Exemplarisch soll ein Beispiel der Ergebnisdarstellung vorgestellt werden.

In Abb. 6 sind der Mittelwert- und Standardabweichungsverlauf der gemessenen relativen Kräfte der 22 Sprünge im untersuchten Bewegungsabschnitt dargestellt.

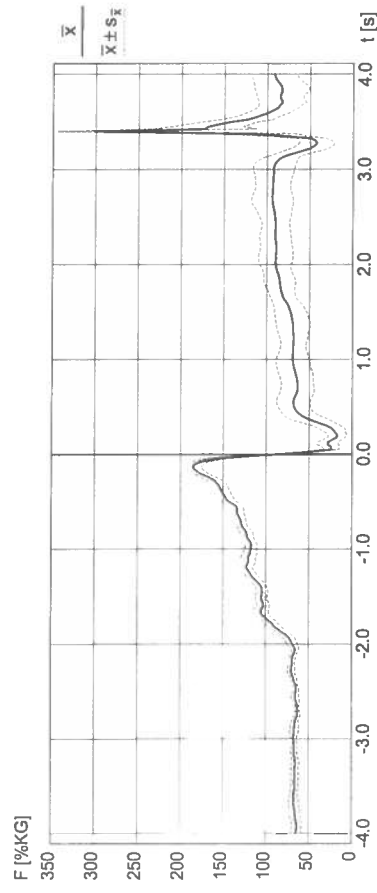


Abb. 6: Kraft-Zeit-Verlauf der relativen Gesamtkraft (Zeitpunkt $t = 0$: Abflug)

Durchschnittlich 2 s vor dem Abflug fahren die Springer in den Übergangsbogen ein, wodurch sich die Bodenreaktionskräfte aufgrund der auftretenden Zentrifugalkraft deutlich erhöhen. Bis zur Ausfahrt aus dem Übergangsbogen nehmen die Bodenreaktionskräfte bis auf einen Wert von ca. 160% KG zu. Die Schwankungen im Mittelwertverlauf und die höheren Streuungen lassen darauf schließen, daß es sich bei der Fahrt im Übergangsbogen um eine sehr sensible Phase handelt. Obwohl die Zentrifugalkraft durch die Einfahrt in den geraden Teil des Schanzentisches ($t = -0,26$ s) verschwindet, steigen die Bodenreaktionskräfte, bedingt durch die Absprungbewegung, weiter an und erreichen das Maximum von durchschnittlich 183 (+/-8)% KG zum Zeitpunkt $t = -0,136$ s.

2.2.2. Kinematische und dynamische Beschreibung der Slalomtechnik im alpinen Skirennlauf - Entwicklung eines Technikleitbildes

In derart komplexen und großräumig durchgeführten Sportarten wie dem alpinen Skirennlauf ist es mit den heute zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden äußerst schwierig, leistungsbestimmende Merkmale der Bewegungstechniken mit analytisch-statistischen Methoden zu bestimmen. In der Literatur sind daher auch nur sehr wenige Versuche beschrieben. NACHBAUER (1987) versuchte beispielsweise, mit Hilfe der Pfadanalyse kausale Zusammenhänge zwischen kinematischen Merkmalen der Fahrlinie und der Endzeit im Slalom zu eruieren. Dabei konnte die Gesamtfahrzeit nur zu 55% durch die analysierten Kenngrößen bestimmt werden.

Für die Trainingspraxis ist daher die beschreibende Analyse der Bewegungstechniken nach wie vor von großer Bedeutung. Wenn es gelingt, die Fahrtechniken der internationalen Spitzenskirennläufer mit komplexen biomechanischen Methoden zu beschreiben, kann den Trainern und Athleten ein Technikleitbild zur Orientierungshilfe bereitgestellt werden.

Im Hochleistungssport kommt im Bereich des Kraft-, Kraftausdauer- und Schnelligkeitstrainings der Auswahl technikspezifischer Trainingsübungen große Bedeutung zu. Die trainingswissenschaftliche Literatur konnte mehrfach aufzeigen, daß parallel zum allgemeinen Konditionstraining vor allem die Verwendung technikspezifischer Trainingsübungen, das sind Übungsformen, deren kinematische und dynamische Strukturen den Wettkampftechniken sehr nahe kommen, zu den gewünschten Leistungsverbesserungen führt (LINSER 1994, MÜLLER/WACHTER 1989; TSCHIENE 1989; WERCHOSHANSKI 1988). Die Validierung der Trainingsübungen als technikspezifisches Übungsgut muß folglich ebenfalls mittels biomechanischer Untersuchungen erfolgen, wobei ein Vergleich zwischen dem beschriebenen Technikleitbild und den biomechanischen Merkmalen der Trainingsübungen sehr aufschlußreich ist.

Die beschreibende Analyse der Slalomtechnik wurde mit ähnlichen biomechanischen Meßmethoden durchgeführt, wie sie bei der Analyse der V-Technik im Skispringen beschrieben wurden (RASCHNER 1997; RASCHNER/MÜLLER/SCHWAMEDER 1997). Für die Untersuchung wurde ein Slalomhang so präpariert, daß er mehrere Wochen bei weltcupähnlichen äußeren Bedingungen befahrbar war. Für die kinematische Analyse wurden am Hang 23 Paßpunkte in unterschiedlicher Höhe fix im Boden verankert und geodätisch vermessen (Abb. 9). Die beiden Videokameras konnten ebenfalls mitgeschwenkt und gezoomt werden, sodaß der Fahrer während der ganzen Fahrt bildfüllend gefilmt werden konnte, was sich auf die Auswertegenauigkeit beim anschließenden manuellen Digitalisieren sehr positiv auswirkte. Auch bei den

dynamischen Untersuchungsdaten konnte eine ähnlich hohe Genauigkeit erzielt werden wie bei den Skisprunguntersuchungen. Als Versuchspersonen standen 7 aktive Skirennläufer (1 Mitglied der österreichischen Nationalmannschaft und 6 Mitglieder der österreichischen Jugendnationalmannschaft) zur Verfügung.

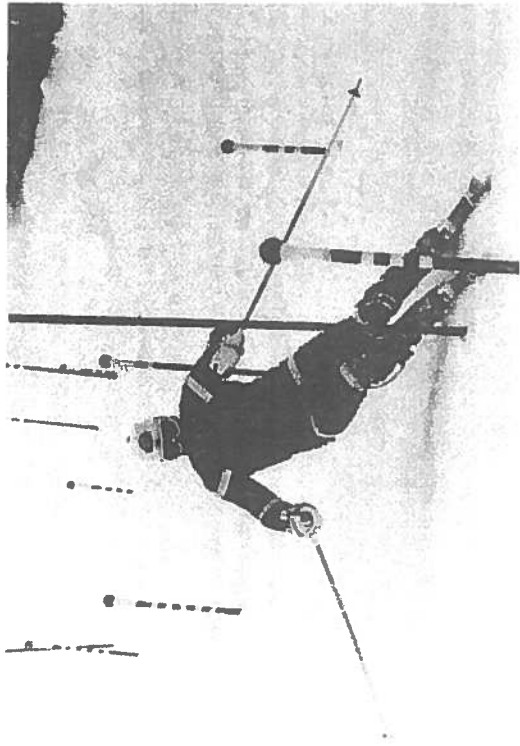


Abb. 7: Meßstrecke mit Paßpunkten

Exemplarisch werden in Abb. 8 die Bodenreaktionskräfte von Außen- und Innenbein und der Innenlagewinkel (Körperlängsachsenwinkel) während eines Links-Rechtsschwunges eines Spitzenrennläufers dargestellt. Der Schwung wird in eine Schwungauslösephase und in eine Steuerphase gegliedert. Die Schwungauslösephase beginnt mit der situativ angepaßten Vertikalbewegung des Rennläufers zur Entlastung aus dem Steuerdruck und endet mit dem Umkanten der Skier. Während des Linkschwungs findet ein kontinuierlicher Anstieg der Bodenreaktionskraft des Außenbeines auf ca. 1800 N statt. Die Belastung des Innenbeines setzt etwas später ein und erreicht den Wert von ca. 1000 N. Die für den nachfolgenden Rechtsschwung benötigte Entlastung der Skier erfolgt zeitlich sehr gut koordiniert, wodurch die Schwungauslösephase nur ca. 0,15 s dauert. Die gute Gesamtkoordination ist auch beim Verlauf des Innenlagewinkels (Neigung der Verbindung von Ober- zu Unterkörperschwerpunkt relativ zum Hang) erkennbar. Die „Kippbewegung“ ergibt einen annähernd sinusförmigen Verlauf, wobei der Läufer jeweils zum Zeitpunkt des Stangenräumens mit der Hand den größten Innenlagewinkel von ca. 40° erreicht.

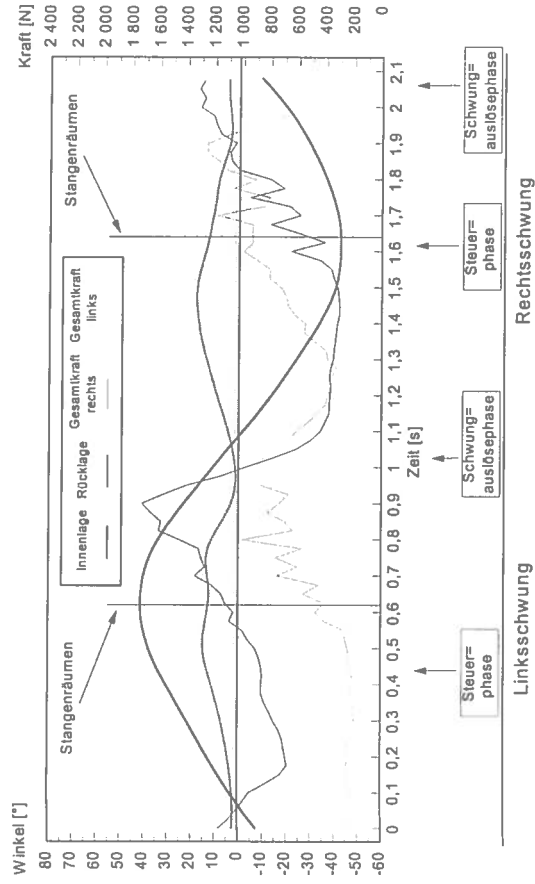


Abb. 8: Bodenreaktionskräfte am Außen- und Innenbein und Innenlagewinkel während eines Links-Rechtsschwunges eines Spitzenrennläufers

Um das während der konditionellen Vorbereitung einzusetzende Übungsgut technisch spezifischer gestalten zu können, wurden verschiedene Trainingsgeräte und in weiterer Folge Trainingsübungen entwickelt. Die größten Übereinstimmungen in den Bewegungsstrukturen von Wettkampftechnik und Trainingsübungen konnten mit dem elektronisch gesteuerten „Ski-Power-Simulator“ erzielt werden. Die mit den selben Meßmethoden wie bei den Technikanalysen am Hang durchgeführten Validitätsprüfungen ergaben sowohl bei den dynamischen als auch bei den kinematischen Merkmalen sehr zufriedenstellende Werte (Abb. 9 und 10).

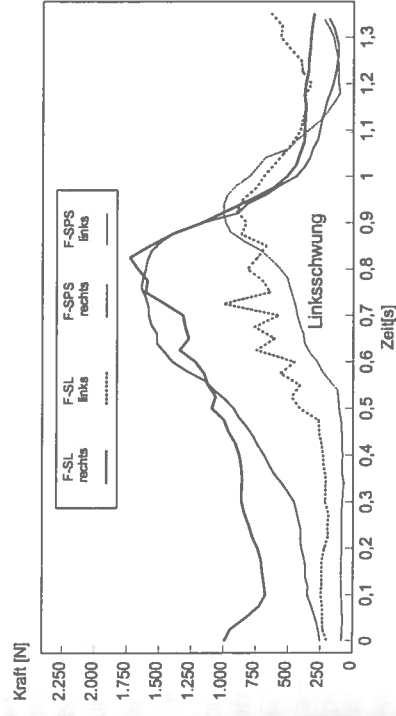


Abb. 9: Vergleich der Bodenreaktionskräfte zwischen Slalomschwung (SL) und der Imitationsübung am Ski-Power-Simulator (SPS) eines Spitzenski-rennläufers

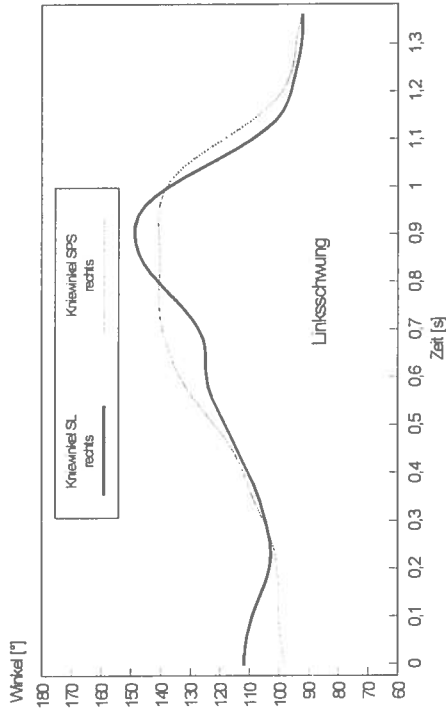


Abb. 10: Vergleich des Kniewinkel-Zeit-Verlaufes zwischen Slalomschwung (SL) und der Imitationsübung am Ski-Power-Simulator (SPS) eines Spitzenskirennläufers

2.3. Sportmotorische Leistungsprofile

Aufgrund des dichten und umfangreichen Wettkampfprogramms steht im Spitzensport für die konditionelle Vorbereitung immer weniger Zeit zur Verfügung. Daher ist gerade hier höchste Effizienz durch bestmögliche Trainingsqualität von Bedeutung. Diese Trainingsqualität kann nur dann gewährleistet werden, wenn die sportartspezifischen konditionellen Einflussgrößen sehr genau bekannt, Testverfahren zu deren Überprüfung vorhanden und Normwerte zur Einschätzung des überprüften Leistungsniveaus bereitgestellt sind.

Im Rahmen einer seit vielen Jahren bestehenden Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Tennisverband konnte ein sportmotorisches Normprofil für TennisspielerInnen zwischen dem 10. und 30. Lebensjahr entwickelt werden (MÜLLER et al. 1998; MÜLLER 1989). Die dabei eingesetzte Untersuchungsmethode setzt sich aus folgenden Schritten zusammen:

- Hypothetische Auswahl leistungsbestimmender motorischer Fähigkeiten im Tennis: Es wurden jene motorischen Fähigkeiten erfasst und geordnet, denen hypothetisch hohe Leistungsrelevanz im Tennis zugesprochen werden kann. Zur Erfassung des Ausprägungsgrades der ausgewählten motorischen Fähigkeiten wurden anschließend entsprechende Prüfverfahren entwickelt bzw. aus der Literatur übernommen. Insgesamt kamen während der vergangenen 15 Jahre 26 Testverfahren zum Einsatz.
- Überprüfung der Leistungsrelevanz der ausgewählten motorischen Fähigkeiten: Zur Überprüfung der Leistungsrelevanz der ausgewählten motorischen Fähigkeiten mußten alle 16- bis 18jährigen SpitzenspielerInnen des Österreichischen Tennisver-

bandes die sportmotorischen Tests absolvieren. Die Testergebnisse wurden mit der Spielstärke (Ranglisten) der Testpersonen korreliert. Ergaben sich statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Testleistung und der Spielstärke, wurde die im Test erfaßte motorische Fähigkeit als leistungsrelevant erachtet.

- Faktorenanalyse der leistungsrelevanten motorischen Merkmale:

Mit Hilfe von Faktorenanalysen können die ermittelten leistungsrelevanten Einzelmerkmale in möglichst wenige Faktoren zusammengefaßt werden. Dabei werden voneinander unabhängige Merkmale getrennt und zusammengehörige einem einzigen Faktor zugeordnet.

- Erstellung einer Testbatterie mit Normwerten:

In die Testbatterie wurden jene Verfahren aufgenommen, die die extrahierten Faktoren am besten repräsentieren. Die Normwerte wurden aus den Mittelwerten und Standardabweichungen der 10- bis 30jährigen SpitzenspielerInnen Österreichs ermittelt.

Aus den 14 Tests, die sich als leistungsrelevant erwiesen, konnten folgende drei Faktoren extrahiert werden:

Faktor 1: Spezielle Laufgewandtheit

Test	Ladung
Stationslauf 1 Runde	0,796
Side steps	0,730
Hürden-Bumerang-Lauf	0,599

Faktor 2: Spezielle Schnell- und Maximalkraft

10/20m-Sprint	0,703
Counter movement jump	0,658
Handgriffkraft	0,654
Netzbballweitwurf	0,626
Maximalkraft Beinstrecker	0,594

Faktor 3: Grundlagen- und spezielle Ausdauer

12-Minuten-Lauf	0,825
Stationslauf 5 Runden	0,718

Die drei Faktoren erklären 93% der Gesamtvarianz der 14 Tests.

Abb. 11 zeigt das Leistungsprofil eines Weitklassespielers aus den Jahren 1995 und 1996. Alle Spieler und Spielerinnen, die einem der verschiedenen Auswahlkader des Österreichischen Tennisverbandes angehören, werden ein- bis zweimal jährlich mit dieser Testbatterie überprüft. Unmittelbar danach wird das individuelle Testprofil berechnet und den Trainern mit entsprechenden Trainingsempfehlungen übermittelt. In Folge sollten die Trainingspläne den Stärken und Schwächen der SpielerInnen entsprechend adaptiert werden.

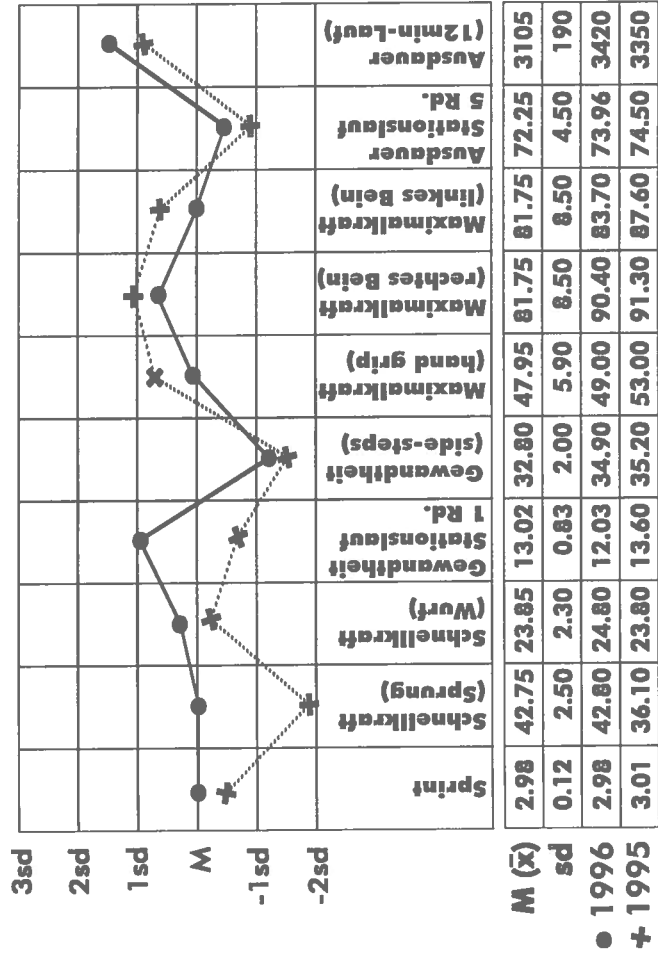


Abb. 11: Sportmotorisches Leistungsprofil eines internationalen Spitzensportlers (ATP Top 10) aus den Jahren 1995 und 1996 (M=Normwerte für die Zielgruppe „Allgemeine Klasse-Herren; Hochleistungsniveau“). Die Testwerte sind jeweils die besten Leistungen aus drei Versuchen.)

3. Diagnoseverfahren zur Überprüfung des aktuellen sportartspezifischen Leistungsniveaus

Der Qualität der Einzeltests zur Überprüfung leistungsbestimmender Merkmale einer Sportart kommt im Spitzensport, wie eingangs schon erwähnt, sehr hohe Bedeutung zu. Vor allem die Hauptgütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität müssen in hohem Maße abgesichert sein. Dies bedeutet, daß die Tests einerseits sehr sportart-spezifisch sein sollen und andererseits sehr hohe Meßgenauigkeit aufzuweisen haben. Auch wenn diese Forderungen selbstverständlich zu sein scheinen, muß doch darauf hingewiesen werden, daß in der Vergangenheit allzu oft wertvolle Trainingszeit durch Verwendung ungeeigneter Testverfahren vergeudet wurde. In vielen Fällen wurden zufällig vorhandene Tests bei zahlreichen, sehr unterschiedlich strukturierten Sportarten eingesetzt, ohne zu prüfen, ob damit wirklich leistungsrelevante Einflußgrößen der jeweiligen Sportart erfaßt werden. Die Interpretation von unter solchen Bedingungen entstandenen Testergebnissen konnte zu gravierenden Fehlschlüssen und somit zu einer deutlichen Beeinträchtigung des Trainingsprozesses führen.

Als Beispiel dafür kann die vielfach praktizierte Ausdauerdiagnostik in den Spitzensportarten genannt werden. An sportmotorischen Tests werden hierfür zumeist kontinuierliche Dauerläufe über 2.000 oder 5.000 m zur Überprüfung der allgemeinen, aeroben Ausdauer und diverse „Linienläufe“ mit und ohne Ball zur Feststellung der anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit angeboten. Die bevorzugt verwendeten sportmedizinischen Tests (Spiroergometrie; Bestimmung der aeroben bzw. anaeroben Schwelle) bestimmen verschiedene cardiopulmonale und Stoffwechsel-Parameter, konzentrieren sich aber auf die allgemeine, aerobe oder anaerobe Kapazität in Form von verschiedenen Labor- und Feldtests. Der überwiegende Teil dieser Tests ist aus typischen Ausdauersportarten mit annähernd konstanten, zyklischen Belastungsanforderungen, wie zum Beispiel den Langstreckenläufen abgeleitet worden. Die sportartspezifische Ausdauerbelastungsstruktur, die als intermittierend (BANGSBO 1994) oder azyklisch (ZINTL 1994) bezeichnet wird, versucht man nur selten zu simulieren.

Als Beispiel für einen sportartspezifischen Ausdauerwert kann der von MÜLLER et al. (1992) entwickelte Fußball-spezifische Ausdauerwert genannt werden. Bei diesem Test wurde versucht, die mit Hilfe computergestützter Spielanalysesysteme (vgl. Kap. 2.1.) diagnostizierte Belastungsstruktur eines Fußballspiels zu imitieren. Es wurde ein in Abb. 12 dargestellter Laufparcours mit 205 m Länge konstruiert, der vom jeweiligen Probanden 8mal zu durchlaufen ist. Die Laufzeit pro Runde beträgt 78 Sekunden, die Gesamtlaufzeit 10:08 Minuten. Der Parcours ist wie folgt zu bewältigen:

Pos. 1 zu Pos. 2: 13m-Sprint in ca. 2 s; elektronische Zeitmessung;

Pos. 2 zu Pos. 3: 20 m Gehen in 13 s;

Pos. 3 zu Pos. 4: 40 m Traben in 12 s;

Pos. 4 zu Pos. 7: 20 m zügig Traben in 7 s; vor Pos. 5 ist eine Hürde (80 cm hoch) zu überspringen, anschließend wird der bei Pos. 5 bereitgelegte Ball am Fuß zu Pos. 6 geführt, von wo der Proband in Richtung Tor flankt;

Pos. 7 zu Pos. 8: 40 m Traben in 13 s;

Pos. 8 zu Pos. 10: 20m-Sprint in ca. 4 s; bei Pos. 9 wird der Ball im Sprint bis zu Pos. 10 geführt und anschließend möglichst kräftig auf das Tor geschossen;

Pos. 10 zu Pos. 11: 5 m rückwärts Traben in 2 s;

Pos. 11 zu Pos. 12: 23 m Gehen in 13 s;

Pos. 12 zu Pos. 1: 27 m Traben in 10 s; von der Pos. 13 wird der bereitgelegte Ball bis zum Start mitgeführt;

Alle Richtungsänderungen und Bewegungsanweisungen sind auf Markierungsstangen deutlich gekennzeichnet. Die Bewegungsgeschwindigkeit wird durch ein Tonband, auf dem die Sekunden zwischen den jeweiligen Positionen gegen Null gezählt werden, vorgegeben.

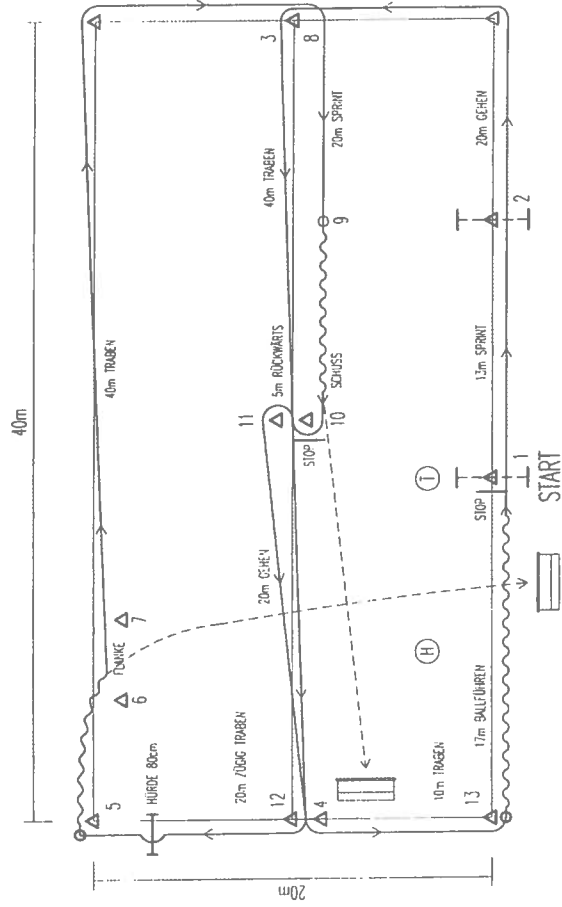


Abb. 12: Laufparcour des fußballspezifischen Ausdauertests

Gemessen wird die Pulsfrequenz während und bis 2 Minuten nach der Belastung und die Blutiaktatkonzentration 1 Minute nach der Belastung. Aussagekräftigste Kriteriumsvariable ist die Laktatkonzentration 1 Minute nach der Belastung. Die Validität des Tests wurde mit der Extremgruppenmethode (je 13 bis 15 Spieler der 1., 2. und 3. Division in Österreich) durchgeführt. Die Mittelwertsunterschiede zwischen den Spielern der 1. und jener der 2. bzw. 3. Division waren jeweils signifikant. Die mit dem Test - Retest - Verfahren durchgeführte Reliabilitätsüberprüfung ergab Korrelationskoeffizienten zwischen 0.86 und 0.90, womit der Test als hoch reliabel bezeichnet werden kann.

Die ausgesprochen hohe Meßgenauigkeit von Testverfahren ist im Spitzensport deshalb wichtig, weil aufgrund des bereits erreichten Leistungsniveaus weitere Fortschritte während einer Trainingsperiode nur mehr in kleinen Stufen erzielt werden können. Wenn beispielsweise die unter besten Trainingsbedingungen zu erwartenden Verbesserungen des spezifischen Sprungkraftniveaus von Spitzenspringern während der Vorbereitungsperiode bei ca. 5 Prozent liegen können, darf der maximal mögliche Meßfehler bei Tests, die die skisprungspezifische Sprungkraft überprüfen sollen, nicht höher als 2 Prozent sein. Ist der Meßfehler höher als der erwartete Leistungsfortschritt, ist der verwendete Test unbrauchbar. Folglich sind herkömmliche sportmotorische Tests wie Jump and Reach, Standweitsprung, etc. für Athleten auf höchstem Leistungsniveau ungeeignet. Selbst hochwertige biomechanische Meßverfahren erfüllen diese Anforderungen nur teilweise (BARTLETT 1997; KIBELE 1997; BACA 1997; BALLREICH 1996; MÜLLER 1992). So sind Testsysteme, die die Flughöhe anhand der Flugzeit berechnen, stärker fehleranfällig als jene, die die Flughöhe über die Bodenreaktionskräfte berechnen, da nicht gewährleistet werden kann, daß die Körperhaltung beim Landen genau jener beim Abflug entspricht.

In Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Skiverband wurde ein skisprungspezifisches Sprungkrafttestverfahren entwickelt, das sowohl dem Gütekriterium der Validität als auch jenem der Reliabilität in hohem Maße entspricht (SCHWAMEDER et al. 1997). Wie Abb. 13 zeigt, hat der Athlet die Aufgabe, auf einer Bodenreaktionskraftmeßplatte von der Anfahrposition aus möglichst kräftig einen sogenannten Simulationsprung durchzuführen. Berechnet wird die aus der vertikalen und der horizontalen Komponente resultierende Abfluggeschwindigkeit.



Abb. 13: Ausgangs- und Endposition beim skisprungspezifischen Sprungkrafttest

Abb. 14 zeigt die Kraft-Zeitverläufe von drei unmittelbar hintereinander durchgeführten Sprungkrafttests eines Weltklasseskispringers. Die extrem hohe Übereinstimmung der Verlaufskurven der drei Versuche dokumentiert ebenso wie die berechneten Abfluggeschwindigkeiten ($v_1 = 3,09$ m/s, $v_2 = 3,11$ m/s, $v_3 = 3,10$ m/s) einerseits den hohen Automatisierungsgrad des Bewegungsablaufes bei den Athleten und andererseits die hohe Meßgenauigkeit des Testsystems. Alle bislang durchgeführten Test - Retest - Korrelationsberechnungen ergaben Koeffizienten, die über dem erwünschten Wert von $r = 0,9$ lagen.

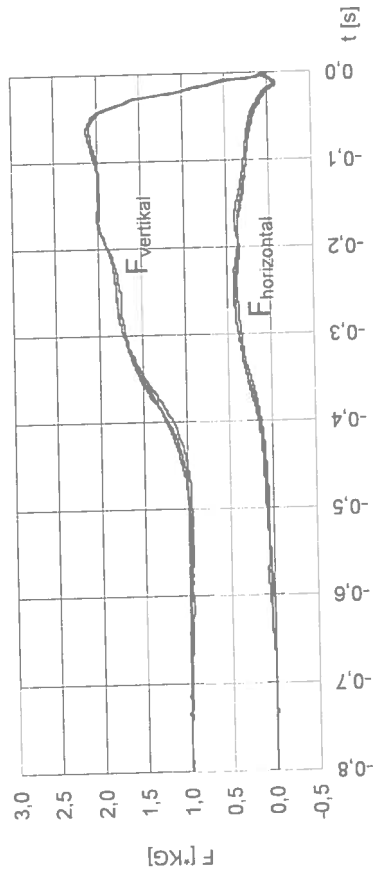


Abb. 14: Kraft - Zeitverläufe von 3 unmittelbar hintereinander erfolgten Versuchen beim skisprungspezifischen Sprungkrafttest eines Spitzenskispringers (KG=Körpergewicht)

4. Schnellinformationssysteme zur Technik- und Konditionssteuerung

Zahlreiche Untersuchungen im Bereich des motorischen Lernens und des Techniktrainings haben übereinstimmend ergeben, daß geeignete Feedbacksysteme im Sinne des von FARFEL (1977) formulierten Prinzips der „objektiv ergänzenden Schnell- und Sofortinformation“ wesentlich zur Verkürzung der Aneignungszeit beitragen können (BARTLETT 1997; ROCKMANN-RÜGER 1991; DAUGS et al. 1989). Diese Systeme sollten auf der einen Seite die im Training zu verbessernden Merkmale möglichst genau messen und auf der anderen Seite die Meßergebnisse in einer für den Athleten leicht verständlichen Form und innerhalb des lernwirksamsten „Prä-Knowledge of Result (KR)-Intervalls“ von 10 bis 60 Sekunden bereit stellen.

Modernes Technik- und Konditionstraining findet heute schon in vielen Sportarten in computergestützten Labors statt, in denen sportartspezifische Wettkampfsimulationen durchgeführt werden können (PERL et al. 1997). Vor allem für sogenannte geschlossene Sportarten, in denen die Wettkampfstätten in hohem Maße standardisiert sind, werden in der Literatur sogenannte „Meßplatztrainingsplätze“ beschrieben (Gerätturnen: KNOLL 1995; KRUG et al. 1996; Speerwurf: ADAMCZEWSKI 1995; Ringen: TÜNNEMANN/FREYER 1995).

HILDEBRAND/WAGNER (1997) beschreiben einen am Institut für Angewandte Trainingswissenschaft in Leipzig eingerichteten Meßplatz für das Diskuswerfen. Dabei können während des Diskuswurfes über 4 Kraftmeßplatten die Bodenreaktionskräfte beider Beine und mit bis zu drei Videokameras die Bewegungsabläufe synchron registriert werden. Die Ergebnisse stehen unmittelbar nach dem Wurf in unterschiedlichen Darstellungsarten zur Verfügung. So kann beispielsweise der Aufbau der Kräfte zur Erzeugung des Drehimpulses verfolgt werden. Die berechneten Tangential- und

Radialkräfte am Diskus geben Aufschluß über die Kontinuität der Diskusbeschleunigung, und die Berechnung der Beschleunigungsleistung deckt die momentane Leistungsfähigkeit des Sportlers auf.

In Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Schützenbund wurde am Institut für Sportwissenschaften der Universität Salzburg ein Labor-Trainingsplatz für Gewehr- und Pistolenschützen eingerichtet. Hier können während des Trainings der Verlauf des Körperschwerpunktes des Schützen, dessen Herz- und Atemfrequenz sowie die vom Schützen am Abzugbügel angebrachte Abzugskraft gemessen und simultan am Bildschirm dargestellt werden. Zusätzlich wird mit einem Laser-Meßsystem die Zielbewegung der Waffe registriert (Abb. 15). Alle Meßdaten können vom Trainer synchron am Bildschirm mitverfolgt bzw. gemeinsam mit dem Athleten unmittelbar nach dem Schuß interpretiert werden.

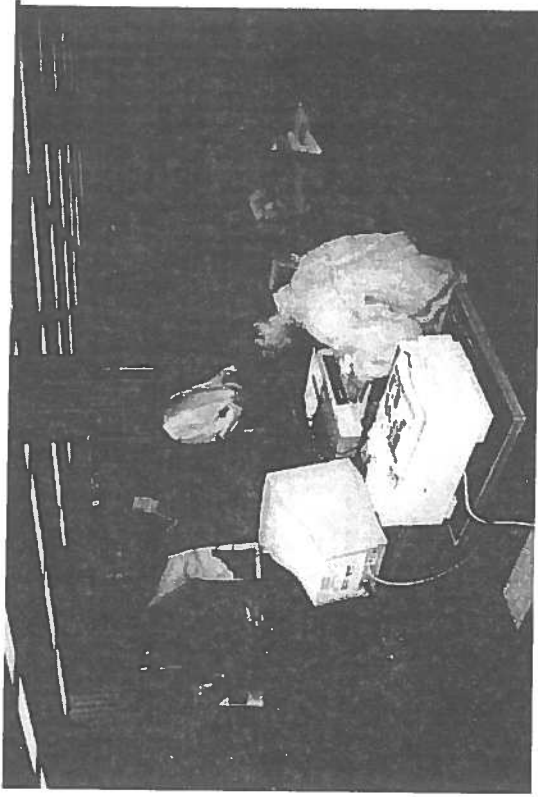


Abb. 15: Labor-Meßplatz für Schützen am Institut für Sportwissenschaften Salzburg

Objektive Schnellinformationssysteme sind auch im modernen Schnelligkeitstraining notwendig. Im leichtathletischen Sprinttraining ist die bestmögliche Abstimmung der Merkmale Schrittlänge und Schrittfrequenz das zentrale Trainingsziel. Mit dem neuen Meßsystem Opto-Jump, das mit zahlreichen Photozellen, die in sehr kurzen Abständen aneinandergereiht sind, ausgestattet ist, können Schrittlänge, Schrittfrequenz und Bodenkontaktzeit während eines 100m-Sprints gemessen werden und unmittelbar nach dem Sprint am Bildschirm dargestellt werden. Das in Abb. 18 dargestellte System konnte am Institut für Sportwissenschaften der Universität Salzburg bereits erfolgreich eingesetzt werden.

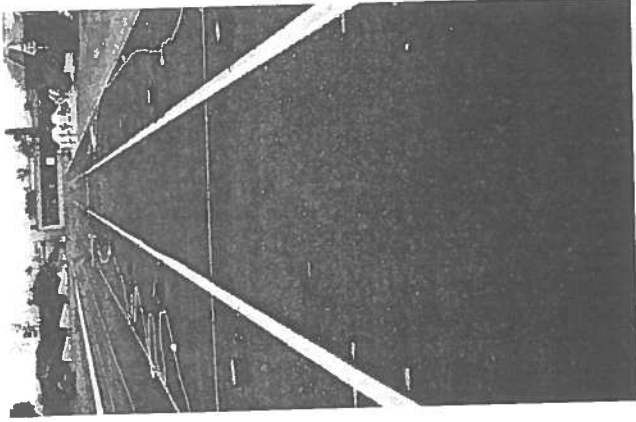
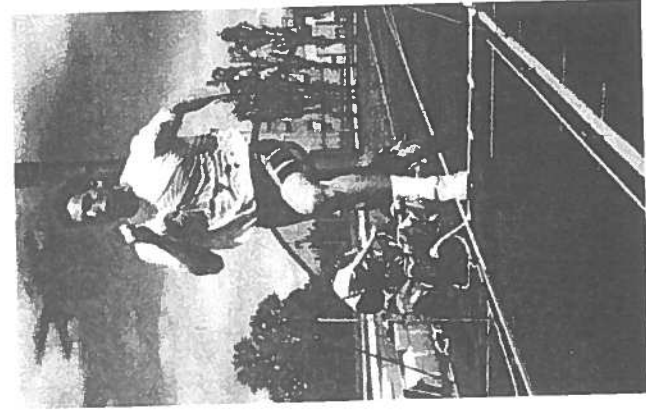


Abb. 16: Sprintmeßplatz Opto-Jump

Literatur:

- ADAMCZEWSKI, H. (1995). Ergebnisse sportsspezifischer Untersuchungen auf dem Meßplatz Speerwurf. In Schriftenreihe zur angewandten Trainingswissenschaft, 2 (3), 90-104.
- BACA, A. (1997). Interpretation: Bestimmung von Sprunghöhen und effektiven Niedersprunghöhen bei Tief-Hoch-Sprüngen. In Spectrum der Sportwissenschaften, 9 (1), 99-102.
- BALLREICH, R. (1996). Untersuchungsziele des Sports. In BALLREICH, R., BAUMANN, W. (Hrsg.). Grundlagen der Biomechanik des Sports (S.13-53). Stuttgart: Enke.
- BANGSBO, J. (1994). Energy demands in competitive soccer. In Journal of Sports Sciences, 12, 5-12.
- BARTLETT, R.M. (1997). Current issues in the mechanics of athletic activities. A position paper. In J. Biomechanics, 30 (5), 447-486.
- BERNWICK, U., MÜLLER, E. (1995a). Computergestützte Spielanalyse im Spitzentennis. In Leistungssport, 25 (3), 11-14.
- BERNWICK, U., MÜLLER, E. (1995b). Aktuelle Spielanalysen im internationalen Spitzentennis der Herren. In Leistungssport, 25 (4), 23-27.
- BEST, R.J., BARTLETT, R.M., SAWYER, R.A. (1995). Optimal Javelin Release. In Journal of applied Biomechanics, 11, 371-394.
- CLAUSER, C., et al. (1969). Volume and Center of Mass of Segments of the Human Body. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio (zit. nach MILLER, D., NELSON, C. (1973). Biomechanics of Sport, Philadelphia: Lea and Febiger).
- DAUGS, R., BLISCHKE, K., OLIVIER, N., MARSCHALL, F. (1989). Beiträge zum visuomotorischen Lernen, Schorndorf: Hofmann.

- DRENK, V. (1994). Bildmeßverfahren für schwenk- und neigbare sowie in der Brennweite veränderbare Kameras. In Schriftenreihe zur angewandten Trainingswissenschaft, 1 (1), 130-142.
- FARFEL, W.S. (1977). Bewegungssteuerung im Sport, Berlin: SportVerlag
- FERRAUTI, A., WEBER, K. (1991). Systematische Videoanalyse des Wimbledon-Finales 1990 zwischen Edberg und Becker. In Leistungssport, 21 (2), 32-35.
- FRÖHNER, B. (1995). Aktuelle Computer- und Videotechnologie zur systematischen Untersuchung des technisch-taktischen Handelns im Volleyball aus individueller und mannschaftstaktischer Sicht. In Leistungssport, 25 (3), 4-10.
- HILDEBRAND, F., WAGNER, K. (1997). Technologische Entwicklungen und ihre Einflüsse auf die Leistungsentwicklung, Trainingssteuerung und Wettkampfführung. In Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, 4 (1), 6-25.
- KIBELE, A. (1997). Zur Problematik der biomechanischen Leistungsdiagnostik von Tief-Hoch-Sprüngen. In Spectrum der Sportwissenschaften, 9 (1), 81-98.
- KNOLL, K. (1995). Ingenieur- und meßtechnische Aspekte zur Objektivierung der Sporttechnik mit Meßplätzen im Kunstturnen. In Schriftenreihe zur angewandten Trainingswissenschaft, 2 (3), 57-78.
- KRUG, J., HEILFORT, U., ZINNER, J. (1996). Digitales Video- und Signalverarbeitungssystem - DIGVIS. In Leistungssport, 26 (1), 13-16.
- LAMES, M. (1991). Leistungsdiagnostik durch Computersimulation. Ein Beitrag zur Theorie der Sportspiele am Beispiel Tennis. Bd. 17 der Beiträge zur Sportwissenschaft. Frankfurt am Main: Harri Deutsch.
- LAMES, M. (1994). Systematische Spielbeobachtung. Münster: Philippka.
- LINSER, F. (1994). Effektives Krafttraining - Grundlagen und Praxis am Beispiel des alpinen Skilaufs, Wiesbaden: Limpert.
- LOY, R. (1995). Systematische Spielbeobachtung im Fußball. In Leistungssport, 25 (3), 15-20.
- MÜLLER, E. (1989). Sportmotorische Testverfahren zur Talentauswahl im Tennis. In Leistungssport, 19 (2), 5-9.
- MÜLLER, E., WACHTER, E. (1989). Trainingsmethoden zur Verbesserung der speziellen Sprungkraft von Skispringern. In Spectrum der Sportwissenschaften, 1 (1), 47-71.
- MÜLLER, E. (1992). Leistungsdiagnostik - Theorie und Wirklichkeit. In BERNHARD, G., KLAUTZER G. (Hrsg.). Training und Wettkampf - Arbeitsberichte des Symposiums „Sport - Sinn und Wahn“ (S. 67-80), Graz: Eigenverlag.
- MÜLLER, E., KORNEXL, E., LEITENSTORFER, W. (1992). Fußballspezifischer Ausdauerfest. In Leistungssport, 22 (2), 22-26.
- MÜLLER, E., LORENZ, H. (1996). Computergestütztes Spielanalysesystem im Spitzentfußball, 26 (1), 59-62.
- MÜLLER, E., BENKO, U., RASCHNER, C., SCHWAMEDER, H. (1998). Specific Fitness Training and Testing in Competitive Sports. In Medicine and Science in Sports and Exercise, im Druck
- NACHBAUER, W. (1987). Fahrlinie in Torlauf und Riesentorlauf. In Leistungssport, 17 (6), 17-21.
- NIGG, B.M. (1993). Sports science in the twenty-first century. In: Journal of Sports Sciences, 11, 342-347.
- PERL, J., LAMES, M., MIETHLING, W.-D. (Hrsg.). (1997). Informatik im Sport. Ein Handbuch. Bd. 117 der Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport. Schorndorf: Hofmann.
- RASCHNER, C. (1997). Kinematische und dynamische Technikanalyse im Slalom als Grundlage für die Entwicklung skispezifischer Krafttrainingsgeräte und Krafttrainingsmethoden, Diss., Universität Salzburg

- RASCHNER, C., MÜLLER, E., SCHWAMEDER, H. (1997). Kinematic and kinetic analysis of slalom turns as a basis for the development of specific training methods to improve strength and endurance. In MÜLLER, E., SCHWAMEDER, H., KORNEXL, E., RASCHNER, C. (Hrsg.). *Science and Skiing* (S. 251-261). London FN Spon.
- REILLY, T., CLARYS, J., STIBBE, A. (Hrsg.). (1993). *Science and Football II*. London: FN Spon.
- ROCKMANN-RÜGER, U. (1991). Zur Gestaltung von Übungsprozessen beim Erlernen von Bewegungstechniken, Frankfurt am Main: Deutsch.
- SCHWAMEDER, H., MÜLLER, E. (1995). Biomechanische Beschreibung und Analyse der V-Technik im Skispringen. In *Spectrum der Sportwissenschaften*, 7 (1), 5-36.
- SCHWAMEDER, H., MÜLLER, E., RASCHNER, C. (1997). Aspects of technique-specific strength training in ski-jumping. In MÜLLER, E., SCHWAMEDER, H., KORNEXL, E., RASCHNER, C. (Hrsg.), *Science and Skiing* (S. 309-329). London: FN Spon.
- TSCHIENE, P. (1989). Die neue "Theorie des Trainings" und ihre Interpretation für das Nachwuchstraining. In *Leistungssport*, 19 (4), 11-17.
- TÜNNEMANN, H., FREYER, K. (1995). Diagnostik und Training technizierter Kraftfähigkeiten mittels ringkampfspezifischer Bewegungssimulatoren. In *Schriftenreihe zur angewandten Trainingswissenschaft*, 2 (3), 105-121.
- WINKLER, W. (1983). Spielbeobachtung bei Fußballspielen im Zusammenhang mit Spielerpositionen, Spielsystem und Laufbelastung. In *Leistungsfußball*, 21 (6), 63-68.
- WERCHOSHANSKI, J.W. (1988). *Effektiv Trainieren*, Berlin: Sport Verlag
- YEADON, M.R., ATHA, J., HALES, F. D. (1990). The simulation of aerial movement. Part IV: a computer simulation model. In *Journal of Biomechanics*, 23, 58-89.
- YEADON, M.R., CHALLIS, J.H. (1993). The future of performance-related sports biomechanics research. In *Journal of Sports Sciences*, 12, 3-32.
- ZIMMERMANN, B. (1995). Computergestützte Wettkampfanalyse zur unmittelbaren Spielsteuerung im Volleyball. In *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, 2 (2), 105-121.
- ZINTL, F. (1994). *Ausdauertraining*, München: BLV.

Entwicklung und Perspektiven der Frauen- und Geschlechterforschung im Sport

DEVELOPMENT AND PROSPECTS OF WOMEN AND GENDER STUDIES
IN SPORTS

Zusammenfassung

Die bundesdeutsche Frauen- bzw. Geschlechterforschung im Sport hat verschiedene theoretische Forschungsansätze sowie methodische Verfahren entwickelt, die sich sowohl aus dem jeweiligen historischen Wissenschaftskontext erklären lassen, als auch auf ein sich veränderndes Verständnis von Geschlecht hinweisen. Dieser Artikel systematisiert die Problemstellungen, theoretischen und methodischen Ansätze der sportwissenschaftlichen Frauenforschung vor dem Hintergrund des diesbezüglichen Reflexionsstandes in der Sozialwissenschaft. Darüber hinaus werden Perspektiven einer Geschlechterforschung im Sport unter besonderer Berücksichtigung der Erkenntnisse der angloamerikanischen Forschung über die soziale Konstruktion von Geschlecht diskutiert. Die Konstruktionsprozesse der Geschlechterordnung im Sport lassen sich auf verschiedenen Dimensionen analysieren, z.B. im Hinblick auf die Wissensproduktion, das Symbolsystem des Sports und dessen sozialstrukturelle Arrangements. Eine systematische Aufdeckung der Konstruktionsprozesse der sozialen Ungleichheit zwischen den Geschlechtern könnte (nicht nur) der sportwissenschaftlichen Geschlechterforschung Erkenntnisfortschritte bringen sowie auch Basiswissen für den reflektierten Versuch des 'undoing gender' liefern.

Summary

German women and gender studies have developed a set of theoretical and methodological approaches, which can be explained by their historical contexts and a changing understanding of gender. This article structures the problems, the theoretical and methodological concepts of women studies in sports against the background of gender studies in the social sciences. Anglo-American theories concerning the construction of gender are used in order to discuss prospects for gender studies in sports science. The processes of the construction of inequality in gender relations in sport can be analysed on various levels of the sports system, e.g. regarding the research strategies in sports sciences and their reinforcement of gender inequalities, regarding sports as a symbolic system which has its own semiotic force of stabilising traditional gender relations and regarding the institutions of sports with their hierarchical structure. Following the line of constructivism a better understanding of these processes could help to follow the approach of 'undoing gender'.

Frauenforschung stellt das gesellschaftliche Konstrukt der natürlichen Ungleichheit zwischen den Geschlechtern in Frage, ein Konstrukt, das einhergeht mit einer jahrhundertelangen sozio-kulturellen Subordination von Frauen, die habituell verankert und bis in die Gegenwart wirksam ist. Dieser ideologiekritische Ursprung der Frauenforschung paart sich mit einem wissenschaftskritischen Verständnis, so daß der Weg der Frauenforschung in die Institutionen des Wissenschaftssystems entsprechend von Abwehr und Skepsis – sowohl von seiten der etablierten Wissenschaft als auch der autonomen Frauenbewegung – geprägt war. Mittlerweile