

TIMO KOLLER/WOLFGANG SCHÖLLHORN/JONS BAUER/LUIS MENDOZA

Zeitabhängige Probleme bei ganzheitlicher und elementhafter Betrachtung komplexer Bewegungsabläufe

1 Einleitung

Bei der Analyse eines sportmotorischen Bewegungsablaufs sind unter dem Kriterium der zeitlichen Dimension bei der Modellierung zwei Modellierungsansätze zu unterscheiden. Erfolgt die Modellierung nach zeitdiskreten Merkmalen, d.h. Merkmalen, die an ausgewählten Zeitpunkten erhoben wurden, so handelt es sich um ein *produktorientiertes Bewegungsmodell*. Bei dieser produktorientierten Betrachtung und Analyse von Bewegung kann es jedoch zu einem Informationsverlust bestimmter komplexer Bewegungsphänomene kommen. Dies geschieht, wenn der Verlauf des gemessenen Merkmals zwischen den beiden Meßzeitpunkten nicht die mathematische Eigenschaft der strengen Monotonie bzw. eines funktionalen Zusammenhangs aufweist. Unterteilt man die Bewegung in Abschnitte, die diese Kriterien erfüllen, kommt es jedoch für großmotorische Bewegungen auf Grund der hohen Anzahl an Freiheitsgraden innerhalb einer Bewegung zu einem exponentiellen Anstieg des Datenumfangs.

Einen Ansatz zur quantitativen Erfassung der komplexen Bewegungsqualitäten auch bei großmotorischen Bewegungen bietet daher eine Betrachtung von zeitkontinuierlichen Merkmalen. Dieses *prozeßorientierte Bewegungsmodell* bietet dann auch die Möglichkeit, großmotorische Bewegungen unterschiedlicher Bewegungsklassen (Laufen, Springen, Werfen,) und Bewegungsmodi (schleichendes, federndes.... Gehen...) miteinander zu vergleichen.

2 Forschungsstand

Angesichts der Erkenntnis BERNSTEINS, daß „in erster Linie die topologischen Eigenschaften eine Bewegung bestimmen“ (BERNSTEIN 1988), bietet der prozeßorientierte Ansatz einen Zugang zu diesem Problemfeld. Mit dieser verlaufsorientierten Betrachtung ist eine differenzierte Analyse unterschiedlicher topologischer Kategorien möglich. Erste Untersuchungen zur Quantifizierung der Topologie einer Bewegung wurden mit systemdynamischem Ansatz betrieben (u.a. HAKEN/KELSO/BUNZ 1985). Diese Bewegungsanalysen beschränken sich jedoch mit Ausnahme der Arbeit von SCHÖLLHORN (1995) ausschließlich auf kleinmotorische und/oder polyzyklische (rhythmische) Bewegungen. SCHÖLLHORN vergleicht indes erstmals eine azyklische Bewegung, beschränkt sich dabei jedoch auf die Analyse einer Bewegung innerhalb einer Bewegungsklasse.

Die sportmotorisch orientierten Untersuchungen zeigen im Diskuswurf einen Schwerpunkt im Bereich der Querschnittsanalyse auf der Basis von zeitdiskreten Merkmalen. Im Kugeldrehstoß indes liegen nur Einzelfallanalysen vor. Diese beschränken sich, ebenso wie beim Diskuswurf, in den meisten Fällen auf die wurfweitenbezogene Deskription weniger Wettkampfwürfe (u.a. BARTONIETZ 1990; KNICKER 1990).

3 Forschungsziel

Ziel dieser Arbeit ist der Vergleich zweier ballistischer komplexer Bewegungsabläufe unterschiedlicher Bewegungsklassen auf der Grundlage eines systemdynamisch orientierten Modells. Am Beispiel des quantitativen Vergleichs der Kugelstoß und Diskuswurfbewegung während der zweistützigen Abwurfphase werden sowohl zeitdiskrete als auch zeitkontinuierliche Bewegungsmerkmale *ganzheitlich* und in *einzelnen* Elementen dargestellt und interpretiert. Die Kennzeichnung von Bewegungsmorphologien und deren Variation sind dabei von besonderem Interesse.

4 Untersuchungsmethodik

Zum Vergleich der beiden komplexen Bewegungsabläufe wurden zwei Athleten der internationalen Spitzenklasse unterschiedlichen Geschlechts aus den Bereichen Diskuswurf (männlicher Proband) und Drehstoß (weiblicher Proband) untersucht. Der Untersuchungsabschnitt beschränkt sich auf die zweistützige Abwurfphase, d.h. die Phase zwischen der Wurf-/Stoßauslage und der Abwurf-/Abstoßposition. Die Datenbeschaffung hierzu erfolgt in drei Teilen. Die primäre Datenbeschaffung umfaßt die dreidimensionale Hochfrequenzfilmbildmessung von 11 Drehstößen sowie 8 Diskuswürfen bei einer Aufnahmefrequenz zwischen 150 bzw. 200 B/s und die Digitalisierung von 20 Körperoberflächenpunkten. Die mittels Butterworthfilter (10Hz) gefilterten Daten führten mittels finiter Differenzmethode zu den kinematischen Beschreibungsgrößen.

Gegenstand der sekundären Datenbeschaffung ist die Berechnung der drei Merkmalsgruppen. Als Merkmalsgruppen wurden anhand eines 13 segmentigen Körperbaumodells aus den kinematischen und anthropometrischen Daten Winkel-, Winkelgeschwindigkeits- und Drehimpulsverläufe berechnet und auf 51 Werte zeitnormiert. Die Aufgabe der tertiären Datenbeschaffung war die Abbildung der Merkmals-Zeit Verläufe auf orthogonale Referenzfunktionen. Hierfür wurden 5 Taylor Polynome über das Intervall von -1 bis +1 ausgewählt.

Die Beschreibung der komplexen Bewegungen erfolgt in Anlehnung an gestalttheoretische Wahrnehmungsprinzipien in 3 Kategorien:

1. ANFANGskategorie,
2. UMFANGskategorie,
3. VERLAUFskategorie.

Die *ANFANG*skategorie ist dabei durch die zeitdiskreten Merkmalsausprägungen zu Beginn der zweistützigen Phase bestimmt. Die *UMFANG*skategorie wird gebildet durch die Differenz der minimalen und maximalen Ausprägung eines Merkmals in dem Zeitintervall. Die *VERLAUF*skategorie ist definiert durch den zeitlichen Verlauf der Ausprägung (vgl. SCHÖLLHORN 1995).

Zum direkten Bewegungsmustervergleich wurden sämtliche Versuche mit einem ausgesuchten Referenzversuch (Drehstoß Nr.8) verglichen. Obgleich die Wahl des Referenzversuchs im vorliegenden Fall zunächst willkürlich ist, wurde der Drehstoß mit der höchsten Stoßweite ausgewählt. Zumindest für den Bereich des Drehstoßes kann dieser als Sollzustand angesehen werden. Für die zeitdiskreten Merkmalskategorien (*ANFANG*, *UMFANG*) erfolgte dieser Mustervergleich über die z-transformierte euklidische Distanz. Als Ähnlichkeitsmaß der zeitkontinuierlichen Kategorie (*VERLAUF*) diene das normierte Skalarprodukt der Koeffizientenvektoren bzw. der Spur deren Produktmatrix, wobei die Koeffizienten mit orthogonalen Referenzkoeffizienten ermittelt werden (vgl. SCHÖLLHORN 1995, 123f.).

Der Vorteil dieser Methode gegenüber einer Faktorenanalyse besteht in der relativen Unabhängigkeit des Ergebnisses von der Bewegung. Die 5 Taylor Polynome bilden ein externes Bezugssystem, anhand dessen die unterschiedlichen Bewegungen problemlos verglichen werden.

Im Sinne eines systemdynamischen Ansatzes kann dieses Ähnlichkeitsmaß als *Ordnungsparameter* betrachtet werden.

5 Forschungsergebnisse

Die Analyse der zeitdiskreten und zeitkontinuierlichen Merkmale zeigt bei beiden Probanden unterschiedliches Verhalten in den ausgewählten Merkmalen.

Hinsichtlich des *ANFANG*szustands zu Beginn der zweistützigen Abwurfphase bestehen bei der *elementhaften* Betrachtung die größten Ähnlichkeiten beider Bewegungen in der Merkmalsgruppe der Winkel (vgl. Abb. 1 links). Die Merkmalsgruppe der Winkelgeschwindigkeiten hingegen zeigt zum einen deutliche Unterschiede beider Techniken (u.a. in den Merkmalen re Fuß und li Schulter-Arm Achse), zum anderen auch Fluktuationen einzelner Merkmale bei beiden Athleten. Die größten Schwankungen erzielen beide Athleten jedoch bei den Drehimpulsmerkmalen, sodaß hieraus Rückschlüsse auf die charakteristischen Merkmale der beiden Bewegungsklassen problematisch sind

In der *UMFANG*skategorie sind zwischen den beiden Bewegungen die größten Ähnlichkeiten in der 'Dynamik' der Winkelgeschwindigkeiten, insbesondere in den Merkmalen der linken Körperseite zu finden. Hingegen zeigt die Merkmalsgruppe der Winkel deutliche Unterschiede der beiden Techniken sowohl in der oberen als auch unteren Körperhälfte (vgl. Abb. 1 mitte). Die Drehimpulsintensitäten weisen bei den linken Extremitäten deutlich größere Gemeinsamkeiten auf als auf der rechten Körperseite auf. In der *VERLAUF*skategorie zeigen die Verläufe der Winkelmerkmale der unteren Extremitäten und des Rumpflagewinkels eindeutige Ähnlichkeiten

zwischen der Kugelstoß- und Diskuswurfbewegung (vgl. Abb. 1 rechts). Die Winkelgeschwindigkeitsverläufe beider Athleten hingegen weisen starke Schwankungen in Relation zum Referenzversuch auf. Größere Ähnlichkeit indes besteht in den Drehimpulsverläufen der unteren Extremitäten.

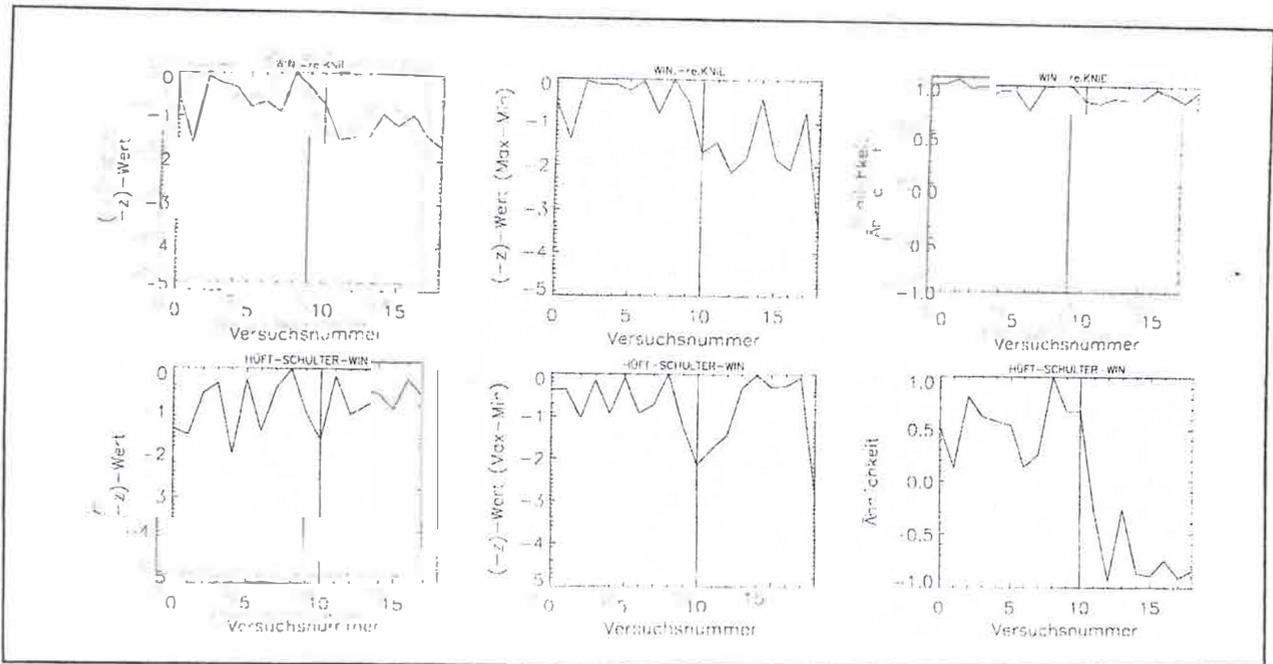


Abb. 1: Ähnlichkeit einzelner Winkelmerkmale in den Merkmalskategorien ANFANG (links), UMFANG (mitte) und VERLAUF (rechts)

Eine *ganzheitliche* Betrachtung der Merkmalsgruppe Winkel in der jeweiligen Merkmalskategorie zeigt einen eindeutigen Phasensprung zwischen den beiden Techniken. Dieser Phasensprung kennzeichnet einen grundlegenden Unterschied der beiden topologischen Klassen Drehstoß und Diskuswurf (vgl. Abb. 2 links). Eine Unterscheidung der beiden Bewegungen bei *ganzheitlicher* Betrachtung der Winkelgeschwindigkeits- bzw. Drehimpulsmerkmale (mit Ausnahme der relativen Verlaufsähnlichkeiten der Drehimpulse), ist nicht möglich. Beide Kategorien zeigen eine große Unähnlichkeit zum Referenzversuch (besonders Verlaufsähnlichkeit der Drehimpulse), d.h. Änderungen in einzelnen Merkmalen werden meist durch Änderungen in einem anderen Merkmal kompensiert (vgl. Abb. 2 mitte und rechts).

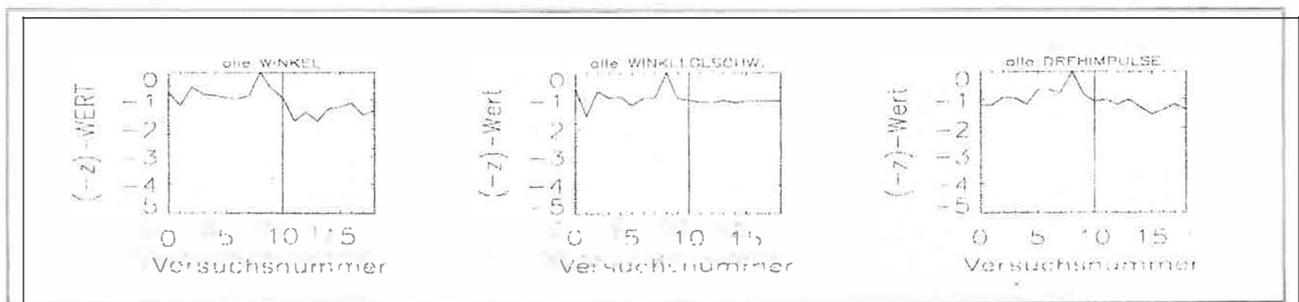


Abb. 2: Ähnlichkeit ganzer Merkmalsgruppen in der ANFANGskategorie

Aus Betrachtung aller einzelnen Merkmalen folgt, daß größere Gemeinsamkeiten in den Merkmalen der linken Körperseite existieren, wenngleich die Athletin hier die größten Schwankungen erzielt. In bezug auf die Trainingsmethodik bedeutet dies, daß gemeinsame Vorübungen bezogen auf die Andreh- und die Ausstoß- bzw. Abwurfbewegung zu überprüfen sind.

6 Zusammenfassung/Ausblick

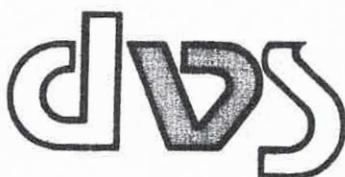
Bei der Analyse der beiden Techniken Diskuswurf und Kugeldrehstoß im Bereich der zweistützigen Abwurfphase unter zeitdiskreter und zeitkontinuierlicher Betrachtung anhand unterschiedlicher Merkmalsgruppen zeigen sich Gemeinsamkeiten überwiegend im Verlauf der Winkelmerkmale und dem Anfangszustand der Winkelgeschwindigkeitsmerkmale. Eine Differenzierung beider Techniken ist indes durch die Anfangs- und Umfangskategorie der Winkel gegeben, wenngleich einzelne gelenkbezogene Merkmale eine hohe Ähnlichkeit zeigen. Die Drehimpulse weisen besonders bei der Athletin große Schwankungen auf, sodaß sich daraus wenig Schlüsse auf eine technikspezifische Ausprägung ziehen lassen. Inwiefern sich mit gleichen Vorübungen auf Grund der Strukturverwandschaft der unteren Extremitäten ein positiver Lerntransfer (Transferenz) einstellt, ist zu überprüfen.

Die prozeßorientierte Betrachtungsweise bietet vor allem in bezug auf die Bewegungsforschung die Möglichkeit, unterschiedliche topologische Eigenschaften einer Bewegung zu quantifizieren. Mit einem externen Bezugssystem (orthogonale Referenzfunktionen) lassen sich diese Ergebnisse inhaltlich problemlos vergleichen. Damit ist es in Zukunft möglich, auch unterschiedliche Bewegungsklassen (z.B. Volleyballangriffsschlag – Tennisaufschlag) mit morphologischen Gemeinsamkeiten quantitativ zu vergleichen und sportartübergreifende Rückschlüsse auf Trainingsinhalte zu ziehen.

Literatur

- BARTONIETZ, K.: Drehtechnik contra Angleittechnik: In: Die Lehre der Leichtathletik 29 (1990), 29/30, 15, 18-22
- BERNSTEIN, N.A.: Bewegungsphysiologie. Leipzig 21988
- HAKEN, H./KELSO, J.A.S./BUNZ, H.: A theoretical model of phase transitions in human hand movements. In: Biological cybernetics 51 (1985), 347-356
- KNICKER, A.: Kinematische Merkmale des Diskuswurfes. In: Die Lehre der Leichtathletik 29 (1990), 45/46, 15, 19-22
- SCHÖLLHORN, W.I.: Systemdynamische Betrachtung komplexer Bewegungsmuster im Lernprozeß. (Habilitationsschrift): Köln 1995

Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft
Band 87



Hirtz/Nüske (Hrsg.)

Bewegungskoordination und sportliche Leistung integrativ betrachtet

2. Bernstein-Konferenz und 2. gemeinsames Symposium
der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und
Trainingswissenschaft vom 25.-27.9.1996 in Zinnowitz

The logo for Czwalina is located at the bottom center of the page. It features the word 'Czwalina' in a white, stylized, cursive font, set against a solid black rectangular background.

Czwalina