
Umstellung – Umstrukturierung – Umlernen im Spitzensport: Zur Identifizierung stereotyper Bewegungsverläufe als Indikator hochgeübter Bewegungen

R. Daus¹ (Projektleiter), S. Panzer², K. Fieguth¹

¹ Universität des Saarlandes Saarbrücken

Sportwissenschaftliches Institut;

² Universität Leipzig

Sportwissenschaftliche Fakultät

1 Problem

Fragt man Sportwissenschaftler, Trainer und Spitzenathleten, so werden von allen übereinstimmend entscheidende Leistungsreserven für eine weitere sportliche Leistungssteigerung in den Faktoren 1. Techniktraining, 2. Perfektionierung der Bewegungstechnik, 3. Optimierung der Gerätetechnik und 4. Optimierung von Regenerationsphasen gesehen (vgl. HOCHMUTH 1982, HEILFORD 1986, DAUGS, MECHLING, BLISCHKE, OLIVIER 1991; zusammenfassend DAUGS 1999).

Vor allen den Punkten 2 und 3 wird in letzter Zeit vermehrte Aufmerksamkeit zuteil. Festzustellen ist, dass in die ingenieurtechnische Entwicklung von Sportgeräten zur Optimierung physikalischer Aspekte der Geräte viel investiert wird und in die Verbesserung muskelphysiologischer Gegebenheiten beim Sportler verstärkte Anstrengungen unternommen werden. So arbeiten niederländische, amerikanische und deutsche Forschergruppen an der Weiterentwicklung des Klappschlittschuhs (vgl. ALLINGER & MOTL 2000). Resultat einer solchen Entwicklung ist z.B. der Einsatz der Karbonschiene im Eisschnelllauf. Auch im Rudersport wird überlegt, ob nicht durch eine weitere Optimierung von Hebel- und Längenverhältnissen noch Leistungsressourcen erschlossen werden können (vgl. HOLLMANN & HETTINGER 2000). Während den ingenieurtechnischen Entwicklungen von Seiten der Sportpraxis eine enorme Aufmerksamkeit zuteil wird, werden Aspekte des Techniktrainings und damit des motorischen Lernens kaum thematisiert (vgl. PANZER, DAUGS, EHRIG & TOEWS 2001). Eine differenzielle Betrachtung der Situation zeigt, dass für eine effiziente Nutzung der neuen Sportgerätetechniken Athleten ihre hochautomatisierten, stereotypen (KRESTOWNIKOW 1953) Bewegungsabläufe einem erneuten sportmotorischen Optimierungsprozess unterziehen müssen (vgl. SANDERS 1995, DAUGS & PANZER 2001). Aus einer Reihe von psychologischen wie auch physiologischen Studien ist hingegen bekannt, dass die Veränderung von stereotypen Bewegungsabläufen problembehaftet ist (vgl. DAUGS 1994, HOLLMANN & HETTINGER 2000). Vor allem auf

untersuchungsmethodischer Ebene sind Erfassung und Identifizierung von Bewegungstereotypen nicht geklärt und unterliegen einer kontroversen Diskussion. Bislang wird oft unterstellt, dass mit hohen Übungsraten dynamische Stereotype ausgebildet werden. Gekennzeichnet werden diese dann über (a) morphologische Aspekte des Bewegungsverlaufs oder (b) quantifizierende Gesamtmaße der Bewegung (NEWELL, VAN EMMERIK et al. 1993). Eine Fokussierung auf den Punkt (a) zeigt, dass zur Identifizierung der Morphologie die Kriterien der Glätte des Bewegungsverlaufs („smoothness“) oder der Minimierung der Ruckhaftigkeit im Bewegungsverlauf („minimum jerk“) (vgl. YOUNG & MARTENIUK 1997) verwendet werden. Die empirische Evidenz, dass die Kriterien eine valide Abbildung stereotyper Bewegungen sind, ist alles andere als überzeugend. Eine Zuwendung zu Punkt (b) zeigt, dass Variabilitätsmaße wie der dimensionslose „Variationskoeffizient“ zur Identifizierung stereotyper Bewegungen herangezogen wird. Unterstellt wird, dass mit Übung die Variabilität in der Bewegungsausführung abnimmt. Je geringer der Wert, desto geringer ist die Variabilität und damit um so höher der Grad des Bewegungstereotyps (vgl. NEWELL, VAN EMMERIK et al. 1993). Zu problematisieren ist hier allerdings, dass es sich um eine rein ergebnisorientierte Betrachtung handelt und Athleten sowie Trainer nicht zwingend einen hohen Informationsgehalt aus dem einen Parameter gewinnen. Unter einem Anwendungsaspekt wird somit die Betrachtung auf Punkt (a) beschränkt. In einem ersten Schritt galt es Stereotype in den Bewegungsabläufen bei hochgeübten Athleten zu identifizieren.

2 Methode

Wie lässt sich die Stereotype einer Bewegung darstellen? Ausgangspunkt der Überlegung war es, Bewegungsbahnen zu erfassen. Eine Bewegungsbahn lässt sich auch als zeitliche Abfolge von Haltungen eines Körperpunktes im Raum charakterisieren (ROSENBAUM & KIRST 1994). Unter einer solchen Sichtweise lässt sich ein Stereotyp als die Ideallinie, also die Linie darstellen, von der die einzelnen Haltungen der Körperpunkte bei aufeinanderfolgenden Bewegungsausführungen nur am geringsten abweichen. Das arithmetische Mittel, kurz Mittelwert, kennzeichnet das Minimum der Summe der quadratischen Abweichungen einzelner Werte. Der Mittelwert der einzelnen Bewegungsfolgen wird als Ideallinie charakterisiert. Rudern kann als eine repetitive Folge einzelner Bewegungszyklen, hier Ruderschläge, dargestellt werden. Ein Ruderschlag lässt sich kinematisch, also über die räumlich-zeitlichen Charakteristika der Bewegungsausführung bzw. des Resultats der Bewegungsausführung am Körper der Athletinnen selbst bzw. an einem Werkzeug, hier den Innenhebel von Holmen, erfassen und als eine Bewegungstrajektorie darstellen. Um zu prüfen, ob aufgabenrelevante Bewegungstrajektorien, hier festgemacht an einzelnen Körperpunkten wie Schulter, Hüfte bzw. auch des Innenhebels, einer Ideallinie folgen, ist es

notwendig mehrere Ruderschläge eines Athleten hintereinander zu betrachten. Zur Identifikation der Ideallinie, eines Körperpunktes wird die räumlich-zeitliche Veränderung während mehrerer Ruderschläge analysiert. Die für jeden Ruderschlag entstehenden Geschwindigkeits-Zeit-Verläufe werden übereinandergelegt. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von Superpositionierung. Kriterien für die Superpositionierung bilden kritische Merkmale der Geschwindigkeits-Zeit-Verläufe, die sich anhand von Differentialgleichungen ermitteln lassen. Aus allen übereinandergelegten kinematischen Linien wird ein mittlerer Geschwindigkeits-Verlauf berechnet, der als Ideallinie bezeichnet wird.

Die skizzierte Idee wurde in einer feldnahen Studie realisiert, die ausschließlich einen heuristischen Charakter hat. Das Datenmaterial wurde in Zusammenarbeit mit dem ehemaligen Bundestrainer des Frauen-Achters, Wolfgang Schell, in Saarbrücken und in Dreisbach zu Beginn des Jahres 2000 erstellt. Probanden waren die zu der Zeit im A-Kader „Riemenrudern“ befindlichen Athletinnen. Die Instruktion war, mit 20 Ruderschlägen pro Minute zu fahren. Erfasst wurden die räumlich-zeitlichen Charakteristika der Ruderbewegung mit einer digitalen Videokamera (25 Bilder pro Sek.) bei einer Trainingsfahrt des Frauen-Achters. Zur Kalibrierung wurden jeweils Markierungen von einem Meter Länge in der Horizontalen auf das Boot aufgebracht. Auf den Ruderanzügen der Athletinnen wurden jeweils Marker fixiert. Um reaktive Elemente bei der Datenaufnahme zu vermeiden, wurden die Athletinnen von einem motorisierten Beiboot aufgenommen. Dieses fuhr links vom Boot und wurde von einem routinierten Bootsfahrer gelenkt. Seine Aufgabe bestand darin, den Abstand zwischen Ruderboot und Beiboot möglichst konstant zu halten sowie immer auf gleicher Höhe mit dem Ruderboot zu bleiben. Die videometrische Auswertung erfolgte mit einem 2D-Videoanalyse-System „SIMI-Motion DV 4“ der Firma SIMI über ein manuelles Tracking mit einer zeitlichen Auflösung von 50 Halbbildern pro Sekunde. Zur Glättung wurde ein Butterworthfilter mit (100 Hz) verwendet. Exemplarisch soll hier der Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf in x-Richtung der Schulter (links), Ellenbogen (links) Innenhebel (links) und Hüfte (links) beim Riemenrudern betrachtet werden. Für das Übereinanderlegen der Geschwindigkeits-Zeit-Verläufe wurde eigens von den Autoren eine spezielle Auswertungssoftware unter HP VEE 5.0 entwickelt. Die ausgewerteten Daten wurden dann wieder für die grafische Darstellung in das Software Packet SPSS 10.0 (Statistical Package for Social Sciences) eingelesen und deskriptiv ausgewertet.

3 Ergebnisse

Dargestellt sind in Abbildung 1 die einzelnen Geschwindigkeits-Zeit-Verläufe in x-Richtung getrennt nach Körperpunkten von einer Athletin.

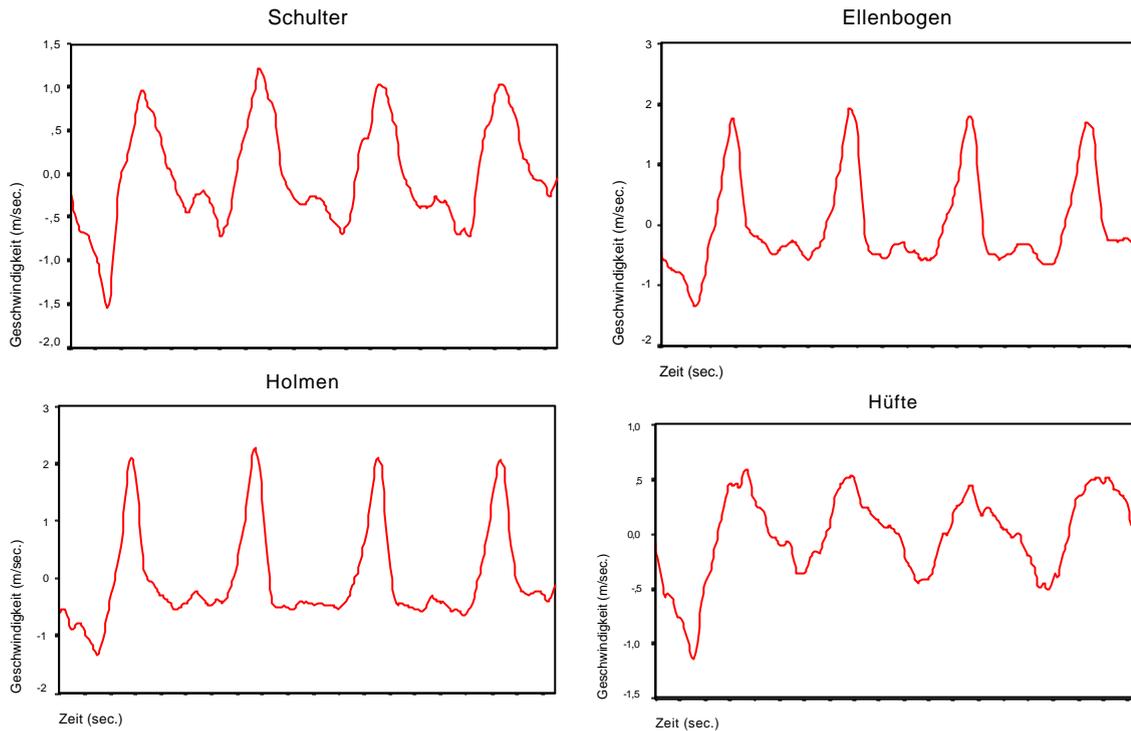


Abb. 1: Geschwindigkeits-Zeit-Verläufe von Schulter, Ellenbogen, Innenhebel Holmen und Hüfte von vier Ruderschlägen in x-Richtung.

In Abbildung 2 sind dann die superpositionierten und gemittelten Geschwindigkeits-Zeit-Verläufe in x-Richtung von Hüfte und Innenhebel dargestellt.

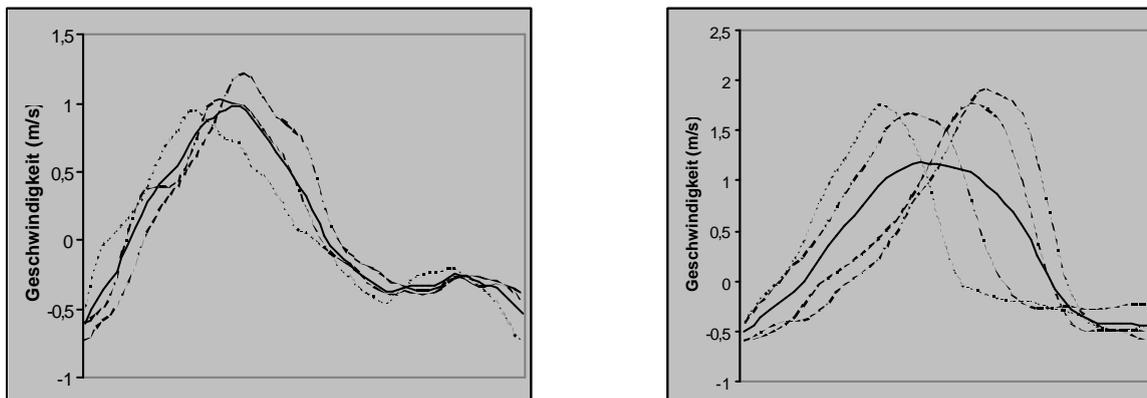


Abb. 2: Geschwindigkeits-Zeit-Verläufe der Hüfte und des Innenhebels (die gestrichelten Linien stellen jeweils die einzelnen Ruderschläge dar und die durchgezogene Linie den mittleren Verlauf).

Zu beachten ist, dass der mittlere Geschwindigkeits-Zeit-Verlauf des Innenhebels das tatsächliche Bild verfälscht. Das Kraftmaximum wird hier im Mittel abgesenkt, aber dafür

länger gehalten. Für die Hüfte ist der mittlere Verlauf als Abbild der jeweiligen einzelnen Bewegungen akzeptabel.

4 Diskussion

Diskutiert werden die Befunde unter einem heuristischen Aspekt. In der vorliegenden Studie wurde versucht, die bislang meist nur anhand qualitativer Beobachtungen gemachten Annahmen stereotyper Bewegungsverläufe (KRESTOWNIKOW 1953) bei hochgeübten sportlichen Bewegungen über superpositionierte und gemittelte Bewegungsverläufe zu quantifizieren. Grundlage bildeten hier zunächst kinematische Bewegungsgrößen. Die untersuchten Athletinnen, lassen sich hinsichtlich der Ruderbewegung als hochgeübt klassifizieren, da sie mindestens fünf Jahre unter leistungssportlichen Anforderungen das Rudern trainierten. Eine Betrachtung der dargestellten beiden Kennlinien von Hüfte und Innenhebel zeigt, dass die einzelnen Kennlinien vom Innenhebel einer größeren Streuung unterworfen sind als die der Hüfte. Anhand solcher mittleren Kennlinien lassen sich morphologische Eigenheiten bestimmter Körperpunkte darstellen. Kennzeichnet man Bewegungstereotype über aufeinanderfolgende Bewegungsausführungen, die am geringsten voneinander abweichen, so lässt die mittlere Kennlinie alleine keine Schlussfolgerung auf Bewegungstereotype zu. Beachtet man jedoch die folgenden Aspekte, so lassen sich solche mittleren Kennlinien interpretieren.

1. Unter Hinzuziehung der einzelnen Bewegungsverläufe lassen sich entsprechende Beobachtungen klassifizieren.
2. Bei der Bewegung sollte nur eine geringe Variabilität zu beobachten sein, da sonst der mittlere Verlauf – siehe Beispiel Innenhebel – zu fehlerhaften Interpretationen führt.

Unter Beachtung der vorab gekennzeichneten Probleme, lassen sich anhand solcher mittleren Kennlinien entsprechende Hinweise für die geschilderte Situation „Umlernen von hochgeübten Bewegungen“ auf der Ebene der Peripherie nachvollziehen. Bedingt eine sportgerätetechnische Änderung eine Modifikation stereotyper Bewegungsabläufe, so lässt sich anhand der gemittelten Kennlinien eine festmachen, ab der der alte ursprüngliche Bewegungsverlauf von dem neuen abweicht (vgl. DAUGS & PANZER 2001). Zieht man die einzelnen Körperpunkte noch hinzu, so lässt sich sogar ausmachen, an welcher Stelle die Abweichung am größten ist. Dem Trainer ist hiermit ein Mittel gegeben, auf visueller Basis entsprechende Probleme zu lokalisieren, so dass er gezielte Maßnahmen für ein Techniktraining unter den veränderten sporttechnischen Bedingungen induzieren kann.

5 Literatur

- ALLINGER, T.L.; MOTL, R.W: Experimental Vertical Jump Model Used to Evaluate the Pivot Location in Klapp Speed Skates. *Journal of Applied Biomechanics* 16 (2000), 142-156
- DAUGS, R.: Zum Problem der Bewegungsautomatisierung: Der Einfluss extensiven Übens auf die menschliche Motorik. *Psychologie und Sport* 1 (1994) 3, 94-105
- DAUGS, R.: Evaluation von sportmotorischen Messplatztraining im Spitzensport. Köln 1999
- DAUGS, R.; PANZER, S.: Umlernen von hochgeübten Bewegungen. Kurzfristige Grenzen von Lehren und Lernen. In: FRITSCH, W. (Hrsg.): Rudern – Entwickeln, Kooperieren, Vermitteln. 2001 64-70 (projektbezogene Veröffentlichung)
- DAUGS, R.; MECHLING, H.; BLISCHKE, K.; OLIVIER, N.: Sportmotorisches Lernen und Techniktraining. Schorndorf 1991
- HEILFORT, U.: Zur Entwicklung und zum Einsatz eines mikrorechnergestützten Mess- und Informationssystems zur effektiven Unterstützung des sporttechnischen Trainings. Leipzig 1986
- HOCHMUTH, G.: Biomechanik sportlicher Bewegungen. Berlin 1982
- HOLLMANN, W.; HETTINGER, T.: Sportmedizin: Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Stuttgart 2000
- KRESTOWNIKOW, A.N.: Physiologie der Körperübungen. Berlin 1953
- NEWELL, K.M.; VAN EMMERIK, E.A. et al.: Stereotypy and Variability. In: NEWELL, K.M.; CORCOS, D.M. (Eds.): Variability and Motor Control. Champaign (Ill.) 1993, 475-496
- PANZER, S.; DAUGS, R.; EHRIG, A.; TOEWS, A.. Umlernen – die Umstellung von dem Normal- auf den Klappschlittschuh. *Leistungssport* 31 (2001) 3, 12-17
- ROSENBAUM, D.; KIRST, H.: Vorbereitung von Bewegungen. In: HEUER, H.; KEELE, S. (Hrsg.): Psychomotorik. Göttingen 1994, 3-86
- SANDERS, R.H.: Can skilled performers readily change technique? An example, conventional to wave action breaststroke. *Human Movement Science* 14 (1995), 665-679
- YOUNG, R.P.; MARTENIUK, R.G.: Acquisition of a multi-articular kicking task: Jerk analysis demonstrates movements do not become smoother with learning. *Human Movement Science* 16 (1997), 677-701