

# Weiterentwicklung und systematischer Einsatz einer komplexen Leistungsdiagnostik für die Leistungsfaktoren: allgemeine und spezielle physische Faktoren, mentale Faktoren und technische Faktoren in der Sportart Fechten

(AZ 080604/11-12)

Jürgen M. Steinacker<sup>1</sup> (Projektleiter), Mario Weichenberger<sup>1</sup> (Projektleiter), Yuefei Liu<sup>1</sup> & Silvia Amend<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitätsklinik Ulm, Sektion Sport- und Rehabilitationsmedizin,

<sup>2</sup> Olympiastützpunkt Tauberbischofsheim

## 1 Problem

Die Leistung im Fechten ist sehr komplex und abhängig von verschiedenen Faktoren, zu denen als wichtigste interne Leistungsfaktoren die Schnelligkeit, die technischen Fertigkeiten und die mentalen Fähigkeiten zählen. Für eine objektive Beurteilung der Leistungsentwicklung in diesen Bereichen und für eine systematische Trainingssteuerung stellt eine trainingsbegleitende, möglichst sportartspezifische Leistungsdiagnostik ein wichtiges Steuerungsinstrument dar. Allerdings bestehen für die Sportart Fechten kaum geeignete Testverfahren zur spezifischen Analyse von Schnelligkeit und Technik. Die körperliche und psychologische Belastung während des Trainings und des Wettkampfs im Fechten sind sehr hoch. Die Bedeutsamkeit eines ausgeglichenen Erholungs-Belastungs-Managements wird deshalb als wichtig angesehen und im Sinne eines Monitoring innerhalb der sportpsychologischen Betreuung gefordert (Beckmann & Elbe, 2008). Einer angemessenen Umsetzung im Trainingssalltag stehen jedoch meist limitierende Faktoren entgegen. Für die Erfassung der Stressbelastung vor bzw. während des Gefechtes stehen bisher keine geeigneten Instrumente zur Verfügung.

Ziel des Projektes war die Diagnostik der allgemeinen und speziellen Schnelligkeit, der technischen Fertigkeiten sowie der mentalen Fähigkeiten bei Athletinnen und Athleten des Deutschen Fechter-Bundes. Dazu sollten bestehende Testverfahren angewandt bzw. weiterentwickelt und neue Methoden zur fechtspezifischen Leistungsdiagnostik entwickelt werden.

## 2 Methoden

Die speziellen konditionellen, technischen und mentalen Anforderungen der Sportart Fechten sowie bestehende spezifische Testverfahren wurden in enger Kooperation mit den Bundestrainern des Deutschen Fechter-Bundes mit Hilfe von strukturierten Interviews und Fragebögen analysiert. Darüber hinaus erfolgte eine Literaturrecherche zum Thema Leistungsdiagnostik im Fechten. Für die Diagnostik der allgemeinen Schnelligkeit wurden bei 203 Bundes- und Landeskader-Fechterinnen und -Fechtern aller Disziplinen Sprints über 3 bzw. 5 Meter durchgeführt. Die fechtspezifische zyklische Schnelligkeit wurde durch etablierte uni- und bidirektionale fechtspezifische Beinarbeitstests über 3 bzw. 6 Meter untersucht.

Die Diagnostik der spezifischen azyklischen Bewegungsschnelligkeit, der Reaktionsschnelligkeit und der Technik sollte während fechtspezifischer Aktionen erfolgen. Die Analyse der Reaktionsschnelligkeit erfolgte durch eine neu entwickelte fechtspezifische Reaktionspuppe mit 10 dreidimensional

angeordneten Trefferflächen für die Disziplinen Degen, Florett und Säbel. Für die Erfassung der Bewegungen während der fechtenspezifischen Aktionen wurden die Testpersonen jeweils mit 16 aktiven Infrarot-Markern ausgestattet.

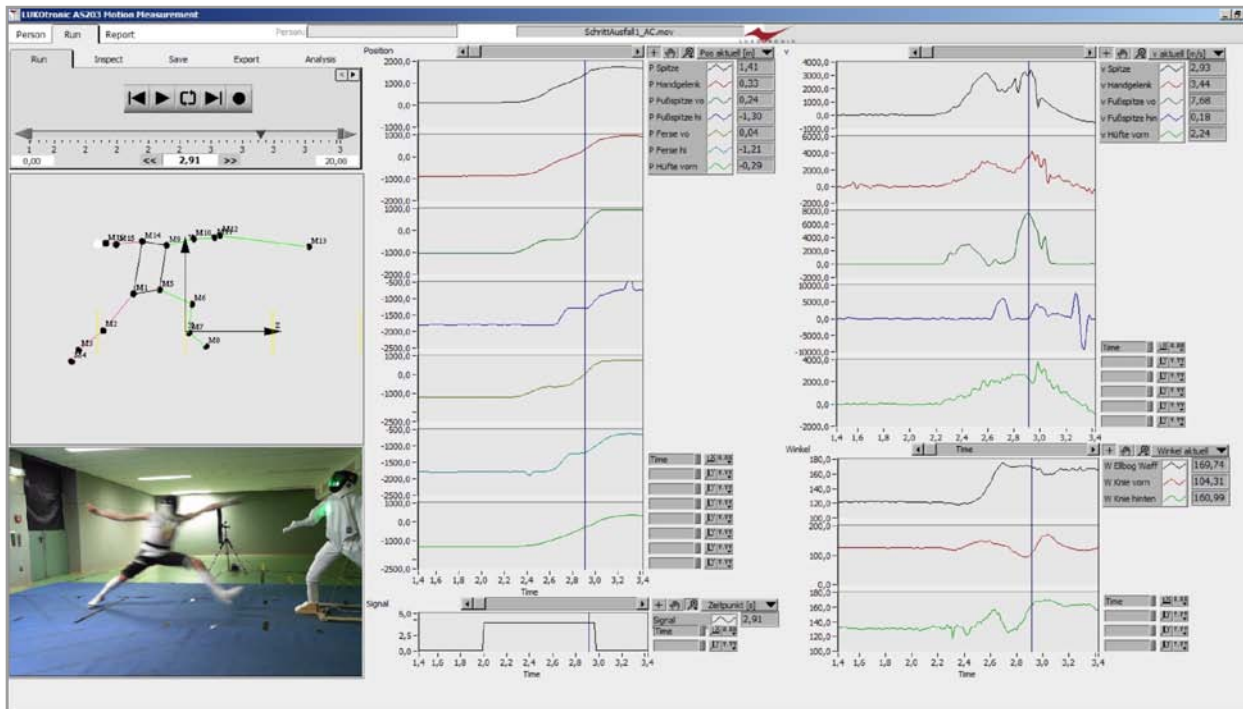


Abb. 1: Beispiel einer Bewegungsanalyse mit 3-D-Animation und Video (links), den Kurvenverläufen zu Positionen (Mitte) und Geschwindigkeiten ausgewählter Marker sowie Gelenkwinkeln (rechts).

Mit Hilfe eines mobilen Motion-Capture-Systems (Lukotronik, Austria) mit sechs Infrarot-Kameras (2000 Hz) konnten die Positionen, Winkel und Geschwindigkeiten der Marker exakt erfasst und Bewegungen dreidimensional analysiert werden (Abb. 1). Die Bewegungsanalysen wurden bei 70 Bundes- und Landeskader-Fechterinnen und -Fechtern der Disziplinen Degen, Florett und Säbel durchgeführt. Die Probanden der Disziplinen Degen und Florett absolvierten jeweils fünf Versuche der fechtenspezifischen Aktionen „gerader Stoß“, „Ausfall“, „Flèche“ und „Schritt vor Ausfall“. Im Säbel wurden Hiebe zum Kopf und zur Brust aus enger und mittlerer Mensur durchgeführt. Das System ermöglicht die synchrone grafische Darstellung der Technik, der Positions- und Winkelveränderungen sowie der Geschwindigkeitsverläufe in Echtzeit.

Das Verhältnis von Belastung und Erholung wurde anhand von Trainingsplananalysen und Trainerbefragungen (N = 8) untersucht. Zusätzlich wurden 31 Fechterinnen und Fechter in einer längsschnittlichen Studie mit 5 Erhebungszeitpunkten hinsichtlich ihrer Erholungs-Belastungs-Bilanz mit dem Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF, Kellman & Kallus, 2000) untersucht. Für die Erfassung der Stressbelastung während der Gefechtsvorbereitung wurde ein Fragebogeninstrument entwickelt (BeVor, „Bewusste Vorbereitung auf ein Gefecht“) und bei einer Versuchsgruppe mit 15 Fechterinnen und Fechtern eingesetzt. Die Kontrollgruppe (N = 11) erhielt einen Fragebogen ohne bewusste Gefechtsvorbereitung.

### 3 Ergebnisse

Die Expertenbefragung und die Literaturrecherche zeigten einen dringenden Bedarf an fechtsspezifischen Testverfahren für die Leistungsfaktoren Schnelligkeit, Technik und mentale Fähigkeiten. Vereinzelt wurden in der Literatur Ansätze einer fechtsspezifischen Schnelligkeits- und Technikdiagnostik beschrieben, die in der Praxis jedoch nicht systematisch eingesetzt wurden und deren Ergebnisse für die Trainerinnen und Trainer nur eingeschränkt verwertbar waren (Gholipour, Tabrizi & Farahmand, 2008; Morris, Farnsworth & Robertson, 2011). Durch unspezifische Sprints über 3 bzw. 5 Meter, die zur Bestimmung der zyklischen Bewegungsschnelligkeit durchgeführt wurden, konnten bei allen Disziplinen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Fechterinnen und Fechter der unterschiedlichen Leistungsgruppen (A-, C- und D-Kader) gefunden werden. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen wurden dagegen bei den fechtsspezifischen uni- und bidirektionalen Beinarbeitstests nachgewiesen. Bedingt durch die abweichenden Konventionen der Disziplinen Degen, Florett und Säbel werden unterschiedliche Anforderungen an die spezielle Schnelligkeit und die Technik bei fechtsspezifischen Aktionen gestellt. Die Ergebnisse sind deshalb nur bedingt vergleichbar und sollten separat nach Disziplin betrachtet werden. Exemplarisch sollen hier einige Ergebnisse der männlichen Degenfechter dargestellt werden (Tab.1).

Tab.1: Reaktionszeit, Maximalgeschwindigkeit der Waffenwand ( $v_{max}^{WH}$ ), Durchschnittsgeschwindigkeit der Waffenhand ( $v_M^{WH}$ ), Geschwindigkeit der Waffenhand zum Zeitpunkt des Treffers ( $v_{Treff}^{WH}$ ), Dauer bis zum Erreichen der Maximalgeschwindigkeit ( $D_{vmax}^{WH}$ )

	Stoß	Ausfall	SchrittAusfall	Flèche
Reaktion [s]	0,20	0,22	0,23 <sup>1</sup>	0,22
$v_{max}^{WH}$ [m/s]	2,72	3,48 <sup>1</sup>	4,09 <sup>1,2</sup>	3,92 <sup>1,2</sup>
$v_M^{WH}$ [m/s]	1,40	1,77 <sup>1</sup>	2,03 <sup>1,2</sup>	2,09 <sup>1,2</sup>
$v_{Treff}^{WH}$ [m/s]	1,79	2,34 <sup>1</sup>	2,84 <sup>1,2</sup>	2,54 <sup>1,3</sup>
$D_{vmax}^{WH}$ [s]	0,16	0,44 <sup>1</sup>	0,91 <sup>1,2</sup>	0,35 <sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> signifikante Unterschiede zwischen Stoß und Ausfall/SchrittAusfall/Flèche ( $p < .05$ ),

<sup>2</sup> signifikante Unterschiede zwischen Ausfall und SchrittAusfall/Flèche ( $p < .05$ ),

<sup>3</sup> signifikante Unterschiede zwischen Schritt Ausfall und Flèche ( $p < .05$ ).

Bei allen Aktionen wurde die Bewegung mit der Streckung des Ellbogengelenks eingeleitet. Beim „Schritt vor Ausfall“ zeigten sich individuelle Unterschiede bezüglich des Zeitpunktes der Armstreckung. Während die meisten Athleten den Arm bereits nach dem Schritt vollständig streckten, war die Streckung bei einigen Athleten erst nach dem Nachsetzen des hinteren Beines abgeschlossen. Der Gelenkwinkel im hinteren Knie lag nach dem aktiven Nachsetzen des hinteren Fußes im Mittel bei  $121,7 \pm 7,5$  Grad, der Abstand zwischen vorderem und hinterem Fuß bei durchschnittlich  $0,75 \pm 0,15$  m. Die Belastungsreduktion in erholungsintensiveren Phasen wurde hauptsächlich über eine Verkürzung der Wochentrainingszeit (39 % weniger Trainingszeit) und über aktive Regenerationsmaßnahmen (5 %) realisiert. Die Analyse der Erholungs-Belastungs-Bilanzen der Fechterinnen und Fechter zeigte zum Saisonende (moderates Athletiktraining) geringe Beanspruchungs- und hohe Erholungswerte und nach Wettkämpfen hohe Beanspruchungs- und geringe allgemeine Erholungswerte (Belastung

durch Reisen, Ausbildung, etc.). Fechterinnen waren zum Saisonende im allgemeinen Bereich signifikant weniger erholt ( $p < .05$ ) und nach den Ferien im sportspezifischen Bereich beanspruchter als ihre männlichen Kollegen ( $p < .05$ ). Vor Wettkämpfen erlebten Fechter im Vergleich zu Fechterinnen mehr sportspezifische Erholung ( $p < .05$ ). Die Ergebnisse zum fechtsspezifischen BeVor-Fragebogen zeigten in der aktuellen Einführungsphase noch keine signifikanten Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe.

## 4 Diskussion

Die zyklische Bewegungsschnelligkeit der Beine ist für schnelle Vorwärts- und Rückwärtsbewegungen während der Gefechte von großer Bedeutung, da dadurch der optimale Abstand zum Gegner für die finale Angriffsaktion geschaffen wird. Die Diagnostik der Fortbewegungsgeschwindigkeit sollte durch fechtsspezifische Beinarbeitstests mit und ohne Richtungswechsel erfolgen, da sich nur hier Unterschiede zwischen Fechterinnen und Fechtern verschiedener Leistungsniveaus zeigten (Weichenberger et al., 2011). Unspezifische Sprints über 3 bzw. 5 Meter sind für Fechter dagegen ungeeignet (Weichenberger, Zimmermann, Steegmüller, & Steinacker, 2010; Wilhelm, Weichenberger, Liu, Strigel, & Steinacker, 2009).

Die finale Angriffsaktion in den Gefechten wird von der Reaktionsschnelligkeit und der azyklischen Bewegungsschnelligkeit beeinflusst. Mit der neu entwickelten Methode steht eine sehr gute Möglichkeit zur Verfügung, die Reaktionsschnelligkeit und verschiedene Parameter der Bewegungsschnelligkeit unter fechtsspezifischen Bedingungen zu analysieren. Die gemessenen Unterschiede bei der Reaktionsschnelligkeit könnten auf ein Problem der Bewegungsausführung hindeuten. Die maximale Geschwindigkeit in der Waffenhand wird bei allen Aktionen meist bereits vor dem Zeitpunkt des Treffens erreicht und wird durch die Ellbogenstreckung bzw. durch die Geschwindigkeit der Hüfte beeinflusst. Bei den Aktionen Schritt vor Ausfall und Flèche werden die höchsten Geschwindigkeiten erreicht, beim Flèche allerdings in deutlich kürzerer Zeit. Bei guter Ausführung liegt beim Flèche die Zeit bis zum Erreichen der Höchstgeschwindigkeit unter der durchschnittlichen Reaktionszeit und führt deshalb häufig zum Erfolg.

Die neue Methode ermöglicht zudem eine exakte dreidimensionale Analyse der Technik bei fechtsspezifischen Aktionen. Die Technikanalyse zeigte u. a. beim Schritt vor Ausfall die Möglichkeit einer höheren Endgeschwindigkeit durch eine spätere Ellbogenstreckung und veranschaulichte die große Bedeutung des aktiven Nachsetzens des hinteren Beines für eine hohe Geschwindigkeit der Waffenhand beim Treffer. Die synchrone grafische Darstellung von technischer Ausführung, Geschwindigkeitsverläufen und Winkeländerungen bietet den Athleten und Trainern neue Einblicke in fechtsspezifische Bewegungsabläufe. Der systematische Einsatz der Methoden in der Praxis wird durch die hohe Mobilität der Messgeräte gewährleistet und ermöglicht den Einsatz direkt in den Fechtzentren. Dadurch werden optimale Bedingungen für die individuelle Analyse von Zusammenhängen zwischen Technik und Schnelligkeit und die Optimierung der individuellen Bewegungsausführung geschaffen.

Um das Bewusstsein für die Notwendigkeit systematisch durchgeführter Regenerationsmaßnahmen zu erhöhen, sollte ein systematisches Monitoring des Erholungs-Belastungs-Zustands der Fechterinnen und Fechter angestrebt werden, das mit dem Einsatz des EBF sehr ökonomisch ist und eine hohe Akzeptanz erfuhr. Gleiches galt für den neu entwickelten BeVor-Fragebogen, der zu einer Bewusstseinssteigerung in der unmittelbaren Vorbereitung auf ein anstehendes Gefecht beiträgt.

Bei einer komplexen Leistungsdiagnostik im Fechten sollten auch die leistungsbestimmenden Faktoren Ausdauer, Kraft und Taktik berücksichtigt werden, die in diesem Projekt nicht untersucht werden sollten. Eine Weiterentwicklung der vorgestellten Methoden unter Einbeziehung dieser Leistungsfaktoren sollte unbedingt angestrebt werden, um dem Anspruch an eine komplexe Leistungsdiagnostik in der komplexen Sportart Fechten gerecht zu werden.

## 5 Literatur

- Beckmann, J. & Elbe, A.-M. (2008). *Praxis der Sportpsychologie im Wettkampf- und Leistungssport*. Balingen: Spitta Verlag.
- Gholipour, M., Tabrizi, A., & Farahmand, F. (2008). Kinematics Analysis of Lunge Fencing Using Stereophotogrametry. *World journal of sport sciences*, 1, 32-37.
- Kellmann, M. & Kallus, K. W. (2000). *Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler. Manual*. Frankfurt: Swets Test Service.
- Morris, N., Farnsworth, M., & Robertson D.G.E. (2011). Kinetic Analyses of Two Fencing Attacks – Lunge and Fleche. *Portuguese journal of sport science*, 11, 343-346.
- Weichenberger, M., Liu, Y., Steegmüller, W., Zimmermann, T., Strigel, D., Behr, M. et al. (2011). Die Schnelligkeit der Beinarbeit hat einen Einfluss auf das Leistungsniveau im Fechten. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 62, 259.
- Weichenberger, M., Zimmermann, T., Steegmüller, W. & Steinacker, J. M. (2010). Effects of Different Forms of Springiness and Speed Training Among Junior Top Fencers. *Medicine and science in sports and exercise*, 42, 369.
- Wilhelm, M., Weichenberger, M., Liu, Y., Strigel, D. & Steinacker, J. M. (2009). Vergleich verschiedener Kraft- und Schnelligkeitsparameter bei Kader-Athleten des Deutschen Fechter-Bundes. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 60, 229.