

**Otto-Max Klein, Karl-Heinz Schmidt, Danny Kratt, Christian Käding
& Dirk Siebert**

Messplatzgestützte multimediale Analyse wesentlicher Leistungsparameter mittels der neuen Software *MotionTuner Online* am Beispiel der olympischen Kanusportarten

Summary

In this article the web application MotionTuner Online is presented as a tool for the sports scientist, trainer and athlete. The program introduces innovative possibilities to present and compare essential biomechanical, conditional and technical-tactical parameters of performances in competition and training. Developed for Olympic canoeing, it unifies various features and visualizations, which are also used in other sports. The combined and synchronized representation of the motoric performance is particularly important. Thus the software reveals integrative possibilities for performance analysis and supports meeting the demand for a holistic performance diagnosis. The web browser-based software is independent of location and operating system and offers a wide range of options for utilization. For this reason, it is suitable both as an instrument of process-accompanying performance analysis and as a research tool for processing further scientific questions.

Zusammenfassung

In diesem Artikel wird die Webanwendung *MotionTuner Online* als Werkzeug für den Sportwissenschaftler, Trainer und Athleten vorgestellt. Das Programm bietet die innovative Möglichkeit, wesentliche biomechanische, konditionelle und technisch-taktische Parameter der sportlichen Leistung gebündelt darzustellen und zu vergleichen. Für den olympischen Kanusport entwickelt, bein-

haltet es diverse Mess- und Visualisierungsfunktionen, die auch in weiteren Sportarten Anwendung finden. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der kombinierten und synchronisierten Darstellung des Bewegungsablaufes zu. Die Software ermöglicht dadurch neue integrative Möglichkeiten für die Leistungsanalyse und trägt dazu bei, sich den Forderungen nach einer ganzheitlichen Leistungsdiagnostik anzunähern. Die webbrowsersbasierte Software ist unabhängig von Ort und Betriebssystem einsetzbar und bietet vielfältige Auswertoptionen. Aus diesem Grund eignet sie sich sowohl als Instrument der prozessbegleitenden Leistungsanalyse als auch der Datenerhebung zur Bearbeitung weiterführender wissenschaftlicher Fragestellungen.

Schlagworte: Schlagstruktur, Techniktraining, Schlagkombinationsstruktur, Paddelzugkraft, Schlagkombinationen, Wettkampfanalyse, Leistungsdiagnostik

1. Einleitung

In der prozessbegleitenden Leistungsdiagnostik der olympischen Kanusportarten existieren aktuell mehrere Untersuchungsmethoden zur Analyse und Objektivierung der sportlichen Leistung. Je nachdem, welche Leistungsparameter im Mittelpunkt der Betrachtung stehen, bedient man sich unterschiedlichen Computerprogrammen zur Auswertung und Darstellung der erhobenen Daten. Meist liefern diese isolierten Ergebnisse, die nur retrospektiv mit der Bewegungsausführung in Zusammenhang gebracht werden können. Darüber hinaus erfordert dies eine umfassende Schulung von Trainern und Athleten im Umgang mit den verschiedenen Programmen und Auswertroutinen. Zusätzlich wurden bereits an mehreren Stellen Forderungen nach einer ganzheitlichen und integrativen Betrachtung mehrerer Leistungsparameter besonders im Zusammenhang zur beobachteten Bewegungsaufgabe laut (vgl. Kahl, 2005, Lenz, 1994; Sperlich & Köhler, 1994). Aus diesem Grund entstand in Kooperation der Universität Leipzig und dem Institut für Angewandte Trainingswissenschaften (IAT) Leipzig eine webbrowsersbasierte und anwenderfreundliche Software, die wesentliche Funktionen der Leistungsdiagnostik vereint und weiterführende Messungen technisch-taktischer Parameter erlaubt.

Als Weiterentwicklung der Vorgängerversion *Multispector* (Schmidt & Kratt, 2012) entstanden, ermöglicht der MotionTuner in allen Bereichen der integrierten Leistungsanalysefunktionen eine Rückkopplung zur Bewegungsausführung. Dabei fasst das Programm die praktizierten Analysen der (Einzel-) Schlagstruktur, Paddelzugkraft und Zwischenzeiten zusammen und erweitert diese um die Analyse der Schlagkombinationsstrukturen in Anlehnung an Lyons (2005). Diese ergeben sich im Gegensatz zum Kanurennsport (KR) durch die diversen technischen Anforderungen des Kanuslalom (KS), welche

sich ebenfalls in der hier vorgestellten begrifflichen Abgrenzung manifestieren sollen. Der Funktionsumfang des MotionTuners ist im Hinblick auf die Anforderung der olympischen Kanudisziplin entstanden, schließt jedoch eine Verwendung in weiteren Sportarten nicht aus. Dies begründet sich in der inhaltlichen Polyvalenz, die sich durch die Erfassung frei wählbarer Bewegungsabläufe und den dazugehörigen Variablensets auszeichnet und in den folgenden Kapiteln detailliert erläutert ist. Nichtsdestotrotz ist die Funktionsweise der Anwendung im Folgenden am Beispiel des KR und KS erläutert.

Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Sportarten besteht in der Phasenstruktur der sportlichen Technik. Während Kanurennsport zu den zyklischen Sportarten zählt, setzt sich der Leistungsvollzug im KS überwiegend aus azyklischen Anteilen zusammen. Infolgedessen bezeichnet der Grundschlag vorwärts, als Hauptvortriebstechnik, im KR die Wettkampfübung, wohingegen er im KS Grundlagencharakter trägt. Folglich ist die Analyse dessen zugrundeliegender Struktur für beide Sportarten unabdinglich. Darüber hinaus kommen im KS weitere Schlagtechniken zum Einsatz, deren Zusammensetzung in der internationalen Fachliteratur bisher kaum Beachtung fand (vgl. Hunter, 2008). Gründe dafür liegen im situativen Gebrauch der Schlagtechniken und der nahezu unmöglichen exakten Beschreibung der konkreten Umsetzung dieser Techniken (vgl. Kahl, 2005). Dennoch eröffnen Untersuchungen der Kombinationsstruktur neue quantitative und qualitative Zugänge zu wissenschaftlichen Fragestellungen.

2. Bestandteile und Funktionen des MotionTuners

Die Software MotionTuner ist eine Webanwendung auf der Basis von *HTML 5*, *JavaScript* und *CSS*. Die Benutzeroberfläche besteht aus mehreren per drag&drop verschiebbaren Funktionsfenstern (s. Abb. 6) und darin integrierte Schaltflächen, die zur Erhöhung der Benutzerfreundlichkeit zusätzlich mit *ToolTip* Funktionen versehen sind.

In die Wiedergabefenster können auf Grundlage der *video-element* Funktion des *HTML5* Programmiersprache bis zu zwei Videodateien im MP4-Format geladen und abgespielt werden (s. Mitte Abb. 6). Die Bedienung der Wiedergabefunktionen wird über das Wiedergabefenster gesteuert. Hier können die darzustellenden Videos simultan oder einzeln angesteuert, zwischen verschiedenen Bedienoptionen (Wiedergabe/Pause, Einzelbildschritte, Wiedergabegeschwindigkeit, Zurücksetzen) ausgewählt und die Bildwechselfrequenz der Videoaufnahme eingestellt werden. Alternativ kann die zeitliche Position im Videobild manuell eingetragen und die Framerate über entsprechende Schaltflächen automatisch ermittelt werden. Darüber hinaus verfügt der Videoplayer über einen Transparenzregler und eine Spiegelfunktion, um Aufnahmen unabhängig von der aufgezeichneten Schlagseite zu vergleichen. Für den zeitlichen

Abgleich der Bewegungsdarstellung können mit Hilfe der Start- und Endframe-Schaltflächen zuvor definierte Markerpositionen ausgewählt werden (in Anlehnung an die beschriebene Methode in: Käding, 2016; Landgraf, 2010; Hunter, 2008).

Unterhalb des Videofensters befinden sich die Auswertfunktionsfenster. Sie sind beliebig erweiterbar und werden per drag&drop mit Plug-Ins versehen. Das Plug-In Fenster umfasst die Funktionen Auswertung, Messung, Auswertung Kanadier (Graph), Auswertung Kanadier (Balken) und Auswertung Kraft. Diese bilden den Messbereich und die Datenimportschnittstellen für XML- bzw. TXT-Dateien des Technikanalyseprogramms *utilius* ® Fairplay 5 bzw. den Messdaten der Paddelkraftsensoren.

Das Novum der Webanwendung besteht insbesondere in der zeitlich-visuellen Kopplung der Darstellung biomechanischer Parameter und der Videoaufnahmen. So können mit Hilfe des Verlaufsdimmers (Schaltfläche: ON bzw. OFF) und der Start- und Endframefunktion zeitliche Verlaufspunkte der Motorik und ausgewählte Parameter synchronisiert und miteinander abgeglichen werden.

3. Analyse und Darstellung der Schlagstrukturanalyse

Biomechanische Analysen der Paddeltechnik werden traditionell am Grundschlag vorwärts und im Freiwasser oder unter Laborbedingungen durchgeführt. Während dieser im Kanurensport die komplexe Wettkampfübung weitgehend beschreibt, trägt der Vorwärtsschlag im KS zusätzlich einen Voraussetzungscharakter für weitere Schlagtechniken. Bei der Analyse wird exemplarisch ein Vorwärtsschlag, als wiederkehrender Einzelzyklus innerhalb einer Sequenz von Paddelschlägen, ausgewählt, untersucht und durch biomechanischen Leistungskennziffern beschrieben. Auf Grundlage dieser wurden in der Vergangenheit technische Leitbilder, Technikdiagnose-instrumente und Selbsteinschätzungsverfahren entwickelt (s. dazu bspw. McDonnell, Hume & Nolte, 2012; Schmidt, 1992). Ein solches Diagnosetool stellt das Computerprogramm *Fairplay 5* dar. Mit Hilfe videometrischer Messverfahren werden wesentliche kinematische Bewegungsmerkmale erfasst, gespeichert und über eine Datenexportfunktion ausgegeben. Die resultierende XML-Datei kann per drag&drop in die Auswertfenster geladen werden. Wahlweise können hier die extern gemessenen Daten über ein Dropdown-Menü als Liniendiagramm für Weg/Winkel-Zeit-Verläufe oder als Balkendiagramm für die Betrachtung der Bewegungsphasenzeitanteile dargestellt werden.

Die Analyse der Einzelschlagstruktur dient primär zum objektiven Kenntnisgewinn und soll dazu beitragen, zielgerichtete Interventionen zur individuellen Verbesserung der Zieltechnik von Athletinnen und Athleten im Sinne einer Leitbildannäherung zu formulieren. Daten anderer Sportler können ebenfalls

schnell und einfach integriert, synchronisiert und verglichen werden. Neben dem interindividuellen Vergleich zweier Athleten können Bezüge zum technischen Leitbild und zu vergangenen Entwicklungszeitpunkten vergleichend dargestellt werden.



Abb. 6. Benutzeroberfläche der Webanwendung MotionTuner Online, Wiedergabefenster, Auswertfenster, Plug-In-Fenster *Auswertung Kanadier* (Graph), *Kanadier* (Balken), bei einer Schlagstrukturanalyse

4. Analyse und Darstellung der Paddelzugkraft

Leistungskennziffern der Paddelzugkraft werden mit Hilfe von Kraftgebern erhoben. Diese bedienen sich heutzutage Dehnungs- oder Drucksensoren, die am Paddelschaft oder -blatt befestigt werden (vgl. Helmer et al., 2011; Raps, 2009, Sperlich & Klauck, 1992). In der Praxis des KR und KS kommen Kraftgeber regelmäßig im Rahmen der komplexen Leistungsdiagnostiken (KLD) zum Einsatz. Sie erfassen die Parameter: Schlagfrequenz, Aktionskraftniveau, Tauch- und Umsetzzeit sowie maximale spezifische Kraft für Disziplinen Kanadier (einseitig) und Kajak (beidseitig; vgl. Kahl, 2005). Die erhobenen biomechanischen Parameter dienen im quantitativen Sinn als Indikatoren zur Einschätzung des konditionellen Entwicklungsstandes. Unter qualitativer Betrachtungsweise zur Beurteilung und Beschreibung sporttechnischer Fertigkeiten (Lenz, 1994; Sperlich & Köhler, 1994).

Abb. 7 zeigt die Funktionen der Darstellung und Bearbeitung von Kraft-Zeitverläufen im Kanusport mit dem Programm MotionTuner Online. Beispielhaft ist der Kraftverlauf während eines Sechs-Stufentests im KS im Leipziger Strömungskanal des IAT dargestellt. Die Datenschnittstelle bildet hierbei der

Rohdatenexport des Kraftgebers (TXT-Datei), der über das Dialogfeld *Datei auswählen* geladen wird. Analog zum Videofenster können hier Start- und Endpunkt der Messung, die Aufnahmefrequenz und die Auflösung in Eingabefenstern definiert werden. Über die Schaltfläche *Graph zeichnen* werden die Daten in Abhängigkeit ihres zeitlichen Verlaufs dargestellt. Zusätzlich verfügt die Darstellung über eine intuitive Einzelwertanzeige sowie eine Zoom- und Verschiebefunktion. Die zeitliche Synchronisierung mit dem Videobild kann visuell oder mittels Zuhilfenahme eines externen Zeitcodes, der Informationen über den Zeitpunkt des Beginns der Kraftmessung sowie der Videoaufnahme beinhaltet, durchgeführt werden.

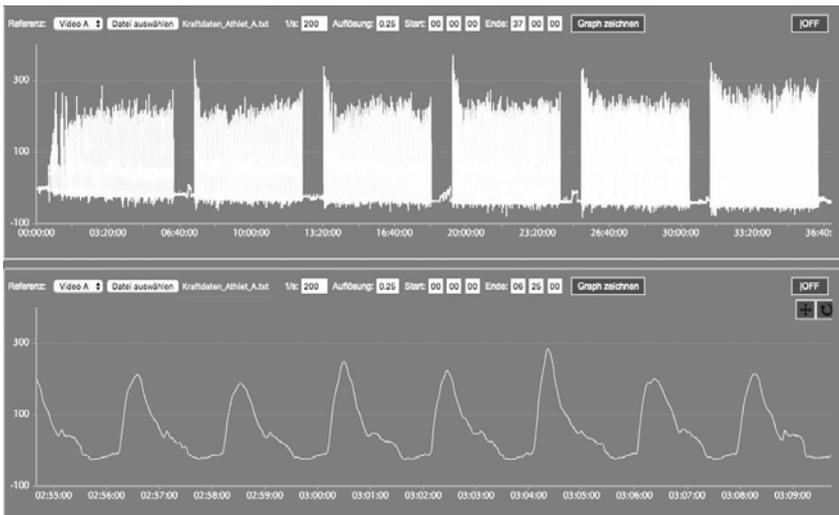


Abb. 7. Darstellung des Paddelzugkraft-Zeit-Verlaufs eines sechs-Stufen-Tests (im Rahmen einer KLD) und Detailansicht ausgewählter Paddelschläge

5. Analyse und Darstellung der Schlagkombinationsstruktur

Im vorherigen Kapitel bereits erwähnt, ist die Technik im KS, neben dem Grunds Schlag vorwärts, durch weitere Schlagtechniken gekennzeichnet. Analog dazu unterliegt ihr Einsatz der Prämisse einer optimalen Umsetzung von Antrieb in Vortrieb, jedoch auf einer optimalen Befahrungslinie. Die der Wahl dieser optimalen Befahrungslinie geht mit einer situativen Auswahl geeigneter Schlagkombinationen einher und beinhaltet deshalb technische und taktische Aspekte. Schlagkombinationen sind vorerst auch durch visuelle Beobachtung erkennbar, entziehen sich mit steigender Anzahl betrachteter Athleten und

steigender Länge des betrachteten Abschnitts jedoch der Bewusstseinsfähigkeit bzw. der Informationsspeicherkapazität des Beobachters. Auf der Suche nach der effektivsten Technik im Hinblick auf die angewandten Schlagkombinationen besteht demzufolge die Gefahr, Irrtümern und Fehlannahmen zu unterliegen. Die Forderung nach methodischer Objektivierung der sportlichen Technik erscheint auf Grund dessen als logisch und sinnvoll (vgl. Lenz, 1994).



Abb. 8. Darstellung der Schlagkombinationsstrukturanalyse zweier Athleten und deren farbliche Codierung (jeweils obere Balken: linke Schlagseite; untere Balken: rechte Schlagseite; senkrechte Markierungen symbolisieren Ereignisse: hier Tordurchfahrt; dreieckige Markierungen symbolisieren zeitliche Markerpunkte)

Mit Hilfe des Plug-Ins *Messung* können einzelne Schläge aufgenommen, klassifiziert (z. B. in Anlehnung an Hunter, 2007) und durch farbliche Codierung voneinander unterschieden werden (s. Abb. 8). Die Analyse der Schlagkombinationen kann komplette Wettkampfläufe bis hin zu einzelnen Schlagkombina-

tionen im Wettkampf und Training umfassen. In Anlehnung an die vom IAT Leipzig praktizierte Wettkampfanalyse (vgl. Käding, 2016) und aus Gründen verbesserter Anschaulichkeit wird eine abschnittsweise Betrachtung vorgeschlagen (Einstellen der Videolänge s. Kap. 2). Die Registerkarte *Typ* bietet die Auswahlmöglichkeiten für die entsprechende Schlagseite (Links Intervall, Rechts Intervall), Ereignisse und zeitliche Markerpunkte. Beginn und Ende eines Intervalls können über die rechtsstehende Schaltfläche markiert werden. Des Weiteren finden sich Farbauswahlfelder und Eingabefelder für weiterführende Beschriftungen. Das Programm bietet zusätzlich die Möglichkeit, Dateivorlagen (XML-Datei) inklusiv farblicher Codierung zu erstellen und zu einem späteren Zeitpunkt per drag&drop erneut zu importieren. Erstellte Schlagkombinationsstrukturen können über den Verlaufsdimmer simultan zum Videobild wiedergegeben werden (vgl. Kap.2). Durch die hohe Benutzerfreundlichkeit und die zielführenden Visualisierungsmöglichkeiten qualifiziert sich der MotionTuner für den Einsatz als Analyseinstrument im technisch-taktischen Bereich der Trainings- und Wettkampfanalyse im KS. So können beispielsweise Befahrungsmöglichkeiten von Schwerpunkttorkombinationen erarbeitet oder taktische Ausrichtungen verschiedener Athleten objektiviert werden. Der Gebrauch der o. g. Auswertoptionen ermöglicht darüber hinaus, die Beantwortung weiterführender qualitativer und quantitativer Fragestellungen (vgl. Kap.1).

6. Datenexport

Neben den bereits erwähnten Schnittstellen zum Datenimport verfügt das Programm zusätzlich über mehrere Datenexportfunktionen. Über die Schaltfläche *PNG* können Balkendiagramme der Schlagkombinationsstruktur als PNG-Datei in einen Browser Tab geladen werden. Zum Export der PNG-Datei gelangt man über einen Rechtsklick und die Auswahl *Bild speichern unter....* Weitere Daten der Schlagkombinationsstrukturanalyse können als XML-Datei gespeichert und für weitere Betrachtungen verwendet werden. Zum Export gelangt man hier über die Schaltfläche *Messung speichern*.

7. Zusammenfassung

Durch das Programm MotionTuner Online ist Sportwissenschaftlern, Trainern und Athleten ein Werkzeug gegeben, mit dessen Hilfe wesentliche biomechanische, konditionelle und technisch-taktische Parameter der sportlichen Leistung in den olympischen Kanusportarten dargestellt und verglichen werden können. Die Webanwendung beinhaltet Visualisierungsfunktionen zum Einzelschlag, zur Paddelzugkraft und zusätzliche Messfunktionen zur Schlagkombinationsanalyse. Besondere Bedeutung kommt dabei der kombinierten und synchronisierten Darstellung des Bewegungsablaufes zu. Die Software ermög-

licht somit neue integrative Möglichkeiten für die Leistungsanalyse und trägt dazu bei, sich den Forderungen nach einer ganzheitlichen Leistungsdiagnostik anzunähern. Durch die vielseitigen integrierten Messfunktionen und die frei definierbaren Variablensets findet der MotionTuner Anwendungsmöglichkeiten in weiteren Wasser- und Land Sportarten. Darüber hinaus ist das Programm unabhängig von Ort, Betriebssystem und Sportart einsetzbar und demzufolge als Messplatz bzw. Analyseinstrument nachhaltig geeignet. Aufgrund der vielfältigen integrierten Auswertoptionen ermöglicht die Software eine umfangreiche Bearbeitung weiterführender wissenschaftlicher Fragestellungen.

Literatur

Helmer, R. J. N., Farouil, A., Baker, J. & Blanchonette, I. (2011). Instrumentation of a kayak paddle to investigate blade/water interactions. *Procedia Engineering*, 13 (2011), 501–506.

Hunter, A., Cochrane, J. & Sachlikidis, A. (2007). Canoe slalom – competition analysis reliability. *Sports Biomechanics*, 6 (2), 155–170. doi: 10.1080/14763140701324842.

Hunter, A., Cochrane, J. & Sachlikidis, A. (2008). Canoe slalom competition analysis. *Sports Biomechanics*, 7 (1), 24–37. doi: 10.1080/14763140701683155.

Käding, C. (2016). *Wettkampfanalyse im Kanuslalom. Vortrag. 18. Frühjahrschule des Instituts für Angewandte Trainingswissenschaft*. Leipzig.

Kahl, J. (2005). *DKV-Rahmentrainingskonzeption*. Kanurennsport und Kanuslalom (Schriftenreihe des Deutschen Kanu-Verbandes e. V., 12, 1. Aufl.). Duisburg: Dt. Kanu-Verband, Wirtschafts- und Verl.-GmbH.

Landgraf, M. (2010). *Vergleich von Messdatenreihen der Offline- und Onlinevideobildanalyse im Kanuslalom am Beispiel der Kajak Herren der Wettkampfsaison 2009*. unv. Bachelorarbeit, Universität Leipzig.

Lenz, J. (1994). *Leistungs- und Trainingslehre Kanusport* (1. Aufl.). Magdeburg: Landes-Kanu-Verband Sachsen-Anhalt.

Lyons, K. (2005). Performance Analysis in Applied Contexts. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 5 (3), 155–162.

McDonnell, L. K., Hume, P. A. & Nolte, V. (2012). An observational model for biomechanical assessment of sprint kayaking technique. *Sports Biomechanics*, 11 (4), 507–523. doi: 10.1080/14763141.2012.724701.

Raps, F. (2009). Die Entwicklung eines Kanuloggers zur Messung der Kräfte am Paddel. *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2007/08*, 105–108.

Schmidt, K.-H. (1992). *Techniktraining im Kanurennsport* (Schriftenreihe des Deutschen Kanu-Verbandes e. V., 9, 1. Aufl.). Duisburg: Dt. Kanu-Verband, Wirtschafts- und Verl.-GmbH.

Schmidt, K.-H. & Kratt, D. (2012). Multimediale Darstellung quantifizierter kinematischer Bewegungsmerkmale der Kajak- und Canadiertechnik des Kanurennsports. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 53 (2), 175–180.

Sperlich, J. & Klauck, J. (1992). Biomchanics of canoe slalom: Measuring techniques and diagnostic possibilities. *Internatinional Symposium on Biomechanics in Sport 1992*, 10, 82–84.

Sperlich, J. & Köhler, J. (1994). Kanu-Slalom – Biomechanische Betreuung im Aufwind. *Leistungssport*, 25 (5), 45–49

Verfasser

Klein, Otto-Max, Wiss. Mitarbeiter der Abt. BTW der Natursportarten (Ski/Kanu/Rad), Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig

Schmidt, Karl-Heinz, Dr., ehemaliger Fachgebietsleiter Wasserfahrsport, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig

Kratt, Danny, ehemaliger Mitarbeiter FG Wasserfahrsport, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig

Käding, Christian, Wiss. Mitarbeiter am Institut für Angewandte Trainingswissenschaft

Siebert, Dirk, Vertretungsprofessur BTW der Natursportarten (Ski/Kanu/Rad), Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig