

Automatische Technikanalyse im Kanu-Rennsport

Daniel Matthes¹, Patrick Frenzel¹, Matthias Englert², Juliane Marek³ & Mirco Fuchs¹

¹Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Laboratory for Biosignal Processing, Leipzig

²Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Fachgruppe Kanu, Leipzig

³Deutscher Kanu-Verband, Duisburg

E-Mail: daniel.matthes@htwk-leipzig.de

Schlüsselwörter: Kanu-Rennsport, Technikanalyse, Software, Computer Vision, KI

Einleitung

Die Analyse der Fahrtechnik anhand von Videoaufzeichnungen ist im Leistungssportbereich der Disziplin Kanu-Rennsport ein etabliertes Verfahren, um individuelle Abweichungen zum Leitbild (Kahl, 2005) und damit Leistungsreserven aufzudecken. Sie erfolgt heutzutage zwar bereits computergestützt (Englert & Lehmann, 2007), der Prozess als solches ist jedoch immer noch sehr zeitaufwändig und verlangt ein hohes Maß an Interaktion und Expertise. Bei der Auswertung der Videos sind eine ganze Reihe manueller Schritte notwendig. Dazu zählen das Auswählen eines Paddelschlagzyklus, die Bestimmung von fünf Bewegungsphasen und die Annotation von bis zu vierzig Winkeln bzw. Abständen. Aufgrund dieser komplexen Rahmenbedingungen kommt die Analyse bisher hauptsächlich nur im Hochleistungssport zum Einsatz.

Mit diesem Beitrag stellen wir eine neuartige Software zur automatischen Technikanalyse im Kanu-Rennsport vor. Die dabei zur Verfügung gestellten Analysefunktionen basieren wesentlich auf aktuellen Verfahren aus dem Gebiet Computer Vision. Die Software verringert den Zeitaufwand und den erforderlichen Grad an manueller Interaktion bei der Durchführung der Technikanalyse deutlich und ermöglicht damit in Zukunft die breite Etablierung der videobasierten Fahrtechnikanalyse auch im Nachwuchsleistungssport.

Methode

Zur Analyse der individuellen Fahrtechnik im Kanu-Rennsport anhand von Videodaten werden verschiedene Technikparameter ermittelt, dazu gehören Paddelwinkel, Oberkörperwinkel, Spielbeinwinkel, Standbeinwinkel, Zugarmwinkel, Zugarmhöhe, Führungshand über Augen und Führungshand vor Augen. Diese Arbeit adressiert die automatische Bestimmung dieser Parameter, hierfür wurden folgende Teilschritte realisiert: (1) In einem zu analysierenden Bild (Analysezeitpunkt im Video) werden Koordinaten der Augen und verschiedener Gelenkpunkte am Körper ermittelt. Dazu wird eine neuronale Netzarchitektur zur Erkennung menschlicher Posen verwendet (Cao, 2017). Nicht zum Ausgabedatensatz dieses Netzes gehören die Koordinaten der Hände, deren genaue Bestimmung jedoch zur exakten Berechnung bestimmter Technikparameter erforderlich ist. Die Handkoordinaten werden in einem iterativen Verfahren ermittelt, welches die Poseninformation als Zusatzwissen nutzt. (2) Im gleichen Bild wird mithilfe der Deep-Learning Architektur Mask R-CNN (He, 2017) eine hochwertige Segmentierungsmaske des Kanus und des Paddels bestimmt. Die Masken werden weiterverarbeitet und daraus die Paddellinie und die Wasserlinie (Bootsunterkante) abgeleitet (von Braun, 2020). Beide neuronalen Netze wurden im Rahmen dieser Arbeit mit spezifischen Daten nachtrainiert. (3) Aus den Markerpunkten am Körper sowie der Paddel-

und Wasserlinie werden die Technikparameter unmittelbar bestimmt. (4) Die Schritte 1-3 erfordern zunächst die manuelle Auswahl eines Analysezeitpunkts. Unsere Methode beinhaltet zusätzlich auch eine automatische Bestimmung von Zeitpunkten entsprechend eines Paddelphasenmodells (Kahl, 2005). Diese automatische Detektion der Paddelphasen ermöglicht eine weitere Reduzierung des Zeitaufwands bei der Technikanalyse. Anhand der Position des Paddels in Relation zur Wasseroberfläche können diese Zeitpunkte bestimmt werden. Hierzu werden unter Verwendung der Paddelmaske und der Handpositionen relative Längenverhältnisse ermittelt, die zur Markierung des Beginns und Endes des Paddelschafts an der Paddellinie genutzt werden. Durch eine anschließende Kombination mit der Wasserlinie werden die Analysezeitpunkte ermittelt. (5) Bei den bisher manuell durchgeführten Analysen wurde die Videoauswertung stets nur von einer Expertin durchgeführt. Demzufolge sind aus den jeweiligen Ergebnissen nur schwer genaue Aussagen über die Varianz zwischen Experten abzuleiten. Zur Bewertung der Genauigkeit einer automatischen Technikanalyse wird diese Information jedoch benötigt. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen der Arbeit zwei Studien mit Expertinnen und Experten durchgeführt, um die Varianz bei der Bestimmung der Wasserlinie, des Oberkörperwinkels, des Zugarmwinkels und der Beinwinkel zu ermitteln. (6) Alle entwickelten Algorithmen werden in eine Anwendersoftware integriert und ihre Funktionen über eine grafische Benutzeroberfläche verfügbar gemacht.

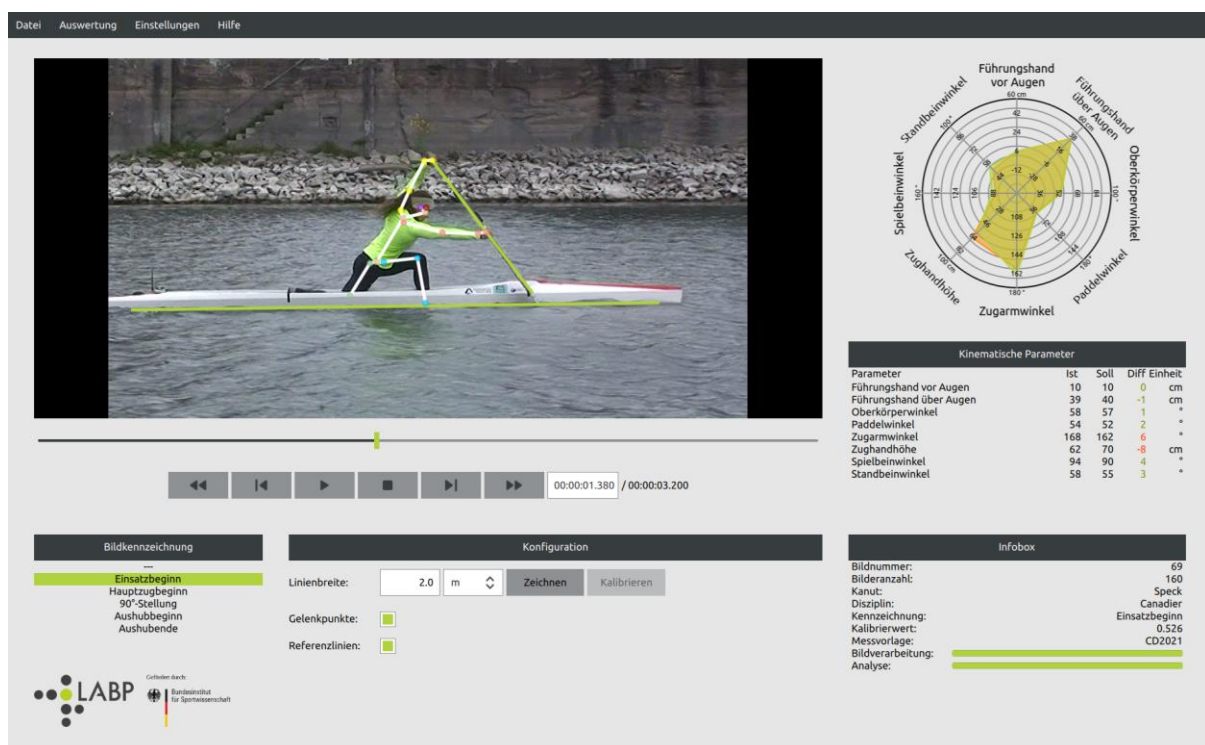


Abb. 1. Software zur automatischen Technikanalyse im Kanu-Rennsport

Ergebnisse

Mit der in Abb. 1 dargestellten Software lassen sich zukünftig Technikanalysen im Nachwuchs- und Hochleistungsbereich weitestgehend automatisch durchführen. Als Eingangsdaten werden Aufnahmen in nahezu beliebiger Auflösung und in unterschiedlichsten Formaten unterstützt. Die Software bestimmt direkt nach dem Laden eines Videos

automatisch die Markerpunkte, Paddelphasen und Winkel in jedem Einzelbild. Für die Berechnung der Längenmaße ist eine manuelle Kalibrierung erforderlich. Hierzu muss eine Referenzlinie zwischen zwei Markern auf dem Kanu im Bild gesetzt werden, damit eine korrekte Umrechnung der Pixelabstände in Zentimeter erfolgen kann. Es ist möglich diese Linie für jedes Videobild einzeln zu setzen oder den resultierenden Kalibrierungswert entweder für alle Videobilder oder für die folgenden bis zur nächsten Paddelphase zu übernehmen. Sobald ein Kalibrierungswert für ein Bild vorliegt, erfolgt die automatische Berechnung der Abstandsparameter.

Die Anwender können jederzeit durch das Video navigieren. Dabei stehen verschiedene Optionen zur Wahl. Neben dem normalen Abspielen des Videos ist beispielsweise ein Einzelschritt vorwärts oder ein Sprung zur nächsten erkannten Paddelphase möglich. Dies gestattet den Anwenderinnen die visuelle Überprüfung der Analyseergebnisse. Bei Bedarf können die automatisch bestimmten Paddelphasen korrigiert werden.

Im rechten Teil des Hauptfensters der Software werden die Technikparameter für das aktuelle Videobild tabellarisch und in Form eines Netzdiagramms präsentiert. Die Gegenüberstellung mit dem Leitbild erfolgt nur wenn das Bild einer Paddelphase zugeordnet ist und gleichzeitig die zugehörigen Sollwerte geladen wurden. Letzteres ist über den Menüpunkt Auswertung möglich. Über den gleichen Menüpunkt kann auch ein tabellarischer Report im xlsx-Format für das vorliegende Video erzeugt werden. Dieser beinhaltet die Daten aller Bilder, die einer der fünf Paddelphasen zugeordnet wurde.

Der komplette Datensatz des Videos kann exportiert und zu einem späteren Zeitpunkt wieder geladen werden. Damit ist auch eine erneute Begutachtung bereits analysierter Daten möglich.

Bisher wurde die Software vorrangig anhand eines manuell von Expertinnen ausgewerteten Datensatzes (21 Canadier- und 43 Kajak-Videos) validiert. Die Ergebnisse weisen bereits eine hohe Übereinstimmung auf. Darüber hinaus zeigt das Ergebnis einer ersten Studie, dass aktuell 70 % der automatisch bestimmten Wasserlinien im Varianzbereich der Experten liegen. Eine abschließende Aussage hinsichtlich der erreichten Genauigkeit aller Technikparameter ist noch nicht möglich, da die Studie zu dieser Fragestellung noch nicht abgeschlossen ist.

Bei der automatischen Paddelphasenerkennung wird ebenso eine hohe Trefferquote erreicht, 95 % der erkannten Phasen liegen im Toleranzbereich von ± 2 Bildern.

Diskussion

Mit diesem Beitrag wird gezeigt, dass eine automatische Technikanalyse im Bereich Kanu-Rennsport unter Verwendung von modernen Bildverarbeitungsalgorithmen möglich ist. Die bisher erzielten Ergebnisse bieten in Teilen bereits eine sehr gute Übereinstimmung mit vorliegenden Referenzdaten, enthalten aber auch noch Potential für Verbesserungen. Ursachen für bestehenden Abweichungen sind einerseits systematische Modellunterschiede und andererseits Ungenauigkeiten sowohl bei der automatischen Posenerkennung als auch bei der manuellen Annotation. In den zukünftigen Arbeiten werden diese Abweichungen durch eine Feinjustierung der Posenerkennung und eine anschließende Modelltransformation adressiert. Dies kann erfolgen, sobald die Ergebnisse der laufenden Studie vorliegen.

Schlussendlich bietet die entwickelte Software zukünftig auch Potential für erweiterte und neuartige Technikanalysen im Kanu-Rennsport, da die Bestimmung der Technikparameter nun nicht mehr ausschließlich auf die fünf Paddelphasen eines Paddelzyklus begrenzt ist.

Sowohl eine kontinuierliche Datenauswertung zwischen Einsatzbeginn und Aushubende als auch eine Analyse über mehrere Paddelzyklen hinweg ist damit grundsätzlich realisierbar. – Diese Arbeit wurde mit Forschungsmitteln des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert, FKZ 2521BI1503.

Literatur

- von Braun, M.-S., Frenzel, P., Käding, C. & Fuchs, M. (2020). Utilizing Mask R- CNN for Waterline Detection in Canoe Sprint Video Analysis. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops*, 2020, pp. 876-877
- Cao, Z., Simon, T., Wei, S.-E. & Sheikh, Y. (2017): Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2017, pp. 7291-7299
- Englert, M. & Lehmann, G. (2007). Wissenschaftlicher Einsatz der Software utilius® easyInspect zur Analyse der individuellen Fahrtechnik im Kanusport. *Leistungssport*, 37 (5), 20-22. Philippka Sportverlag.
- He, K., Gkioxari, G., Dollár, P. & Girshick, R. (2017). Mask R-CNN. *2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2980 – 2988
- Kahl, J. (2005). DKV-Rahmentrainingskonzeption Kanurennsport und Kanuslalom. Duisburg: *Deutscher Kanu-Verband Wirtschafts- und Verlags GmbH*.