
Sonifikation des Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlaufes im Rudern

Klaus Mattes & Nina Schaffert

Universität Hamburg, Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft

Problem

Obwohl im Deutschen Ruderverband seit mehr als zehn Jahren das Mobile Mess- und Trainingssystem 2000 (Institut FES und Universität Hamburg) zur komplexen Analyse der Ruderer- und Bootsbeziehung sowie das PCS-Sportler¹ als zeitsynchrones visuelles Feedbacksystem zur Ansteuerung rudertechnischer Merkmale eingesetzt werden, gelingt die Verbesserung des Bootsdurchlaufes nicht mit allen Crews in der für den internationalen Erfolg notwendigen Weise (Mattes & Böhmert, 1995). Dafür sind verschiedene Ursachenkomplexe verantwortlich.

Der überragende Anteil des Wassertrainings wird im Intensitätsbereich der Grundlagenausdauer absolviert. Die Schlagfrequenz ist dabei im Vergleich zum Rennen je nach Bootsklasse um 14-18 Schläge pro Minute reduziert, was einen anderen Bootsdurchlauf und Bewegungsrhythmus als bei Rennfrequenzen zur Folge hat. In diesem Intensitätsbereich bestehen sehr gute Möglichkeiten den Beschleunigungs-Zeit-Verlauf visuell rückzumelden und mittels grafischem Feedback zeitsynchron mit der Bewegungsausführung zu trainieren.

Mittlere Rennfrequenzen oder höchste Schlagfrequenzen wie sie im Start eines Ruderrennens (je nach Bootsklasse bis 48-49 Schläge pro Minute) notwendig sind, werden erst im Verlaufe des Trainingsjahres entwickelt. Die Gesamtanzahl an absolvierten Schlägen in diesen hohen und höchsten Intensitätsbereichen ist nur gering. Visuelles Feedback ist aufgrund der hohen Bewegungsgeschwindigkeit ab Schlagfrequenzen größer 30 Schläge pro Minute stark eingeschränkt und für das Training von renntaktischen Mitteln, z. B. die Beschleunigung des Boots im Startabschnitt, nicht geeignet.

Der Wechsel der Bootsklasse vom Klein-, zum Mittel- und/oder Großboot ist typisch im Verlauf eines Trainingsjahres und erfordert Anpassungen der Ruderer an die höhere Bewegungsgeschwindigkeit, den anderen Bewegungsrhythmus und weitere Mannschaftseinflüsse, z. B. die Bewegung der übrigen Crewmitglieder beim Vorrollen. Dieser Prozess wird gegenwärtig nicht hinreichend an Land vor- und nachbereitet, sondern ausschließlich im Wassertraining realisiert.

Analyse- und Trainingsmittel die akustische Informationen zum Beschleunigungs-Zeit-Verlauf bereitstellen, können hier Abhilfe schaffen und diese Prozesse wesentlich unterstützen. Notwendig sind dabei: Feedforward-Informationen, z. B. von synthetischen akustischen Beschleunigungs-Zeit-Verläufen (Sollwert-Information); diese können vorher an Land gehört und verinnerlicht werden, aber auch als akustische Vorgabe beim Rudern im Boot dienen. Feedback-Informationen, die online der Ruderin bzw. dem Ruderer während des Ruderns (Synchroninformation) oder als Spät-

¹ Prozessor Coach System

information auch an Land gegeben werden, z. B. besonders gelungene Schlagfolgen eines Ruderstarts. Damit stände ein Trainingsmittel zur Verfügung, um den Ansteuerungsprozess des zweckmäßigen Beschleunigungs-Zeit-Verlaufs, über die Verinnerlichung der Melodie der Bootsbewegung, zu unterstützen (Schaffert, Mattes & Effenberg, 2009a).

Die Studie zielt auf die Optimierung des Bootsdurchlaufes im Wassertraining und 2000-m-Ruderrennen durch eine erweiterte Nutzung des Wahrnehmungssystems über den auditiven Sinneskanal ab. Dafür soll der Beschleunigungs-Zeit-Verlauf in verschiedenen Belastungsintensitäten des Trainings (Schlagfrequenzstufen) und in charakteristischen Hauptphasen des Ruderrennens gemessen, vertont und als akustische Vorgaben zur Verfügung gestellt werden (Aufgabe 1). Zudem sollen verschiedene Varianten der akustischen Informationsgabe zur Optimierung des Bootsdurchlaufes auf ihre Wirksamkeit im Training erprobt werden (Aufgabe 2).

Methode

Für die Vertonung und das akustische Feedback der Bootsbeschleunigung wurde „Sofirow“ in Kooperation mit der BeSB GmbH Berlin und der Universität Hamburg als ruderspezifisches Trainingsmittel entwickelt. Sofirow misst die Bootsbeschleunigung mittels piezo-elektrischem Beschleunigungssensor (100 Hz Abtastrate) und die Bootsgeschwindigkeit mit GPS (4 Hz). Die akustische Online-Sonifikation des Beschleunigungs-Zeitverlaufes erfolgte durch Frequenzmodulation, wobei sich die Tonhöhe in der Klangsequenz als Funktion der Beschleunigung änderte.

Zur Erstellung der akustischen Vorgaben wurden ausgewählte Bootsklassen (2-, 2x, 4-, 4x, und 8+) der A-Kader Nationalmannschaft des Deutschen Ruderverbandes (DRV) während der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (UWV) in verschiedenen Trainingsabschnitten und in 2000-m-Relationsrennen gemessen und vertont.

Die Erprobung verschiedener Varianten der akustischen Informationsgabe wurde mit der Junioren-Nationalmannschaft (2-, 2x, 4-, 4x, und 8+) ebenfalls während der UWV durchgeführt. Die Informationspräsentation erfolgte im Wechsel: Sonifikation nur für die Athletengruppe, für die Athletengruppe und den Trainer sowie nur für den Trainer jeweils in Echtzeit und wahlweise über Kopfhörer oder Lautsprecher. Über WLAN wurde den Trainern die vertonte Bootsbewegung im Begleitboot präsentiert. Zusätzlich bekamen die Athletinnen bzw. Athleten ein synchronisiertes Video mit der Vertonung an Land vor und nach der Trainingseinheit dargeboten.

Zur Auswertung wurden die mittleren Schlagfrequenzen und Bootsgeschwindigkeiten für die Abschnitte mit und ohne Sonifikation ermittelt. Die mathematische Analyse des Beschleunigungs-Zeit-Verlaufs als Effektvariable wurde mit folgenden Schritten durchgeführt: Mittelung der Kurve und mathematische Kurvendiskussion zur Bestimmung von elf Ereignissen der Beschleunigungskurve (lokale und globale Extreme) zur Phasenstrukturierung. Berechnung der Beschleunigungswerte für die elf Ereignisse, der Zeitintervalle und absoluten Beträge der Beschleunigungs-Zeit-Integrale. Die Daten wurden einer Varianzanalyse mit Messwiederholung für die Abschnitte mit und ohne Sonifikation unterzogen.

Ergebnisse

Bisher wurden folgende Trainings- und Wettkampfabchnitte der A-Kader Nationalmannschaft des DRV für die verschiedenen Bootsklassen (Klein- und Großboot, 2-, 8+, 2x, 4x) sonifiziert:

- verschiedene Belastungsintensitäten des Trainings (Schlagfrequenz 20 Schläge pro Minute bis mittlere Rennfrequenz)
- die Startphase des 2000-m-Ruderrennens (1. bis 15. Ruderschlag)
- das 2000-m-Ruderrennen
- Die Klangsequenzen liegen als wav.-Dateien auf CD vor.

Obwohl die Ergebnisauswertung verschiedener Varianten der Informationsgabe noch nicht vollständig abgeschlossen ist, zeigte der Einsatz der Sonifikation im Training der Juniorennationalmannschaften eine signifikante Steigerung der Bootsgeschwindigkeit im Vergleich mit und ohne Sonifikation für alle Boote über alle sechs Messzeitpunkte ($F = 36,6$; $p = 0,000$) (Abb.1). Die Effektstärke der Sonifikation auf die Bootsgeschwindigkeit war mit einem Eta-Quadrat (η^2)² von 0,38 hoch. Es bestand eine Wechselwirkung zwischen der Sonifikation und den untersuchten Booten, d. h., die Wirkung der Sonifikation hängt individuell von der Bootsbesetzung und vom Bootstyp ab ($F = 2,03$; $p = 0,03$; $\eta^2 = 0,15$).

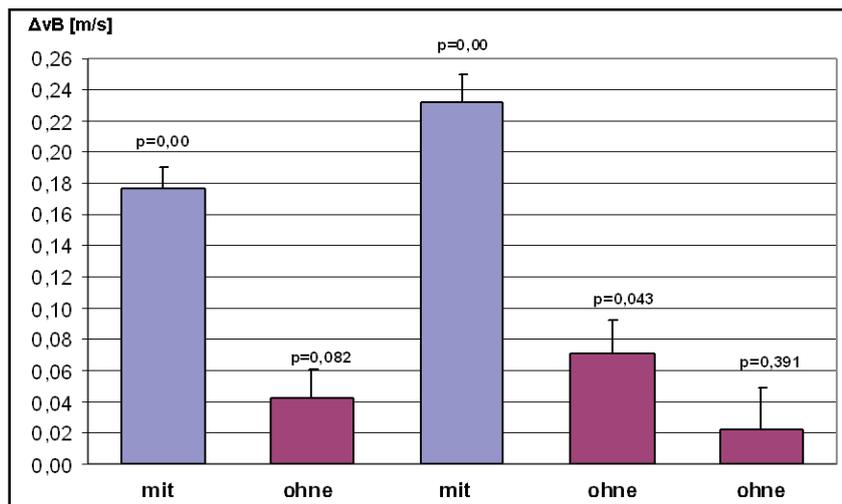


Abb. 1. Mittlere Differenzen und Standardfehler der mittleren Bootsgeschwindigkeit (v_B [m/s]) für fünf Messzeitpunkte im Vergleich zur Baseline mit und ohne Sonifikation über jeweils 30 Ruderzyklen bei Schlagfrequenz 20 Schl./min

Beim Zuschalten der Sonifikation veränderte sich die Qualität des Beschleunigungsverlaufs. Innerhalb des Bootsbeschleunigungsverlaufs wurden vier charakteristische Merkmale identifiziert, deren individuelle Ausprägung mittels Sofirow akustisch differenziert abgebildet und angesteuert wurde. Lokalisiert sind diese innerhalb der Ruderbewegung in den kritischen Phasen der Bootsbewegung: während des Aushebens und der hinteren Bewegungsumkehr (1), beim Vorrollen (2), der vorderen Bewegungsumkehr und Wasserfassen (3) und dem Beschleunigungsbetrag im Durchzug (4) (Abb. 2).

² η^2 beschreibt die Einflussstärke eines Faktors (oder einer Faktorkombination) auf die abhängigen Variablen, wobei Werte = 0,08 einen kleinen Effekt, > 0,20 einen mittleren Effekt und > = 0,32 einen großen Effekt beschreiben.

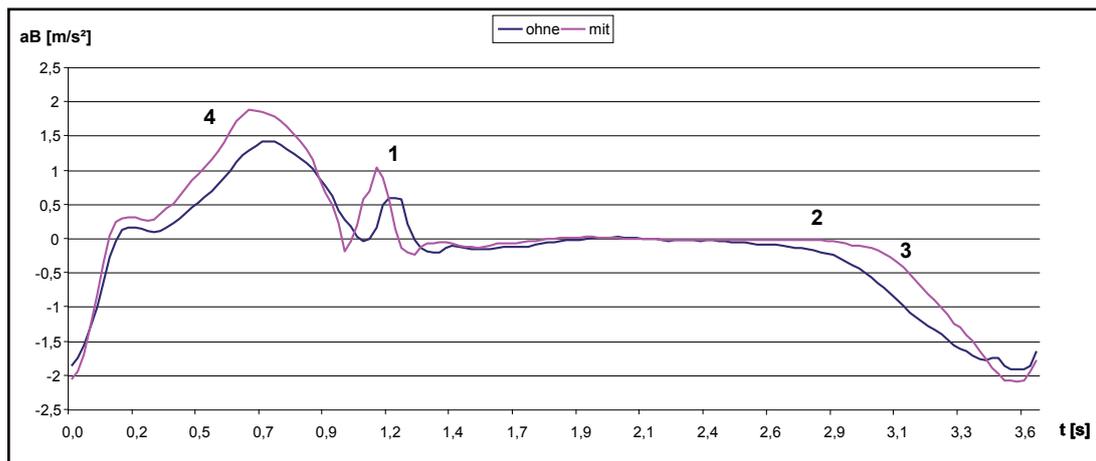


Abb. 2. Vergleich der mittleren Beschleunigungsverläufe des männlichen Junioren Achter (JM8+) über 30 Ruderzyklen mit und ohne Sonifikation.

Diskussion

Die systematische Analyse der Bootsbewegung über den Beschleunigungs-Zeit-Verlauf und deren objektive akustische Abbildung im online und offline Verfahren, als Gegenstand der ersten Aufgabenstellung, fand mit den Kaderathletinnen und -athleten kurz vor dem Wettkampfhöhepunkt statt. Die Klangsequenzen unterschieden sich für die verschiedenen Abschnitte (unterschiedliche Belastungsintensitäten, im Startabschnitt und über die Bootsklassen) und spiegeln das hohe Leistungs-niveau der Athletinnen bzw. Athleten kurz vor den Weltmeisterschaften wider (der Deutschlandachter errang die Goldmedaille). Die Klangsequenzen liegen als wav.-Dateien auf CD vor und können beispielsweise für das mentale Training in der Trainings- bzw. Wettkampfvorbereitung verwendet werden.

Die zweite Aufgabenstellung untersuchte den Einfluss der Sonifikation auf die Ansteuerung des Beschleunigungs-Zeit-Verlaufs beim Rudern im Rennboot. Bisher wird angenommen, dass die Wirkung der Sonifikation in der Synchronisation der Bootsbesatzung besteht und zudem über die zeitsynchrone akustische Rückinformation die Aufmerksamkeit auf ein gemeinsames Merkmal in der Bootsbewegung gelenkt wird. Dadurch wird die gemeinsame Ansteuerung unterstützt. Durch Nutzung des akustischen Informationsweges verbleiben genügend Ressourcen für die Bewegungsausführung und die Verarbeitung des intrinsischen Feedbacks. Das Resultat ist eine gesteigerte Bootsgeschwindigkeit und eine veränderte innerzyklische Bootsbewegung in ihrer zeitlich-dynamischen Struktur. Des Weiteren ist anzunehmen, dass durch die Verbesserung des Mannschaftsrhythmus auch Einfluss auf die Kraft- und Leistungsabgabe der Mannschaft genommen wird.

Andere Studien bestätigen den Zusammenhang zwischen sensorischem Input und motorischem Output und zeigen auf, dass die Verarbeitung gehörter Rhythmen äußerst präzise und subliminal abläuft (Fischinger & Kopiez, 2008).

Die Sonifikation wirkte individuell und bootsklassenspezifisch unterschiedlich, da nicht jede Athletin bzw. jeder Athlet und jede Crew in der gleichen Weise mit der

präsentierten Information umgeht (Schaffert, Mattes & Effenberg, 2009b). Aufgrund der bisher gesammelten Erfahrungen mit der Sonifikation im Training ist es wichtig, die synthetische Information zusätzlich zu den natürlich entstehenden Ruder- und Bootsgeräuschen zu geben. Die Athletinnen und Athleten bevorzugten die Präsentation der akustischen Information über Lautsprecher im Vergleich zur isolierten Präsentation über Kopfhörer.

Schlussfolgerungen

Das neu entwickelte Trainingsgerät Sofirow bildet die rhythmische Bootsbe-
wegung zeitsynchron in unterschiedlichen Intensitätsstufen und Bootsklassen akustisch
als Klangsequenz ab. Das Gerät hat sich bei der Unterstützung des Wassertrai-
nings und zur Ansteuerung charakteristischer Merkmale im Beschleunigungsverlauf
grundsätzlich bewährt und wurde vom Trainer- und Athletenteam akzeptiert. Das
Trainingsmittel stellt eine wertvolle Ergänzung zum visuellen Feedback dar.

Mit der Vertonung der Bootsbeschleunigung besteht ein neuer Ansatz im Technik-
training, der weitere Möglichkeiten für die Rhythmusschulung, die systematische
Ansteuerung der Bootsbe-
wegung im Wassertraining und zur akustischen Schulung
von Rennabschnitten (Start, 2000-m-Rennprofil) eröffnet.

Literatur

- Fischinger, T. & Kopiez, R. (2008). Wirkungsphänomene des Rhythmus. In H. Bruhn,
R. Kopiez & A.C. Lehmann (Hrsg.), *Musikpsychologie. Das neue Handbuch* (S.
469). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Verlag.
- Mattes, K. & Böhmert, W. (1995). Biomechanisch gestütztes Feedbacktraining im
Rennboot mit dem „Processor Coach System-3“ (PCS-3). In J. Krug & H.-J.
Minow (Hrsg.), *Sportliche Leistung und Techniktraining* (Schriften der deutschen
Vereinigung für Sportwissenschaft, 70, S. 283-286). Sankt Augustin: Academia.
- Schaffert, N., Mattes, K. & Effenberg, A.O. (2009a). Sonifikation zur Optimierung
des Bootsdurchlaufes im Rennrudern. In S.D. Baumgärtner, F. Hänsel & J. Wie-
meyer (Hrsg.), *Informations- und Kommunikationstechnologien in der Sportmo-
torik*. Abstractband zur 11. Tagung der dvs-Sektion Sportmotorik, 22.-24. Januar
2009 in Darmstadt, S. 69-71.
- Schaffert, N., Mattes, K. & Effenberg, A.O. (2009b). Akzeptanz von akustischem
Feedback im Rennrudern. In M. Krüger, N. Neuber, M. Brach & K. Reinhardt
(Hrsg.), *Bildungspotenziale im Sport*. 19. Sportwissenschaftlicher Hochschultag
der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 16.-18. September 2009 in
Münster (S. 375). Hamburg: Czwalina Verlag.