

# Biomechanische Diagnostik von Ruderleistung und Rudertechnik im Rennboot mit zusätzlichem akustischem Feedback (Sonifikation) im Hochleistungstraining (HLT)

(AZ 071601/12)

Klaus Mattes (Projektleiter) & Nina Schaffert

Universität Hamburg, Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## 1 Problemstellung

Die komplexe Diagnostik von Ruderleistung und -technik erfolgt im Deutschen Ruderverband (DRV) mit dem Mobilten Mess- und Trainingssystem 2010 (MMS) (Mattes, 2001), das sich inzwischen zu einem unverzichtbaren Bestandteil in der Vorbereitung der Rudernationalmannschaften auf die internationalen Wettkampfhöhepunkte (Weltmeisterschaften und Olympischen Spiele) entwickelt hat.

Die Besonderheiten des Systems sind:

- die Erfassung der individuellen Ruderleistung und -technik der Athletinnen und Athleten unmittelbar im Rennboot, in allen Bootsklassen und unter allen typischen Wettkampf- und Trainingsbedingungen (Messen von Achterbesatzungen bei internationalen Rennen oder Relationsrennen direkt vor dem Wettkampfhöhepunkt);
- das Feedbacktraining mit visueller Synchroninformation für Ruderinnen und Ruderer sowie für Trainerinnen und Trainer und
- in der hohen trainingspraktischen Relevanz der generierten Mess- und Testdaten (Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesatzungen).

Im Trainingsjahr 2012 wurde zusätzlich das akustische Mess- und Feedbacksystem *Sofirow* (BeSB GmbH Schalltechnisches Büro Berlin und Universität Hamburg) (Schaffert & Mattes, 2011) in der Betreuung eingesetzt. Dabei sollte das im Rahmen der Forschungsprojekte zur Sonifikation entwickelte trainingspraktische Vorgehen zum akustischen Feedback systematisch in der Betreuung der Nationalmannschaft eingesetzt werden. Zudem erfolgte eine 2000-m-Rennanalyse der Relationsrennen bei ausgewählten Booten am Ende der Unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (UWV) mit dem Mess- und Analysesystem *Accrow* (Mattes & Schaffert, 2010).

## 2 Methode

Die Untersuchungen wurden mit Kaderathletinnen und -athleten des DRV (A- sowie z. T. zur Vervollständigung der Bootsbesetzung auch B- oder C-Kader) der Skull- und Riemenbootklassen sowie mit dem Handicap-Nationalteam im mixed Vierer (LTA4+) durchgeführt. Die Leistungsdiagnostik für die Athletinnen und Athleten fand ein- bis dreimal im Trainingsjahr statt. Insgesamt wurden 164 Messfahrten zur komplexen Leistungsdiagnostik (KLD), 77 visuelle und 19 akustische Feedbackfahrten mit parametergestütztem Techniktraining durchgeführt.

Für die KLD kam das MMS 2010 zum Einsatz, das folgende Messgrößen für die einzelne Ruderin bzw. den einzelnen Ruderer liefert:

- › das Riemenbiegemoment (Biegefeder mit DMS am Innenhebel),
- › den Ruderwinkel (hoch auflösender Drahtpotentiometer (Magnetfeldsensor) auf dem Dollenstift und mit Gummifaden zum Innenhebel, Auflösung 0,1°),
- › die Stemmbrettkraft (Scherkraftmessung an beiden Stemmbretthalterungen links und rechts, Messgenauigkeit 5%, (Künzel, 2007) und
- › den Rollsitzzweg (Wegaufnehmer auf der Rollbahnschiene).

Das visuelle Feedbacktraining erfolgte mit dem Processor Coach System-3/Sportler (PCS-3/S), das die Messgrößen beim Rudern im Rennboot direkt auf einem Grafikdisplay anzeigt (Mattes & Böhmert, 2002). Die Sonifikation erfolgte mit dem akustischen Mess- und Feedbacksystem *Sofirow*. Das Gerät erfasst und speichert die kinematischen Parameter der Bootsbewegung in Vortriebsrichtung (Beschleunigung, zurückgelegter Weg und Geschwindigkeit des Bootes) und präsentiert den Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf akustisch als Echtzeit-Feedback den Athletinnen und Athleten beim Rudern im Rennboot und auf Wunsch den Trainerinnen bzw. Trainern per WLAN im Begleitboot. Das Mess- und Analysesystem Accrow erfasst die Bootsbeschleunigung (bis 125Hz-MEMS-Beschleunigungssensor), den zurückgelegten Bootsweg und die Bootsgeschwindigkeit mittels 4-Hz-GPS und liefert als Ergebnisse für jedes Boot und Rennen die Gesamtfahrtzeit, Teilzeiten, mittlere Bootsgeschwindigkeit, Schlagfrequenz, den Vortrieb insgesamt sowie pro Schlag und deren Relationen zueinander.

In Absprache mit dem Cheftrainer sowie den verantwortlichen Bootstrainern kamen je nach Zielstellung der Diagnostik unterschiedliche Testmethoden zur Anwendung:

- › kombinierter Test aus vier Schlagfrequenzstufen (SF 20, 24, 28 und 32),
- › Wettkampftest über verschiedene Distanzen bis 2000m (Rennprofil mit Start, Strecke, Zwischen- und Endspurt) und/oder
- › visuelles Feedbacktraining mit dem Prozessor Coach System (Sportler) sowie
- › akustisches Feedbacktraining mit *Sofirow* in definierten Feedbackblöcken im EXA-Trainingsbereich bei vergleichbarer Schlagfrequenz (max. Schwankung  $\pm 0,5$  Schläge pro Minute).

Zum Abschluss der UWV fand die Messung der Relationsrennen bei ausgewählten Mannschaften statt.

Die Mess- und Feedbackfahrten fanden bei vergleichbaren Wetterbedingungen statt (näherungsweise glattes Wasser und leichte Brise).

## 3 Ergebnisse der Betreuungsmaßnahmen

### 3.1 Komplexe Leistungsdiagnostik (KLD)

Die Leistungsdiagnostik erfolgte im Anschluss an den Test durch eine Spätinformation. Je nach Bootsklasse (1x- bis 8+) lagen die Testergebnisse ein bis zwei Stunden nach Testdurchführung als metrische Daten (proportionales Skalenniveau) vor. Über die kombinierte grafische Darstellung mit ausgewählten rudertechnischen Kennwerten in Tabellenform können der qualitative Verlauf rudertechnischer Kennlinien sowie die quantitative Ausprägung von Merkmalen der Ruderleistung und -technik eingeschätzt und beurteilt werden. Für das bessere Verständnis der Athletinnen und Athleten der Messwerte, wurden die Testergebnisse mit einer speziellen Auswerte- und Darstellungssoftware (Videomesswertkopplung) transformiert präsentiert.

Die Erläuterung der Testergebnisse erfolgte in gemeinsamen Gesprächen mit den verantwortlichen Trainerinnen bzw. Trainern (Bundes- und/oder Heimtrainerin bzw. -trainer) und den Aktiven, wobei die Zusammenhänge zwischen dynamischer und kinematischer Struktur der Ruderbewegung, die äußerlich sichtbare Rudertechnik und deren Wirkung auf die Bootsgeschwindigkeit sowie der Bootsdurchlauf im Mittelpunkt standen. Auf dieser Grundlage wurden die Schwerpunkte für das Technik- und Konditionstraining für die einzelne Rudererin, den einzelnen Ruderer als auch für die Bootsbesatzung abgeleitet.

### 3.2 Visuelles Feedbacktraining

Das biomechanisch gestützte Feedbacktraining vermittelt den Ruderinnen und Ruderern die entsprechend aufbereiteten Messinformationen zeitsynchron mit der Bewegungsausführung auf Grafikdisplays im Rennboot (PCS-3). Dem Feedbacktraining geht die komplexe Leistungsdiagnostik zur Bestimmung der rudertechnischen Fehler und individuellen Besonderheiten voraus. Dabei werden die anzusteuernenden Technikmerkmale festgelegt und konkrete Hinweise zur Veränderung der Bewegungsausführung und zur Feedbackanzeige gegeben. Während des Feedbacktrainings erfolgt die Rückmeldung der objektiven Synchroninformationen über die Bewegungsausführung und deren Ergebnisse in Form von Kennlinien und -werten. Diese Rückmeldungen sollen die Athletinnen bzw. Athleten in Beziehung zu den eigenen intrinsischen Rückinformationen setzen und so die veränderte Bewegungsausführung wahrnehmen und interiorisieren. Über diese subjektiven Fremdinformationen durch den Biomechaniker und/oder Trainerin bzw. Trainer wird dieser Prozess von außen unterstützt und gelenkt. Die Ansteuerungseffekte werden unmittelbar im Anschluss an das Wassertraining gemeinsam analysiert und die nächsten Schritte im Technik- und Konditionstraining bestimmt. Damit unterstützt das Feedbacktraining die erfolgreiche Ansteuerung verschiedener Merkmale der Rudertechnik in kurzer Zeit (1- 3 Trainingseinheiten), wie die Schlagweite, die Gestaltung der vorderen und hinteren Bewegungsumkehr, die Kraft- und Bewegungskopplung im Durchzug, das widerstandsarme Vorrollen etc.

### 3.3 Akustisches Feedbacktraining (Sonifikation)

Die Sonifikation als neue Methode im Techniktraining von Rennrunderinnen bzw. -runderern stellt die Daten zeitsynchron zur Bewegungsausführung akustisch dar, ohne eine besondere visuelle Zuwendung zu verlangen. Die Vorteile dabei liegen gerade in der zuverlässigen Steuerung des Aufmerksamkeitsfokus über den auditiven Sinneskanal, der für dynamisch-zeitliche Prozesse besonders sensitiv ist und mit der Möglichkeit, mehrere Informationsströme gleichzeitig aufnehmen und verarbeiten zu können. Eine besondere Bedeutung kommt dem Einsatz der Sonifikation bei sehbehinderten und/oder blinden Athletinnen bzw. Athleten, deren übrige Sinneswahrnehmungen aufgrund der Einschränkung im visuellen Bereich insbesondere im akustischen und taktilen Bereich sensibler und differenzierter ausgeprägt sind. Mithilfe zusätzlich gegebener akustischer Informationen zum Bewegungsverlauf können sie das Defizit in der optischen Informationsverarbeitung ein Stück weit kompensieren ohne wahrnehmungsseitig überlastet zu sein. Dabei wird hier neben einer Unterstützung der Bewegungsvorstellung der Athletin bzw. des Athleten im Sinne eines „akustischen Bewegungsmusters“ zudem eine Unterstützung der Situationsvorstellung angestrebt, die über die akustische Präsentation perspektivisch vielfältige Möglichkeiten der Interaktion mit der Umwelt ermöglicht (Schaffert, Mattes & Effenberg, 2011).

Das Verfahren wurde speziell für das Wassertraining entwickelt, um das Gefühl der Sportlerinnen und Sportler für den Bootsdurchlauf und Bewegungsrhythmus zu verbessern und damit letztendlich die Bootsbewegung zu optimieren. Die Nachbesprechung fand im Anschluss an die jeweilige Trainingseinheit statt. Auf Wunsch standen die gespeicherten Klangsequenzen auch für die Nachnutzung an Land, z. B. für das mentale Training, zur Verfügung.

### 3.4 2000-m-Rennanalyse

Die Auswertungen der Relationsrennen der Olympiamannschaft erfolgten zeitnah im Anschluss an die Rennen. Um den Trainerinnen bzw. Trainern und den Aktiven einen schnellen Überblick über den Rennverlauf sowie eine Einschätzung zum Rennprofil geben zu können, wurde die kompakte Rennauswertung durchgeführt (vgl. Schaffert & Mattes, 2011c) und als PDF Dokument gesammelt dem Cheftrainer übergeben. Die Auswertung beinhaltet die Darstellung der Ergebnisse in grafischer und tabellarischer Form für den strecken- und zeitbezogenen Rennverlauf sowie eine kurze Einschätzung des Rennens für die Interpretation der Daten (Rennprofil, -taktik, -phasen, Relation Schlagfrequenz/ Bootsgeschwindigkeit und Schwankung der Bootsgeschwindigkeit).

## 4 Diskussion

Die biomechanische Betreuung mit den eingesetzten Messsystemen hat sich in den zurückliegenden Trainingsjahren aus Sicht des DRV mehr als bewährt und ist mittlerweile zu einem unverzichtbaren Bestandteil für die Entwicklung leistungsfähiger Bootsklassen und in der Vorbereitung der Rudernationalmannschaften für die internationalen Wettkampfhöhepunkte (Weltmeisterschaften und Olympischen Spiele) geworden. Der biomechanisch-trainingswissenschaftliche Hintergrund dieser Entwicklungen basiert maßgeblich auf Forschungsergebnissen, die im Rahmen von Forschungsprojekten an der Universität Hamburg generiert worden sind. Die Entwicklungen wurden in der Trainingspraxis erprobt und die Wirkung evaluiert.

Die generierten Mess- und Testdaten des MMS haben eine hohe trainingspraktische Relevanz, wie beispielsweise die Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie die Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesetzungen.

Das PCS-Feedbacksystem liefert Ergebnisse über die Ansteuerbarkeit verschiedener rudertechnischer Merkmale bei Spitzenrudern und ermöglichte so z. T. eine neue Sicht auf die so genannte „Handschrift“ des Ruderers. Als zweite Anwendungsrichtung ergibt sich mit dem sog. „kurzfristigen Einsatz“, wie beispielsweise in der UWV, da es hier nicht um ein Umlernen der Rudertechnik oder ein Ausmerzen rudertechnischer Fehler geht, sondern hier die Feineinstellung innerhalb der Mannschaft und das gezielte Verstärken von zweckmäßig erkannten, aber noch nicht gefestigten Bewegungsverhalten im Mittelpunkt stehen. Über die grafische Anzeige auf bis zu vier Displays im Boot unterstützt die Arbeit an der Rudertechnik. Damit können beispielsweise im Achter gleichzeitig vier Ruderer/innen erfolgreich an der Rudertechnik arbeiten, ohne sich gegenseitig zu stören, während die übrigen Mannschaftsmitglieder für das „Stellen“ des Bootes verantwortlich sind.

Im Trainingsjahr 2012 konnte mit dem zusätzlichen Einsatz der Sonifikation als akustisches online-Feedback im Training eine neue Methode in die reguläre biomechanische Diagnostik und das Techniktraining von Kaderathleten zur direkten Ansteuerung rudertechnischer Merkmale im Beschleunigungsverlauf des Bootes integriert und die Ergebnisse aus den Forschungsprojekten zur Sonifikation in die Trainingspraxis überführt werden. Die grundsätzliche Anwendbarkeit der Methode sowie ein trainingspraktisches Vorgehen zur Sicherung der Nachhaltigkeit der Effekte wurden im Vorfeld im Rahmen der Forschungsprojekte zur Sonifikation bereits geklärt (Mattes, Schaffert & Effenberg, 2012).

Mit der 2000-m-Rennanalyse über *Accrow* erfolgt die Bereitstellung der kinematischen Struktur des Ruderrennens durch das System, das damit die notwendigen Informationen zur Beurteilung des Gesamtrennens (mittlere Bootsgeschwindigkeit und Relation Bootsgeschwindigkeit/Schlagfrequenz), zur realisierten Renntaktik (Plan-Ist-Vergleich), zur mechanischen Zweckmäßigkeit des Rennprofils (interzyklische Geschwindigkeitsschwankungen) sowie zur Anteiligkeit und zeitlichen Verausgabung der aeroben und anaeroben Kapazitäten durch die Rennphasenanalyse zur Verfügung stellt. Die Analyse durch *Accrow* erweitert damit die bisherige Dokumentation der gefahrenen Zeiten und realisierten Schlagfrequenzen für die Gesamtdistanz sowie 500-Meter-Abschnitte um die Werte auch für die 250-Meter-Abschnitte und liefert den Trainerinnen bzw. Trainern eine Einschätzung und gibt Hinweise zur Interpretation des Rennverlaufs.

## 5 Literatur

- Böhmert, W. & Mattes, K. (2003). Biomechanische Objektivierung der Ruderbewegung im Rennboot. In W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen* (S. 163-172). Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media).
- Künzel, M. (2007). *Entwicklung eines Messsystems zur Bestimmung der Kräfte am Stemmbrett bei Rennruderbooten*. Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin.
- Mattes, K. (2001). *Komplexe Diagnostik von Ruderleistung und Rudertechnik im Rennboot mit dem Mobilien Messsystem 2000 – Leitfaden zur Anwendung sowie umfassenden Auswertung und Interpretation*. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Mattes, K. & Böhmert, W. (2002). *Feineinstellung der sportlichen Technik durch Messplatztraining*. In Messplatztraining. 5. Gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft vom 19.-21.9. 2002 in Leipzig.
- Mattes K. & Schaffert N. (2010). A new measuring and on-water coaching device for rowing. *Journal of human sport and exercise*, 5 (2), 226-239.
- Mattes, K., Schaffert, N. & Effenberg, A.O. (2012). *Wirkungsanalyse des akustischen Feedbacktrainings mit Sofirow zur Optimierung der Bootsbeugung von Kaderathleten des Deutschen Ruderverbandes*. Abschlussbericht zum BISp-Projekt IIA1-070802/11.
- Schaffert, N. & Mattes, K. (2011). Designing an acoustic feedback system for on-water rowing training. *International journal of computer science in sport*, 10 (2), 71-76.
- Schaffert, N., Mattes, K. & Effenberg, A.O. (2011). Das „richtige“ Rhythmusgefühl: Wer hört, kann noch besser fühlen. *Rudersport*, 9, S.52-55.