
Integration fahrdynamischer Parameter der Bootsbewegung in die biomechanische Diagnostik im Rennboot zur Leistungs- und Technikansteuerung im Hochleistungstraining (HLT)

(AZ 071611/11)

Klaus Mattes (Projektleiter) & Nina Schaffert

Universität Hamburg, Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft

Problemstellung

Für die komplexe Diagnostik von Ruderleistung und -technik wird das Mobile Mess- und Trainingssystem 2010 (MMS) eingesetzt, das mittlerweile zu einem unverzichtbaren Bestandteil in der Vorbereitung der Rudernationalmannschaften auf die internationalen Wettkampfhöhepunkte (Weltmeisterschaften und Olympische Spiele) geworden ist. Wie in den Berichten zu den Projekten der vorangegangenen Jahre beschrieben, liegen die Stärken des Systems

- in der Erfassung von Ruderleistung und -technik der Athletinnen bzw. 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),
- im Feedbacktraining mit Synchroninformation für Ruderinnen bzw. 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 2011 wurden zusätzlich die fahrdynamischen Parameter über die synchrone Erfassung der Roll-, Gier- und Stampfbewegung des Bootes mit dem neuen Messsystem X-Row in Kooperation mit dem Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten (FES) durchgeführt.

Neben der biomechanischen Diagnostik und dem Feedbacktraining stellte die Erprobung von X-Row einen weiteren Schwerpunkt des Betreuungsprojekts dar. Dabei mussten im ersten Schritt die synchrone Datenerfassung der verschiedenen Sensoren sowie die Kalibrierung des Messsystems sichergestellt werden. Im nächsten Schritt erfolgte die Integration von X-Row in das MMS 2010 und die Entwicklung eines Konzepts zur routinemäßigen Darstellung der Messergebnisse für die biomechanische Diagnostik.

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 durchgeführt. Dabei erfolgte die Leistungsdiagnostik für die Athletengruppe ein- bis dreimal im Trainingsjahr. Insgesamt wurden 105 Messfahrten zur komplexen Leistungsdiagnostik (KLD) sowie 67 Feedbackfahrten mit parametergestütztem Techniktraining absolviert. Für die KLD wurde das MMS 2010 (Mattes, 2001) und für das Feedbacktraining das Processor Coach System-3/ Sportler (PCS-3/S) mit direkter Anzeige der Messgrößen beim Rudern im Rennboot verwendet (Mattes & Böhmert, 2002). Für die Integration fahrdynamischer Parameter der Bootsbewegung in die biomechanische Diagnostik im Rennboot wurde das neue Messgerät X-Row (Firma X-Sens) mit dem MMS zusammengeführt und erprobt (Reischmann, Böhmert & Mattes, 2012). X-Row ermöglicht die Erfassung der Bootsbewegung in x-, y- und z-Richtung. Das MMS 2010 liefert die folgenden Messgrößen für die einzelne Ruderin bzw. den einzelnen Ruderer:

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

X-Row erfasst die Bewegung des Bootes in Vortriebsrichtung: die Bootsbeschleunigung (100 Hz-MEMS-Beschleunigungssensor), den Bootsweg und -geschwindigkeit (4 Hz-GPS) sowie das Rollen, Gieren und Stampfen (100 Hz-3D-Gyroskop, Auflösung $0,05^\circ$).

Je nach Zielstellung der Diagnostik kamen in Absprache mit dem Cheftrainer und den verantwortlichen Bootstrainerinnen und -trainern 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
- Feedbacktraining mit dem Prozessor Coach System (Sportler).

Für die Erprobung des neuen Messsystems wurden Voruntersuchungen im Rahmen der regulären biomechanischen Diagnostik mit Kaderathletinnen und -athleten durchgeführt. Die Analyse der mehrdimensionalen Bootsbewegung erfolgte über die Erfassung der Roll-, Gier- und Stampfbewegung des Bootes in vier verschiedenen Schlagfrequenzstufen (SF 20, 24, 30, 32) als unabhängige Variable. Bei der statistischen Auswertung wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung über jeweils zehn Ruderzyklen mit den Zwischensubjektfaktoren Schlagfrequenz (Schlagfrequenzstufen 20, 24, 28, 32) gerechnet.

Ergebnisse

Die Leistungsdiagnostik (KLD) erfolgte durch eine Spätinformation im Anschluss an den Test. Je nach Bootsklasse (1x- bis 8+) lagen die Testergebnisse ein bis zwei Stunden nach Durchführung durchweg als metrische Daten auf proportionalem Skalenniveau vor. Durch die Kombination grafischer Darstellungen mit ausgewählten rudertechnischen Kennwerten in Tabellenform können der qualitative Verlauf rudertechnischer Kennlinien sowie die quantitative Ausprägung von Merkmalen der Ruderleistung und Rudertechnik eingeschätzt und beurteilt werden. Zum besseren Verständnis der Athletengruppe für die Messwerte, wurden die Testergebnisse mit einer speziellen Auswerte- und Darstellungssoftware (Videomesswertkopplung) transformiert präsentiert und Trainingsempfehlungen formuliert. Die Erläuterung der Testergebnisse erfolgte in gemeinsamen Gesprächen mit den verantwortlichen Trainerinnen und Trainern (Bundes- und / oder Heimtrainerin bzw. -trainer) und den Sportlerinnen bzw. Sportlern. Die Zusammenhänge zwischen dynamischer und kinematischer Struktur der Ruderbewegung sowie die äußerlich sichtbare Rudertechnik und deren Wirkung auf die Bootsgeschwindigkeit sowie den Bootsdurchlauf standen dabei im Mittelpunkt. Darauf aufbauend wurden die Schwerpunkte für das Technik- und Konditionstraining sowohl für die einzelne Ruderin bzw. den einzelnen Ruderer als auch für die Bootsbesatzung abgeleitet.

Auf Basis der in der KLD ermittelten rudertechnischen Fehler und anzustuernden Technikmerkmale erfolgte das biomechanisch gestützte Feedbacktraining mit konkreten Hinweisen zur Veränderung der Bewegungsausführung. Das Feedbacksystem vermittelt Trainerinnen bzw. Trainern und Ruderinnen bzw. Ruderern die speziell aufbereiteten Messinformationen zeitsynchron zur Bewegungsausführung auf Grafikdisplays im Rennboot sowie im Motorboot (PCS-3). Dabei wurden die objektiven Synchroninformationen über die Bewegungsausführung und -ergebnisse in Form von Kennlinien und -werten rückgemeldet. Durch ein in Beziehung setzen dieser zusätzlich gegebenen Fremdinformation zur eigenen intrinsischen Rückinformation sollten die Athletinnen und Athleten die veränderte Bewegungsausführung besser wahrnehmen und verinnerlichen. Zusätzlich wurde der Prozess von außen durch den Biomechaniker und / oder Trainer über deren subjektive Fremdinformation gelenkt.

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.

Die Erprobung des neuen Messsystems X-Row verzögerte sich aufgrund messtechnischer Schwierigkeiten und erfolgte vom Frühjahr bis Herbst 2011. Dabei konnten folgende Ziele erreicht werden:

- synchrone Datenaufnahme der Roll-, Gier- und Stampfbewegung sowie der Bootsbeschleunigung und -geschwindigkeit mit einer Aufnahmefrequenz von 100 Hz,
- vollständiger Zugriff auf die Rohdaten sowie deren zeit- und schlagbezogene Darstellung,
- synchrone Messung mit zwei Sensoren (Bug- und Hecksensor),

- Kalibrierung des Messsystems,
- Routineeinsatz im Training und Ruderrennen.

Im Rahmen der Messfahrten wurde ein Konzept zur routinemäßigen Darstellung der Messergebnisse für die Ruderleistungs- und -technikdiagnostik durchgeführt. Hierbei werden zukünftig folgende Kennlinien und Kennwerte für Durchzug und Freilauf synchron zu den Messdaten des MMS 2010 dargestellt:

- mittlere Verläufe der Stampfbewegung, Bootsbeschleunigung und -geschwindigkeit,
- Minima und Maxima, Amplitudendarstellung der Stampf-, Roll- und Gierbewegung für Etappen sowie für jeden einzelnen Ruderschlag.

Die ersten Ergebnisse zur Bootsbewegung und die Schwierigkeiten bei der Durchführung der Messungen wurden im Kreis der Messtechniker zu Beginn dieses Jahres in Hannover ausführlich diskutiert (Messtechniker-Workshop am 16.2.2012). Zusammengefasst konnte gezeigt werden, dass

- zwischen den Stampfranges der Bootsbewegung und den Schlagfrequenzen ein signifikanter Unterschied besteht,
- mit zunehmender Schlagfrequenz die Stampfamplitude ansteigt und
- zwischen der Stampfbewegung und der Bootsbeschleunigung eine Korrelation erkennbar ist.

Diskussion

Das eingesetzte Mess- und Testsystem hat sich seit seiner Einführung grundsätzlich in der leistungsdiagnostischen Routine und dem Feedbacktraining zur Feineinstellung der individuellen Rudertechnik bzw. zur Feinabstimmung im Mannschaftsboot bewährt. Mit dem Feedbacksystem konnten Ergebnisse über die Ansteuerbarkeit verschiedener rudertechnischer Merkmale bei Spitzenruderinnen bzw. -ruderern generiert und z. T. eine neue Sicht auf die so genannte „Handschrift“ der Ruderin bzw. des Ruderers vermittelt werden. Mit dem sog. „kurzfristigen Einsatz“ in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (UWV) besteht eine zweite Anwendungsrichtung, da hier nicht das Umlernen der Rudertechnik oder Ausmerzen rudertechnischer Fehler im Mittelpunkt stehen, sondern die Feineinstellung innerhalb der Mannschaft und das gezielte Verstärken von zweckmäßig erkannten, aber noch nicht gefestigten Bewegungsverhalten verfolgt wird. Die grafische Anzeige über bis zu vier Displays im Boot (im Achter) unterstützt die Arbeit an der Rudertechnik.

Aus den ersten Ergebnissen zur mehrdimensionalen Messung der Bootsbewegung lassen sich folgende Erfahrungen ableiten:

1. Das neue Messsystem verfügt über den Vorteil, dass die Messung der Bootsbewegung synchron für die Roll-, Gier- und Stampfbewegung des Bootes sowie für die Bootsbeschleunigung und -geschwindigkeit erfolgt.

2. Zwischen den Schlagfrequenzen und den Amplituden der Stampfbewegung zeigten sich signifikante Unterschiede. Dieser Haupteffekt besitzt eine sehr hohe Effektstärke und wirkt in Abhängigkeit von der Schlagfrequenz. Zudem ist eine Korrelation zwischen der Stampfbewegung und Bootsbeschleunigung erkennbar.
3. Die mehrdimensionale Messung der Bootsbewegung sollte in die Routinediagnostik übernommen werden, weil sich daraus weiterführende Informationen zur individuellen Rudertechnik und Krafterzeugung sowie deren Auswirkungen auf die Bootsbewegung ableiten lassen, die trainingsmethodisch relevant sind. Das sind im Einzelnen Aussagen zum Zusammenhang zwischen der Krafteinleitung am Innenhebel und der Bootsbewegung (Querbeschleunigungen und Krängung) sowie zum Zusammenhang zwischen vertikalen Komponenten der Stemmbrettkraft und der Stampfbewegung zur individuellen Gestaltung der vorderen Bewegungsumkehr und Druckaufnahme und innerhalb der Durchzugsphasen.

Im Trainingsjahr 2012 werden die Messbootfahrten mit dem MMS 2010 in Kombination mit X-Row in Klein- und Großbooten durchgeführt. Nach den ersten Erfahrungen sollte der Einsatz des neuen Messsystems X-Row in die leistungsdiagnostische Routine integriert werden, um Aussagen zur Stampf-, Roll- und Gierbewegung des Bootes in allen Boots- und Gewichtsklassen machen zu können sowie Unterschiede zwischen Männern und Frauen zu analysieren und um mögliche Korrelationen zwischen den Bewegungsformen des Bootes zu ermitteln.

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.
- Reischmann, M., Böhmert, W. & Mattes, K. (2012). Erste Ergebnisse zur Messung der Stampfbewegung im Rennskiff. In H. Wagner (Hrsg.), *NeuroMotion. Aufmerksamkeit, Automatisierung, Adaptation* (S.48). 9. gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft, 21.-23. März 2012 in Münster. Book of Abstracts. Münster: WWU Münster.