

K. Mattes¹; N. Schaffert¹ & R. Gehret²

¹Universität Hamburg, Fachbereich Bewegungswissenschaft

²BeSB GmbH Schalltechnisches Büro Berlin

EINLEITUNG

Die biomechanische Diagnostik der Ruderleistung und -technik im Rennboot wird im Deutschen Ruderverband (DRV) bereits erfolgreich praktiziert (Böhmert & Mattes, 2003). Das eingesetzte mobile Messsystem (MMS) erfasst die Kräfte am Innenhebel und Stembrett, die Ruder- und Rollsitzebewegung sowie die Bootsgeschwindigkeit und -beschleunigung im jeweiligen Rennboot. Damit wird die Messung im Wassertraining (WT) und bei Regatten im eigenen Sportgerät ermöglicht. Der hohe Aufwand für den Einsatz des komplexen Messsystems begrenzt aber dessen Verwendung im Trainingsalltag. Alternativ aufgebaute extra Messboote reduzieren wiederum die Akzeptanz der Messergebnisse bei Trainern und Athleten.

Vor diesem Hintergrund entstand die Idee, ein Messgerät für die Analyse und Steuerung des WT oder von Tests zu konzipieren, das ohne großen Mehraufwand durch den Trainer im Alltag eingesetzt werden kann. Die Entwicklung erfolgte in Kooperation zwischen der Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft der Universität Hamburg (UHH) und dem Schalltechnischen Büro, BeSB GmbH Berlin. Dabei bestand eine klare Arbeitsteilung, wobei die Ingenieure der BeSB die Hard- und Softwareentwicklung übernahmen und die Bewegungswissenschaftler der UHH das sportwissenschaftliche Design lieferten sowie die praktische Erprobung durchführten. Entstanden ist *Accrow* (Acceleration in rowing) als ein einfach zu handhabendes Mess-, Test- und Analysegerät zur Bestimmung der Bootsbewegung und Schlagfrequenz, das moderne Messtechnik mit umfassendem Know-how aus der biomechanischen Leistungsdiagnostik im Rennrudern (Mattes, 2001) verbindet. Mit dem Zusatz-Programm *Accrow-Live* wird die Echtzeit-Visualisierung der Messdaten in grafischer und in Zahlenform ermöglicht. Dabei kann zwischen dem Online- und Offline-Modus gewählt werden. Das Poster stellt das neue Messgerät *Accrow*, seine Funktionsweise und einige Anwendungsmöglichkeiten näher vor.

GERÄTE- UND FUNKTIONSBESCHREIBUNG

Accrow misst und speichert die kinematischen Parameter der Bootsbewegung in Vortriebsrichtung: Bootsbeschleunigung mittels 50-Hz-MEMS- Beschleunigungssensor und den Bootsweg mit 4-Hz-GPS (Abb.1). Die Befestigung erfolgt mit Klettband auf der Bootsoberfläche. Auf einer SD-Karte werden die Messdaten gespeichert und können per WLAN nachträglich auslesen sowie online auf ein Netbook ins Trainerboot übertragen werden. Die zugehörige Software *Regatta* erkennt anhand des Beschleunigungsverlaufs (a_B) jeden einzelnen Ruderschlag und bestimmt die Bootsgeschwindigkeit (v_B), die Schlagfrequenz (S_f), den Vortrieb pro Schlag (S_f) sowie die gefahrenen Strecken und die dafür benötigten Fahrzeiten. Die berechneten Daten werden im Excelformat ausgegeben. *Accrow-Live* stellt den momentanen Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsverlauf in Echtzeit während des WT auf einem Netbook dar. Zudem werden die Daten für die mittlere Bootsgeschwindigkeit ($v_{B\sim}$ in m/s), die mittlere v_B der letzten fünf Ruderschläge (v_{B5} in m/s), der zurückgelegte Weg des letzten Schlags (s_B in m) die Schlagfrequenz (s_f in 1/min) sowie die hochgerechnete 500-m-Zeit der aktuellen Bootsgeschwindigkeit (v_{B500m} in min:s) dargestellt (Abb.2) Die Daten können separat aufgezeichnet und anschließend im Offline-Modus wiedergegeben (oder weiterverarbeitet) werden. Damit wird eine direkte Belastungssteuerung innerhalb der Trainingseinheit (TE) oder die Wirkungsanalyse besonderer Schlagfolgen (z. B. Ruderstart) auf die Bootsgeschwindigkeit möglich.

Die Software *Regatta* berechnet folgende drei spezielle Auswerterroutinen:

- Belastungsanalyse im Wassertraining
- Rennanalyse (wahlweise 2000m, 1000m oder 500m) zur Optimierung des Rennprofils
- Startanalyse (1.-15. Ruderschlag) zur Optimierung der Ruderstarts

Zur Belastungsanalyse im WT oder Test

Für die Analyse des WT werden die äußeren Belastungsmerkmale bestimmt, wodurch eine präzise Planung, Kontrolle und Steuerung des Trainings und die Bewertung von Testleistungen möglich wird. Die Messung der Fahrstrecke mittels GPS gewährleistet die Belastungssteuerung auch auf Seen unabhängig von Streckenmarkierungen. Bei TE mit höherer Belastungsintensität werden in der Regel definierte Strecken absolviert, wobei die Belastungssteuerung primär über die S_f und eventuell noch über Teilstreckenzeiten erfolgt. *Accrow* unterstützt dieses Vorgehen, da die komplette TE aufgezeichnet wird und Auswertintervalle flexibel über die Anzahl Ruderschläge, Streckenlänge oder Zeitdauer definiert werden können (Tab.1). *Accrow* bietet sich für leistungsphysiologische Felduntersuchungen an, da es die äußeren Belastungsmerkmale als Korrelationspartner für die innere Beanspruchung (Herzfrequenz, Laktat und/ oder V_{O2max}) zur Verfügung stellt. So könnten z.B. Belastungsintensitäten aus Ergometertests im Feldtest überprüft und genauer eingestellt werden. Für wissenschaftliche Untersuchungen lassen sich die Rohwerte der Orts- und Beschleunigungsdaten exportieren und weiter verarbeiten.

Zur Rennanalyse mit Accrow

Die äußere kinematische Struktur des Ruderen wird strecken- und rennphasenbezogen über die Absolut- und Relativwerte der kinematischen Parameter beschrieben. Bei der Analyse werden die mittleren Bootsgeschwindigkeiten, die Schlagfrequenzen, die Vortriebe pro Schlag sowie die Fahrstrecken bzw. -zeiten für die jeweilige Rennstrecke ausgegeben. Die streckenbezogene Auswertung lehnt sich an typische Rennanalysen an (Kleshnev, 2001; Garland, 2005), jedoch mit einer feineren Untergliederung des 2000-m-Rennens in mehr als nur vier 500-m-Abschnitte (Tab.2 und Abb.3). Die rennphasenbezogene Auswertung stellt einen besseren Bezug zu bioenergetischen Aspekten und renntaktischen Erfordernissen her, da sie über die zeitabhängige Strukturierung des Rennverlaufs in charakteristische Subphasen (Start, Strecke Endspurt) erfolgt, deren Bewältigung verschiedene Anforderungen an den Ruderer zur Steuerung der v_B stellt (Abb.3).

Um die Profilierung über die Abschnitte analysieren zu können, werden die Ergebnisdaten auch in Relation zu den Mittelwerten der v_B und S_f des 2000-m-Rennens ausgegeben. Damit wird der Vergleich verschiedener Rennen erleichtert.

Zur Startanalyse mit Accrow

Für die Bewertung des Starts existieren klare Außenkriterien. Das sind die Zeitdauer für das Zurücklegen einer bestimmten Fahrstrecke (z.B. die ersten 100m), die erzielte Startbeschleunigung (Anstieg von v_B auf den ersten Startschlägen) und maximale v_B . Zur Beschleunigung des Bootes werden hohe bis maximale S_f , hohe bis maximale Kräfteinsätze, die Verkürzung des 1. Schlags durch nicht volle Ausnutzung der Rollbahn heckwärts sowie die Verlängerung des Rollweges ab dem zweiten, dritten bis vierten Ruderschlag gefordert. In der Startanalyse mit *Regatta* werden die ersten 15 Ruderschläge betrachtet und die Daten für jeden Ruderschlag einzeln und gemittelt für die drei Startbereiche: 1.-5. Ruderschlag (maximale Startbeschleunigung aus der Ruhe), 6.-10. Ruderschlag (Pick-up-Beschleunigung des Bootes auf maximale v_B) und 11.-15. Ruderschlag (maximale v_B) sowie für die gesamten 15 Ruderschläge ausgegeben. Verschiedene Startvarianten können aus biomechanisch-rudertechnischer Sicht so überprüft und optimiert werden. Tabelle 3 vergleicht zwei Startvarianten einer Bootsbesatzung (Leichtgewicht 4-), die sich hinsichtlich der gefahrenen S_f unterscheiden.

Tab. 3: Ergebnisdaten von *Accrow* für den Startvariantenvergleich

Start-variante	t_{100m} [s]	RZ	t [s]	s_{GPS} [m]	S_f [1/min]	v_B [m/s]	s_B [m]
Start I	18,7	1.-15.	26,4	123,8	40,9	5,5	9,7
Start II	18,85	1.-15.	21,0	113,0	42,8	5,4	7,6

Die Startvariante II wurde mit um ca. 2 Schläge/min höherer S_f absolviert als Startvariante I. Beiden Varianten unterschieden sich dabei in der Startbeschleunigung, wobei mit Variante II eine höhere Beschleunigung aus der Ruhe erzeugt wurde. Die Startvariante I zeichnete sich durch die höhere maximale v_B aus, zudem wurden die ersten 100m in kürzerer Fahrzeit zurückgelegt (Abb.4).

FAZIT

Accrow ermöglicht die präzise Planung, Kontrolle und Steuerung des WT und dessen Wirkungsanalyse sowie die umfassende Analyse des 2000-m-Rennprofils (und dessen Hauptphasen) durch Beschreibung der kinematischen Struktur des Rennens. Mit den Daten können verschiedene Startvarianten aus biomechanisch-rudertechnischer Sicht überprüft und optimiert werden. Der Einsatz von *Accrow* hat sich bereits im Training der Kaderathleten des DRV und während der Vorläufe für die WM 2009 und 2010 bewährt (Mattes & Schaffert, 2010). Zunehmend wird es in Kombination mit dem MMS des Instituts FES eingesetzt sowie in der Talentdiagnostik der D-Kader (Schaffert, Donner, Last & Mattes, 2011). Das Programm *Accrow-Live* erweitert das Leistungsspektrum des Geräts und ermöglicht dem Trainer die Überwachung der Verlaufsanalyse der tatsächlichen Leistungsentwicklung (Steigerung der Bootsgeschwindigkeit) und Veränderungen in der Relation Schlagfrequenz/Vortrieb in Echtzeit während des WT. Zur Trainings- und Wettkampfsteuerung sollte *Accrow* regelmäßig und idealerweise in Kombination mit Daten der inneren Beanspruchung (Herzfrequenz und Laktat) eingesetzt werden.



- Beschleunigungssensor: ± 2 g
- Messbereich, 50 Hz
- Abtastfrequenz, 1% Messfehler
- GPS-Sensor: Positions- UP-D-DATE Rate: 4 Hz
- Geschwindigkeit: 0,1 m/s
- Spannungsvorgung: 5 V – 32 V Gleichstrom (Akku)
- Datenspeicher: SD-Karte
- Datenauslesen: WLAN
- Maße: 98 x 64 x 34 mm
- Masse mit Akkupack: 336g

Abb. 1: *Accrow* mit technischen Daten

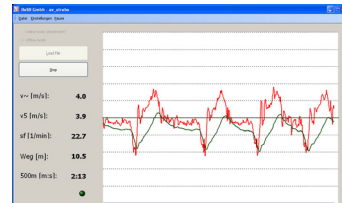


Abb. 2: Laufender Datensatz in *Accrow-Live*, a_B (rot) und v_B (schwarz)

Tab. 1: Auswertbeispiel einer WT-Einheit in verschiedenen S_f -Stufen nach dem Standardprogramm der Routinediagnostik; t_{Etp} =Zeit der Etappe, s_{GPS} =zurückgelegter Bootsweg, RZ=Ruderzyklen

Etappe	t_{Etp} [s]	s_{GPS} [m]	Anzahl RZ	S_f [1/min]	v_B [m/s]	s_B [m]
1	652,3	2793	214	19,6	4,28	13,07
2	26,8	137	10	23,3	5,12	13,16
3	21,8	119	10	28,7	5,46	11,41
4	18,7	107	10	32,2	5,71	10,62
5	16,9	99	10	35,6	5,89	9,94

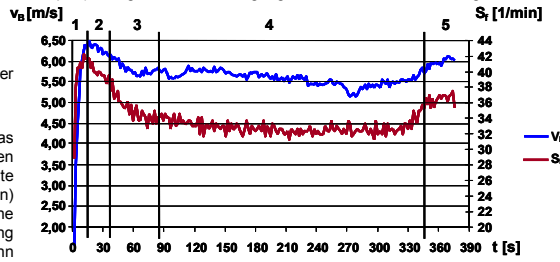


Abb. 3: Rennphasenverlauf eines 2000-m-Rennens im Achter

Tab. 2: Beispiel einer streckenbezogenen Analyse des Rennverlaufs (absolute Werte); t=Zeit, tE=Summe Zeit

Abschnitt [m]	t [s]	Anzahl RZ	S_f [1/min]	v_B [m/s]	s_B [m]	tE [s]
0-100	19,1	13	41,3	5,22	7,6	19,1
0-250	43,7	29	40,3	5,72	8,51	43,7
250-500	42,5	27	37,5	5,89	9,42	86,2
500-750	43,2	26	36,3	5,79	9,57	129,4
750-1000	43,4	26	35,9	5,76	9,63	172,8
1000-1250	43,3	26	35,9	5,77	9,65	216,2
1250-1500	43,7	26	36,1	5,72	9,52	259,9
1500-1750	43,5	27	37,3	5,74	9,23	303,5
1750-2000	42,2	28	39,5	5,93	9	345,6
Total		215	37,3	5,79	9,3	345,6

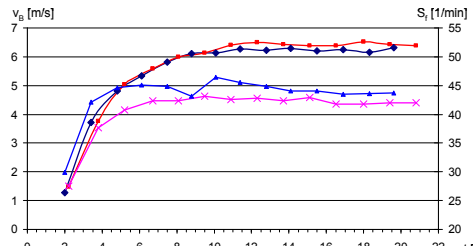


Abb. 4: Startvariantenvergleich in unterschiedlichen S_f -Stufen

LITERATUR

- Böhmert, W. & Mattes, K. (2003). Biomechanische Objektivierung der Ruderbewegung im Rennboot. In Fritsch, W. (Hrsg.), Rudern - erfahren, erkunden, erforschen. S. 163-172. Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media).
- Mattes K. (2001). Untersuchungen zur Stabilität und Variabilität von Ruderleistung und Rudertechnik in den Hauptphasen des Ruderenens. Aachen: Shaker Verlag; 1-382.
- Kleshnev V. (2001). Race strategy in rowing during Sydney Olympic Games. Australian Rowing; 24(1): 20-23.
- Garland S. (2005). An analysis of the pacing strategy adopted by elite competitors in 2000 m rowing. Br J Sports Med; 39(1): 39-42.
- Mattes K. & Schaffert, N. (2010) Messung und Analyse der Bootsbewegung mit *Accrow*. In Rudersport, 9, S.48-50.
- Schaffert, N., Donner, J., Last, M. & Mattes, K. (2011). Talententwicklung und D-Kaderbetreuung in Hamburg-Allermöhe. In Rudersport, 1, S.18-19.