

# Entwicklung eines Messplatzes zur Objektivierung von Teilkörperbewegungen im Ergometerrudern

FLORIAN SCHOLZ<sup>1</sup>, JENS SCHMIDT<sup>2</sup> & ANDREAS GRUNDMANN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Olympiastützpunkt Sachsen e.V.*

<sup>2</sup>*Institut Chemnitzer Maschinen- und Anlagenbau e.V.*

## 1 Einleitung und Problemstellung

Die zweckmäßige Entwicklung der spezifischen Leistungsvoraussetzungen durch eine wirkungsvolle Verbindung von konditionellen Fähigkeiten und rudertechnischen Fertigkeiten ist durch ein sportmotorisches Messplatztraining gegeben. Die Rückmeldung von objektiv ergänzenden Schnellinformationen aus dem Bewegungsvollzug zielt auf die Reduzierung von Fehlern in der Bewegung und die gleichzeitige Herausbildung von sportmotorischen Optimierungsprozessen ab (Daug, 2000; Daug et al., 2004). Aus Sicht der deutschen Ruderpraxis haben sich im Laufe der Zeit verschiedene sportartspezifische Messplätze etabliert (vgl. Altenburg et al., 1996; Lippens, 1997). Von besonderer leistungssportlicher Relevanz sind dabei die vom Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten (FES) konstruierten Modifikationen für das Ruderergometer Concept II Typ D/E, das konzipierte Mess- und Anzeigesystem Ruderkasten und das für Freifahrten entwickelte Mobile Messsystem 2012. Während sich die überdachte Ruderbeckenanlage als semispezifischer Messplatz zwischen Ruderergometer und Rennboot einordnet, handelt es sich bei letzterem um einen spezifischen Messplatz zur Ruderleistungs- und Ruderfertigungsdiagnostik im Rennboot auf dem Wasser. Die drei Varianten bieten die Möglichkeit, die äußere mechanische Ruderleistung und charakteristische Kennlinien und Kennwerte zu objektivieren und als Feedback für Sportler und Trainer zur Verfügung zu stellen (vgl. Mattes und Böhmert, 2004; Weigelt et al., 2017). Voraussetzungen für den Ruderkasten sind dabei die Messstellen Ruderwinkel, Ruderbiegemoment und Stemmbrettkraft. Diese drei Messeinrichtungen werden im Messboot durch den Rollsitzezug, die Bootsgeschwindigkeit und die Bootsbeschleunigung vervollständigt. Die Modifikationen für das Ergometer betreffen die Applikation spezieller Kraftsensoren am Stemmbrett und am Innenhebel sowie die Anbringung eines Seilzuglängengebers zur Bestimmung der Rollsitzezugbewegung. Die Messergebnisse bringen die qualitative und quantitative Ausprägung der Leistungsabgabe des Sportlers am Innenhebel, sowohl bei semispezifischen als auch anforderungsadäquaten Bedingungen zum Ausdruck. Das Zustandekommen dieser komplexen Größe kann dann durch die Deduktion in die Komponenten Kraft am Innenhebel, Innenhebelweg und Innenhebelgeschwindigkeit sowie der dabei auftretenden Wechselwirkung zwischen Innenhebel-, Dollen- und Stemmbrettkraft in Durchzug und Freilauf beurteilt werden (Mattes, 2001). Durch die Rollsitzezugbewegung wird die Relativgeschwindigkeit der Beine zugänglich, Aussagen über die Körperbewegung sind jedoch nur eingeschränkt bzw. indirekt möglich. Da die Innenhebelgeschwindigkeit ein Ergebnis der unterschiedlichen Teilkörperbewegungen ist, stellen die einzelnen Geschwindigkeitsverläufe der Beine, des Rumpfes und der oberen Extremitäten sowie deren Verhältnisse zueinander eine nicht unwesentliche Kenngröße dar. Die Teilbewegungen stellen erkennbare Einzelelemente an der Gesamtbewegung dar, gehen aber durch fließende Übergänge ineinander über und wirken somit kompensatorisch und additiv aufeinander (Bayer,

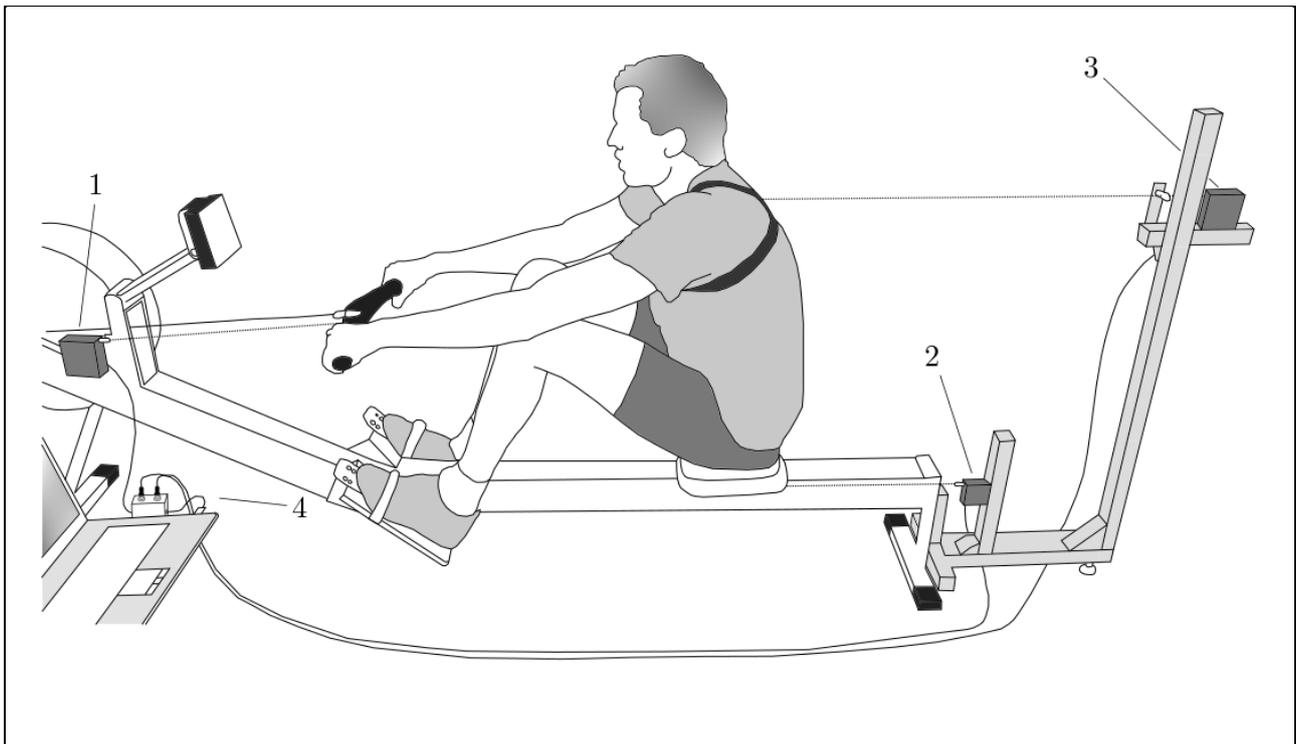


Abb. 1. Prinzipieller Aufbau und Hauptkomponenten des sportartspezifischen Ruderergometermessplatzes. Abgetragen sind die drei Inkremental-Seilzuglängengeber zur Bestimmung der Innenhebelbewegung (1), der Rollsitzebewegung (2) und der absoluten Oberkörperbewegung (3) sowie der Laptoprechner zur Visualisierung der Sofortinformationen mit entsprechender Messbox (4).

1993). Die Kenntnisse über die Bewegungen der Teilkörper sind dabei nicht nur für die Maximierung der vortriebswirksamen Ruderarbeit im Durchzug interessant, sie sind ebenso essentiell für die Durchdringung der Minimierung von Reibungsverlusten, die sich im Freilauf durch die enormen Massenverschiebungen ergeben. Bisweilen fehlen die messtechnischen Voraussetzungen, die sich insbesondere auf die Veranschaulichung der Oberkörper- und der Armbewegung konzentrieren. Dieser Hintergrund veranlasste zu der Überlegung einer eigenständigen Entwicklung eines speziellen Ruderergometermessplatzes zur Objektivierung der simultanen Teilkörperbewegungen. Sowohl Durchzug- als auch Freilaufphase sollten dabei Gegenstand der Betrachtungen werden.

## 2 Technische Umsetzung

### *Anforderungen*

Eine wichtige Zielstellung bei der Formulierung der Anforderungen war die Erhöhung der Wirksamkeit des Techniktrainings. Aus diesem Anspruch leitete sich die Anforderung ab, die Realisierung des Bewegungsvollzuges weitestgehend ungestört und ungehindert zu ermöglichen. Eine schnelle Inbetriebnahme des Messsystems, eine einfache Handhabung und die Darstellung zweckmäßiger objektiver Rückinformation in Echtzeit sollten dabei eine besondere Rolle spielen. Darüber hinaus bestand der Wunsch, die Hardware- und Softwarelösung in einem mobilen Messplatz zusammenzufassen. Das bedeutete keine Komplettlösung, vielmehr sollten die Hardwarekomponenten an bereits bestehende Ruderergometer, stationär oder auf entsprechenden Slides, variabel angebracht werden können.

### *Hardware*

Die eingesetzte Hardware besteht aus drei Seilzug-Wegsensoren der Firma Waycon, einer vom ICM entwickelten Messbox sowie Aluminiumprofilen zur Befestigung der Messtechnik (Abb. 1). Die Nutzung von Aluminiumprofilen hat den Vorteil, dass durch den Einsatz von Nutensteinen die Messtechnik einfach verschoben und entsprechend auf den jeweiligen Probanden angepasst werden kann. Die Befestigung des Gesamtsystems wird über eine Klemmverbindung am Fuß der Linearführungsschiene des Rollsitzes gewährleistet. Die eingesetzten Seilzugsensoren der Serie SX von Waycon sind so aufgebaut, dass ein Stahl-/Messseil einlagig auf einer Seiltrommel gewickelt und diese mit einer Spiralfeder verbunden ist. Beim Ausziehen des Messseiles, welches mit dem Messobjekt verbunden ist, wird die Federkraft minimal erhöht, um anschließend eine Einholbewegung zu ermöglichen. Die Achse der Seiltrommel ist dabei fest mit einem Encoder<sup>1</sup> (Drehwinkelgeber) verbunden, welcher ein proportional zur Bewegung des Messobjektes digitales Ausgangsmesssignal ausgibt. Neben den Seilzug-Wegsensoren ist die Messbox Bestandteil des Gesamtsystems. Diese wandelt die von den drei Sensoren ausgegebenen digitalen Messsignale in einen Datenstring um, welcher per USB-Schnittstelle an den Laptoprechner übertragen, in die jeweilige Geschwindigkeit umgerechnet und entsprechend in einer anwenderspezifischen Softwareoberfläche visualisiert wird. Die Samplingrate der Messbox beträgt dabei 50 Hz.

### *Software*

Die Software wurde mittels der grafischen Entwicklungsumgebung NI LabView erstellt. Die Programmierung erfolgt hierbei in G durch die Verdrahtung von grafischen Symbolen. Das Datenflussprinzip ist dabei datenabhängig, das heißt es erfolgt in der Ausführungsreihenfolge im Fluss der Daten zwischen den Knoten im Programm. Die Rückmeldung erfolgt in Form einer visuellen Feedbackinformation, kombiniert aus Kennlinien und Kennwerten als Sofortinformation zur aktuellen Bewegungsausführung. Die Anzeige der Kennlinien kann dabei durch entsprechende Auswahl, einzeln oder geschlossen als Ortskurvenverläufe vorgenommen werden. Ein wesentlicher Vorteil besteht darüber hinaus in der Visualisierung entsprechender Teilkörper Leitbild-Kurven.

### *Nachbereitung*

Die Softwarelösung ermöglicht die Speicherung und Ablage der im Testlauf erhobenen Rohdaten. Diese gewonnenen Rohdaten können im Nachgang über eine spezielle Routine<sup>2</sup> aufbereitet und nach Belieben in Einzel- oder Vergleichsschaubilder generiert werden. Die Schaubilder beinhalten die gemittelten Kurvenverläufe in Form von Orts- und Zeitkurven sowie erlesene numerische Kennwerte der Innenhebel- und Teilkörperbewegungen. Die Ergänzung von Kennwerten und Kennlinien ermöglicht die qualitative und quantitative Beschreibung des Bewegungsvollzuges und entsprechender rudertechnischer Merkmale.

### *Abstraktion relevanter Parameter und Beobachtungspunkte*

Auf der Grundlage des Rudertechnischen Leitbildes des Deutschen Ruderverbandes (DRV, 2017) und den umfangreichen biomechanischen Ausarbeitungen von Mattes (2001) und Kleshnev (2016) wurde ein erster

---

<sup>1</sup> Der Drehwinkelgeber gibt die Winkelposition der Welle über ein digitales Ausgangssignal an

<sup>2</sup> Matlab R2017b, The MathWorks Inc., Natick, USA

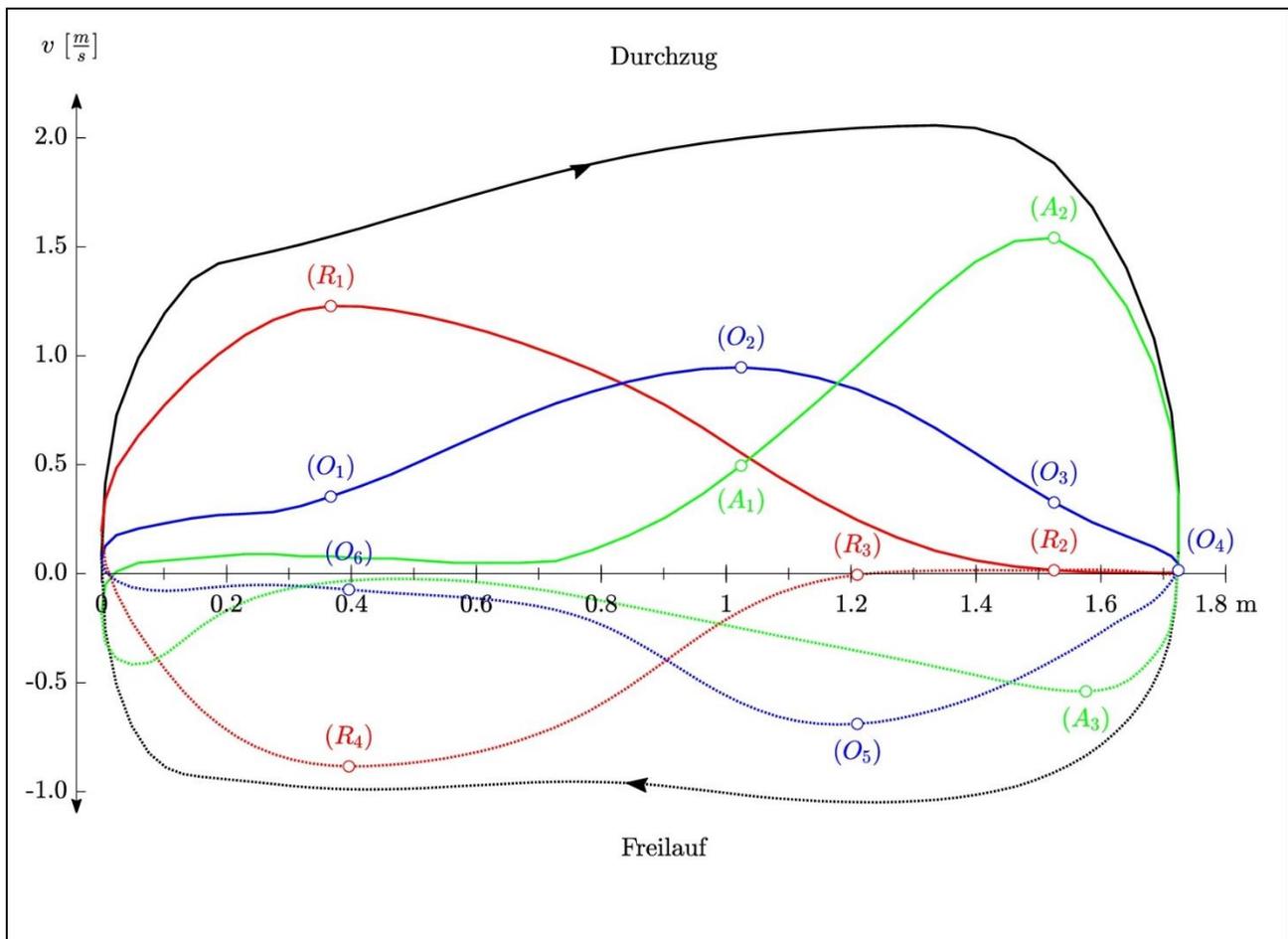


Abb. 2. Idealisierte Geschwindigkeits-Weg Kennlinien des Innenhebelpunktes (schwarz), des Rollsitzes (rot), des Oberkörpers (blau) und der Arme (grün) für eine extensive Ruderergometertrainingseinheit. Die Ziffern stellen relevante Beobachtungspunkte und Parameter der jeweiligen Teilkörperbewegung dar.

Versuch unternommen, relevante Parameter und bedeutsame Beobachtungspunkte für den Ruderdurchzug und für den Freilauf zu formulieren. Die extrahierten Punkte sind auf einem hypothetisch idealisierten Kennlinienverlauf in Abbildung 2 abgetragen und konzentrieren sich auf die Rollsitzebewegung, den Oberkörpereinsatz und die Armarbeit, jeweils separat und in Relation zueinander.

### 3 Fazit und Ausblick

Mit dem vorliegenden Messplatzsystem wurde eine Möglichkeit geschaffen, die komplexe Innenhebelbewegung im Ergometerrudern durch die Objektivierung der kausalen Teilkörperbewegungen zugänglich zu machen. Diese Perspektive gestattet die unmittelbare Abschätzung der einzelnen Relativbewegungen an der Gesamtarbeit und ermöglicht somit eine umfangreiche biomechanische Beschreibung der Ruderbewegung. Durch den direkten Zugang in Form einer objektiven Sofortinformation erhält der Athlet eine Rückmeldung über seine individuelle Ruderbewegung und die Abweichung zum hinterlegten personenabhängigen Leitbild. In diesem Punkt sollten jedoch weiterführende Gedanken angestrebt werden, die sich insbesondere auf Fragen zum zeitlichen Einsatz im Jahresverlauf und auf Fragen im Hinblick auf Lernansätze im Techniktraining fokussieren. Darüber hinaus bleibt zu klären, inwieweit das Ruderergometer als Feedbacksystem zur Verbesserung der Rudertechnik geeignet ist. Die Modulation von

Slides ist möglich, dennoch sollten auch Anstrengungen hinsichtlich Applikation an neuere spezifischere Ruderergometer, wie zum Beispiel dem Rudersimulator Rowperfect, angestrebt werden.

## Literatur

- Altenburg, D., Böhmert, W., Fischer, J., Mattes, K., Rehbein, H., & Teller, P. (1996). Routinediagnostik im Deutschen Ruderverband. *Leistungssport*, 26 (1), S. 53–58.
- Bayer, G. (1993). Die Maximalkraftfähigkeit als Leistungsvoraussetzung im Rennrudern und ihre effektive Vervollkommnung. *Leistungssport*, 23 (5), S. 39–42.
- Daug, R. (2000). *Evaluation sportmotorischen Messplatztrainings im Spitzensport*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Daug, R., Krug, J., Panzer, S., & Igel, C. (2004). Motorisches Lernen, Messplätze und Messplatztraining. In Krug, J. & Minow, H. J., (Hrsg.), *Messplatztraining*, (S. 3–12). Sankt Augustin: Academia.
- DRV (2017). *Trainingsmethodische Grundkonzeption. Zeitraum 2017-2020*. Hannover: Deutscher Ruderverband e.V.
- Klehn, V. (2016). *Biomechanics of Rowing*. Wiltshire: The Crowood Press.
- Lippens, V. (1997). Sportwissenschaftliche Innovationen für den Deutschen Ruderverband - Im Gedenken an Karl Adam. *Leistungssport*, 27 (3), S. 31–36.
- Mattes, K. (2001). *Komplexe Diagnostik von Ruderleistung und Rudertechnik im Rennboot mit dem Mobilien Messsystem 2000*. Interner Forschungsbericht, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Mattes, K. & Böhmert, W. (2004). Feineinstellung der sportlichen Technik durch Messplatztraining. In Krug, J. & Minow, H. J., (Hrsg.), *Messplatztraining*, (S. 152–157). Sankt Augustin: Academia.
- Weigelt, S., Weigelt, J. P., Enders, M., Viedt, C., & Treff, G. (2017). Entwicklung des Rückmeldesystems PCS Sportler für Android im Rudersport. In Fichtner, I., (Hrsg.), *Technologien im Leistungssport 2: Tagungsband zur 18. Frühjahrsschule am 13./14. April 2016 in Leipzig*, (S. 29–37). Aachen: Meyer & Meyer.