
Optimierung des Behindertensportgerätes Handbike durch technische Modifikationen und verbesserte individuelle Anpassung

Christian Krämer¹, Isabella Klöpfer¹, Christiane Peters²
& Veit Senner¹ (Projektleitung)

Technische Universität München

¹ Fachgebiet Sportgeräte und Materialien

² Lehrstuhl für Sport und Gesundheitsförderung

1 Problemstellung

Die Sportart Handbiken hat in den letzten Jahren rasant an Popularität gewonnen und war 2004 erstmals als eigene Disziplin bei den Paralympics vertreten. So kann Handbiken mittlerweile als eine Hochleistungssportart angesehen werden.

Bisherige wissenschaftliche Forschungen in diesem Bereich beschränken sich jedoch größtenteils auf Untersuchungen des konventionellen Antriebes und der Bestimmung leistungsphysiologischer Parameter (Puls, Blut-Laktat-Werte und Energieverbrauch aus Ergospirometrie), Muskelaktivität (EMG-Messungen) oder des Drehmomentverlaufes während der Kurbelbewegung. Ein einziges technisches Detail der Handbike-Bewegung war des Öfteren Schwerpunkt verschiedener Studien: Vergleich von synchroner und asynchroner (analog zum Fahrradfahren) Kurbelanordnung. Die Untersuchung von Maki et al. (1995) vergleicht Handbiken mit Rowbiken (eine Art Ruderfahrrad, nur durch Arme betrieben) hinsichtlich des jeweiligen metabolischen Energieverbrauchs. Soweit die Autoren wissen, ist dies die einzige wissenschaftliche Untersuchung, die verschiedene Arten einer Antriebsbewegung vergleicht, die zum Antrieb eines Handbikes in Frage kommen.

Da der komplette Antriebsstrang inklusive Antriebsbewegung vom Radfahren übernommen wurde, stellt sich die Frage ob dies die beste Lösung für die Bewegungsmöglichkeiten der oberen Extremität darstellt. Die Freiheitsgrade und somit der Bewegungsumfang der Arme (vor allem Schultergelenk) sind wesentlich vielfältiger als die der unteren Extremität. Somit ergeben sich viele Bewegungsmöglichkeiten mit sinnvollem Krafteinsatz. Außerdem spielen unterschiedliche Läsionshöhen der Querschnittslähmung eine wichtige Rolle, da diese für die Funktionalität der bei der Bewegung benötigten Muskelgruppen entscheidend sind.

Ziel unseres Projektes ist es das Antriebskonzept des Handbikes besser an die biomechanischen Verhältnisse des Hand-Arm-Schulter Systems anzupassen. Dazu wurden in der hier

vorgestellten Studie alternative Antriebsbewegungen gesucht und hinsichtlich ihres metabolischen Energieverbrauches verglichen. Frühere Untersuchungen (Böhm et al., 2004; Böhm et al., 2005) zeigen, dass alternative Antriebskonzepte mit einer linearen bzw. ellip-tischen Bewegung in Bezug auf den metabolischen Energieverbrauch und die maximalen Krafteinsätze von Vorteil sein könnten.

2 Methode

Der Grundgedanke des Vorgehens bei diesem Projekt ist eine iterative Kombination von Experiment und Modellierung. Das Experiment wird benötigt, um gefundene Antriebs-lösungen athletenspezifisch testen zu können und um das mathematische Modell auf-zubauen und zu validieren. Das Modell wird benötigt, um Antriebskonzepte zu simulieren, die nicht konstruktiv umgesetzt werden sollen, und um z. B. Gelenkbelastungen bei der Bewegung ermitteln zu können.

Um einen experimentellen Vergleich verschiedener Bewegungen zu erlauben, wurde eine neuartige Versuchseinrichtung entwickelt (Abb.1). Diese erlaubt es sowohl unterschiedli-che Bewegungsbahnen des Handbikegriffes zu realisieren, als auch weitere Parameter wie z. B. die Lage der Kurbeln relativ zum Sportler systematisch zu variieren.

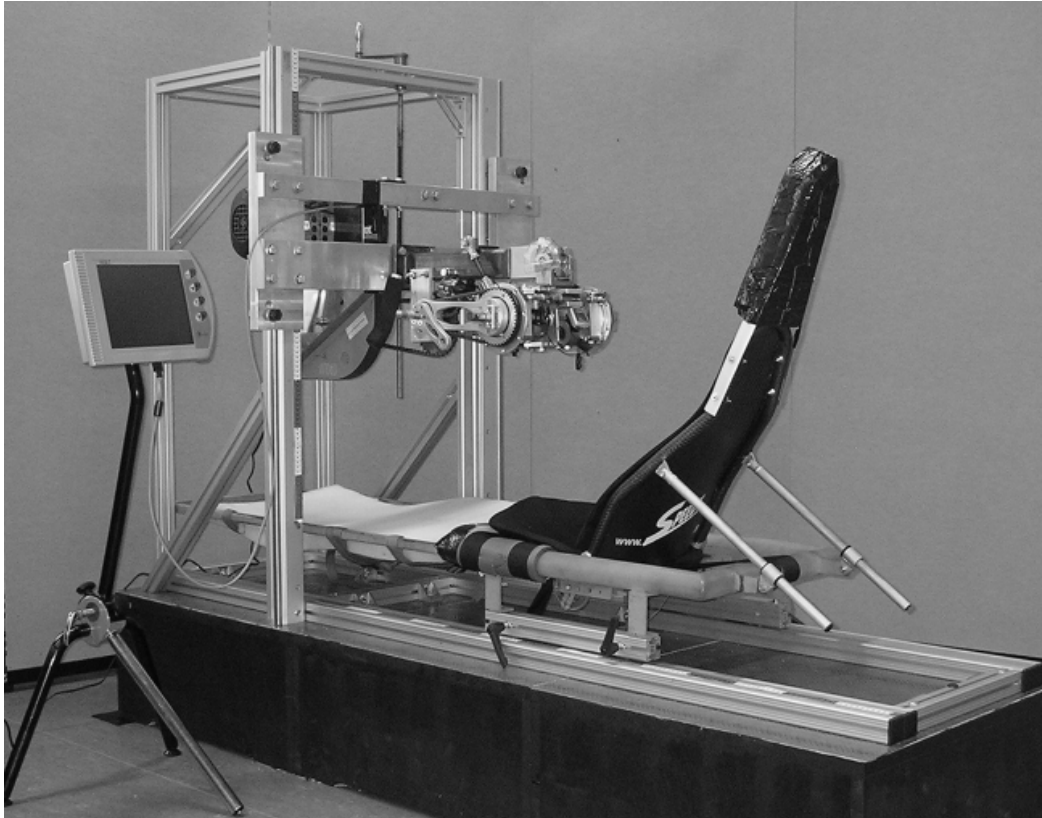


Abb.1: Versuchstand

Drei verschiedene Antriebsbewegungen: elliptisch, kreisförmig und kreisförmig mit schräg gestellten Kurbeln wurden hinsichtlich des jeweiligen Energieverbrauches während der Bewegung verglichen. Außerdem wurden die verschiedenen Bewegungen in einem Fragebogen subjektiv bewertet. Die alternativen Antriebskonzepte wurden wie folgt hergeleitet: systematische Suche nach möglichen Antriebsbewegungen und deren Bewertung anhand einfach zugänglicher Kriterien wie z. B. statische Maximalkraft.

Basierend auf spirometrischen Messungen wurde der physiologische Wirkungsgrad (pW, definiert durch das Verhältnis von am Antriebsstrang erbrachter Leistung (L) zum Energieaufwand des Athleten (E): $pW [\%] = L [W] \times 100 / E [Js^{-1} = W]$) für jede Testperson und jedes Antriebskonzept bestimmt. Durch den Fragebogen, der von jeder Testperson nach jeder Versuchsdurchführung ausgefüllt wurde, ist es möglich zu überprüfen, ob das objektiv beste Antriebskonzept (gegeben durch den höchsten physiologischen Wirkungsgrad) auch subjektiv als bestes empfunden wurde. Zusätzlich wurden die individuellen Einstellungen wie Rückenlehnenwinkel oder die Position der Kurbel relativ zu der des Sportlers aufgenommen. So kann eine eventuelle Korrelation zwischen der Anthropometrie (Körpergröße, Armlänge) der Probanden und dem bevorzugten Antriebskonzept gefunden werden. Schließlich soll auch der Zusammenhang zwischen Läsionshöhe und bestem Antriebskonzept bestimmt werden.

30 gehfähige und zwölf querschnittsgelähmte Probanden, ein Tetraplegiker und elf Paraplegiker, erklärten sich bereit an den Tests teilzunehmen. Jede Versuchsperson durchlief vier Testtermine: Zunächst wurden die individuellen Wunscheinstellungen (Sitzposition) für jedes Antriebskonzept festgelegt. An den drei darauf folgenden Terminen wurde jeweils ein Stufentest der drei Bewegungsformen bis zur subjektiven Erschöpfung durchgeführt. Außer der Bestimmung des metabolischen Energieverbrauchs jeder erreichten Watt-Stufe des Tests mittels Spirometrie und des daraus resultierenden physiologischen Wirkungsgrades wurden auch die Blut-Laktat-Werte und die Herzfrequenz aufgenommen. Abschließend wurden die verschiedenen Konzepte in einem Fragebogen bewertet.

Parallel zu den experimentellen Messungen wurde ein Mehrkörpersimulations-Modell (MKS) der oberen Extremität inklusive Muskeln aufgebaut. Dieses Simulationsmodell soll anhand der experimentellen Daten validiert werden, um schließlich durch eine systematische Variation der Modellvariablen die Antriebsbewegung weiter biomechanisch zu optimieren.

3 Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse zeigen, dass die alternativen Antriebsbewegungen Vorteile hinsichtlich ihrer Effizienz haben können, allerdings ist vor allem die Armlänge der Probanden zu berücksichtigen. Der elliptische Antrieb scheint für Versuchspersonen, deren Armlänge (Durchschnitt gehfähige Probanden: ♂ ~ 63 ± 3,6 cm, ♀ ~ 54 ± 2,2 cm) deutlich länger ist als die lange Halbachse der Ellipse, gegeben durch die doppelte Länge der Kurbel (48 cm), von Vorteil zu sein. Kleinere Probanden bevorzugen die konventionelle kreisförmige Bewegung. Das bedeutet, dass eine individuelle Anpassung der elliptischen Bewegung an die Anthropometrie des Sportlers notwendig ist.

Die kreisförmige Bewegung mit schräg gestellten Kurbeln scheint sowohl für Rollstuhlfahrer als auch für nicht-gelähmte Probanden hinsichtlich der subjektiven Empfindung von Vorteil zu sein: 43 % der gehfähigen Probanden und sogar 75 % der Rollstuhlfahrer bewerteten dieses Konzept im Fragebogen am besten. Die objektive Bewertung über den physiologischen Wirkungsgrad zeigt eine Bevorzugung der schrägen Kurbeln und der konventionellen Bewegung bei den Querschnittsgelähmten (beide Konzepte mit etwa 42 % auf Rang 1). In der Gruppe der Nicht-Gelähmten war bei 43 % der Wirkungsgrad der runden Bewegung am höchsten und für 37 % waren die schrägen Kurbeln das beste Antriebskonzept.

In der weiteren Auswertung muss bei den Rollstuhlfahrern die Handbike-Vorerfahrung berücksichtigt werden. Weiterhin sollte die Abhängigkeit des bevorzugten Antriebes von der Läsionshöhe untersucht werden.

Bei beiden Probandengruppen muss, wie oben erwähnt, die Anthropometrie der Versuchspersonen berücksichtigt werden.

4 Literatur

- Maki, K. C., Langbein, W. E. & Reid-Lokos, C. (1995). Energy cost and locomotive economy of handbike and rowcycle propulsion by persons with spinal cord injury. *J Rehabil Res Dev*, 32 (2), 170-178.
- Böhm, H., Klöpfer, I., Krämer, C., Seitz, T., Recluta, D. & Senner, V. (2004). *Evaluation of handbike and rowing propulsion in terms of athletes torque generation ability* (Proceedings of the 5th Conference of the International shoulder Group, pp. 61–62). Lisboa, Portugal.
- Böhm, H., Wimber, J., Krämer, C. & Senner, V. (2005). *Evaluation of handbike drive concepts by means of a simulation model* (Proceedings of the 3th Conference of the IACSS, pp. 80-82). Hvar, Croatia.