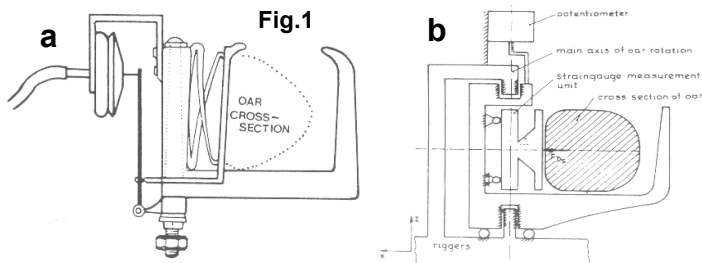
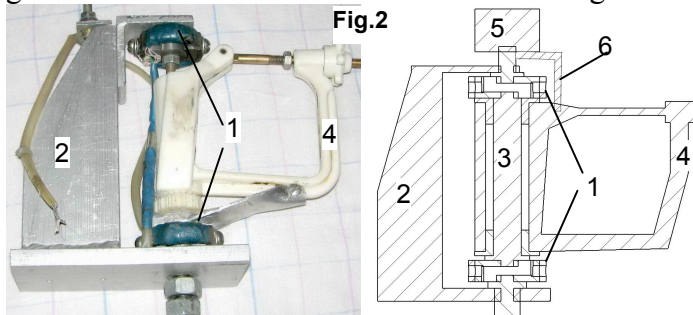


Historie von der Messung der Kräfte beim Rudern

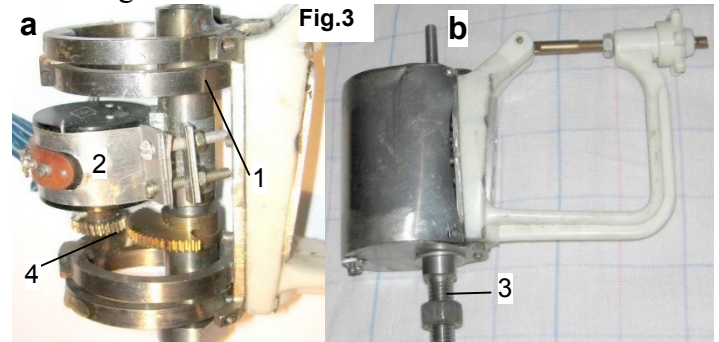
Das Zeitalter der Kraftmessungen im Rudern übertrifft das Zeitalter der modern Olympischen Spiele: Die erste Studie wurde von dem St. Petersburger Militärarzt Leon Passover 1893 publiziert (1). In dieser Studie wurde die vom Ruderer an den Griff erbrachte Kraft bestimmt, indem die Schaftbiegung des Ruders bestimmt wurde. Das geschah mit einem mechanischen System von Hebeln, das an den Schaft montiert war (aus 10). 1896 arbeitete das Oxforder Fakultätsmitglied E.C. Atkinson an einem "Ruderanzeiger" (2), gefolgt von einer französischen Studie von Le Fevre in 1904 (3). Das Schema dieses Geräts in der zweiten Studie (Fig.1,a) findet sich in der umfassenden Übersicht von Dal-Monte (9): Die Dollenkraft wurde mittels einer Feder in der Dolle, die durch ein hydraulisches System mit einem Arm eines Oszilloskop verbunden war, gemessen. Ein ähnliches System basierend auf Dehnmeßstreifen (Fig.1,b) wurde von Volker Nolte 1980 genutzt(7). Beide so ausgestatteten Dollen maßen lediglich die vorwärts treibende Kraft, die negativen Kräfte, die hilfreich zum Erkennen von technischen Fehlern sein können sowie für biomechanische Modellierung der Kräfte im gesamten Ruderer-Boot-System, wurden nicht gemessen.



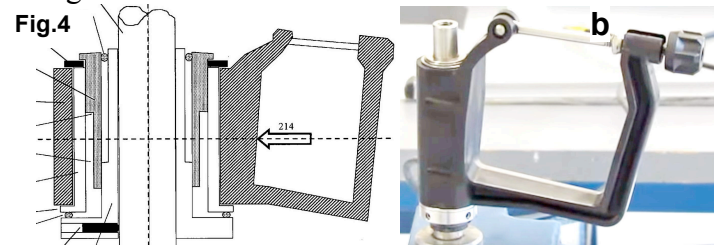
Nachdem im Jahre 1938 die Dehnmeßstreifen erfunden worden waren, verbreiteten sie sich auch im Rudern für Kraftmessungen (4, 5, 6). Die Dehnmeßstreifen wurden normalerweise direkt auf den Ruderschaft geklebt. Die Verbiegung des Ruderschaftes, die proportional zur vom Ruderer erbrachten Griffkraft ist, wurde gemessen. Wie auch immer, es war jedenfalls nicht möglich, die Sensoren an einem anderen Ruder wiederzuverwerten, was die ganze Sache recht zeit- und materialaufwändig machte.



Unsere Geschichte zu den Entwicklungen in der Ruder-Biomechanik begann in 1987, als der erste Prototyp einer ausgestatteten Dolle gebaut wurde. Er basierte auf zwei ringförmigen Kraftmeßzellen mit Dehnmeßstreifen (Fig.2, 1), die auf einer speziellen Halterung in Buchsenlagern rotierte (2). Das war mit dem Dollenstift mittels eines Drehgelenkes aus Kunststoff verbunden (3) (4) und anmontiert. Ähnlich wie bei Nolte's Design, wurden die Ruderwinkel mit einem Potentiometer gemessen (5), das oben auf die Halterung montiert und mittels eines kleinen Arms mit dem Dollenstift verbunden war (6). Die Dolle hat alle Kräfte, die durch das Ruder erbracht wurden, gemessen (sowohl positive als auch negative) und ermöglichte die Anpassung des Anlagewinkels genauso wie beim Original. Ein Nachteil dieses Systems war, daß es notwendig war, den originalen Dollenstift zu entfernen und eine schwere und sperrige Halterung einzubauen.

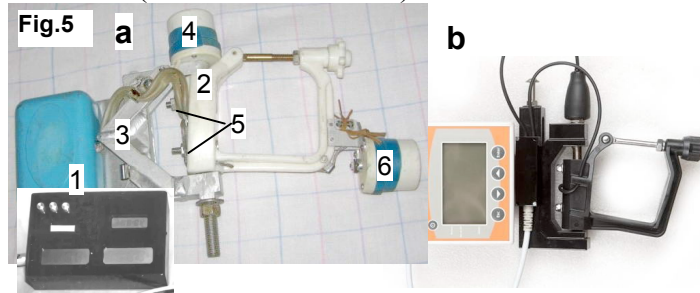


Das nächste Design kam kurz nach 1988 und wurde patentiert (8). Eine Struktur bestehend aus vier ringförmigen Kraftmeßzellen mit eingebautem Potentiometer (2) für die Winkelmessung, verbunden mit einem festen Dollenstift (3) mittels eines Zahnradgetriebes (4). Die Vorteile dieses Designs waren die Möglichkeit, den originalen Dollenstift zu behalten und seine recht kompakte Größe. Nachteile: Es war recht schwer, kompliziert zu bauen, teuer und es hatte keine Möglichkeit zur Justierung des Anlagewinkels.

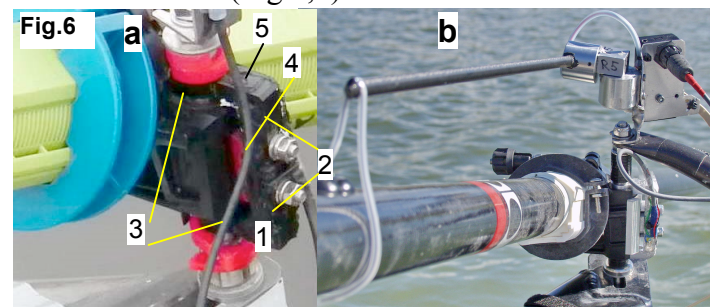


Es ist interessant, daß in Paul Haines' Patentschrift (11) für eine instrumentierte Dolle auf unser 1988er Design verwiesen wird. Dessen Design war komplett verschieden von unserem Prototyp. Diese Dolle (Fig.4) wird beim Peach Innovations Messsystem genutzt, und dies ist das einzig bekannte Gerät, welches die Kraft

im festen Boots-Referenz-Rahmen mißt. Diese vorwärts und achterlich gerichtete Kraft wurde "Vortriebskraft" genannt und wurde bereits früher diskutiert (siehe RBN 03/2010).



Unser drittes Design kam in 1992 (Fig.5,a) und hatte ein eingebautes elektronisches Modul (1), welches die Ruderleistung über die Messung von Kraft und Winkel berechnete, und zeigte diese Zahlen direkt im Boot in Echtzeit an. Ein spezieller Schaft im Drehmechanismus der Dolle (2) diente als Kraftmeßzelle mit Dehnmeßstreifen. Der Schaft rotiert über zwei an die Halterung montierten Kugellager (3), und sein oberes Ende ist verbunden mit einem Potentiometer (4) für Winkelmessungen. Das Drehlager war mit dem Schaft über zwei Schrauben verbunden (5), die auch die Justierung des Anlagewinkels ermöglichten. Zusätzlich war diese Dolle auch in der Lage die vertikalen Ruderwinkel mit einem zweiten Potentiometer (6) zu messen. Dies war oben auf dem Stift montiert und war mit dem Ruder mittels eines Armes verbunden. In 2001 wurde dieses Design in Lizenz an die Österreichische Firma WEBASport weitergegeben und in deren Row-X System weiterverwendet (Fig.5,b).



Das dritte Design arbeitete recht gut. Der einzige Nachteil war, daß immer der originale Dollenstift ausgetauscht werden mußte. So war es nicht möglich sie bei den neuen Auslegerformen zu nutzen. Dort war der Dollenstift von beiden Seiten festgemacht in einer halbmondförmigen oder auch C-förmigen Halterung. Zur Lösung dieses Problems wurde das vierte Design in 2005 entwickelt, wo der originale Dollenstift an jeder Art Ausleger genutzt werden konnte. Dieses Modell basierte auf einer U-förmigen Kraftmeßzelle (Fig.6a, 1) mit fernglasförmigen Löchern darin (2), in die Dehn-Messstreifen geklebt waren. Die Messzelle rotierte auf dem Dollenstift mit Buchsen an den jeweiligen Enden (3), und war zum Drehlager mit zwei

Schrauben und Unterlegscheiben (4) zur Justierung des Anlagewinkels verbunden. Diese Kraftmeßzelle war in der Lage sowohl normale als auch axiale Kräfte mit den in die Löcher geklebten Dehnmessstreifen in seinen vertikalen und horizontalen (5) Anteilen zu messen. Die Ruderwinkel wurden mit dem 2D Standard-Sensor, der auf dem Dollenstift angebracht ist und mit dem Arm am Ruderschaft verbunden ist, gemessen (Fig.6, b), es ist also eine von der Dolle separate Vorrichtung, was man als Nachteil erachten könnte.



Die fünfte Generation unserer instrumentierten Dollen wurde 2011 entwickelt (Fig.7,a). Seine kompakte Struktur besteht aus einer zylindrischen Kraftmeßzelle für 2D Kraftmessungen (sowohl normale als auch axiale Kräfte können gemessen werden) und ein Magnetometer für Winkelmessungen (ein Magnet ist am Dollenstift an der Unterseite der Dolle befestigt). Die Dolle rotiert mit Kunststoffbuchsen auf dem originalen Dollenstift, so kann sie auf sämtlichen Auslegertypen angewandt werden. Ursprünglich kam eine verkabelte Version mit dem **BioRowTel** Telemetrie System zur Anwendung, und in 2013 ging dieses Design in Lizenz zu Nielsen-Kellerman und wurde als Basis zur Entwicklung der EmPower kabellosen Dolle genutzt (Fig.7,b).

Geräte zur Messung von anderen Ruderkräften (an den Griffen, Stemmbrett und Rollstisch) wurden von uns parallel mit den instrumentierten Dollen entwickelt. Diese werden in zukünftigen Publikationen beschrieben.

Referenzen

1. 1893. Passover L.P. *How rowing affects lower extremities and the rower's performance. Thesis at Sankt-Peterburg Medical Academy (from Zatsiorsky, 10).*
2. 1896. Atkinson E. *A rowing indicator. Natural Science. 8. 178. (from Dal Monte, 9).*
3. 1904. Le Feuvre and Pailliotte. *Etude graphique du coup d'aviron en canoe Bull. de l'Association Techn. Maritime. Paris. 115. (from DalMonte, 9).*
4. 1966. Shvedov A.M., Shebuev A.N. *Rowing technique. In Grebnoi sport [Rowing sport] (pp. 18-38). Moscow: FiS.*
5. 1968. Ishiko, T. *Application of telemetry to sports activities. In J. Wartenweiler, E. Jokl, & M. ...*

6. 1968. Lazareva A.M., Zhigalov J.A., Morzhevnikov N.V. *Strength aspect in oarsmen's performance. Theory & Practice of Physical Culture*, 9, 15-18.
7. 1985. Nolte V. *Die Effektivitat des Ruderschlages*. Banels & Wernitz.
8. 1988. Kleshnev V.. *Device for power measurement in rowing*. Patent of USSR N 1650171.
9. 1989. Dal Monte A., Komor A. *Rowing and sculling mechanics*. In C.L.Vaughan (Ed.), *Biomechanics of sport* (pp. 53-119). Boca Raton, FL: CRC Press
10. 1991. Zatsiorsky V.M., Yakunin N. *Mechanics and biomechanics of rowing: A review*. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7, 229-281.
11. 2006. Haines P. *Force Sensing System*. US Patent 7 114 398