

**Untersuchungen zur Verbesserung des
Wirkungsgrades in der Ruderbewegung**

Hausarbeit

**zur Erlangung der Trainer-A-Lizenz
des Deutschen Ruderverbandes**

vorgelegt von:

Marc-Oliver Klages

Lübeck, im Januar 1998

Inhalt

1) Einführung

1.1) Grundlage der Untersuchung

2) Einordnung dieser Arbeit in das untersuchte Gebiet

3) Vorüberlegungen

4) Gerätetechnische Realisierung für die Untersuchung im Ruderboot

4.1) Anforderungen an die Konstruktion

4.2) Lösungsvorschläge zur Konstruktion und deren Vor- und Nachteile

4.2.1) *Gürtel am Oberkörper des Ruderers*

4.2.2) *Gummiband / Feder am Rollsit*

4.2.3) *Torsionsfedern an der Dolle*

4.2.4) *Gummiband zwischen Innenhebel und Druckstrebe*

5) Praktische Vorgehensweise

6) Ergebnisse im Ruderboot

6.1) Empfinden des Athleten

6.2) Meßergebnisse

7) Diskussion

8) Ausblick

8.1) Ansatzpunkte zur Optimierung

9) Literatur

1) Einführung

Eine Trainer-A-Arbeit zu verfassen ist kein leichtes Unternehmen. Oft ist es schwierig ein geeignetes Thema zu finden. Es soll möglichst mit der täglichen Trainerpraxis zu tun haben. Dann soll der Autor mit der Trainer-A-Arbeit nachweisen, daß er eine Erhebung / Untersuchung systematisch und ansatzweise wissenschaftlich angehen und behandeln kann.

Die Frage nach dem Thema hatte sich bei mir ziemlich schnell erledigt. Im modernen Leistungsrudern ist die körperliche Belastung der Athleten in Sachen Umfang und Intensität nahezu an der Grenze des Machbaren angekommen.

Es bleibt die Frage nach der „optimalen“ Ausnutzung des vorhandenen Leistungspotentials. Da bietet sich ein Thema aus der Biomechanik oder aus der Psychologie an. In dieser Arbeit will ich mich mit einem Thema aus der Biomechanik befassen.

1.1) Grundlage der Untersuchung

Als Grundlage für diese Untersuchung dient eine Arbeit von BAUER (1993).

Darin betrachtet er die Ruderbewegung als ein System von zwei gegeneinander schwingenden Massen, nämlich die Masse des Bootes und die des Ruderers.

BAUER betrachtet die Phase des Vorrollens als eine Beschleunigung des Körperschwerpunktes gegenüber dem Bootsschwerpunkt am Beginn des des Freilaufes und als ein Abbremsen zur Auslage hin. KÖRNER / SCHWANITZ beschreiben in ihrer Grundstruktur des Ruderschlages das Abbremsen in der Phase der vorderen Umkehr als ein Resultat des Vorrollens.

BAUER schlägt nun vor, daß die kinetische Energie des Vorrollens in einer Feder gespeichert wird und zur Unterstützung der vorderen Umkehr (Abbremsen des Rollsitzes und damit des Körperschwerpunktes gegenüber dem Bootsschwerpunkt; Mithilfe im Anriß) eingesetzt wird. Die Federn sollen im letzten Teil des Vorrollens zum Einsatz kommen. Das bedeutet, daß der gesamte Rest des Ruderschlages prinzipiell so bleibt, wie er ist und sich nur in der vorderen Umkehr eine geringfügige Veränderung ergibt.

2) Einordnung dieser Arbeit in das untersuchte Gebiet

Das Ziel dieser Arbeit ist, die Überlegungen von BAUER in die Praxis zu versuchen umzusetzen. Es geht darum festzustellen, ob es überhaupt einen Effekt im Sinne einer höheren Bootsgeschwindigkeit nachzuweisen gibt.

Eine Optimierung, wenn möglich, würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Einige Ansatzpunkte sind im Kapitel 8.1 zu finden.

3) Vorüberlegungen

Es war ursprünglich angedacht erst eine Untersuchung auf dem Ruderergometer durchzuführen und sie dann auf das Ruderboot zu übertragen. In vielen Gesprächen mit Herrn Dr. Bauer kam ich zu dem Entschluß die Untersuchung nur im Ruderboot durchzuführen. In seinen Berechnungen für die Stärke der Federkräfte berücksichtigt BAUER auch die Masse des Ruderbootes. Bei einem fest auf der Erde stehenden Ruderergometer kämen Werte an den Tag, die für den Gebrauch im Ruderboot von keinem Nutzen wären.

Gegen eine Untersuchung, die nur im Ruderboot stattfand, sprach die Tatsache eines ungünstigen Untersuchungszeitraumes. Der Herbst in Norddeutschland machte mit seinem häufigen starken Wind eine große Zahl von Meßwerten unbrauchbar. Ich entschloß mich trotzdem gegen den Ruderergometer und mußte daher mit einer relativ kleinen Anzahl Meßwerten zurechtkommen.

4) Gerätetechnische Realisierung für die Untersuchung im Ruderboot

In diesem Kapitel sollen Vorschläge zur Konstruktion sowie deren Vor- und Nachteile betrachtet werden.

4.1) Anforderungen an die Konstruktion

Die Konstruktion soll:

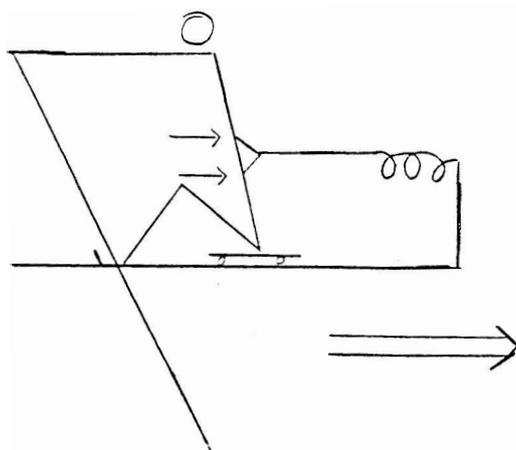
- einfach zu montieren und zu justieren sein
- den Belastungen im Rudertraining und Wettkampf standhalten können
- den Athleten nicht wesentlich behindern
- möglichst preisgünstig sein
- im Falle einer Kenterung den Athleten beim Ausstieg nicht behindern
- den gerätetechnischen Vorgaben für Wettkämpfe entsprechen.

4.2) Lösungsvorschläge zur Konstruktion und deren Vor- und Nachteile

In den Aufzeichnungen der Arbeitsgespräche von BAUER mit den Ingenieuren der FES wurden diverse Vorschläge zur Lösung des Problems der Konstruktion besprochen. An dieser Stelle sollen einige kurz vorgestellt und auf deren Praktikabilität hin erörtert werden.

4.2.1) Gürtel am Oberkörper des Ruderers

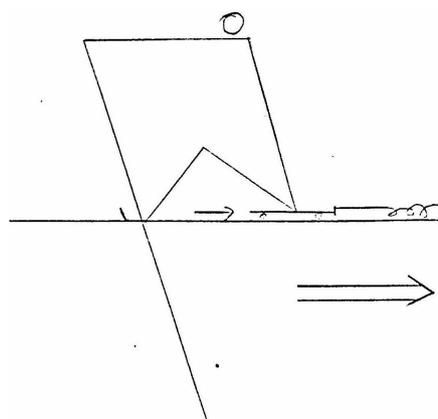
Als Erstes wurde die Möglichkeit besprochen, daß der Ruderer mit einem Gürtel am Oberkörper ausgestattet wird, der bugwärts mit Seilen an einer Zugfeder befestigt ist. Die Konstruktion sollte so beschaffen sein, daß die Zugfedern zum Zwecke der Versuchsreihen schnell ausgetauscht werden konnten. Siehe dazu auch Bild Nr. 1:



Diese Möglichkeit wurde schnell wieder verworfen, weil einerseits die Sicherheit im Falle einer Kenterung für den Ruderer nicht ausreichend gewährleistet war, andererseits würde der Oberkörper einen großen Teil der Energie in Form von Verformung absorbieren. Damit wäre eine ausreichende Versorgung mit Atemluft in Frage gestellt. Die zusätzlichen Zugkräfte würden zudem auch noch durch den Körper zu den Griffen geleitet werden und damit eine zusätzliche Belastung auf den Bereich des Oberkörpers, der Schultern und Arme bedeuten.

4.2.2) Gummiband / Feder am Rollstuhl

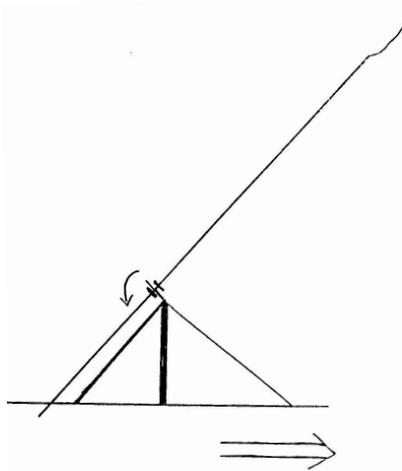
Eine weitere Möglichkeit zur Lösung des Problems war die, daß der Rollstuhl mit einer Feder ausgestattet würde, die den Ruderer am Ende der Vorrrollphase abbremst. Siehe dazu auch Bild Nr. 2:



Hierbei bestünde die Gefahr, daß der Rollstuhl wegschlägt sobald die Bremsfeder unter Spannung ist. Dem sollte durch Klettverschlüsse an Rollstuhl und Ruderhose zugekommen werden. Durch die zusätzlichen Zugkräfte kämen außerdem noch erhöhte Belastungen auf die Lendenwirbelsäule zu.

4.2.3) Torsionsfedern an der Dolle

Am praktikabelsten schien die Idee, daß die Federkräfte gar nicht erst durch den menschlichen Körper geleitet werden, sondern direkt auf die Innenhebel wirken. Zu diesem Zwecke sollten an den Dollen Torsionsfedern angebracht werden, die ab einem bestimmten Auslagewinkel das weitere Vorrollen abbremsen und so die gespeicherte Energie im Anriß wieder freigeben. Siehe dazu auch Bild Nr. 3:

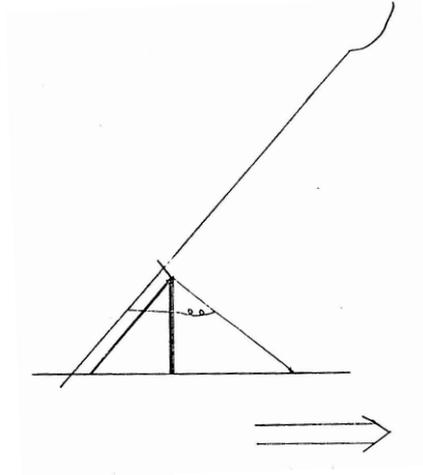


Ein Problem hierbei besteht, daß sich das Skull in der Dolle verkantet und dadurch die freie Drehbarkeit nicht ausreichend gewährleistet ist. Um dem entgegenzuwirken, sollte das Skull mit zwei Klemmrings versehen werden. Zwischen diesen Klemmrings sollte dann die Dolle platziert werden. Probleme gab es bei der Installation der Torsionsfeder an der Dolle.

4.2.4) Gummiband zwischen Innenhebel und Druckstrebe

Die einfachste Lösung schien mir die in diesem Abschnitt beschriebene zu sein. Ein Gummiband wird zwischen Innenhebel und Druckstrebe installiert. Die bremsenden Kräfte und auch der Bremsweg können problemlos justiert werden, die Sicherheit für den Ruderer ist ausreichend gewährleistet und es ist billig.

Siehe dazu auch Bild Nr. 4 auf der nächsten Seite:



Der gerätetechnische Aufwand ist sehr gering. Als Material wird benötigt:

- Zauberschnur oder ähnliches Gummiband,
- pro Seite je eine Rohrschelle, die um die Druckstrebe passt,
- pro Seite eine Schelle, die um das Skull passt,
- zwei kleine Karabinerhaken.

An die größere Schelle wird ein Teilring gelötet, der einen Winkel von etwa 110 Grad überstreicht. Siehe dazu auch Bild Nr. 5:



Bild Nr. 6 und 7 sollen den Einbau im Ruderboot verdeutlichen.



oben: Bild Nr. 6, unten: Bild Nr. 7



Die Schelle an der Druckstrebe soll ein Verrutschen des Gummibandes verhindern. Durch Verschieben der Schelle kann der Bremsweg justiert werden. Der Teilring an der Schelle vom Skull dient dem Karabinerhaken zur Befestigung. Vorher wird noch das Gummiband in den Karabiner gehakt. Durch den Teilring ist auch die Sicherheit gegeben, daß die Federkräfte beim Drehen des Skulls an der Längsachse desselben

angreifen. Das Skull kann auch unter Federspannung ohne Probleme gedreht werden.
Die Bilder Nr. 8 und 9 veranschaulichen die Funktionsweise auf dem Wasser.



Bild Nr. 8 oben mit Gummiband ohne Zugspannung und Bild Nr. 9 unten mit Gummiband unter Zugspannung in der Auslage



5) Praktische Vorgehensweise

Sämtliche Testfahrten wurden im Einer durchgeführt. Der Ruderer war ein Senior-B-Leichtgewichts-Skuller der nationalen Spitzenklasse. Der Untersuchungszeitraum war im November und Dezember 1997. Als Teststrecke diente ein gerades Teilstück auf dem Elbe-Lübeck-Kanal am Kilometerabschnitt 1,5-2,5. Die Testfahrten konnten unbeeinflusst von der Berufsschiffahrt stattfinden. Die Teststrecke hatte eine Länge von 1000 Metern. Der jeweilige Start erfolgte fliegend. Die Zeitnahme erfolgte per Hand mit einer Chrono-Stroke. Bei jeweils 500m und 1000m wurde die Durchgangszeit und Schlagfrequenz notiert. Nach dem Durchrudern der 1000m Marke hatte der Ruderer jeweils fünf Minuten Zeit zur Erholung. Pro Testtermin wurden vier Strecken zu jeweils 1000m gerudert. Um die Störgröße Wind möglichst klein zu halten, wurden je zwei Strecken gegen und zwei mit dem Wind gerudert. Davon wurde dann je einmal mit und einmal ohne Gummibandkonstruktion gerudert. So kamen während eines Testtages acht Teilstrecken zusammen, die in die Auswertung einfließen konnten. Die teilten sich auf in vier Strecken mit Gummiband, davon zwei mit dem Wind und zwei gegen den Wind. Und dann das Gleiche noch einmal ohne Gummiband. Das Wetter ließ leider nur drei brauchbare Testtage zu, so daß insgesamt 24 Meßwerte in die Auswertung eingingen.

Um die innere Belastung des Ruderers möglichst gleich zu halten, wurde als feste Größe eine möglichst gleichbleibende Herzfrequenz gewählt. Denn darum ging es ja bei der Untersuchung, daß bei einer gleichbleibenden inneren Belastung des Ruderers die Energien ökonomischer verteilt werden und so zu einer möglicherweise höheren Bootsgeschwindigkeit führen.

Der Ruderer wurde angewiesen jede Teststrecke mit einer möglichst konstanten Herzfrequenz zu durchrudern. In unseren Testreihen war ein Herzfrequenzbereich von 175 - 180 Schlägen pro Minute vereinbart worden, was der Ruderer einhielt.

Bei der Ermittlung der Bremsfederkräfte hielt ich mich nicht an die Berechnungen von BAUER, weil sich diese als sehr kompliziert herausstellten. Der Ruderer wurde angewiesen mit verschiedenen Bremskräften zu rudern und die Bremskraft zu wählen, die für ihn gerade noch angenehm war. Mit dem Bremsweg verhielt es sich genauso. Mittels Federwaage wurde dann die Kraft am Griff gemessen. Pro Griff ermittelte ich dann eine Federkraft von 15N, die in der Auslage tangential angreifen. Der Bremsweg auf der Rollbahn wurde mit etwa 20cm festgehalten. In einem kurzen Telefonat versicherte mir Herr Dr. Bauer, daß die Meßfahrten so auf der sicheren Seite stattfanden. Bei den Meßfahrten mit dem Gummiband wurde der Ruderer angewiesen, daß er sich ganz bewußt von selbigem zur Auslage hin abbremsen lassen sollte.

Die Meßfahrten wurden in einem K13 Einer der Bootswerft Empacher und mit Big-Blade Skulls der Firma Concept2 durchgeführt. Zur Kontrolle der Herzfrequenz stand dem Ruderer ein Meßgurt der Firma Polar zur Verfügung. Die Herzfrequenz konnte der Ruderer auf dem Monitor einer im Boot eingebauten Pace-Coach von der Firma Nielsen-Kellermann Co. ablesen. Zur Geschwindigkeitsmessung wurde die Pace-Coach nicht herangezogen.

6) Ergebnisse im Ruderboot

6.1) Empfinden des Athleten

Wie bereits im Kapitel 5 erwähnt, wurde zuerst die Bremskraft so ermittelt, daß sie in der Auslage noch nicht als unangenehm empfunden wurde. Da alle Meßfahrten mit einer Schlagfrequenz von 25-27 Schlägen pro Minute gerudert wurden, sollte die Bremskraft sich auch in diesem Bereich noch nicht behindernd auswirken. Bei Bremskräften von mehr als 20N pro Griff war es dem Ruderer nicht mehr möglich sich noch locker und entspannt zur Auslage hin abbremsen zu lassen. Das war erst wieder bei mehr als 30 Schlägen pro Minute der Fall. Eine Bremskraft von 15N pro Griff wurde subjektiv vom Ruderer als das Optimum empfunden. Bei leichtem Schiebewind empfand es der Ruderer als angenehm, wenn die Griffe etwas gegen die Hände drückten. Vom Gefühl her hatte der Ruderer mehr in der Hand als nur die leichten Skulls. Bei leichtem Gegenwind war dieses Mehr in den Händen eher etwas belastender. Dafür wurde die Mithilfe der Gummibänder im Anriß als eine sehr angenehme Unterstützung empfunden. Die Empfindungen bei Schiebe- und Gegenwind wurden mit geringer werdender Bremskraft immer weniger und waren unter 10N pro Griff kaum noch spürbar.

Der Bremsweg auf der Rollbahn von etwa 20cm stellte für den Ruderer subjektiv ebenfalls ein Optimum dar. Bei einer Verlängerung des Bremsweges wurde es nahezu unmöglich, daß sich der Ruderer einfach in die Auslage rollen lassen konnte, um sich dann von den Gummibändern abbremsen zu lassen. Entweder mußte das Anrollen sehr dynamisch gestaltet werden oder der Rollsitze kam bei einem geringeren Auslagewinkel zum Stehen. Bei einem kürzeren Bremsweg ließ das Empfinden der angenehmen Unterstützung im Anriß bei Gegenwind und das sichere Gefühl des „mehr in der Hand halten“ deutlich nach.

Es sei noch anzumerken, daß bei den Meßfahrten das Umwechselln von Teststrecke mit Gummiband zu Teststrecke ohne Gummiband von der Konstruktion her sehr einfach durchzuführen war. Es mußte lediglich ein Karabinerhaken an jedem Skull von der Schelle gelöst oder daran eingehakt werden. Vom Empfinden des Ruderers bei den Wechseln ist zu berichten, daß der Wechsel vom Rudern ohne Gummiband zum Rudern mit Gummiband recht unkompliziert war. Der Wechsel andersherum vermittelte dem Ruderer das Gefühl, als zöge ihn ein imaginäres Gummiband immer weiter in die Auslage bis über den heckwärtigen Luftkasten hinaus. Nach außen hin machte sich das durch ein stärkeres Stampfen des Bootes bemerkbar, was sich aber nach einigen Schlägen wieder normalisierte.

6.2) Meßergebnisse

In diesem Abschnitt sollen die ermittelten Meßdaten vorgestellt und betrachtet werden.

Erster Testtag:

	ohne Gummiband	mit Gummiband
gegen Wind	2:23,8 min 2:30,1 min	2:27,25 min 2:27,01 min
mit Wind	2:03,41 min 2:03,63 min	2:01,36 min 2:06,53 min

Zweiter Testtag:

	ohne Gummiband	mit Gummiband
gegen Wind	2:20,73 min 2:23,04 min	2:15,91 min 2:18,11 min
mit Wind	2:02,02 min 2:02,54 min	2:02,96 min 2:07,36 min

Dritter Testtag:

	ohne Gummiband	mit Gummiband
gegen Wind	2:12,37 min 2:09,69 min	2:06,87 min 2:11,65 min
mit Wind	2:08,05 min 2:12,27 min	2:05,21 min 2:02,96 min

Alle gemessenen Zeiten sind die für einen 500m Abschnitt

Bei der Betrachtung der Werte vom ersten Testtag ergibt sich Folgendes:

Durchschnitt gesamt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:15,22 min

Durchschnitt gesamt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:15,54 min

Für den zweiten Testtag ergibt sich Folgendes:

Durchschnitt gesamt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:12,8 min

Durchschnitt gesamt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:11,85 min

Für den dritten Testtag ergibt sich Folgendes:

Durchschnitt gesamt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:10,69 min

Durchschnitt gesamt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:06,67 min

Bei der Betrachtung aller gemessenen Zeiten ergibt sich folgender Durchschnitt:

Durchschnitt gesamt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:12,9 min

Durchschnitt gesamt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:11,35 min

Bei der getrennten Betrachtung der Zeiten, die mit dem Wind und gegen den Wind gemessen wurden, ergibt sich Folgendes:

Mit dem Wind:

Erster Testtag

Durchschnitt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:03,54 min

Durchschnitt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:03,94 min

Zweiter Testtag

Durchschnitt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:02,28 min

Durchschnitt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:05,16 min

Dritter Testtag

Durchschnitt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:10,16 min

Durchschnitt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:04,08 min

Bei den Meßstrecken mit dem Wind ergibt sich folgender Gesamtdurchschnitt:

Durchschnitt gesamt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:05,33 min

Durchschnitt gesamt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:04,39 min

Gegen den Wind:

Erster Testtag

Durchschnitt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:26,95 min

Durchschnitt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:27,13 min

Zweiter Testtag

Durchschnitt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:21,88 min

Durchschnitt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:17,01 min

Dritter Testtag

Durchschnitt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:11,03 min

Durchschnitt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:09,26 min

Bei den Meßstrecken gegen den Wind ergibt sich folgender Gesamtdurchschnitt:

Durchschnitt gesamt
ohne Gummiband

Zeit für 500m
2:19,95min

Durchschnitt gesamt
mit Gummiband

Zeit für 500m
2:17,6 min

7) Diskussion

Eine Bewertung der Meßdaten ist sicherlich mit sehr viel Vorsicht durchzuführen. Das liegt einerseits an der sehr geringen Anzahl der brauchbaren Meßdaten andererseits auch an den Witterungseinflüssen, hauptsächlich dem Wind. Dieser Störfaktor wurde so klein wie möglich gehalten, indem auf der Teststrecke in beide Richtungen gerudert wurde. Anhand der ermittelten Daten läßt sich zumindest eine grobe Tendenz feststellen. Sie ist bei den Teststrecken gegen den Wind stärker ausgeprägt. Bei den Teststrecken mit dem Wind hingegen ist es nicht eindeutig.

Am ersten und zweiten Testtag wurde erst ohne und dann mit Gummiband gerudert. Es kann sein, daß die Erholungszeit zwischen den Teststrecken nicht ausreichend lang war, um die Ermüdung wieder abzubauen. Am dritten Testtag wurde erst mit und dann ohne Gummiband gerudert. Die dort gemessenen Zeiten deuten zumindest auf eine nicht ausreichende Erholung hin. Ich stelle trotz alledem fest, daß ein positiver Effekt nachweisbar ist. Die gemessenen Werte erscheinen mir aber als sehr deutlich. Das kann statistisch zufällig sein oder auch auf Meßfehlern beruhen. Weitere Meßreihen wären nötig, um ein eindeutigeres Ergebnis zu erzielen.

8) Ausblick

Das behandelte Thema ist in dieser Arbeit bei weitem nicht erschöpfend untersucht worden. Vieles müßte noch geklärt werden. Es bliebe eventuell noch zu klären, inwieweit sich die Tatsache negativ auswirkt, daß die für den Durchzug benötigte Muskulatur (zumindest die der Knie- und Hüftstrecker) nicht die optimale Vorspannung erreicht. Diese ist ja sonst dadurch gewährleistet, daß die Knie- und Hüftstrecker maßgeblich daran beteiligt sind die Vorrollbewegung abzubremsen und den Rollsitze wieder bugwärts zu bewegen. Diese Aufgabe übernehmen nun zum großen Teil die Gummibänder. Da diese Arbeit den Effekt nur qualitativ nachweisen wollte, bleibt noch die Frage nach einer Quantifizierung.

8.1) Ansatzpunkte zur Optimierung

Es gibt einige Ansatzpunkte, wo über eine Optimierung nachgedacht werden kann. Im Bereich der gerätetechnischen Verbesserung kann man sich als erstes nach einem anderen Gummiband umschauchen. In dieser Untersuchung wurde Zauberschnur verwendet, weil sie leicht zu handhaben war. Zur etwas feineren Justierung wurde einfaches Haushaltsgummiband verwendet. Beides absorbiert viel Energie. Der Einsatz eines Gummibandes, welches einen größeren Betrag an Energie wieder zurückgibt, wäre zu überlegen. Es ist eine Frage der Handhabbarkeit und des Preises.

Ein weiterer Punkt zur Verbesserung wären die Schellen an Druckstrebe und Skull. Eine Lösung von geringerem Gewicht wäre auch denkbar, aber sie wäre auch vom Preis abhängig.

Eine wesentlich wissenschaftlichere Behandlung von BAUER's Berechnungen gäbe auch noch Optimierungsansätze her. Ein höheres Bootsgewicht zur Verwendung stärkerer Federn wäre zu überlegen. Das liefe zwar der Tatsache entgegen, daß dann das Boot tiefer im Wasser liegt, aber beide gegenläufigen Effekte müßten zu einem Optimum in Einklang gebracht werden. Ein weiterer Aspekt der Optimierung wäre eine Weiterentwicklung der Rudertechnik.

Wie bereits am Anfang von Kapitel 8 erwähnt wurde, ist dieses Thema nicht erschöpfend behandelt worden. Es gibt genug Möglichkeiten zur weiteren Untersuchung.

9) Literatur

- Bauer, W.L.
Improving the Rowing Efficiency through Impedance Matching
Theoretical Considerations with a Nonlinear Dynamic Model
Postervortrag, Paris 1993
- Bauer, W.L.
Gesprächsnotizen von Bauer mit Mitarbeitern der FES zur gerätetechnischen
Realisierung der Ruderwirkungsgradverbesserung
Bremen / Berlin 1993
- Körner / Schwanitz (Autorenkollektiv)
Rudern
Sportverlag Berlin 1985, S.87
- Nolte, V.
Rudern, in: Willimczik, Klaus
Die Biomechanik der Sportarten, S.297 - 308
Reinbek 1989