

IBoaT-Report 3.6.1

**Projekt Fit & Sail**

**Projektbericht Kurzfassung:  
Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen  
älterer Segler an Bord von Fahrtensegelyachten**

Wolf-Dieter Mell, Ingeborg Sauer, Burkhard Weisser

September 2009

## **Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell**

### **Institut für Boots-Tourismus (IBoaT)**

Jenastr. 14  
D-53125 Bonn  
Tel.: (+49) 228 -25 62 92  
Fax: (+49) 228 -25 87 80  
email: [mell@iboat.de](mailto:mell@iboat.de)  
Internet: <http://www.iboat.de>

# **IBoaT-Report**

## **Arbeitsbericht des Institutes für Boots-Tourismus**

ISSN: 1860-7888 IBoaT-Report (Print)  
1860-7896 IBoaT-Report (Internet)

Herausgeber: Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell  
Institut für Boots-Tourismus (IBoaT), Bonn

Vertrieb: Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell  
Institut für Boots-Tourismus (IBoaT), Bonn

IBoaT-Report: Booklet geheftet,  
Preis pro Heft: 10,00 € (inkl. MwSt. und Versand),  
Bestellung: <http://www.iboat.de/iboat-report/index.htm>

Der vorliegende IBoaT-Report 3.6.1 ist die Kurzfassung des IBoaT-Report 3.6 in deutscher Sprache.

Das Institut für Boots-Tourismus (IBoaT) ist eine private, unabhängige wissenschaftliche Forschungs- und Beratungseinrichtung.

## Inhalt

1	Vorbemerkungen und Dank	4
2	Ausgangslage und Konzept	6
	2.1 Ausgangslage und Arbeitsaufträge	6
	2.2 Interpretationsansatz	9
3	Ergebnisse der sportmedizinischen Untersuchungen	11
	3.1 Labormessungen	12
	3.2 Messungen an Bord	16
	3.3 Altersabhängigkeit	23
4	Teilprojekt "ComfoDrive"	24
5	Offene Fragen	25
6	Quellen und Literaturhinweise	26
7	Haftungsausschluss und Kontakt	28

# 1 Vorbemerkungen und Dank

In Zusammenarbeit zwischen dem Bundesverband Wassersportwirtschaft e.V. (BVWW) in Köln, dem Institut für Sport und Sportwissenschaften (ISS) der Universität Kiel und dem Institut für Boots-Tourismus (IBoaT) in Bonn wurde im Jahr 2005 das Forschungsprojekt "Fit & Sail" zur Untersuchung der körperlichen und mentalen Auswirkungen des Fahrtensegelns auf ältere Menschen initiiert. Das Projekt wird durch die französische "Connect to Sailing task force" der Federation Francaise de Voile (FFVoile) in Paris unterstützt.

Das Projekt hat folgende Ziele:

1. Sportmedizinische Beobachtung, Erfassung und Auswertung körperlicher und mentaler Belastungen männlicher und weiblicher Probanden unterschiedlichen Alters (unter besonderer Berücksichtigung der Altersgruppe 60+) bei unterschiedlichen typischen Aktivitäten auf Fahrtensegelbooten unter Segel und unter Motor. Auswertung der Ergebnisse im Hinblick auf alters- und geschlechtsabhängige Belastungsniveaus und deren gesundheits-, sport- und trainingswissenschaftliche Interpretation.
2. Vergleichende, experimentelle Erprobung innovativer konstruktiver und gerätetechnischer Maßnahmen und deren ergonomischer Optionen zur Reduzierung von Belastungsspitzen, zur Absenkung von Nutzungsschwellen und zur Verbesserung der Handhabbarkeit und der Bedienungssicherheit von Fahrtensegelbooten insbesondere durch ältere männliche und weibliche Segler.

Die Bearbeitung des vorliegenden Projektabschnittes von "Fit & Sail" erfolgte arbeitsteilig:

- Die Koordination des Projektes wurde Dr. Wolf-Dieter Mell, Institut für Boots-Tourismus (IBoaT), übertragen.
- Die sportmedizinischen Untersuchungen wurden am Institut für Sport und Sportwissenschaften (ISS) der Universität Kiel unter der Leitung von Prof. Dr. Burkhard Weisser von Frau Ingeborg Sauer durchgeführt.
- Die Entwicklungsarbeiten für das Teilprojekt "ComfoDrive", der experimentellen Erprobung eines Konzeptes zur Vereinfachung des Manövrierens unter Motor, erfolgten am Institut für Boots-Tourismus (IBoaT) in enger Zusammenarbeit mit der BCE-Elektronik GmbH (Lemgo) und der ancora Marina (Neustadt / Holstein).
- Der Bundesverband Wassersportwirtschaft e.V. (BVWW) hat 2006 die formelle Projektträgerschaft des Projektes übernommen. Die

Geschäftsstelle des BVWW in Köln betreute das Budget des Projektes. Vorstand und Geschäftsstelle des BVWW kümmerten sich erfolgreich um die Öffentlichkeitsarbeit des Projektes und um die Betreuung der Sponsoren.

Auf der Messe boot 2008 wurde auf einem Sonderstand mit Unterstützung der Messe Düsseldorf GmbH eine erste Zusammenfassung der sportwissenschaftlichen Ergebnisse und der Entwicklungsarbeiten zum "ComfoDrive" öffentlich präsentiert.

Dem Projekt "Fit & Sail" standen Ende 2008 aus Sponsorenleistungen zur Verfügung:

- Eine Fahrtsegelyacht Hanse 341 der HanseYachts AG Greifswald zur Durchführung der sportmedizinischen Untersuchungen,
- ein kleiner Kajütkreuzer Neptun 22 des Instituts für Boots-Tourismus Bonn für Pilotstudien und technische Tests,
- die bewegliche Törnenausstattung der Hanse 341 (von Schwimmwesten, Leinen und Fendern bis zu Seekarten und Essgeschirr) von der A.W. Niemeyer GmbH Hamburg,
- umfangreiche Serviceleistungen der ancora Marina Neustadt i. Holstein für die erforderlichen Umbau- und Wartungsarbeiten,
- Bugstrahlruder und Elektronische Motorfernbedienungen der Volvo Penta Central Europe GmbH Kiel für den Bau und den Test von Prototypen des "ComfoDrive" Systems (s. unten),
- finanzielle Zuwendungen aus dem Donation Programm des International Marine Certification Institute (IMCI) Brüssel als Beitrag zur Deckung des Sach- und Personalaufwandes,
- Personal- und Sachleitungen der drei Projektpartner im Rahmen der Durchführung des Projektes.

Wir danken allen Sponsoren sehr herzlich, die das Projekt "Fit & Sail" mit Sach- und Dienstleistungen oder finanziellen Zuwendungen großzügig unterstützen.

Der ausführliche Projektbericht wird in deutscher Sprache als IBoaT-Report 3.6 (ISSN 1860-7888), als Kurzfassung in deutscher Sprache als IBoaT-Report 3.6.1 und in englischer Sprache als IBoaT-Report 3.6.2 publiziert. Die Abbildungen sind aus technischen Gründen in Englisch beschriftet.

## 2 Ausgangslage und Konzept

### 2.1 Ausgangslage und Arbeitsaufträge

Im September 2005 wurde von IBoaT eine Pilotstudie publiziert, in der erstmalig Langzeitmessungen der Herz-Kreislaufbelastung eines älteren Probanden während eines mehrwöchigen Fahrtensegeltörns dargestellt und analysiert wurden (s. IBoaT-Report 3.1).

Die vorläufigen Ergebnisse dieser Studie, insbesondere die Hinweise auf besondere Belastungssituationen an Bord, die mit zunehmendem Lebensalter der Segler möglicherweise als unzumutbar hoch und damit als Gründe für einen Ausstieg aus dem aktiven Bootssport wahrgenommen werden könnten, korrespondierten mit Beobachtungen des Bundesverbandes Wassersportwirtschaft aus den Jahren 2000 - 2004. Danach wurde einerseits bei den Eignern von Motor- und Segelyachten ein wachsender "Senioren-Anteil" (mindestens  $\frac{1}{3}$  der Eigner waren älter als 60 Jahre) festgestellt, andererseits wurde mit Sorge beobachtet, dass insbesondere Segelyachteigner etwa um das 70. Lebensjahr spontan und kurzfristig ihre Boote und das aktive Segeln aufgaben.

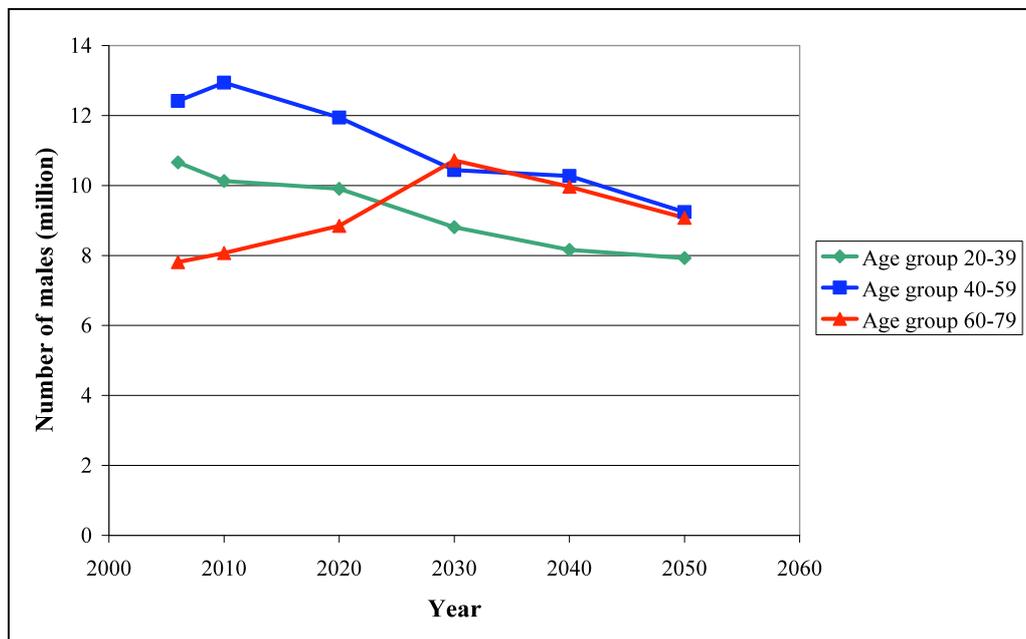
Eine Untersuchung der Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschiffahrt aus dem Jahr 2008 hat diese Beobachtungen bestätigt und präzisiert: Aus der Studie "Strukturen im Bootsmarkt" (FVFSF-Forschungsbericht Nr. 1) und aus ergänzenden Interviews ergibt sich:

- Von den z.Z. rund 500.000 deutschen Besitzern von Motor- oder Segelbooten sind rund 360.000 Eignern von Motor- oder Segelyachten (Booten mit Kajüte und Übernachtungskomfort). Von diesen sind 45% älter als 60 Jahre.
- Die Eigner der Yachten sind zu 95% Männer, die Crews bestehen allerdings in über 70% der Fälle aus 2 Personen, i.d.R. dem Eigner und seinem Lebenspartner.
- Ab dem 65. Lebensjahr denken diese Eigner verstärkt darüber nach, demnächst aus dem aktiven Wassersport auszusteigen. Dieser Ausstieg wird zwischen dem 70. und dem 75. Lebensjahr von rund 50% dieser Altersgruppe vollzogen.
- Der Ausstieg der Senioren erfolgt nur in seltenen Fällen aus gesundheitlichen oder finanziellen Gründen, sondern wird in der Regel mit allgemeinen Kategorien wie "Alter" oder "zu anstrengend" (und in vielen Fällen ergänzend mit dem Hinweis auf den Wunsch des Partners) begründet.

Diese Beobachtungen an älteren Yachtbesitzern werden durch folgende bevölkerungspolitische und alterswissenschaftliche Erkenntnisse verschärft:

1. Die Vorausberechnungen der Bevölkerungsentwicklung (s. Abb. 2-1) zeigen, dass die Anzahl der 20-59-Jährigen in den kommenden Jahrzehnten um etwa 30% abnehmen wird, während die Altersgruppe der 60-79-Jährigen deutlich zunimmt.

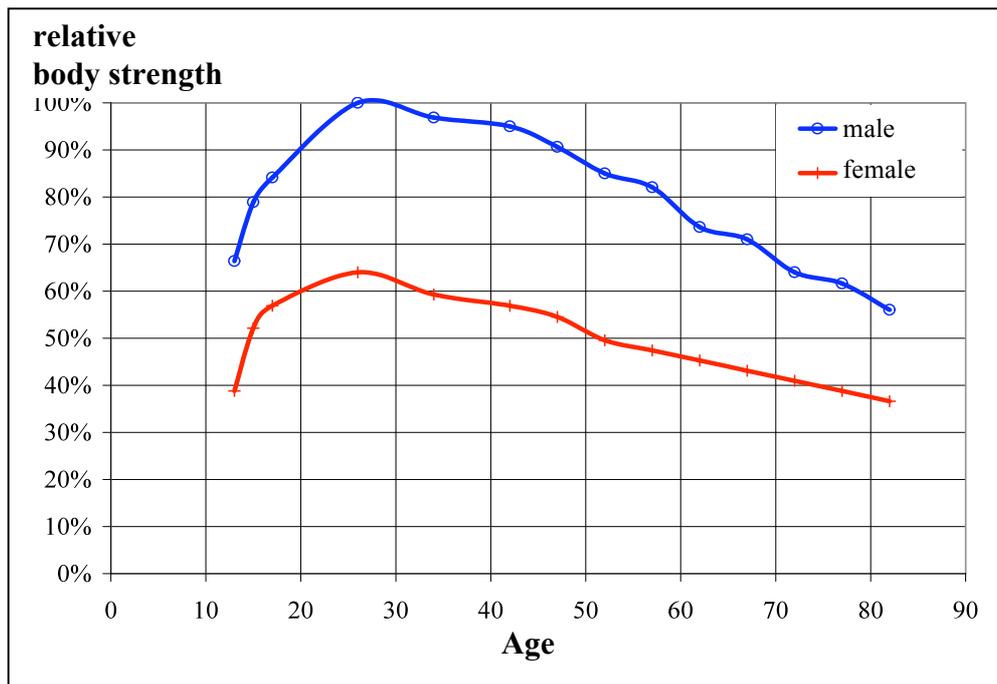
Damit wird sich die traditionelle "Alterspyramide" (viele Junge, wenige Alte) bis Mitte des Jahrhunderts invertieren. Diese Tendenzen verweisen auch auf die zunehmende wirtschaftliche Bedeutung der Senioren.



**Abb.: 2-1: Bevölkerungsentwicklung in Deutschland: Anzahl der Männer in den Altersgruppen 20-39, 40-59 und 60-79 für die Jahre 2006-2050 (Quelle: Statistisches Bundesamt 2009)**

2. Sportwissenschaftliche Untersuchungen der Altersabhängigkeit körperlicher Leistungsfähigkeit (s. Abb. 2-2) zeigen einerseits einen allgemeinen Rückgang der Körperkräfte ab dem 30. Lebensjahr um im Mittel rund 8-10 % pro Lebensdekade, andererseits die um rund  $\frac{1}{3}$  geringeren Körperkräfte von Frauen im Vergleich zu Männern.

Die Graphik macht deutlich, dass bei körperlichem Einsatz an Bord (z.B. Segel setzen, Schoten dicht holen, Anker aufholen), der einem 70-jährigen Mann allmählich "zu anstrengend" wird, eine 40-jährige Frau bereits häufig überfordert ist.



**Abb.: 2-2: Mittlerer Altersgang der Oberkörper- und Armkräfte von Männern und Frauen**  
(Quelle: IBoaT abgeleitet aus den Anforderungen zum deutschen Sportabzeichen)

3. Die Alterswissenschaften weisen darauf hin, dass sich durch die Fortschritte der Medizin und der Medizintechnik in den kommenden Jahren der durchschnittliche Gesundheitszustand der älteren Menschen voraussichtlich weiter verbessern wird, sodass ein immer größerer Anteil ein hohes bis sehr hohes Lebensalter in angemessener Gesundheit erreicht. Diese "gesund Gealterten" werden intensiver als frühere Generationen ihren Lebensabend selbstbestimmt und aktiv gestalten wollen.

Aus den Voruntersuchungen ergaben sich folgende Arbeitsaufträge für den ersten Forschungsabschnitt des Projektes

1. Es sollte mit sportwissenschaftlichen Methoden untersucht werden:
  - a) Welche körperliche Leistungsfähigkeit kann bei älteren männlichen und weiblichen Fahrtenseglern im Vergleich zum Durchschnitt der Bevölkerung vorausgesetzt werden?
  - b) Welche Bewegungsabläufe und Aktivitäten an Bord einer größeren Fahrtensegelyacht erzeugen besondere Belastungen und wie groß sind diese?

2. Es sollten technische Lösungen untersucht werden, mit denen das Manövrieren einer Segelyacht unter Motor einfacher und sicherer gemacht werden könnten. Geeignete Konzepte sollten als Prototypen realisiert und überprüft werden.

## 2.2 Interpretationsansatz

Ein wichtiges Ergebnis der Voruntersuchungen war die Beobachtung, dass die z.B. mit einer Pulsuhr gemessenen Herzfrequenzen bei körperlichen oder mentalen Belastungen ein guter Messwert für die Größe dieser Belastung ist.

Ein zweiter wichtiger Aspekt ist die sportmedizinische Beobachtung, dass die "relative Herzfrequenz" - das Verhältnis zwischen der gemessenen und der individuellen "maximalen Herzfrequenz" ( $HR_{\max}$ ) - als aussagefähiger Indikator für die subjektiv wahrgenommene Intensität der Belastung verwendet werden kann.

Die maximale Herzfrequenz ist die Anzahl der Herzschläge pro Minute, die ein Mensch bei größtmöglicher körperlicher Anstrengung erreichen kann. Die maximale Herzfrequenz ist eine individuelle Größe und kann durch Ergometrie bestimmt werden. In diesem Zusammenhang besonders wichtig: Die individuelle maximale Herzfrequenz sinkt mit dem Alter des Menschen.

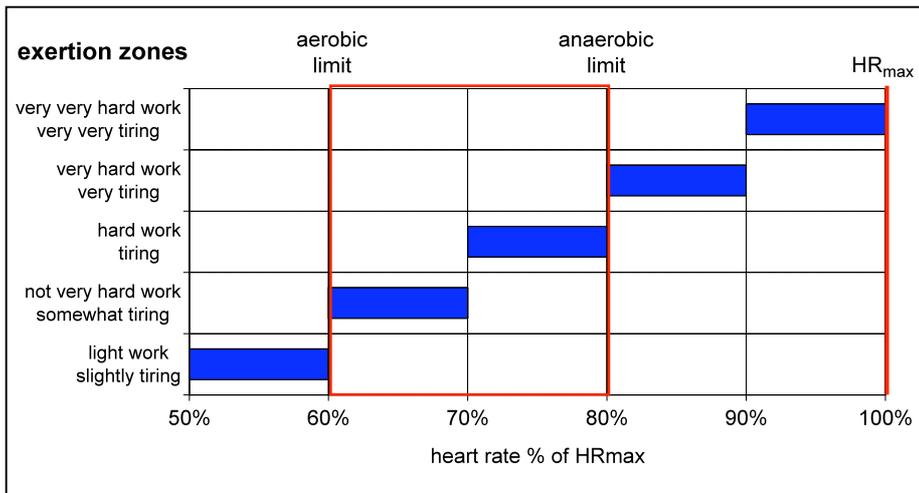
Die gängige Methode zur Abschätzung der maximalen Herzfrequenz in Abhängigkeit vom Lebensalter erfolgt nach der Formel

$$HR_{\max} = 220 - \text{Alter} \quad (\text{Männer}).$$

Die gemessenen und auf die relativen Herzfrequenzen umgerechneten Daten einer Belastung können mit Hilfe einer modifizierten Borg-Skala auf die subjektiv wahrgenommene Belastung abgebildet werden:

Belastungszonen (modifizierte Borg-Skala):	relative Herzfrequenz
leicht anstrengend	50-60% $HR_{\max}$
etwas anstrengend	60-70% $HR_{\max}$
anstrengend	70-80% $HR_{\max}$
sehr anstrengend	80-90% $HR_{\max}$
sehr sehr anstrengend	90-100% $HR_{\max}$

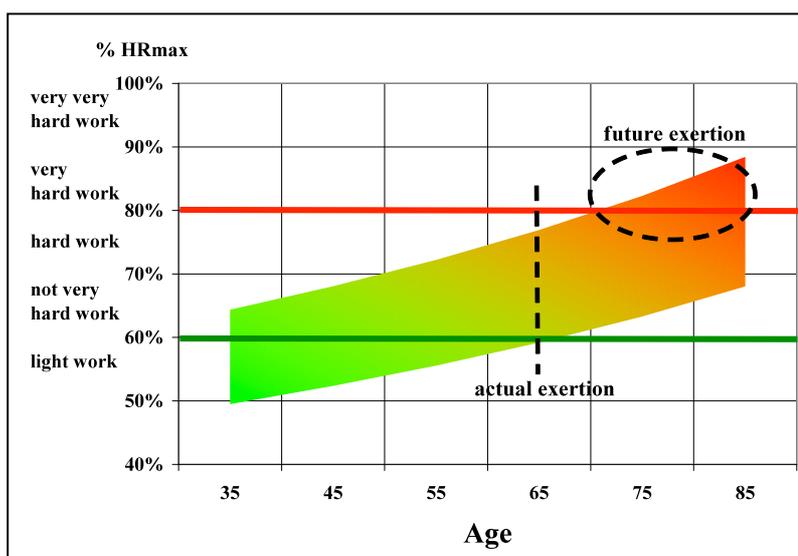
Die folgende Graphik verdeutlicht diese Transformation, wobei für die aerobe und die anaerobe Schwelle mittlere Werte bei 60% bzw. 80%  $HR_{\max}$  angenommen werden.



**Abb.: 2-3: Belastungszonen der modifizierten Borg-Skala in Abhängigkeit von den relativen Herzfrequenzen**

Ausgehend von der in den Untersuchungen bestätigten Beobachtung, dass die bei den Aktivitäten an Bord gemessenen Herzfrequenzen abhängig von der Aktivität, nicht aber vom Lebensalter des Akteurs sind, sowie der kardiovaskulären "Norm", nach der sich die maximale Herzfrequenz eines Menschen mit steigendem Lebensalter pro Lebensdekade um ca. 10 S/Min. verringert, kann geschlossen werden, dass die relative Herzfrequenz (in % HR<sub>max</sub>) zur Erledigung einer Aktivität mit zunehmendem Lebensalter des Akteurs ansteigt und mit ihr auch die subjektiv wahrgenommene Belastung.

Hieraus lassen sich Altersprojektionen der voraussichtlichen Belastungen berechnen.



**Abb.: 2-4: Beispiel der Altersprojektion einer Belastung**

Aus dem Konzept der Altersprojektion ergibt sich als wichtiger Hinweis:

- Aktivitäten an Bord - körperliche oder mentale Belastungen - die von einem 65-jährigen Segler als körperlich anstrengend empfunden werden (Herzfrequenzen um 120 S/Min), sind voraussichtlich spätestens mit 75 für ihn sehr anstrengend und damit dann ein Motiv, diese Tätigkeiten zu vermeiden.

### 3 Ergebnisse der sportmedizinischen Untersuchungen

Im Rahmen der sportmedizinischen Tests wurden 36 fahrtensegelnde Männer im Alter zwischen 53 und 86 Jahren und (leider nur) 6 Frauen im Alter zwischen 52 und 61 Jahren sowohl im Labor hinsichtlich ihrer allgemeinen körperlichen Leistungsfähigkeit, ihrer Armkräfte und ihrer Koordinationsfähigkeit als auch an Bord einer Fahrtensegelyacht während einer Serie typischer Manöver hinsichtlich der dabei auftretenden Belastungssymptome untersucht. Ergänzend wurde pro Proband der Umfang wöchentlicher sportlicher Aktivität und die Zahl der pro Jahr gefahrenen Seemeilen erfragt und an Bord die Wetterlage während der Manöver, insbesondere die Windstärke dokumentiert.

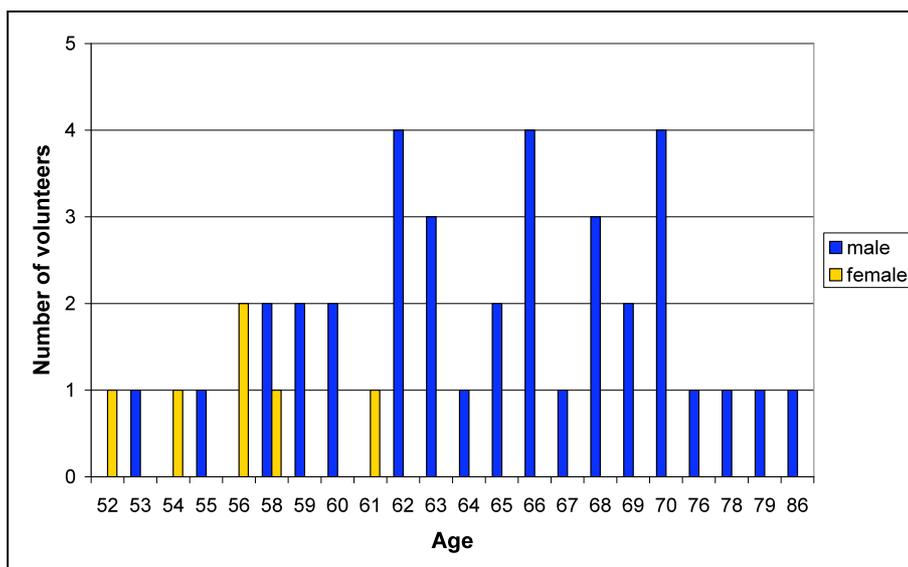


Abb.: 3-1: Altersverteilung der Probanden

Als Belastungsindizes bei den Aktivitäten an Bord wurden Zeitreihen sowohl der Herzfrequenz als auch des Blutdrucks gemessen und ausgewertet.

Die wichtigsten Ergebnisse:

### 3.1 Labormessungen

1. Die Fitness und die körperliche Leistungsfähigkeit der untersuchten männlichen Fahrtensegler unterscheiden sich nicht vom Durchschnitt der gesunden Bevölkerung.

- Der Fitnesszustand der 36 männlichen Probanden (Durchschnittsalter 66 Jahre) lag für den fahrradergometrischen Test PWC 130 mit einem altersunabhängigen Mittelwert von 1,5 genau in der Norm.

Die Fitness der wenigen weiblichen Probanden war dagegen mit PWC 130 Werten zwischen 1,5 und 2 überdurchschnittlich gut.

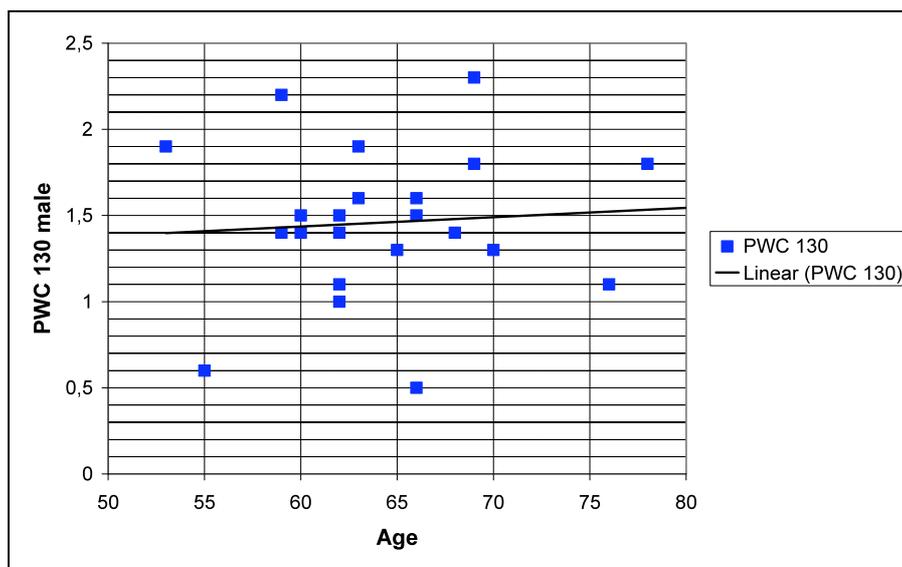
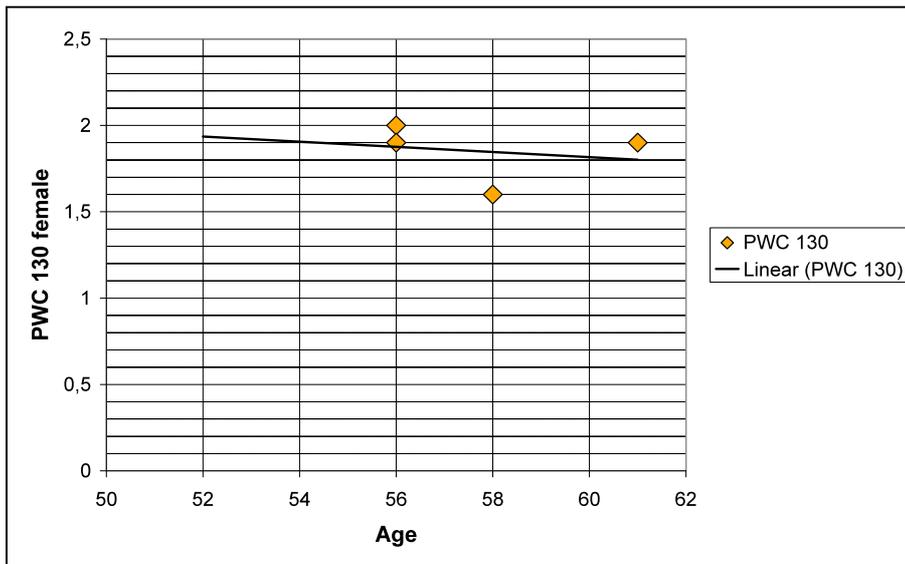
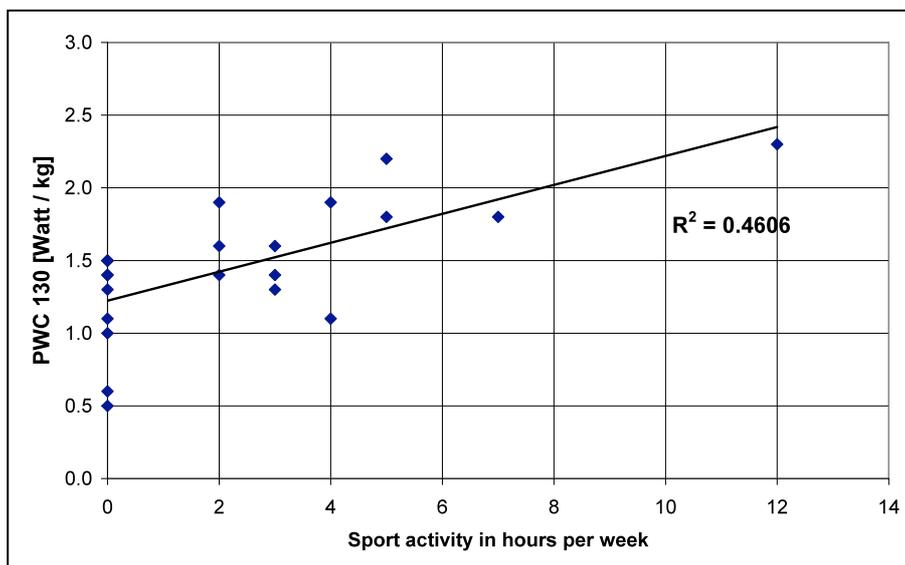


Abb.: 3-2: Fitness der männlichen Probanden nach PWC 130



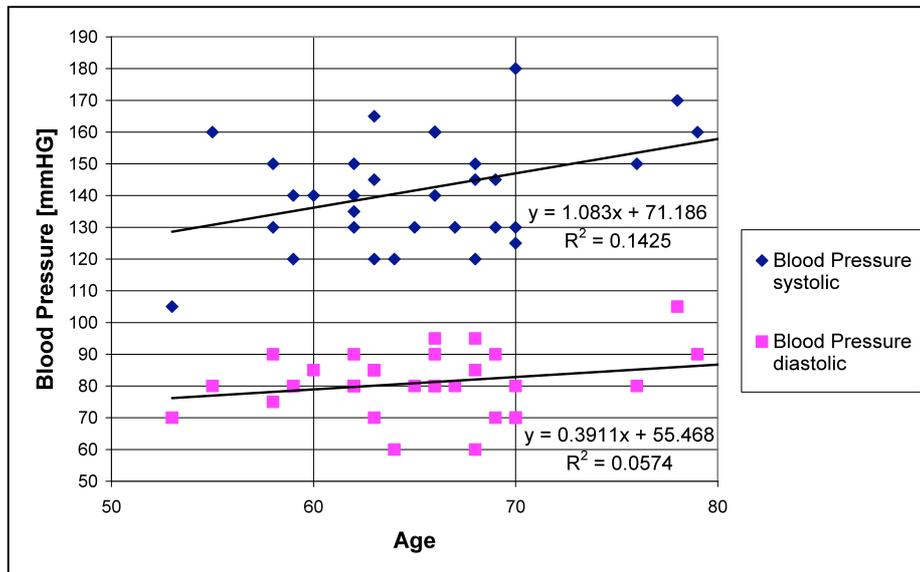
**Abb.: 3-3: Fitness der weiblichen Probanden nach PWC 130**

- Für diese Fitness betätigten sich die Probanden im Mittel pro Woche 2-3 Stunden sportlich, wobei die Korrelation zwischen PWC 130 und wöchentlichem Sport zeigte, dass jede zusätzliche Stunde wöchentlicher sportlicher Aktivität die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems um rund 7% steigert.



**Abb.: 3-4: Abhängigkeit der körperlichen Leistung bei einer Herzfrequenz von 130 S/Min von der wöchentlichen sportlichen Aktivität**

- Der Ruheblutdruck der Probanden lag mit einem mittleren Wert für den systolischen Blutdruck von etwa 130 mmHg für 55-Jährige und einem Anstieg von rund 10 mmHg/Lebensdekade im unauffälligen Bereich unter Berücksichtigung einer altersbedingten milden Hypertonie.



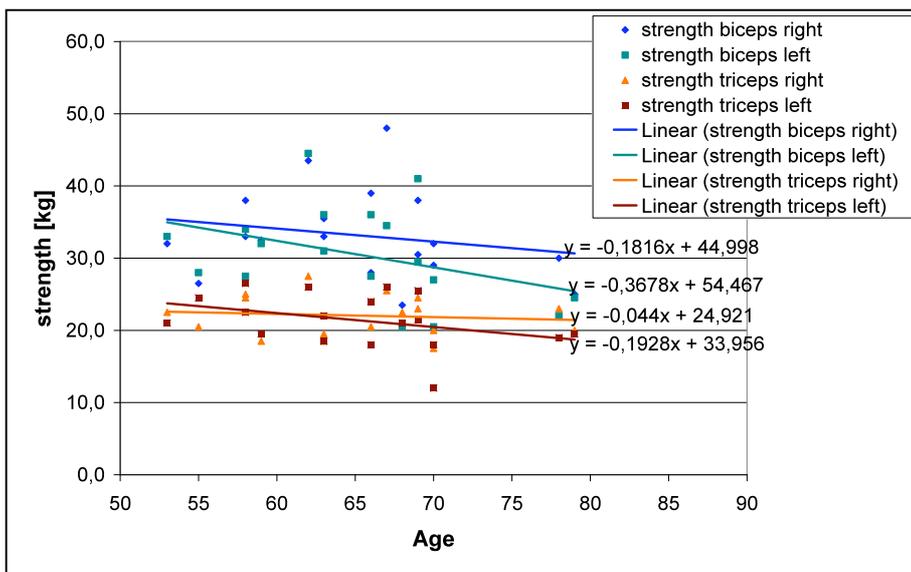
**Abb.: 3-5: Ruheblutdruck der männlichen Probanden**

- Die in den Labormessungen untersuchten maximalen Armkräfte von Bizeps und Trizeps betragen bei den Männern im Mittel

- Bizeps: 30 kg
- Trizeps: 22 kg

mit einem deutlichen Altersrückgang von rund 6% / Lebensdekade.

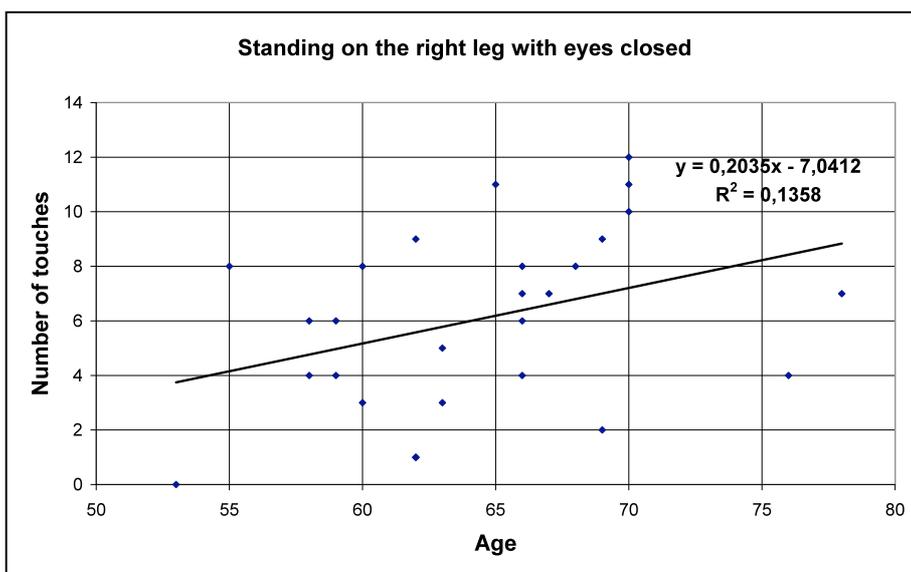
Die Armkräfte der Frauen waren um rund 1/3 geringer als die der Männer.



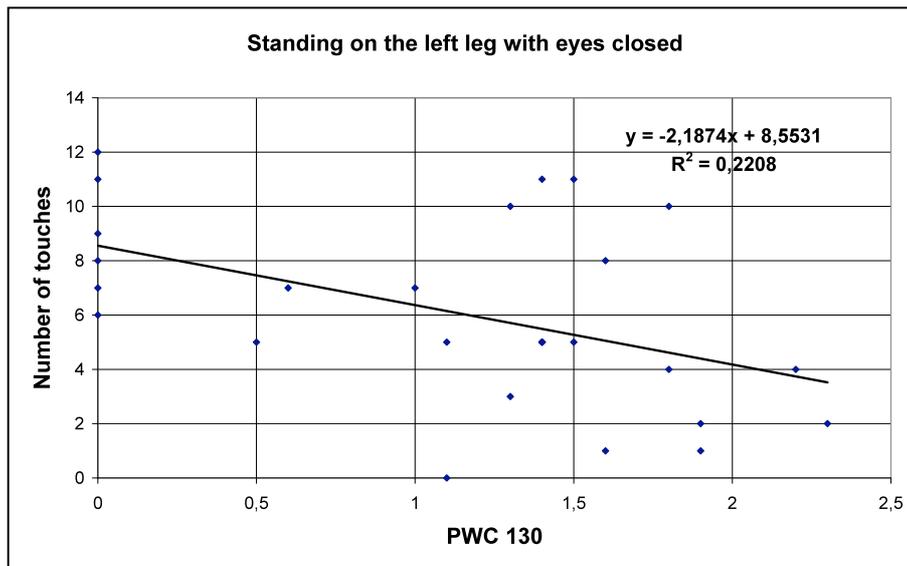
**Abb.: 3-6: Oberarm-Muskelkraft Männer: Abhängigkeit vom Alter**

3. Die Messungen zur Koordinationsfähigkeit, insbesondere zum statischen Gleichgewicht (Einbeinstand mit geschlossenen Augen), ergaben zwei Trends:

- Die Gleichgewichtsfähigkeit nimmt mit dem Alter deutlich ab.
- Eine verbesserte Fitness (PWC 130) verbessert auch signifikant die Fähigkeit, das statische Gleichgewicht zu halten.



**Abb.: 3-7: Einbeinstand (rechtes Bein) mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen abhängig vom Alter**



**Abb.: 3-8: Einbeinstand (linkes Bein) mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen abhängig von der Fitness**

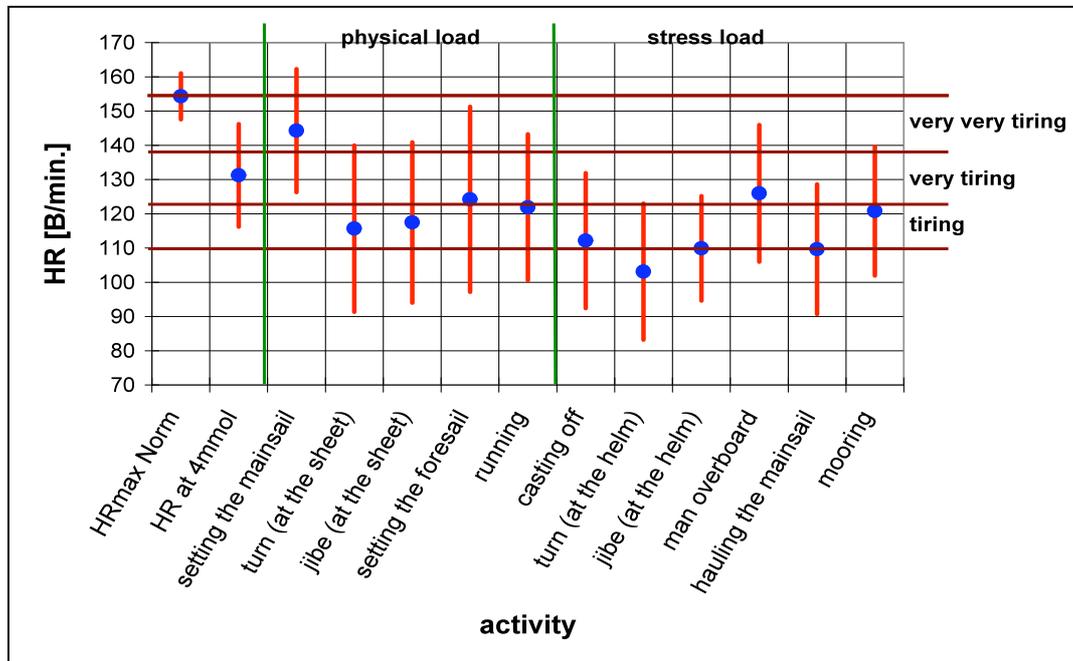
## 3.2 Messungen an Bord

1. Bei den Aktivitäten an Bord wurde pro Proband alle 5 Sekunden die Herzfrequenz mit Hilfe einer Pulsuhr und alle 10 Minuten der Blutdruck mit einem automatischen Messgerät aufgezeichnet. Als Parameter verwendet wurde jeweils der mittlere Maximalwert der Zeitreihe pro Manöver.

In der Auswertung wurden die Aktivitäten / Manöver danach unterschieden, ob die Probanden überwiegend physisch beansprucht wurden (z.B. Setzen der Segel, Kontrolle der Schot bei Wende oder Halse), oder ob es sich um eine vorwiegend mentale Belastung (Stress) des Rudergängers handelte (z.B. Ab-/Anlegen unter Motor, Mann-über-Bord-Manöver).

2. Die folgende Graphik zeigt in einem Überblick die gemessenen Herzfrequenzen als Mittelwerte über alle Probanden  $\pm$ Standardabweichung und die Belastungszonen (Borg-Skala) für die Aktivitäten
  - Setzen des Großsegels ohne Hilfe,
  - Wende, Proband an der Großschot,
  - Halse, Proband an der Großschot,
  - Setzen der Fock,
  - Laufen vom Heck zum Bug und zurück,
  - Ablegen unter Motor,
  - Wende, Proband am Ruder,
  - Halse, Proband am Ruder,

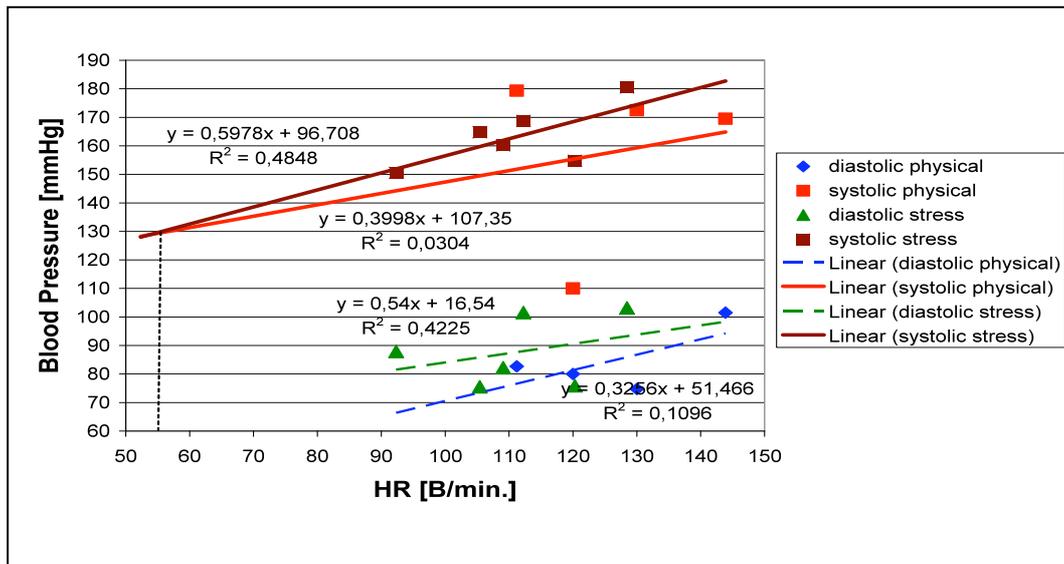
- Mann über Bord, Proband am Ruder
- Einholen des Großsegels, Proband koordiniert das Manöver,
- Anlegen unter Motor.



**Abb.: 3-9: Bandbreiten der körperlichen und Stress-Belastungen an Bord (Männer, Mittelwert  $\pm$ Standardabweichung, mit Belastungszonen)**

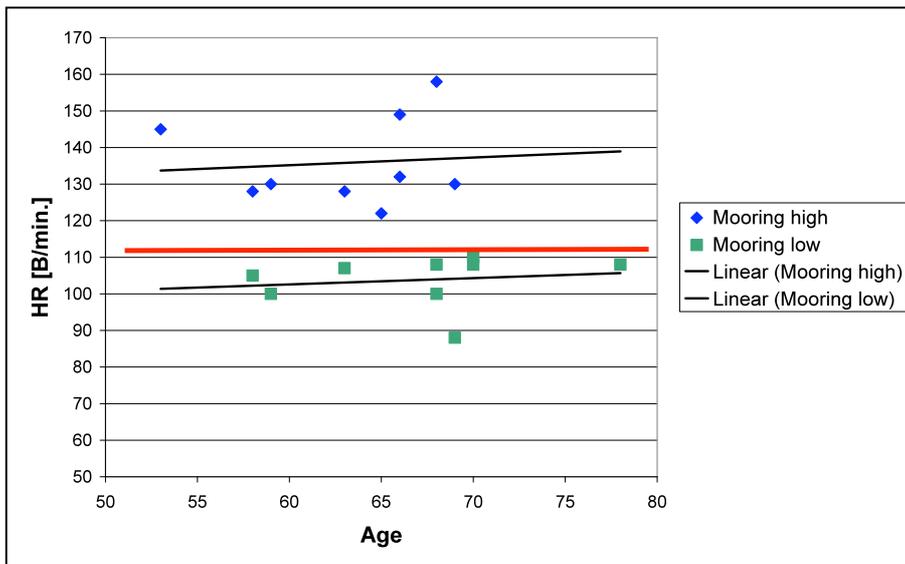
- Die Herzfrequenz erwies sich bei den Untersuchungen als ein weitgehend von der konkreten körperlichen oder mentalen Belastung abhängiger und vom Alter des Probanden unabhängiger Parameter.
- Für den Blutdruck wurde der erwartete, mit der Herzfrequenz ansteigende systolische Blutdruck mit einer durchschnittlichen Steigerungsrate von rund 5 mmHg / 10 Schläge/Minute festgestellt.

Interessant war die Beobachtung, dass bei Stress-induziertem Anstieg der Herzfrequenz, der korrespondierende Anstieg des systolischen Blutdrucks deutlich größer war, als bei physischen Belastungen.



**Abb.: 3-10: Mittelwerte pro Manöver und Trends der Blutdruckwerte in Abhängigkeit von der Herzfrequenz für die männlichen Probanden, getrennt nach körperlichen (p) und mentalen Belastungen (s)**

5. Bei den physischen Belastungen erwies sich - wie erwartet - das Setzen der Segel (per Wunsch) als besonders anstrengend für die Probanden mit Herzfrequenzen von 130-160 S/Min (80-100%  $HR_{max}$ , "sehr anstrengend" bis "sehr sehr anstrengend"), aber auch die sonstigen körperlichen Arbeiten an den Leinen und Schoten tendieren dazu, die Altersgruppe 60+ (ggf. abhängig von individuellen und äußeren Parametern) stark bis sehr stark - gelegentlich bis an die Leistungsgrenze - anzustrengen.
6. Die Beobachtung der mentalen Belastungen (u.a. Anlegen unter Motor, Mann-über-Bord-Manöver) ergab zwei wichtige Hinweise:
  - Die Stress-Belastung kann im Einzelfall zu Herzfrequenzen bis an die Belastungsgrenze führen.
  - Die Probanden lassen sich hinsichtlich ihrer Reaktion auf Stress-Belastungen in zwei Gruppen teilen:
    - die "Gelassenen" bearbeiten die Anforderung mit unangestregter Herzfrequenz unter 110 S/Min. (Manöver "Anlegen unter Motor": 55% der Probanden),
    - die "Aufgeregten" reagieren mit hohen Herzfrequenzen zwischen 120 - 160 S/Min. (Manöver "Anlegen unter Motor": 45% der Probanden).

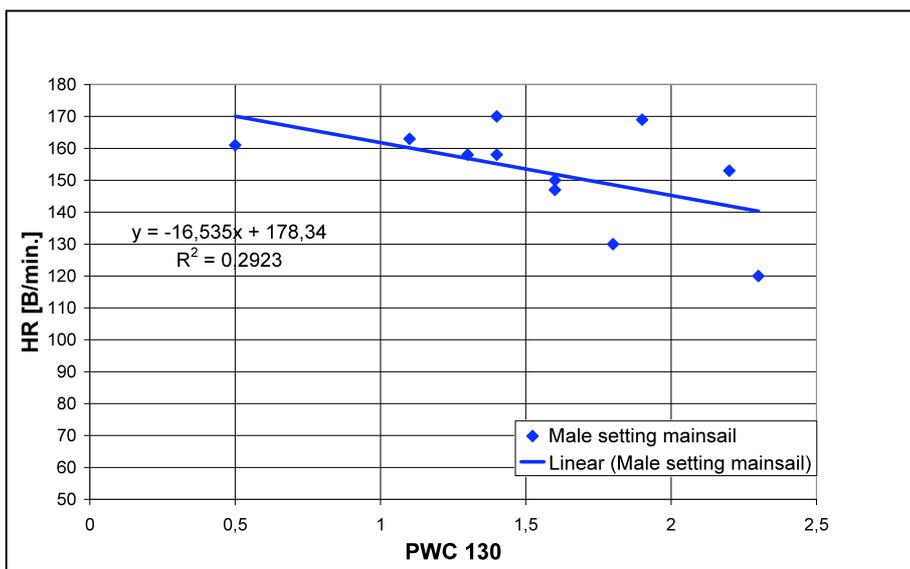


**Abb.: 3-11: Herzfrequenz abhängig vom Alter, 2 Gruppen mit hohem bzw. geringem Stress: Anlegen unter Motor**

7. Die sowohl bei körperlicher als auch bei mentaler Belastung gemessene Herzfrequenz ist tendenziell abhängig von der Fitness des Probanden:

- Bei starker körperlicher Belastung (z.B. "Setzen des Großsegels") beträgt der tendenzielle Zusammenhang zwischen Herzfrequenz und PWC 130:

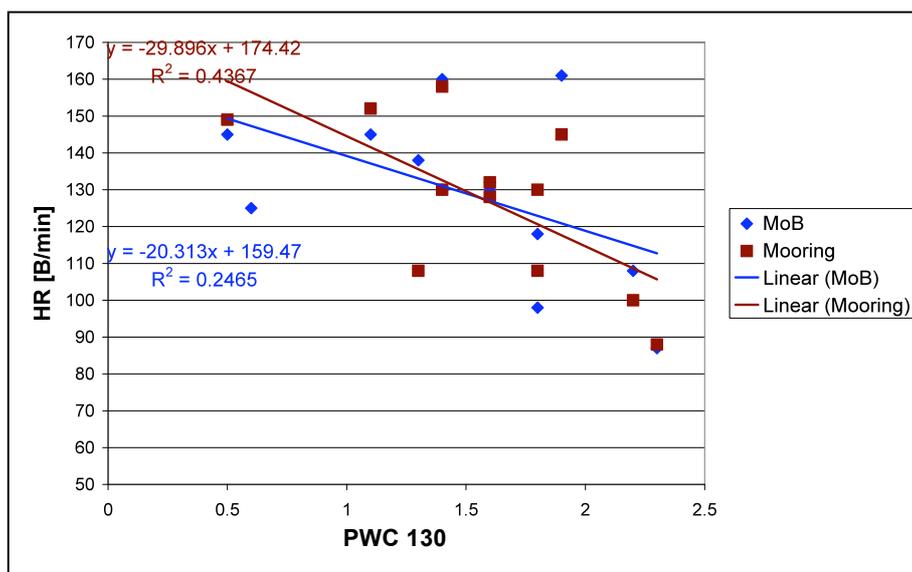
Eine höhere (geringere) PWC130-Fitness um 0,5 Punkte verringert (erhöht) die Herzfrequenz um ca. 8 S/Min.



**Abb.: 3-12: Herzfrequenz abhängig von der Fitness (PWC 130): Setzen des Großsegels**

- Bei starker mentaler Belastung (z.B. "Anlegen unter Motor") beträgt der tendenzielle Zusammenhang zwischen Herzfrequenz und PWC 130:

Eine höhere (geringere) PCW130-Fitness um 0,5 Punkte verringert (erhöht) die Herzfrequenz um ca. 15 S/Min.

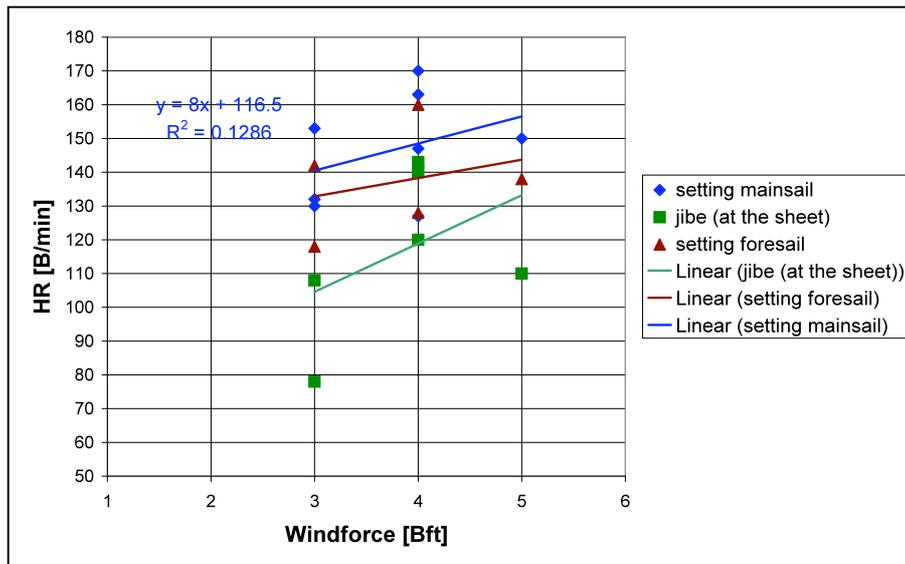


**Abb.: 3-13: Herzfrequenz abhängig von der Fitness:  
Mann über Bord, Anlegen unter Motor**

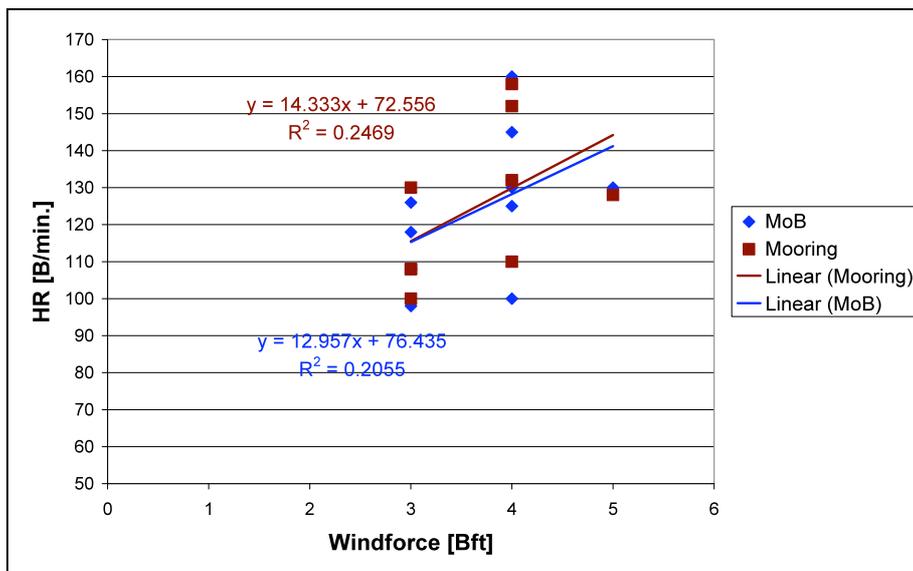
Hinweise:

- o Die Beobachtungen lassen darauf schließen, dass die Herz-Kreislauf-Fitness auf die Stress-Empfindlichkeit einen noch größeren Einfluss hat, als auf die körperliche Leistungsfähigkeit.
- o Die Erhöhung der PWC130-Fitness um 0,5 Punkte erfordert eine zusätzliche sportliche Betätigung in einer Größenordnung von ca. 5 Stunden/Woche.
- o Der Abstand zwischen den Belastungszonen nach der Borg-Skala (z.B. der Abstand zwischen "anstrengend" und "sehr anstrengend") beträgt auf der Herzfrequenz-Koordinate für diese Altersgruppe ca. 16 S/Min.





**Abb.: 3-15: Herzfrequenz abhängig von der Windstärke bei körperlicher Belastung**



**Abb.: 3-16: Herzfrequenz abhängig von der Windstärke: bei mentaler Belastung**

### 3.3 Altersabhängigkeit

Es gilt als gesichert, dass sich die maximale individuelle Herzfrequenz mit zunehmendem Alter verringert.

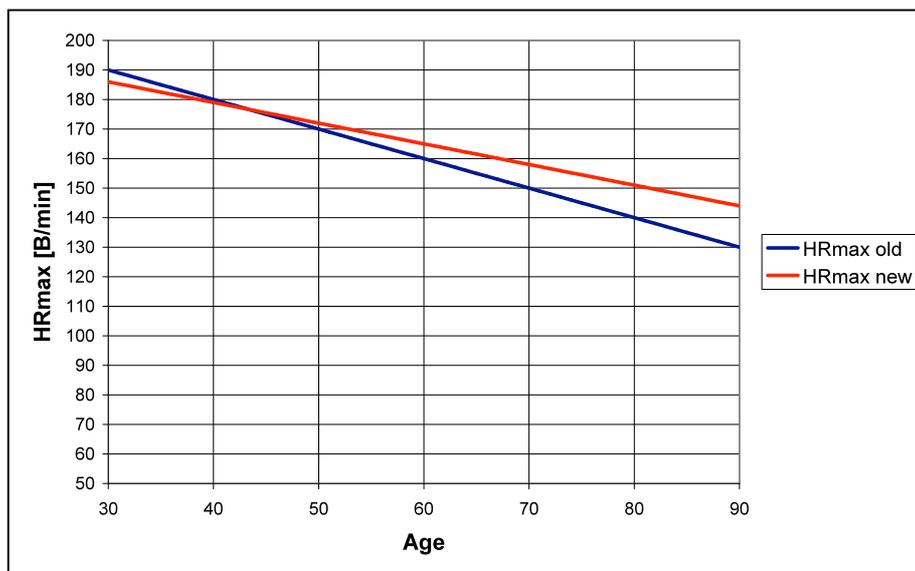
Der bisher allgemein verwendete Normwert berechnet sich nach der Formel

$$HR_{\max} = 220 - \text{Lebensalter} \quad (\text{Männer}).$$

Neuere Längsschnittuntersuchungen kommen auf die geschlechtsunabhängige Formel

$$HR_{\max} = 207 - 0.7 * \text{Lebensalter}$$

Ob dieser Rückgang - wie bisher angenommen - 10 S/Min pro Lebensdekade oder - wie neuere Untersuchungen nahelegen - nur 7 S/Min pro Lebensdekade beträgt, kann an dieser Stelle nicht abschließend beurteilt werden.



**Abb.: 3-17: Alte und neue Prognoseformel für die Altersabhängigkeit der maximalen Herzfrequenz**

Prognostisch relevant ist der Ansatz, dass sich mit altersbedingt sinkender maximaler Herzfrequenz die relative Herzfrequenz definierter Belastungen erhöht, und damit entsprechend der Borg-Skala auch die subjektiv wahrgenommene Anstrengung.

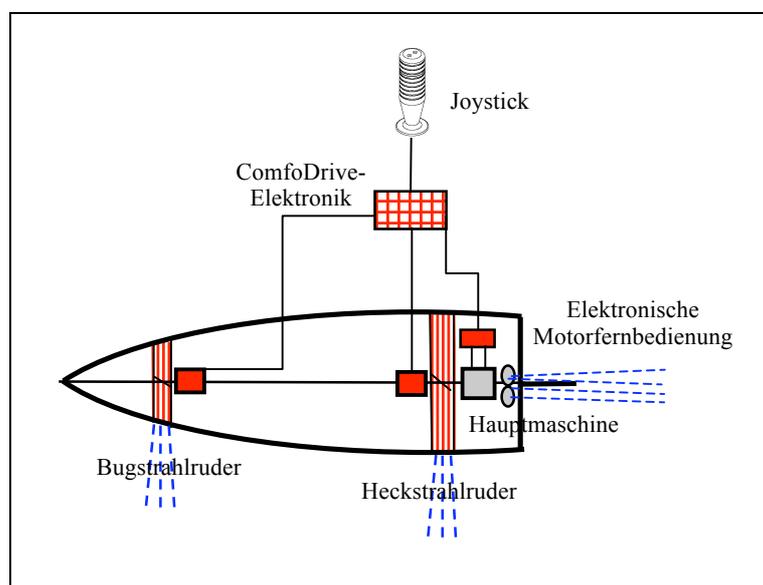
Wie bereits dargestellt, hat sich in den vorliegenden Untersuchungen bestätigt, dass die gemessenen Herzfrequenzen sowohl bei körperlichen als auch bei mentalen Belastungen unter Berücksichtigung individueller und äußerer Einflussfaktoren abhängig von der Belastungsart aber weitgehend unabhängig von Lebensalter der Akteure sind.

Daraus folgt für die untersuchten Belastungsbereiche, dass eine Reihe der typischen Tätigkeiten auf Segelyachten mit Herzfrequenzen von über 130 S/Min. für die männliche Altersgruppe "60+" als "sehr anstrengend" eingestuft werden muss und für die Altersgruppe "70+" die obere Leistungsgrenze erreicht.

Dies macht die Annahme sehr wahrscheinlich, dass die mit dem Alter zunehmende subjektive Belastung bei der Handhabung der Boote - quantifiziert als relative Herzfrequenz - ein wichtiger Faktor in dem Entscheidungsprozess älterer Segler ist, aus dem aktiven Fahrtensegeln auszusteigen.

## 4 Teilprojekt "ComfoDrive"

Ausgehend von der Beobachtung, dass Manöver mit Segelyachten unter Motor im Nahbereich besonders bei Störgrößeneinfluss (Seitenwind, Strömung) zu hohen Stress-Belastungen und zu ernststen Sicherheitsproblemen führen können, wurde eine technische Lösung entwickelt und als Prototyp erprobt, die mit Hilfe von Querstrahlrudern die volle Kontrolle über die Bewegungen des Bootes auf dem Wasser gewährleistet.



**Abb.: 4-1: Konzept ComfoDrive**

Teil dieser Lösung ist ein Joystick-Konzept, mit dem alle motorischen Antriebe des Bootes in einer vektorisierenden Steuereinheit zusammengefasst und orthogonal (vor-zurück / seitwärts / Drehung) einhand über einen speziellen 3-Achsen-Joystick gesteuert werden.

Die Ergebnisse der 2-jährigen technischen und ergonomischen Untersuchungen von Prototypen des ComfoDrive-Systems ergaben eine bedeutende Verbesserung der Manövrierbarkeit und eine erhebliche Reduzierung der Stress-Belastung des Rudergängers sowie eine beeindruckende technische Stabilität des Systems.

Das Konzept wurde als Patent angemeldet.

In Folgeprojekten sollen - aufsetzend auf der orthogonalen Schnittstelle des Systems - ergänzende "Assistenzsysteme" entwickelt werden, u.a. ein auf einem Dezimeter-genauen Sensorsystem zur Geo-Positionierung basierender "TrackAssistent" zum "elektronischen Ankern", "spurtreuen Manövrieren" und "elektronischen Festmachen".

## 5 Offene Fragen

Die auch an Bord spürbaren Veränderungen der Handlungsspielräume mit zunehmendem Alter betreffen nicht nur die körperliche Leistungsfähigkeit, sondern auch u.a. die Beweglichkeit und die Koordinationsfähigkeit sowie emotionale und psychische Aspekte.

Die vorliegende sportmedizinische Untersuchung konzentriert sich auf einzelne Belastungsarten "an Deck" und deren Quantifizierung mit Hilfe der Herzfrequenz.

Zur Dokumentation der vielfältigen, hier ausgeblendeten Problembereiche an Bord werden wichtige Gesichtspunkte in einem gesonderten Abschnitt der Langfassung des Projektberichtes beispielhaft beschrieben und - wo möglich - mit Hinweisen auf Lösungsansätze kommentiert.

Als wichtiges Defizit des aktuellen Wissenstandes hat sich das Fehlen von alters- und geschlechtsabhängigen Vergleichs- und Normdaten für die unterschiedlichen Belastungs- und Bewegungssituationen an Bord erwiesen.

Hierzu hat die FVSF in Zusammenarbeit mit dem ISS der Universität Kiel und dem Center of maritime Technologies (CMT) Anfang 2009 bei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungen (AiF) ein Forschungsprojekt beantragt, dessen Finanzierung im Juli 2009 bewilligt wurde und das ab Anfang 2010 innerhalb von 2,5 Jahren einen systematischen, für den Bootsbau nutzbaren Katalog von Normdaten erarbeiten soll.

## 6 Quellen und Literaturhinweise

- Abdrews, A. W.; et al. Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers. *Physical Therapy*, 76. P. 248-259.
- Adams, K.; et al. Aging : Its effects on strength, power, flexibility, and bone density. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 21, 2. P. 65-77.
- Bäckman, E.; et al. Isometric muscle strength and endurance in normal persons aged between 17 and 70 years. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 27. P. 109-117
- Beissner, K. L.; et al. Muscle force and range of motion as predictors of function in older adults. *Physical Therapy*, 80. P. 556-563
- Bös, K. (Hg.), *Handbuch Motorische Tests*, Göttingen-Bern-Toronto-Seattle (2001)
- Brown, D. A.; et al. Normative data for strength and flexibility of women throughout life. *European Journal of Applied Physiology*, 78, 1. P. 77-82.
- Büdefeld, J., *Projekt Fit & Sail - Studie: Stand der Entwicklung von Assistenzsystemen und deren Technologien zur Unterstützung von Navigation und Manövern im Nahbereich u.a. in der Berufsschiffahrt*, IBoAT-Report 3.5, Bonn (2007)
- Conzelmann, A., *Entwicklung konditioneller Fähigkeiten im Erwachsenenalter*, Schondorf (1997)
- Desrosiers, J.; et al. Normative data for grip strength of elderly men and women. *American Journal of Occupational Therapy*, 49, 7. P. 637-644.
- Fiatarone, M. A.; et al. High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *Journal of the American Medical Association*, 263, 22. P. 3029-3034.
- Gellish, R.L., Goslin, R.E., Olson, R.E., McDonald, Russi, G.D., Mougdil, V.K.: *Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate*, *Medicine & Science in Sport & Exercise* 39:822-829 (2007)
- Granacher, U., Gollhofer, A., *Auswirkungen des Alterns auf die Schnellkraftfähigkeit und das Reflexverhalten*, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, Jg. 56, Nr. 3 (2005)
- Granacher, U., *Neuromuskuläre Leistungsfähigkeit im Alter (> 60 Jahre): Auswirkungen von Kraft- und sensomotorischem Training*, Dissertation Universität Freiburg (2003)
- Hollman, W.; et al. (1990). *Sportmedizin. Arbeits- und Trainingsgrundlagen*. Stuttgart: Schattauer.
- Löllgen, H.: *Standards der Sportmedizin (Borg-Skala)*, *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, Jahrgang 55, Nr. 11 (2004)
- Mechling, H., Munzert, J.: *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre*, Schorndorf (2003)
- Mell, W.-D., *Projekt Fit & Sail - Konzept ComfoDrive: Dynamik, Ergonomie und Sicherheit des Manövrierens von Segelyachten unter Motor*, IBoAT-Report 3.4, Bonn (2007)
- Mell, W.-D., *Projekt Fit & Sail - Pilotstudie: Vergleich der Wirkungen von Vibrationstraining und Fahrtensegeln auf die Sprungkraft*, IBoAT-Report 3.2, Bonn (2006)

- Mell, W.-D., Projekt Fit & Sail - Zwischenbericht über den Stand des Projektes September 2007
- Mell, W.-D., Seniorens Segeln - Studie: Langzeitmessung Herz-Kreislaufbelastung Fahrtensegeln und Alltagsaktivitäten, IBoaT-Report 3.1, Bonn (2005)
- Mell, W.-D., Strukturen im Bootsmarkt, FVSF-Forschungsbericht Nr. 1 (2008)
- Mell, W.-D., Untersuchung Seniorens Segeln, in Wassersportwirtschaft 4/2005
- Müller, M., Den Leuten den Stress nehmen, in Yacht 21/2006
- Müller, M., Gesünder segeln, in Yacht 5/2006
- Müncheberg, M.J., Länger segeln im Alter, Die Welt 6.1.2007
- Rantanen, T.; et al. Maximal isometric strength and mobility among 75-year-old men and women. *Age and Ageing*, 23, 2. P. 132-137.
- Richter, H.; Weisser, B. (2007). Körperliche Inaktivität als gesundheitlicher Risikofaktor. *Praxismagazin*, 5, 6-9.
- Riekert, H., Siewers, M., Sportmedizinische Aspekte beim Segeln, Deutsches Ärzteblatt Jg. 96 Heft 9 (1999)
- Ringsberg, K.; et al. Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women? *Age and Ageing*, 28 .P. 289-293.
- Tanaka, H., Monahan, K.D., Seals, D.R.: Age-predicted maximal heart rate revisited, *Journal of the American College of Cardiology* 37:153-156 (2001)
- Tracht, J., Forschungsprojekt Fit & Sail, in Wassersportwirtschaft 2/2006
- Weisser, B, Mell, W.-D., Projekt Fit & Sail - Methodische Hinweise zur Diagnostik von Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit älterer Segler durch Fahrtensegeltörns, IBoaT-Report 3.3, Bonn (2007)
- Weisser, B. Hochdruck und Sport: Was müssen ältere Menschen dabei beachten? *Druckpunkt*, 1, 30-32. (2001)

## 7 Haftungsausschluss und Kontakt

Irren ist menschlich, daher muss folgendes gesagt werden:

Die in diesem Arbeitsbericht dargestellten Daten und Informationen wurden mit größter Sorgfalt erhoben, analysiert und ausgewertet. Dennoch ist es möglich, dass bei den Recherchen, Interpretationen oder beim Schreiben Fehler gemacht worden sind.

Die Autoren übernehmen die volle inhaltliche Verantwortung für diese Arbeit, müssen aber jeden Haftungsanspruch aus Schäden, die möglicherweise durch die Verwendung der Informationen aus diesem Arbeitsbericht entstehen, ablehnen.

Bei Hinweisen und Fragen zum Inhalt dieser Untersuchung bitten wir um formlose Kontaktaufnahme:

Prof. Dr. med. Burkhard Weisser  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel  
Institut für Sport und Sportwissenschaften  
Abteilung Sportmedizin  
Olshausenstr. 74  
D-24118 Kiel  
Tel.: (+49) 431 - 880 3775  
e-mail: [bweisser@email.uni-kiel.de](mailto:bweisser@email.uni-kiel.de)

Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell  
Institut für Boots-Tourismus (IBoaT)  
Jenastr. 14  
D-53125 Bonn  
Tel.: (+49) 228 - 25 62 92  
e-mail: [mell@iboat.de](mailto:mell@iboat.de)