

IBoaT-Report 3.6

**Projekt Fit & Sail**

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

Wolf-Dieter Mell, Ingeborg Sauer, Burkhard Weisser

Juli 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 wird als Kurzfassung in englischer Sprache als FVSF-Forschungsbericht Nr. 2 von der Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschifffahrt e.V. (FVSF) herausgegeben.

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

# Inhalt

1	Vorbemerkungen und Dank	5
2	Ausgangslage und Ziele	7
2.1	Ausgangslage und Voruntersuchungen	7
2.2	Projektrahmen, Thesen und Arbeitsaufträge	13
3	Der Projektkalender	16
4	Die sportmedizinischen Untersuchungen und ihre Ergebnisse	20
4.1	Untersuchungsdesign	20
4.2	Persönliche Daten und Messungen im Labor	21
4.2.1	Parameter und deren Interpretation	21
4.2.2	Anzahl und Altersstruktur der Probanden	24
4.2.3	Ergebnisse zu Ausdauer und Fitness	25
4.2.4	Ergebnisse zur Körperkraft	30
4.2.5	Ergebnisse zur Koordinationsfähigkeit	32
4.2.5.1	Einbeinstand	32
4.2.5.2	Rückwärts gehen	36
4.2.5.3	"Achterkreisen"	38
4.3	Messungen an Bord	38
4.3.1	Parameter und deren Interpretation	40
4.3.2	Ergebnisse im Überblick	41
4.3.3	Blutdruck und Belastung	47
4.3.4	Detailergebnisse zu körperlichen Belastungen	50
4.3.4.1	Abhängigkeiten von Alter, Geschlecht und Fitness	50
4.3.4.2	Abhängigkeiten vom Wind	54
4.3.5	Detailergebnisse zu mentalen Belastungen (Stress)	55
4.3.5.1	Abhängigkeiten von Alter, Geschlecht, Erfahrung und Fitness	56
4.3.5.2	Abhängigkeiten vom Wind	60
4.4	Bilanz	61
4.4.1	Ergebnisse zur Messtechnik:	61
4.4.2	Körperliche und mentale Belastungen	62
4.4.3	Einflussfaktoren auf die Höhe der Belastung	63
4.4.3.1	Vorab: Alter und maximale Herzfrequenz	63
4.4.3.2	Fitness	65
4.4.3.3	Erfahrung	66
4.4.3.4	Wetter	66

---

4.4.4	Altersabhängigkeiten	67
5	Das Teilprojekt ComfoDrive und seine Ergebnisse	68
5.1	Konzept	68
5.2	Realisierung und Testergebnisse	70
5.3	Entwicklungsstand	76
5.4	Entwicklungsoptionen	76
6	Offene Fragen und Lösungsansätze	79
6.1	Problembereiche an Deck	79
6.1.1	Kräfte, Leinen und Schoten	79
6.1.2	Beweglichkeit, Gleichgewicht, Laufflächen	84
6.1.3	Manövrieren, Sicherheit, Ergonomie	86
6.2	Problembereiche unter Deck	88
6.2.1	Laufflächen, Gleichgewicht, Sicherheit	88
6.2.2	Ergonomie und Komfort	88
6.3	Problembereich Hafen und Infrastruktur	90
7	Das Presseecho	94
8	Ausblick, Folgeprojekte, Kritik	95
9	Zusammenfassung	97
10	Quellen und Literaturhinweise	104
11	Verzeichnis der Abbildungen	105
12	Haftungsausschluss und Kontakt	108

# 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.

Das Konzept des Projektes wurde auf der Messe boot 2006 in Düsseldorf der Bootsbranche vorgestellt und durchgehend mit großem Interesse und Unterstützungsangeboten aufgenommen.

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 vorliegende Projektbericht beschreibt einerseits zusammenfassend die Ergebnisse der ersten Projektphase in den Untersuchungsjahren 2006 - 2008.

Andererseits sollen ergänzend zu den bereits gewonnenen Erkenntnissen wichtige der im Verlauf der Untersuchungen aufgetauchten noch offenen Fragen dokumentiert werden, um weitere Forschung auf diesem Feld anzuregen und zu motivieren.

Der Projektbericht wird in deutscher Sprache als IBoaT-Report 3.6 (ISSN 1860-7888) und als Kurzfassung in englischer Sprache als FVSF-Forschungsbericht Nr. 2 (ISSN 1867-8068) publiziert. Die Abbildungen sind aus technischen Gründen in Englisch beschriftet.

## 2 Ausgangslage und Ziele

### 2.1 Ausgangslage und Voruntersuchungen

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 (s.u.), 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" (FVSF-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:

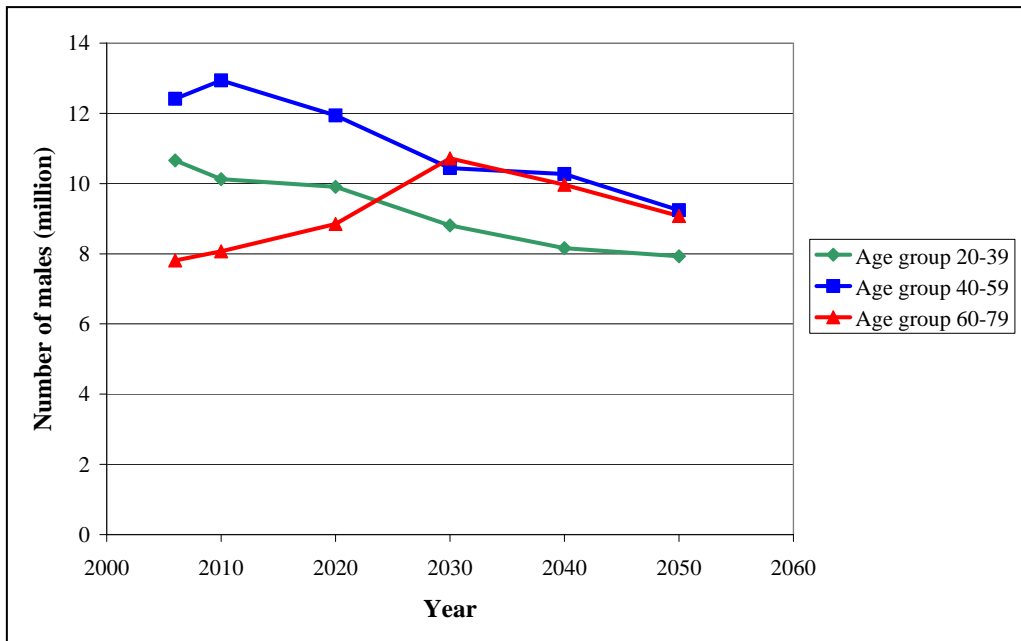
1. Die Vorausberechnungen der Bevölkerungsentwicklung (s. Abb. 2-1) zeigen, dass die Anzahl der 20-59-Jährigen in den kommenden Jahrzehnten um etwa 30% abnehmen wird, während die Altersgruppe der 60-79-Jährigen deutlich zunimmt.

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.

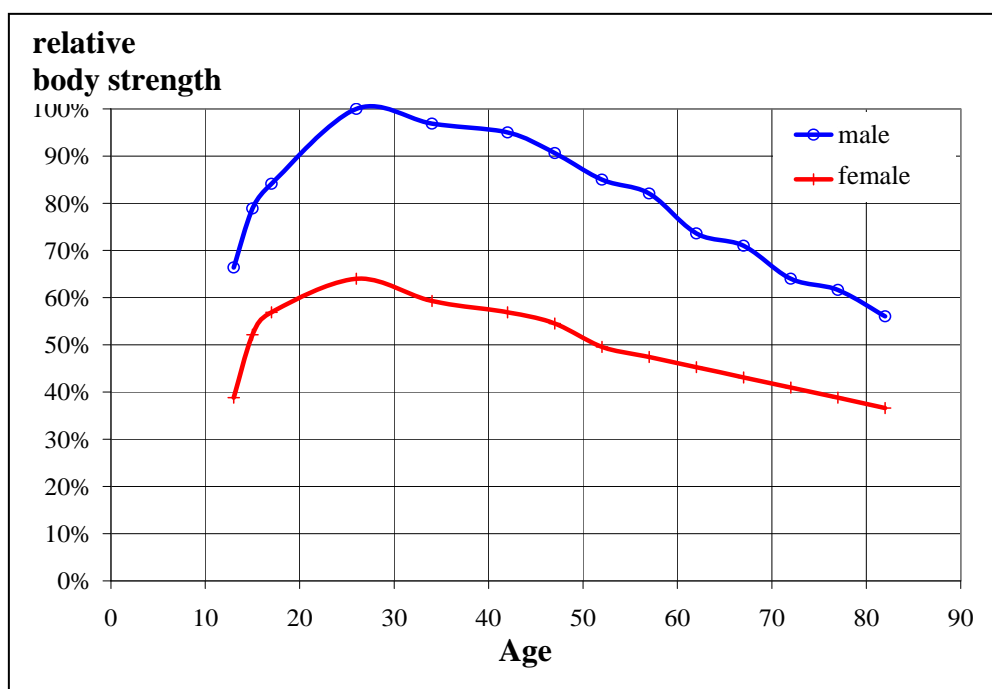
2. Sportwissenschaftliche Untersuchungen der Altersabhängigkeit körperlicher Leistungsfähigkeit (s. Abb. 2-2) zeigen einerseits einen allgemeinen Rückgang der Körperkräfte ab dem 30. Lebensjahr um im Mittel rund 8-10 % pro Lebensdekade, andererseits die um rund  $\frac{1}{3}$  geringeren Körperkräfte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



**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.

Ein wichtiges Ergebnis der oben genannten Pilotstudie war die Identifikation typischer Aktivitätsgruppen an Bord einer Segelyacht, für die in Langzeitmessungen u.a. die Herzfrequenzen und deren Bandbreiten als Index der Belastung gemessen wurden.

Beispieldaten des Probanden der Pilotstudie:

Alter des Probanden: 65 Jahre

Belastungsdaten wichtiger Aktivitätsgruppen:

Aktivitätsgruppe	Bandbreite (S/min)	relative Herzfrequenz (% HRmax) <sup>1)</sup>
"Segel, Leinen, Schoten"	100 - 130	60 - 77
"Manövrieren auf engem Raum"	100 - 135	60 - 80
"Lange Schläge"	75 - 100	45 - 60

<sup>1)</sup> HRmax = 169 S/min, maximale Herzfrequenz des Probanden

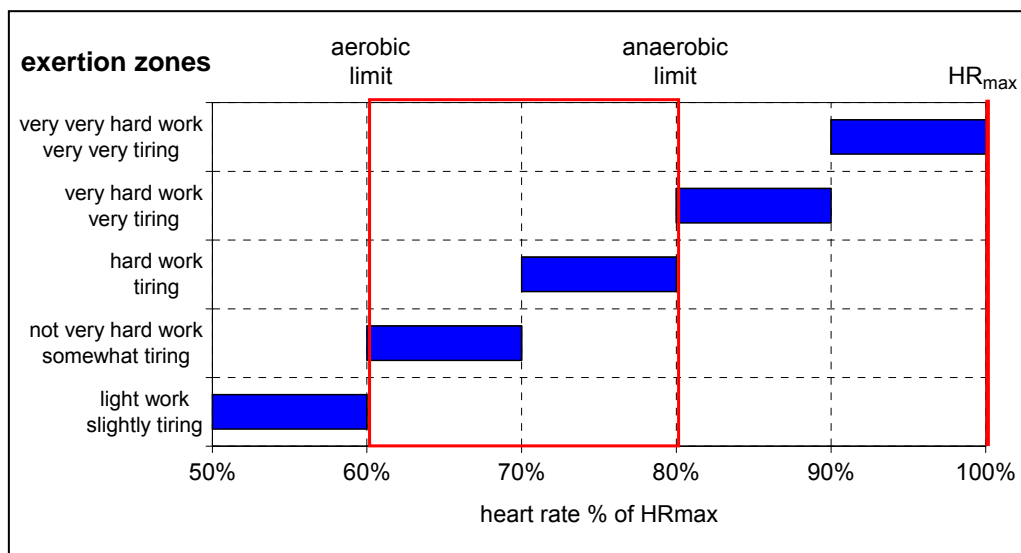
mit folgenden Definitionen der Aktivitätsgruppen:

- Aktivitätsgruppe "Segel, Schoten, Leinen"  
als Zusammenfassung der Vorschoter-Aktivitäten "Segel setzen", "Segel bergen" und "Kreuzen",
- Aktivitätsgruppe "Manövrieren auf engem Raum"  
als Zusammenfassung der Rudergänger-Aktivitäten unter Motor "Ablegen", "Anlegen in eine Box" und "durch eine Schleuse",
- Aktivitätsgruppe "Lange Schläge"  
als Zusammenfassung der Vorschoter-Aktivitäten "Segeln: Raumer Wind" und "Segeln: Am Wind" sowie der Rudergänger-Aktivität "Motorfahrt", die ein sehr ähnliches Belastungsniveau hat, wie das Steuern eines Bootes unter Segeln auf einem langen Schlag.

Die gemessenen Herzfrequenzen können mit Hilfe einer modifizierten Borg-Skala (s. u.a. Lölgen 2004) 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.



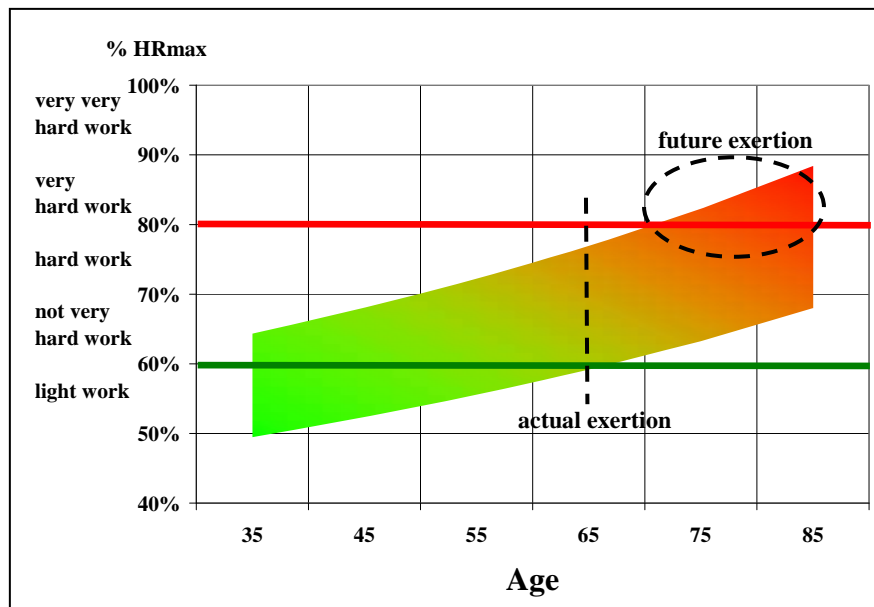
**Abb.: 2-3: Belastungszonen der modifizierten Borg-Skala in Abhängigkeit von den relativen Herzfrequenzen**

Ausgehend von der in den Untersuchungen 2007 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 rund 10 Schläge/Minute verringert, kann geschlossen werden, dass die relative Herzfrequenz (in %  $HR_{max}$ ) zur Erledigung einer Aktivität mit zunehmendem Lebensalter des Akteurs ansteigt und mit ihr auch die subjektiv wahrgenommene Belastung.

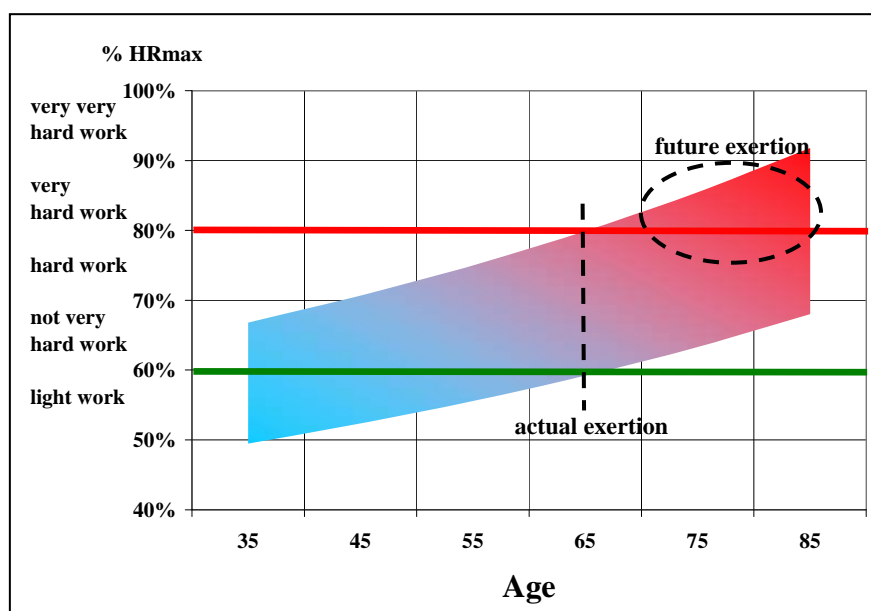
Hieraus lassen sich Altersprojektionen der voraussichtlichen Belastungen z.B. durch die o.g. dargestellten Aktivitätsgruppen am Beispiel des Probanden der Pilotstudie berechnen.

Die folgenden 3 Graphiken zeigen die Altersprojektionen für die Aktivitätsgruppen

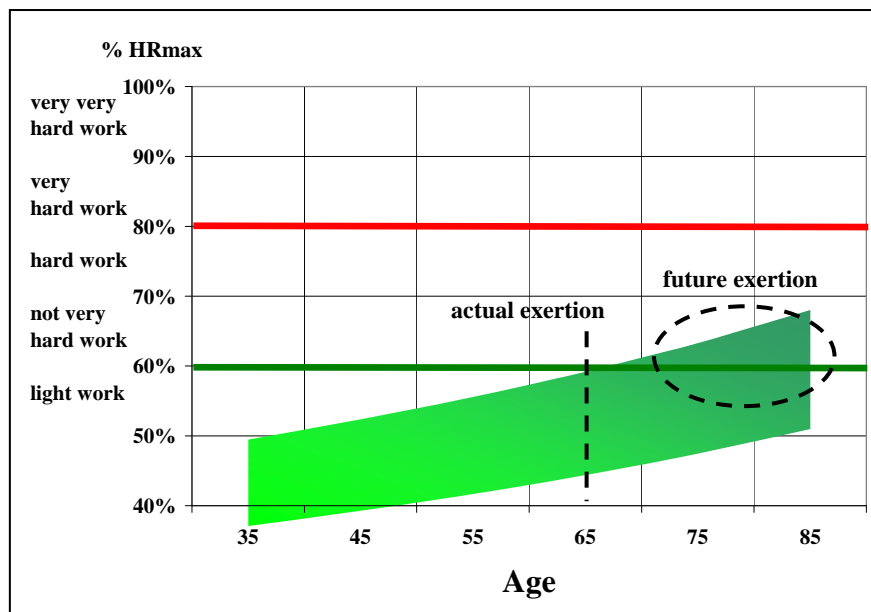
- "Segel, Leinen, Schoten",
- "Manövrieren auf engem Raum",
- "Lange Schläge"



**Abb.: 2-4: Altersprojektion für die Belastung durch die Aktivitätsgruppe "Segel, Leinen, Schoten"**



**Abb.: 2-5: Altersprojektion für die Belastung durch die Aktivitätsgruppe "Manövrieren auf engem Raum"**



**Abb.: 2-6: Altersprojektion für die Belastung durch die Aktivitätsgruppe "Lange Schläge"**

Aus den Projektionen ergeben sich folgende wichtige Hinweise:

- Das Handhaben der Segel, Leinen und Schoten ist für einen 65-jährigen Segler in weiten Teilen körperlich anstrengend und wird voraussichtlich spätestens mit 75 für ihn sehr anstrengend sein.
- Das Manövrieren eines Fahrtensegelbootes unter Motor in Häfen und Schleusen erzeugt (vor allem bei ungünstigen Wetterbedingungen) bei älteren Seglern erheblichen Stress mit hoher, anstrengender Herz-Kreislaufbelastung. Die Projektion lässt darauf schließen, dass dieser Stress mit zunehmendem Alter als sehr anstrengend empfunden wird.
- Das Segeln oder Motoren auf langen Schlägen erzeugt durch die verbleibenden korrigierenden Aktivitäten auf diesen Kursen ein leichtes Belastungsniveau. Diese Belastung liegt für die Altersgruppe 60+ im gleichen Leistungsbereich wie z.B. leichtes, sportliches Walking und kann deshalb als gesundheitsrelevantes Training interpretiert werden.

## 2.2 Projektrahmen, Thesen und Arbeitsaufträge

Um den Projektrahmen zu begrenzen wurde für die erste Phase des Projektes "Fit & Sail" von den Beteiligten eine Konzentration auf folgende Themenstellungen festgelegt:

- Gegenstand der Untersuchungen sind ältere männliche und weibliche Segler im Altersbereich 60+ auf Fahrtensegelyachten.  
Es wird davon ausgegangen, dass hierbei eine Reihe Teilprobleme

behandelt werden, die auch für ältere Wassersportler auf Motorbooten oder auf Jollen relevant sind.

- Die grundlegenden Fragestellungen lauten:
  - a) Warum geben ältere Segler ab etwa dem 70. Lebensjahr das Fahrtensegeln auf, obwohl sie gerne segeln, angemessen gesund und körperlich fit sind und obwohl sie anschließend weiterhin sicher und unauffällig Auto fahren?
  - b) Was kann von der Wassersportbranche getan werden, um potentielle ältere "Aussteiger" für weitere 5-10 Jahre - also bis zum 75.-80. Lebensjahr - an Bord ihrer Yachten zu halten und ihnen ein erfreuliches, angenehmes Segelvergnügen zu ermöglichen?
  - c) Hierbei zu berücksichtigen: Wie würden voraussichtlich andere Kundensegmente (z.B. jüngere Segler, wenig routinierte Segler, Familien-Crews etc.) auf entsprechende Angebote und Produkte reagieren?
- Aus der Studie von IBoAT zur Herz-Kreislaufbelastung beim Fahrtensegeln und den Vorüberlegungen ergeben sich folgende

### **3 Thesen:**

1. Es gibt an Bord von Fahrtensegelyachten eine Reihe von Aktivitäten und körperlichen Belastungen, die von den Seglern mit zunehmendem Alter als "unzumutbar anstrengend" empfunden werden. Erreichen wiederkehrende Belastungen individuelle Grenzwerte ("Nutzungsschwellen"), so wird der Segler oder die Seglerin an Bord diese Aktivitäten verweigern.
2. Das Manövrieren von konventionell ausgerüsteten Fahrtensegelyachten (ohne Querstrahlruder) in Häfen, Schleusen und anderen "engen Räumen" erzeugt bei ungünstigen Randbedingungen (Seitenwind, Strömung) ein hohes Stresspotential, das mit zunehmendem Alter ebenfalls als "unzumutbar anstrengend" beurteilt wird. Erreicht das Stresspotential ein bestimmtes, individuelles Niveau, so wird sich der Segler oder die Seglerin diesen Anforderungen entziehen.
3. Abgesehen von den Situationen mit hohen Belastungen bietet das Fahrtensegeln u.a. auf den "langen Schlägen" Aktivitäten und Bewegungen mit Belastungsniveaus von leichtem Kraft- und Ausdauertraining. Dieses Training sollte sich nach Törns ausreichender Dauer in einer verbesserten Kondition der Segler sportmedizinisch nachweisen lassen.

Hieraus ergaben sich folgende Arbeitsaufträge für den ersten Forschungsabschnitt des Projektes:

- 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?
  - c) Lassen sich gesundheitsfördernde trainierende Auswirkungen von Fahrtensegeltörns sportmedizinisch nachweisen?

Die Bearbeitung dieser Fragen wurde dem Institut für Sport und Sportwissenschaften der Universität Kiel übertragen.

- 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.

Die Bearbeitung dieses Teilprojektes mit der Projektbezeichnung "ComfoDrive" wurde dem Institut für Boots-Tourismus in Bonn übertragen.

- Es wird nach Verfahren gesucht, den grundsätzlichen Kraftaufwand bei der Handhabung der Fallen und Schoten zu reduzieren. Im Fokus sind als Lösungsansätze u.a. Motor-getriebene Winschen, die nicht nur holen, sondern auch fieren können.

Die Bearbeitung dieses Teilprojektes wurde aus Kapazitätsgründen zunächst zurückgestellt.

### 3 Der Projektkalender

Die folgende Tabelle beschreibt den Zeitablauf des Projektes von den ersten Gesprächen auf der boot Düsseldorf im Januar 2005 bis zum Abschluss der ersten Projektphase Ende 2008.

Januar 2005	boot 2005 Düsseldorf: Erste Gespräche von IBoaT mit Vertretern des Bundesverbandes Wassersportwirtschaft über die Probleme älterer Segler an Bord von Fahrtensegelyachten, die dazu vorliegenden Daten beim BVWW und die hierzu geplante Studie von IBoaT.
September 2005	Veröffentlichung der Ergebnisse einer ersten Pilotstudie über Langzeitmessungen der Herz-Kreislaufbelastung während eines Törns mit einem Fahrtensegelboot in IBoaT-Report 3.1, erster Kontakt zu Prof. Weisser, Institut für Sport und Sportwissenschaften (ISS), Universität Kiel.
Oktober 2005	Artikel "Untersuchung Seniorens Segeln" in der vom BVWW herausgegebenen Zeitschrift Wassersport Wirtschaft. Konzept eines Forschungsprojektes "Fit & Sail" in Kooperation von BVWW, IBoaT und ISS.
Januar 2006	boot 2006 Düsseldorf: Gespräche mit Vertretern der Wassersportbranche über das geplante Projekt, Unterstützungsangebote u.a. von <ul style="list-style-type: none"> <li>• HanseYachts (Bereitstellung einer "Forschungsyacht"),</li> <li>• ancora Marina (Service, Winterlager, Einbauarbeiten),</li> <li>• Volvo Penta (Querstrahlruder und elektronische Motorfernbedienungen),</li> <li>• A.W. Niemeyer (bewegliche Boots-ausrüstung),</li> <li>• IMCI (finanzielle Zuwendungen aus dem Donation Program).</li> </ul>
Juni 2006	1. Statusbericht des Projektes "Fit & Sail"
Juli 2006	Studenttörn von IBoaT zur Untersuchung des Einflusses des Fahrtensegelns auf die körperliche Leistungsfähigkeit. Anschließend: Vergleichendes Training einer kleinen Probandengruppe bei IBoaT in Bonn mit einem von der Firma Novotec Medical GmbH (Pforzheim) unentgeltlich



- zur Verfügung gestellten Vibrations-Trainingssystem und einer Sprungmessplatte.
- August 2006 Kooperationsvertrag zwischen BVWW, ISS und IBoaT, Übernahme der rechtlichen Projektträgerschaft durch den BVWW.
- September 2006 Übergabe der ausgerüsteten Yacht Hanse 341 "Fit & Sail" in Greifswald am 1.9.2006 als "Dauerleihgabe" der HanseYachts AG an das Projekt "Fit & Sail", Überführung nach Kiel, offizielle Übergabe an das ISS im Rahmen einer Pressekonferenz am 14.9.2006.  
Beginn der Untersuchungen von Probanden an Bord der "Fit & Sail".
- Oktober 2006 Einbau von Bug- und Heckstrahlruder (Sponsor: Volvo Penta) in die von IBoaT beigestellte Neptun 22 "BERTA" durch die ancora Marina für die Entwicklungsarbeiten des "ComfoDrive"-Konzeptes.  
Sehr erfolgreiche erste Tests.  
Überführung der "Fit & Sail" ins Winterlager zur ancora Marina nach Neustadt.
- November 2006 Erfolgreiche Tests des ComfoDrive-Joystick-Konzeptes mit einem ferngesteuerten Modellboot durch IBoaT in Bonn.  
Patentanmeldung am 29.11.2006.
- November 2006 2. Statusbericht des Projektes "Fit & Sail".
- Dezember 2006 Workshop am ISS in Kiel zum Stand des Projektes und der Planungen für 2007.  
Veröffentlichung des IBoaT-Report 3.2 "Pilotstudie: Vergleich der Wirkungen von Vibrationstraining und Fahrtensegeln auf die Sprungkraft".
- Januar 2007 Nach einer formlosen Ausschreibung auf der Grundlage eines von IBoaT erstellten Pflichtenheftes, Auftrag an die Firma BCE Elektronik in Lemgo zum Bau eines ersten Prototyps der ComfoDrive-Elektronik.
- März 2007 Veröffentlichung des IBoaT-Report 3.3 "Methodische Hinweise zur Diagnostik von Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit älterer Segler durch Fahrtensegeltörns".
- März 2007 3. Statusbericht des Projektes "Fit & Sail".

- 
- April - Juni 2007 Lieferung des ersten Prototyps der ComfoDrive-Elektronik und des ComfoDrive-Joysticks durch BCE, Einbau zusammen mit einer von Volvo Penta beigestellten elektronischen Motorfernbedienung in die "BERTA" durch die ancora Marina.
- Mai 2007 Überführung der "Fit & Sail" am 13.5. nach Erledigung der Winter- und Pflegearbeiten von der ancora Marina zurück nach Kiel.  
Fortsetzung der sportmedizinischen Untersuchungen an Bord der "Fit & Sail" am ISS in Kiel.
- Juli 2007 Umfangreiche Tests des ComfoDrive-Systems auf der "BERTA" mit wichtigen Ergebnissen zur Joystick-Ergonomie.
- Juli 2007 4. Statusbericht des Projektes "Fit & Sail".
- August 2007 Veröffentlichung des IBoAT-Report 3.4 "Konzept ComfoDrive: Dynamik, Ergonomie und Sicherheit des Manövrierens von Segelyachten unter Motor".  
Veröffentlichung des IBoAT-Report 3.5 mit einer Gast-Studie von Prof. Jürgen Büddefeld: "Stand der Entwicklung von Assistenzsystemen und deren Technologien zur Unterstützung von Navigation und Manövern im Nahbereich u.a. in der Berufsschiffahrt".
- Oktober -  
November 2007 Überführung der "Fit & Sail" von Kiel zur ancora Marina nach Neustadt,  
Lieferung eines zweiten Prototyps der ComfoDrive-Elektronik sowie einer geänderten Version des ComfoDrive-Joysticks durch BCE,  
Einbau gemeinsam mit einer von Volvo Penta gesponserten elektronischen Motorfernbedienung in die "Fit & Sail" durch ancora Marina.
- November 2007 Pressekonferenz der Messe Düsseldorf am 8.11.2007, Präsentation der vorläufigen Ergebnisse der sportmedizinischen Untersuchungen und des ComfoDrive-Projektes.
- November 2007 Zusammenfassender öffentlicher Zwischenbericht über den Stand des Projektes "Fit & Sail".
- Dezember 2007 Ausführlicher Test des ComfoDrive-Systems am 4.12. auf der "Fit & Sail" durch die Zeitschrift YACHT in Neustadt,

- umfangreicher Bericht in der YACHT vom 9.1.2008.
- Januar 2008 boot 2008 Düsseldorf:  
Transfer der "Fit & Sail" von Neustadt nach Düsseldorf,  
Präsentation des Projektes und seiner bisherigen Ergebnisse  
auf einem großen Sonderstand (gesponsert durch die Messe  
Düsseldorf),  
u.a. Demonstration der ComfoDrive-Funktionen mit einem  
Modellboot,  
Transfer der "Fit & Sail" für den Einbau ergänzender  
Ausrüstung zu HanseYachts nach Greifswald.
- April 2008 Programmierung eines Update der ComfoDrive-Elektronik  
durch BCE zur verbesserten Ansteuerung der elektro-  
nischen Motorfernbedienung,  
Einspielen und erfolgreicher Test dieses Update auf der  
"BERTA",  
Reorganisation der Elektrik und des Schalter-Paneels für  
den ComfoDrive auf der "BERTA" als Ergebnis der  
Ergonomie-Tests.
- Mai 2008 Überführung der "Fit & Sail" von Greifswald nach Kiel.  
Planmäßige Fortsetzung der sportmedizinischen Unter-  
suchungen.
- Juli 2008 Update der ComfoDrive-Elektronik auf der "Fit & Sail" in  
Kiel durch BCE und Mitarbeiter der ancora Marina.  
Präsentation der "Fit & Sail" und des ComfoDrive auf dem  
Händlermeeting der HanseYachts AG in Greifswald, hierzu  
Überführung der Yacht hin und zurück.
- November 2008 Überführung der "Fit & Sail" ins Winterlager zur ancora  
Marina.
- Dezember 2008 Workshop zum Abschluss der ersten Projektphase am ISS  
in Kiel,  
Aufbereitung der während des Projektes erhobenen  
Untersuchungsergebnisse,  
Beginn der statistischen Auswertung der Daten.
- Dezember 2008 5. Statusbericht des Projektes "Fit & Sail".

## 4 Die sportmedizinischen Untersuchungen und ihre Ergebnisse

### 4.1 Untersuchungsdesign

Die sportmedizinischen Untersuchungen am Institut für Sport und Sportwissenschaften der Universität Kiel basieren auf folgendem Design:

#### 1. Voruntersuchungen

Zunächst werden für jeden Probanden bei einem Besuch im Institut grundlegende persönliche Daten (Alter, Geschlecht, Körpergewicht) sowie die seglerische Erfahrung (Seemeilen pro Jahr) und die alltägliche (wöchentliche) sportliche Betätigung erfasst. Ergänzend werden in einer Anamnese die gesundheitliche Vorgeschichte, aktuelle Beschwerden und gesundheitliche Risiken evaluiert.

Mit einem standardisierten Fahrradergometrie-Test werden die kardiovaskuläre Fitness und der Trainingszustand gemessen. Zusätzlich werden mit geeigneten Tests Parameter zur individuellen Körperkraft und zur Koordinationsfähigkeit erhoben.

Diese Daten dienen einerseits der Einordnung der Probanden in das Spektrum entsprechender Normdaten für die Gesamtbevölkerung, andererseits der differenzierten Beurteilung der Belastungsmessungen an Bord.

#### 2. Messungen an Bord

Bei einem zweiten Termin an Bord der Segelyacht "Fit & Sail" (Typ: Hanse 341, Länge 10,35m, Rollreff-Selbstwendefock (21m<sup>2</sup>), durchgelattetes Großsegel (33,5m<sup>2</sup>) mit Lazyjack-Bergesystem) wird pro Proband während eines etwa 2-stündigen Törns auf der Kieler Förde ein "standardisiertes" Testprogramm mit typischen Aktivitäten und Manövern durchgeführt. Während des gesamten Tests werden regelmäßig die Herzfrequenz und der Blutdruck des Probanden gemessen und automatisch gespeichert.

Die Crew besteht während des Törns neben den ein oder zwei Probanden an Bord aus i.d.R. 3 Institutsmitarbeitern, darunter einem Segellehrer des Instituts als navigatorische Aufsicht, der Projektleiterin oder einer Vertretung zur sportmedizinischen Überwachung der Tests und einer Hilfskraft.

Eine Besonderheit der technischen Ausrüstung der "Fit & Sail" bestand darin, dass bis Mitte 2008 die Hauptmaschine der Yacht trotz des bereits Anfang 2008 eingebauten ComfoDrive-Systems aus technischen Gründen weiterhin über eine

mechanische Fernbedienung (an der BB-Seite der Steuersäule) bedient wurde und die Querstrahlruder-Funktionen während der Tests nicht eingeschaltet wurden. Ab Mitte 2008 wurden sowohl die Hauptmaschine als auch die Querstrahlruder der Yacht integriert über den ComfoDrive-Joystick bedient. Aus test-pädagogischen Gründen wurde allerdings bei den Untersuchungen für die Motormanöver nur das Bugstrahlruder aktiviert.

### 3. Substudie: "Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit durch Fahrten-segeltörns"

Das grundlegende Konzept und die erforderliche Diagnostik für diese Substudie wurde Ende 2006 erarbeitet und in dem IBoaT-Report 3.3 beschrieben:

Geeignete Probanden unternehmen auf eigenem Boot einen mehrwöchigen Segeltörn, den sie mit einem vorgegebenen Logbuch dokumentieren.

Die Probanden werden kurz vor und kurz nach dem Törn einer ausführlichen Leistungsuntersuchung unterzogen, deren Differenzen in Verbindung mit den Aktivitäts-Parametern aus dem Logbuch Hinweise auf Veränderungen der körperlichen Leistungsfähigkeit durch den Törn geben sollen.

Eine wichtige Randbedingung dieser Substudie ist die Forderung, die Leistungsuntersuchungen nach dem Törn innerhalb einer Woche nach der Rückkehr durchzuführen, um auch kleine, sich kurzfristig zurückbildende Trainingseffekte erfassen zu können.

Da für diese Substudie in der Saison 2007 und 2008 keine ausreichende Anzahl geeigneter Probanden gewonnen werden konnten, muss diese Untersuchung auf einen späteren Zeitpunkt verschoben werden.

## **4.2 Persönliche Daten und Messungen im Labor**

### **4.2.1 Parameter und deren Interpretation**

#### **1. Persönliche Daten:**

Parameter

- Lebensalter
- Geschlecht
- Anzahl gefahrener Seemeilen pro Jahr in den letzten Jahren
- Umfang sportlicher Aktivität in Stunden pro Woche

Interpretation:

Es soll geprüft werden, ob und in welchem Umfang Belastungs- und Fitnessmessungen mit den Persönlichen Daten korrelieren.

## **2. Fahrradergometrische Untersuchung mit Laktatmessung (nach WHO-Schema)**

Parameter:

- Herzfrequenz in Schlägen pro Minute bei Erreichen der "4mmol-Schwelle" (aerob-anaerober Übergang)
- Leistung in Watt bei Erreichen der "4mmol-Schwelle"
- Körpergewicht
- Leistung in Watt pro Kilogramm Körpergewicht bei Erreichen der "4mmol-Schwelle"
- PWC 130 (Physical Working Capacity 130) Leistung pro Körpergewicht (in Watt pro kg) bei einer Herzfrequenz von 130 Schlägen pro Minute.

Interpretation:

Die Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) in Abhängigkeit von der gerade erbrachten Leistung (in Watt) - ggf. in Verbindung mit der dabei entstehenden Laktatkonzentration (in mmol) - ist ein sehr guter Parameter zur Bestimmung der kardiovaskulären Belastungsintensität (s. Literatur).

Die standardisierten Belastungsmessungen auf einem Fahrradergometer dienen dabei der Ermittlung von vergleichbaren Parametern zur persönlichen Fitness und zu den individuellen Leistungsgrenzen.

Eine Laktatkonzentration von 4mmol (anaerobe Schwelle) gilt als die maximale individuelle Belastung, die von Nicht-Sportlern langfristig durchgehalten werden kann, da höhere Laktatkonzentrationen nicht mehr ausreichend schnell vom Körper abgebaut werden.

Die auf dem Fahrradergometer gemessene Leistung sowohl an der 4mmol-Schwelle als auch bei definierten Herzfrequenzen (je nach Altersgruppe 130, 150, 170 Schläge pro Minute) wird international als vergleichbarer Index der individuellen kardiovaskulären Leistungsfähigkeit (Fitness, Trainingszustand) verwendet. Die Aussagekraft dieses Parameters kann in vielen Fällen verbessert werden, wenn die gemessene Leistung auf das Körpergewicht des Probanden bezogen wird (s. Literatur).

## 2. Messung der Armkraft:

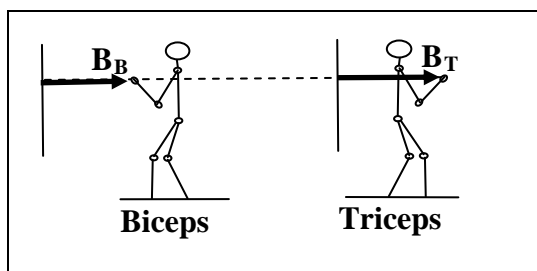
### Parameter

- maximale Kraftentwicklung im Musculus Biceps rechts in kg,
- maximale Kraftentwicklung im Musculus Biceps links in kg,
- maximale Kraftentwicklung im Musculus Triceps rechts in kg,
- maximale Kraftentwicklung im Musculus Triceps links in kg,

### Interpretation:

Bizeps und Trizeps sind die beiden antagonistischen Muskeln auf dem Oberarm. Der Bizeps auf der Vorderseite zieht den Unterarm zum Körper, der Trizeps auf der Rückseite drückt den Unterarm vom Körper weg.

Die Kraftentwicklung dieser beiden Muskeln kann z.B. mit Hilfe einer Federwaage gemessen werden, die etwa in Schulterhöhe z.B. an einer Wand fixiert wird.



**Abb.: 4.2-1: Messung der Kraftentwicklung von Bizeps und Trizeps**

Die Oberarmkraft ist einerseits ein wichtiger Parameter bei der Bedienung der Fallen und Schoten auf Segelyachten. Andererseits ist aus vielen medizinischen Studien bekannt, dass die Kraftentwicklung dieser Muskelgruppe mit steigendem Lebensalter abnimmt, und dass Frauen mit diesen Muskeln im Mittel etwa 30% weniger Kraft entwickeln als Männer (s. Kap. 2.1).

Es soll überprüft werden, in welchem Umfang sich die individuellen Armkräfte auf die Belastungen an Bord auswirken.

## 3. Messung der Koordinationsfähigkeit:

### Parameter

- a) "Einbeinstand", Messung der Fähigkeit, das statische Gleichgewicht zu halten:

Der Proband steht 30 Sekunden lang auf einem Bein, gezählt wird Zahl der Bodenberührungen des anderen Fußes, mit denen das Gleichgewicht wieder hergestellt werden soll.

- Einbeinstand mit offenen Augen, rechtes Bein,
  - Einbeinstand mit offenen Augen, linkes Bein,
  - Einbeinstand mit geschlossenen Augen, rechtes Bein,
  - Einbeinstand mit geschlossenen Augen, linkes Bein.
- b) Rückwärts gehen:  
Der Proband geht 6 m rückwärts auf einer Linie, wobei er die Füße direkt hintereinander setzt.
- Zeit in Sekunden für 6 m Rückwärtsgang.
- c) "Achterkreisen", Messung der Fähigkeit, das dynamische Gleichgewicht zu halten:  
Der Proband steht auf einem Bein seitlich neben 2 Keulen, die 50 cm auseinander stehen. Mit dem freien Bein werden die beiden Keulen in Form einer "8" 10-mal umkreist.
- Zeit in Sekunden für 10 "Achterkreise", stehend auf dem rechten Bein,
  - Zeit in Sekunden für 10 "Achterkreise", stehend auf dem linken Bein.

### Interpretation

Die Koordinationsfähigkeit, insbesondere die Fähigkeit statisch und dynamisch das Gleichgewicht zu halten, ist für die sichere Handhabung einer Yacht von erheblicher Bedeutung.

Mit den dargestellten Messungen soll festgestellt werden, ob und in welchem Umfang sich diese Tests zur Bestimmung eingeschränkter Koordinationsfähigkeit eignen, und ob bestimmte Aktivitäten und Belastungen an Bord mit den Ergebnissen der Koordinationsmessungen korrelieren.

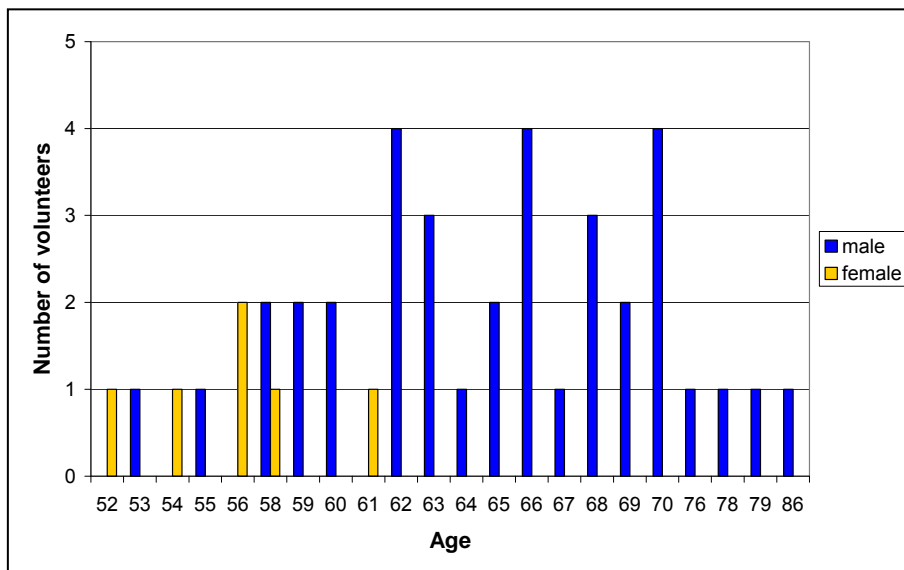
### 4.2.2 Anzahl und Altersstruktur der Probanden

An den Untersuchungen nahmen insgesamt 42 Probanden teil:

- 36 Männer im Alter zwischen 53 und 86 Jahren
- 6 Frauen im Alter zwischen 52 und 61 Jahren.

Die Graphik 4.2-2 zeigt die Altersverteilung:





**Abb.: 4.2-2: Altersverteilung der Probanden**

Die Altersverteilung der Probanden verdeutlicht für die Männer die gewünschte Häufung im Altersbereich 60-70 Jahre, für die Frauen eine leider nur schwache Besetzung im Altersbereich 50-60.

### 4.2.3 Ergebnisse zu Ausdauer und Fitness

#### 1. Fitness der Probanden

Die beiden folgenden Graphiken zeigen die Verteilung des Fitnessparameters PWC 130 über dem Alter der Probanden.

Der "Normwert" für gesunde, untrainierte Männer beträgt altersunabhängig **1,5** (s. Literatur). PWC 130 Werte um 2 für Männer verweisen auf eine überdurchschnittlich gute Fitness, vermutlich durch regelmäßigen Sport, Werte um 1 auf geringe Fitness und wenig regelmäßige körperliche Aktivität.

Für Frauen beträgt der "Normwert" gesunder, untrainierter Personen 1,3. Werte um 2 verweisen auf eine sehr gute körperliche Fitness.

Ergebnis:

- Die Fitness der männlichen Probanden liegt genau im Durchschnitt der gesunden, untrainierten Bevölkerung.
- Die Fitness der wenigen an der Untersuchung beteiligten Frauen war dagegen durchgehend überdurchschnittlich sehr gut.

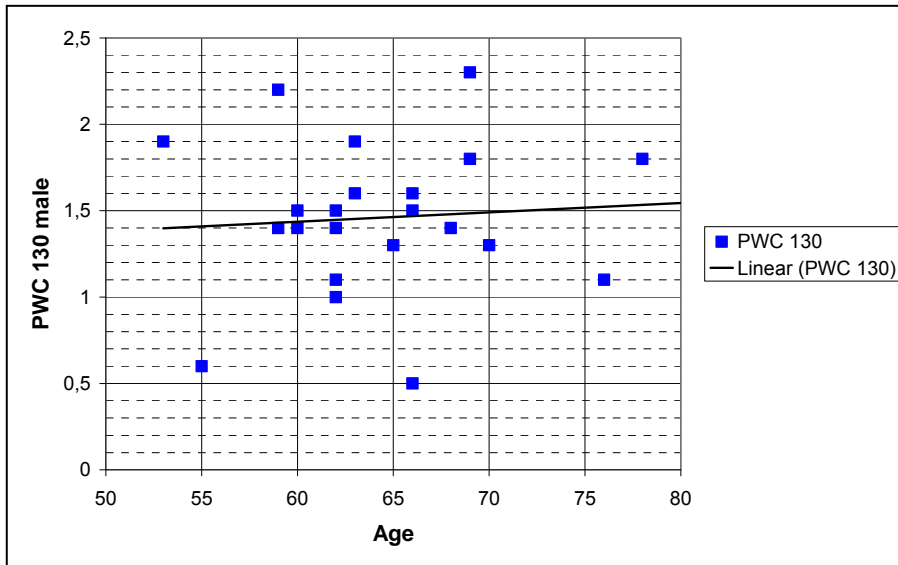


Abb.: 4.2-3: Fitness der männlichen Probanden nach PWC 130

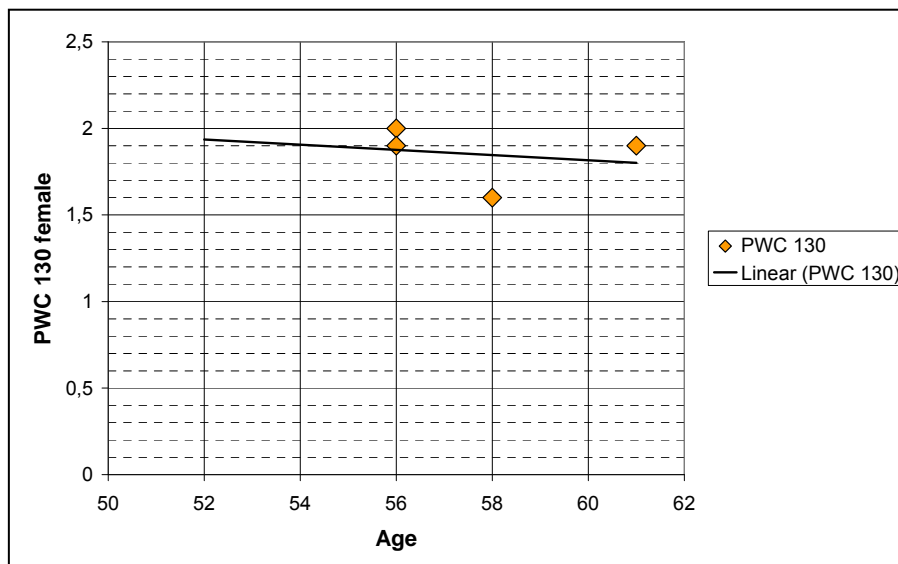


Abb.: 4.2-4: Fitness der weiblichen Probanden nach PWC 130

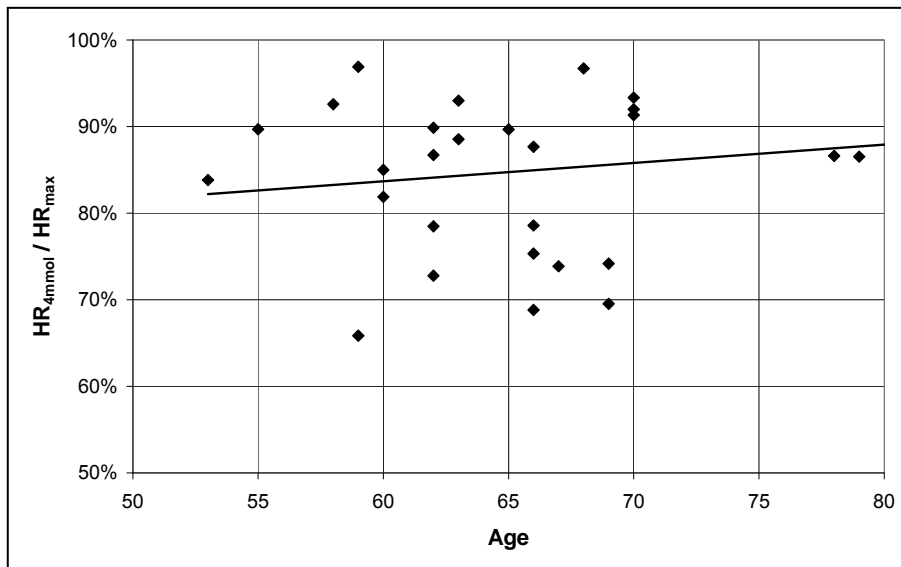
## 2. Anaerobe Schwelle: relative Herzfrequenz

Die Herzfrequenz - bzw. unter Berücksichtigung des Lebensalters die relative Herzfrequenz - an der anaeroben Schwelle (Laktatkonzentration 4mmol) ist ein weiterer Indikator für die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems.

Die relative Herzfrequenz wird auf die maximale Herzfrequenz des Probanden bezogen, deren "Normwert" für Männer aus der Formel

$$HR_{\max} = 220 - \text{Lebensalter}$$

abgeschätzt werden kann.



**Abb.: 4.2-5: Relative Herzfrequenzen der männlichen Probanden an der anaeroben Schwelle (Laktatkonzentration 4mmol)**

Die Graphik zeigt die Verteilung der relativen Herzfrequenzen der männlichen Probanden an der anaeroben Schwelle:

- Der Mittelwert liegt bei 85%, die Standardabweichung bei  $\pm 10\%$ .

Dies sind durchschnittliche Werte (bezogen auf die gesunde Bevölkerung dieser Altersgruppe), eine weitere Abhängigkeit vom Lebensalter ist nicht zu erkennen.

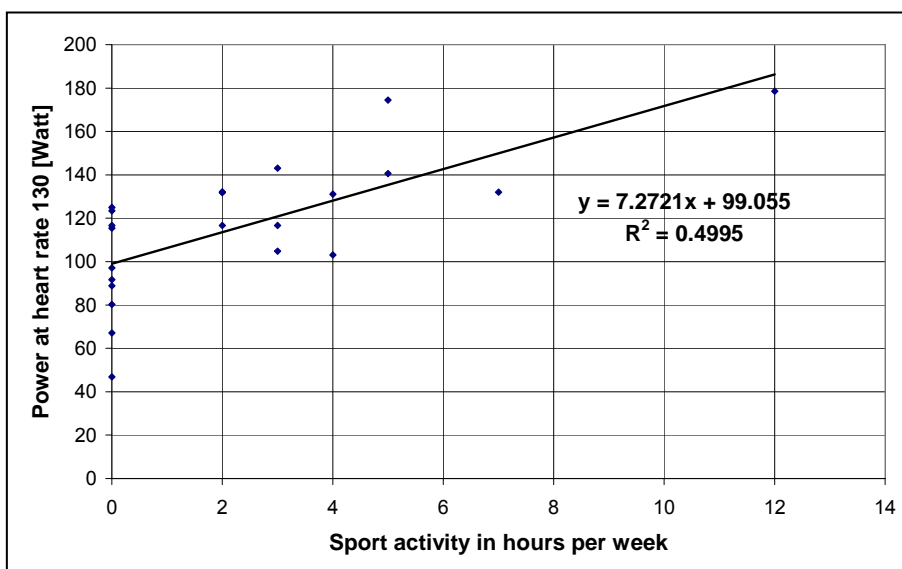
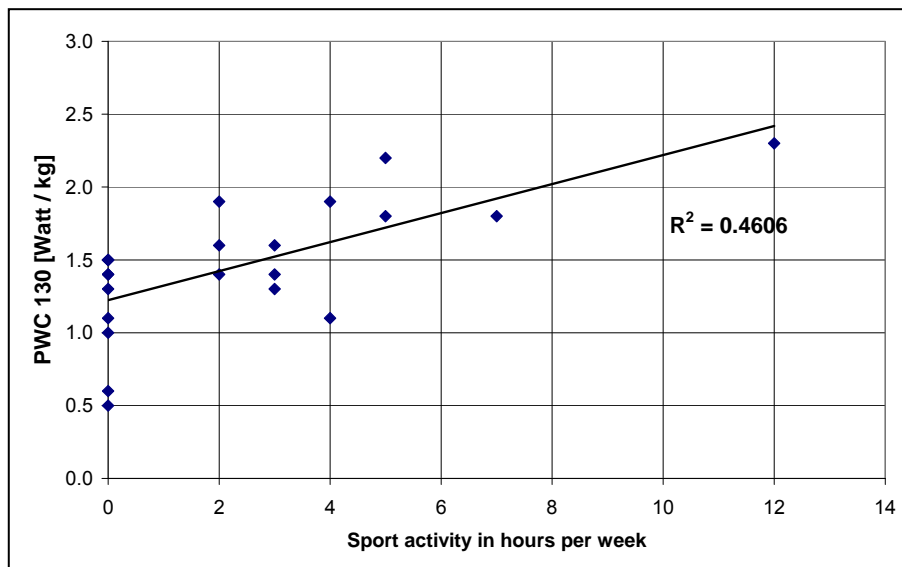
### 3. Sportliche Aktivität und Fitness

Eine wichtige Frage ist, ob und in welchem Umfang sich regelmäßige sportliche Aktivität auf die Fitness auswirkt.

In den Untersuchungen wurde als einfacher Index der Umfang regelmäßiger sportlicher/körperlicher Aktivität in Stunden pro Woche abgefragt.

Die beiden folgenden Graphiken zeigen (ohne Berücksichtigung des Lebensalters) die Auswirkungen regelmäßiger sportlicher Aktivität männlicher Probanden auf die körperliche Leistungsfähigkeit, gemessen einerseits als PWC 130 (unter Einbeziehung des Körpergewichtes), andererseits direkt als Leistung in Watt (bei einer Herzfrequenz von 130).

Der Zusammenhang ist beachtlich: Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  (kennzeichnet die gegenseitige Abhängigkeit der Variablen voneinander) beträgt für PWC 130 0,46 und für die erbrachte Leistung bei dieser Herzfrequenz sogar 0,5.



**Abb.: 4.2-6: Abhängigkeit der körperlichen Leistung bei einer Herzfrequenz von 130 von der wöchentlichen sportlichen Aktivität**

Das bedeutet im Detail:

- Eine Herzfrequenz von 130 Schlägen / Minute entspricht bei den im Durchschnitt 65-jährigen Probanden einer relativen Herzfrequenz von etwa 84% und liegt damit im Bereich der anaeroben Schwelle an der oberen Belastungsgrenze.
- In diesem Belastungsbereich beträgt der Zusammenhang zwischen verbesserter Leistung und dem wöchentlichen Umfang der sportlichen Aktivität 50%.

- Aus der linearen Regression ergibt sich vereinfacht:  
Jede zusätzliche Stunde wöchentlicher sportlicher Aktivität erhöht die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems um rund 7%.

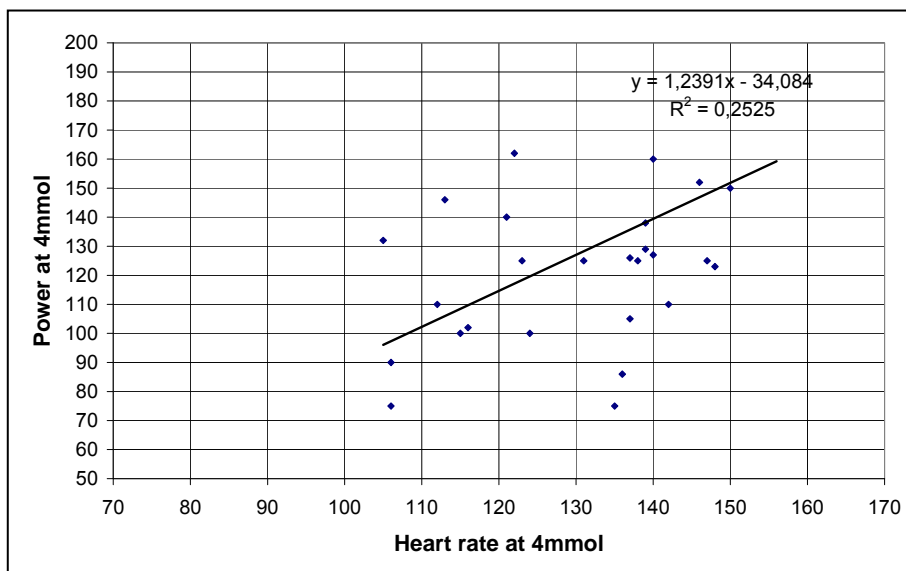
Die Graphiken zeigen ergänzend, dass der "Normwert" für PWC 130 von 1,5 für gesunde Männer offensichtlich eine regelmäßige sportliche (oder vergleichbare) Mindestaktivität von etwa 3 Stunden pro Woche erfordert.

Der Parameter PWC 130 gilt als Alters-unabhängiges Fitnessmaß. Eine Überprüfung des Zusammenhangs von Alter und PWC-Ergebnis der Probanden mit Hilfe einer Regressionsanalyse (s. auch Abb. 4.2-3) ergibt ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,005$  und bestätigt den Normansatz. Die Regression des Zusammenhangs von Alter und Leistung (bei einer Herzfrequenz von 130) ergibt ein  $R^2 = 0,016$  und bestätigt ebenfalls, dass bei der Interpretation von Messungen der Herzfrequenz und der dabei erbrachten Leistung - zumindest im mittleren und höheren Belastungsbereich - das Lebensalter der Probanden eine untergeordnete Rolle spielt.

Hinweis:

Die Überprüfung des Zusammenhangs zwischen der Fitness (PWC 130) und der von den Probanden pro Jahr gefahrenen Seemeilen ergab mit einem  $R^2 = 0,013$  keine signifikante Beziehung zwischen diesen Parametern.

#### 4. Zusammenhang von Herzfrequenz und physischer Leistung



**Abb.: 4.2-7: Abhängigkeit der körperlichen Leistung (in Watt) von der Herzfrequenz (in Schlägen/Minute) bei einem Laktatspiegel von 4mmol**

Die Graphik zeigt den Zusammenhang von Herzfrequenz und Leistung bei hoher körperlicher Belastung an der anaeroben Schwelle.

Die Regression der Probandendaten zeigt ein Bestimmtheitsmaß  $R^2 = 0,25$  und damit die erwartete deutliche gegenseitige Abhängigkeit. Allerdings müssen bei der Interpretation von Herzfrequenzmessungen zusätzlich weitere Einflussfaktoren - u.a. der oben dargestellte Trainingszustand - berücksichtigt werden (s. Literatur). Darüber hinaus ist bekannt, dass erhöhte Herzfrequenzen nicht nur durch körperliche Anstrengung, sondern auch durch mentale Prozesse (u.a. Stress) hervorgerufen werden können.

#### 4.2.4 Ergebnisse zur Körperkraft

An den Kraftmessungen beteiligten sich

18 Männer (Durchschnittsalter 65) und  
4 Frauen (Durchschnittsalter 58).

Gemessen wurden:

- maximale Kraftentwicklung im Musculus Biceps rechts in kg,
- maximale Kraftentwicklung im Musculus Biceps links in kg,
- maximale Kraftentwicklung im Musculus Triceps rechts in kg,
- maximale Kraftentwicklung im Musculus Triceps links in kg.

#### Ergebnisse

##### 1. Mittelwerte und Standardabweichungen:

Muskel	Männer, n=18		Frauen, n=4	
	Mittelwert max. Kraft [kg]	Standard- abweichung	Mittelwert max. Kraft [kg]	Standard- abweichung
Biceps rechts	33,2	6,3	21,1	4,8
Biceps links	30,5	6,6	18,9	4,9
Triceps rechts	22,1	2,8	12,6	3,3
Triceps links	21,4	3,7	12,6	2,9

**Abb.: 4.2-8: Oberarm-Muskelkraft, Mittelwerte und Standardabweichungen**

Die Tabelle zeigt:

- Für Männer der Altersgruppe 65 liegt die Bizepskraft bei maximal rund 30 kg  $\pm$  einer Standardabweichung von rund 20%.

- Bei den Frauen ist die Bizepskraft - wie erwartet - um 1/3. geringer, rund 20 kg, ebenfalls  $\pm$  einer Standardabweichung von rund 20%.
- Die Trizepskraft der Männer liegt knapp über rund 20 kg  $\pm$  rund 15%.
- Die Trizepskraft der Frauen liegt mit rund 13 kg  $\pm$  rund 25% ebenfalls etwa 1/3. unter der der Männer.

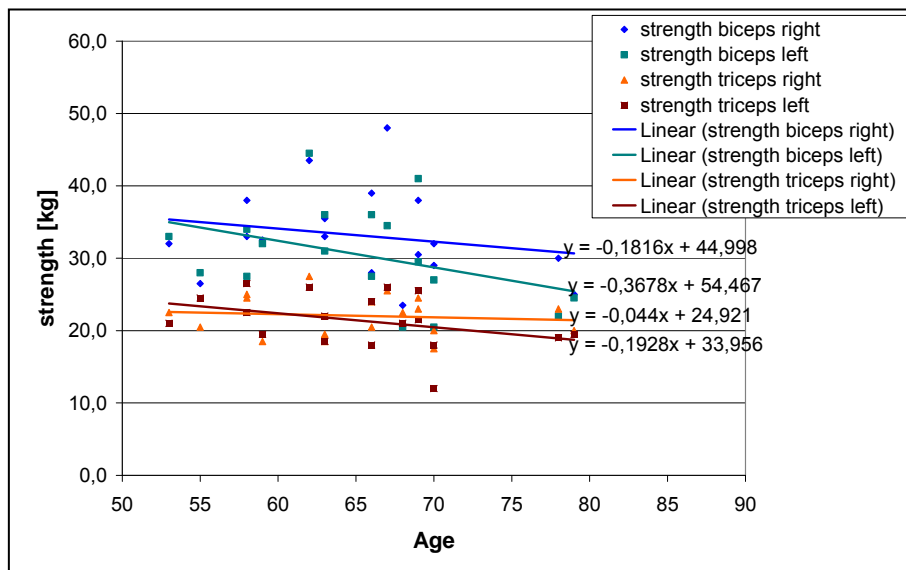
Da z.B. die Bedienung der Winkerkurbel einer horizontal montierten Winkelscheibe beide Muskeln beansprucht, sind diese Zahlen interessante Hinweise auf mögliche Grenzbelastungen von Männern und Frauen an Bord.

## 2. Abhängigkeit der Muskelkraft vom Alter

Die folgende Graphik zeigt für die männlichen Probanden die Abhängigkeit der Armkräfte vom Alter. Der Erwartungswert für diesen Zusammenhang ist eine leichte Abnahme um etwa 8-10% pro Lebensdekade (s. Kap. 2.1).

Der mittlere Rückgang der 4 Datenreihen für die Spannweite von 2,5 Lebensdekaden der männlichen Probandengruppe beträgt  
rund 6 % / Lebensdekade.

und ist damit etwas geringer als der Erwartungswert, bestätigt aber die Erwartung eines altersbedingten Rückgangs der Muskelkraft.



**Abb.: 4.2-9: Oberarm-Muskelkraft Männer: Abhängigkeit vom Alter**

Interessant sind möglicherweise die Beobachtungen zu den Unterschieden zwischen den Körperseiten rechts und links sowie zwischen den beiden Muskeln:

- Der altersbedingte Rückgang ist für die rechtsseitigen Muskeln (Mittelwert rund 4 % / Dekade) deutlich geringer als für die linksseitigen (Mittelwert 9 % / Dekade),

- der altersbedingte Rückgang für den Bizeps (Mittelwert 8 % / Dekade) ist größer, als für den ca. 1/3. schwächeren Trizeps (Mittelwert 4 % / Dekade).

Signifikante Abhängigkeiten der Armkraft z.B. von den Ausdauerparametern konnten nicht festgestellt werden.

## 4.2.5 Ergebnisse zur Koordinationsfähigkeit

### 4.2.5.1 Einbeinstand

Der "Einbeinstand" ist ein interessanter Test, der mit geringem Aufwand die Koordinationsfähigkeit misst, insbesondere die Fähigkeit, statisch das Gleichgewicht zu halten.

Die Probanden stehen für 30 Sekunden auf einem Bein, gemessen werden die Anzahl der Bodenberührungen mit dem anderen Fuß, mit denen der Proband versucht, das Gleichgewicht wiederherzustellen.

Es gibt zwei Schwierigkeitsgrade:

- Einbeinstand mit offenen Augen,
- Einbeinstand mit geschlossenen Augen.

Der Test "Einbeinstand mit offenen Augen" hat sich für die Probandengruppe als wenig differenzierend erwiesen:

Anzahl der Fälle pro Anzahl Bodenberührungen	Anzahl Bodenberührungen		
	0	1	2
Einbeinstand offen rechts	19	8	0
Einbeinstand offen links	22	4	1

**Abb.: 4.2-10: Einbeinstand mit offenen Augen: Anzahl der Fälle pro Anzahl Bodenberührungen**

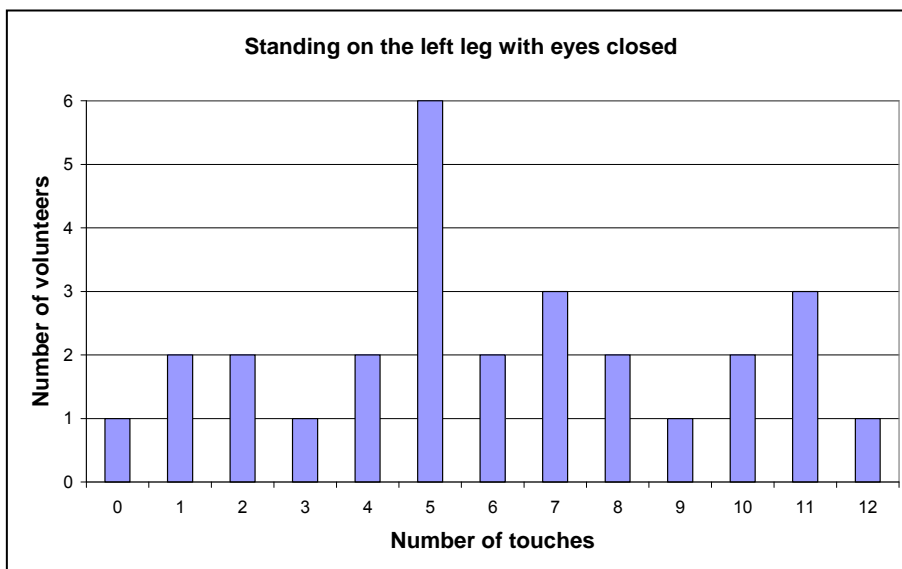
Von den 27 männlichen Probanden bei diesem Test hatten fast alle Teilnehmer keine oder nur eine korrigierende Bodenberührung mit dem freien Fuß, d.h. sie standen mit offenen Augen sehr sicher auf einem Bein.

Deutlich differenzierter sind die Ergebnisse für den "Einbeinstand mit geschlossenen Augen:





**Abb.: 4.2-11: Einbeinstand rechtes Bein mit geschlossenen Augen: Anzahl der Fälle pro Anzahl Bodenberührungen**



**Abb.: 4.2-12: Einbeinstand linkes Bein mit geschlossenen Augen: Anzahl der Fälle pro Anzahl Bodenberührungen**

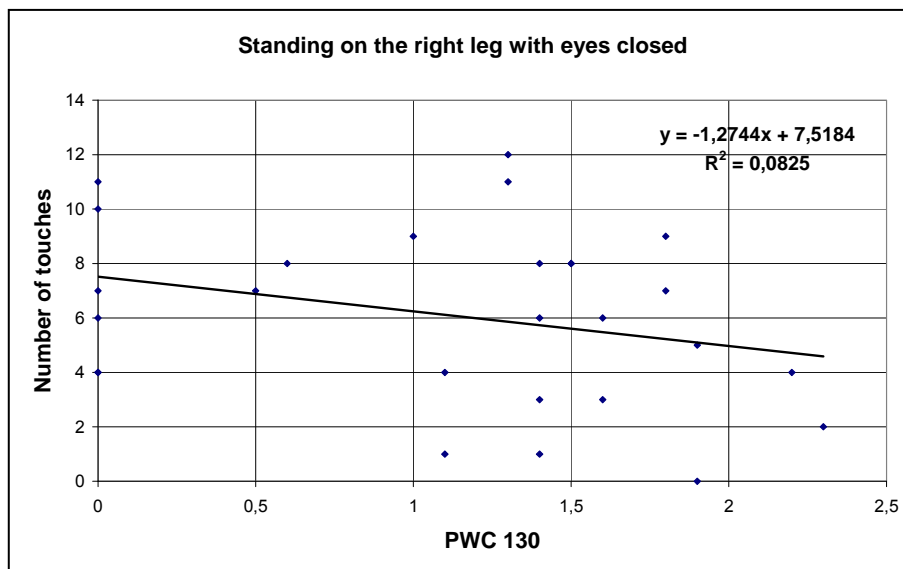
Männer, n=27	Mittelwert	Standardabweichung
Einbeinstand geschlossen rechts	6,1	3,3
Einbeinstand geschlossen links	6,1	3,4

**Abb.: 4.2-13: Einbeinstand mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen**

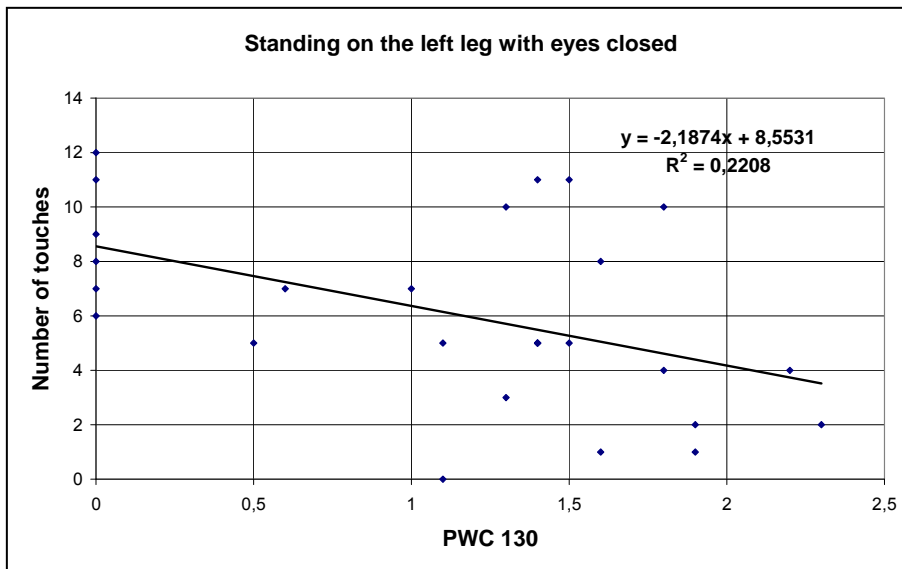
Die 27 männlichen Probanden hatten im Mittel 6 Bodenberührungen mit dem freien Fuß innerhalb von 30 Sekunden (Standardabweichung:  $\pm 3$ ). Der Mittelwert entspricht der Fähigkeit, etwa 5 Sekunden mit geschlossenen Augen auf einem Bein zu stehen. Dieser Wert wird in der Literatur als altersangemessen durchschnittlich qualifiziert.

Vergleicht man die Daten für den "Einbeinstand mit geschlossenen Augen" mit dem Fitnessparameter PWC 130 (s. folgende Abbildungen), so zeigt sich ein leichter, aber deutlicher Trend:

- Je besser die Fitness, desto so besser auch die statische Gleichgewichtsfähigkeit.



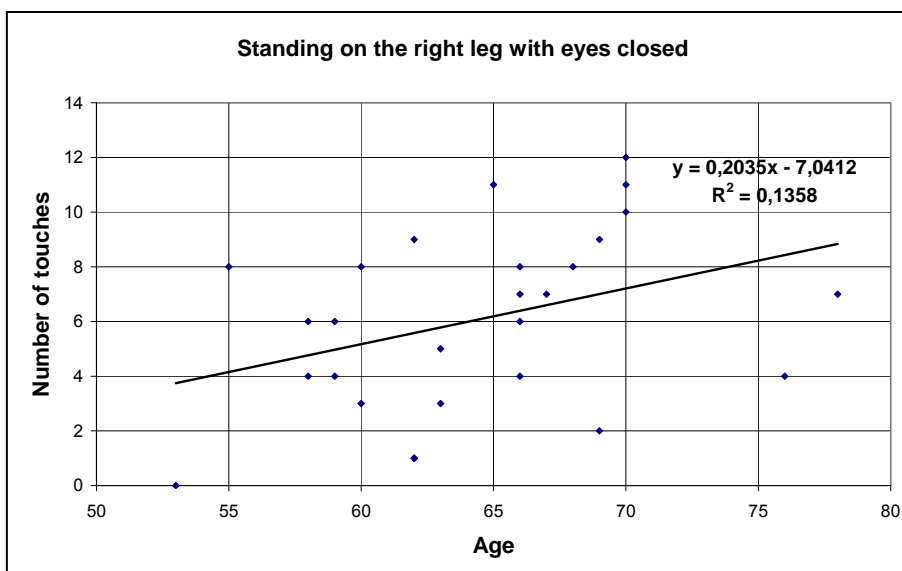
**Abb.: 4.2-14: Einbeinstand (rechtes Bein) mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen abhängig von der Fitness**



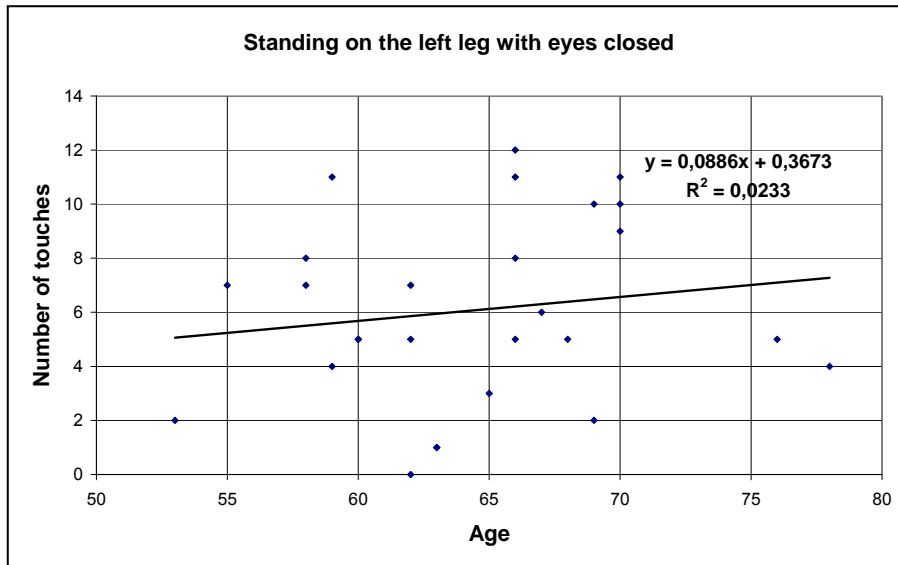
**Abb.: 4.2-15: Einbeinstand (linkes Bein) mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen abhängig von der Fitness**

Ähnliches gilt für die Abhängigkeit des "Einbeinstandes mit geschlossenen Augen" vom Alter der Probanden (s. folgende Abbildungen):

- Es ist ein deutlicher, wenn auch (wegen der großen Streuung) nicht sehr starker Trend zu erkennen, dass mit steigendem Lebensalter der Probanden die statische Gleichgewichtsfähigkeit nachlässt.



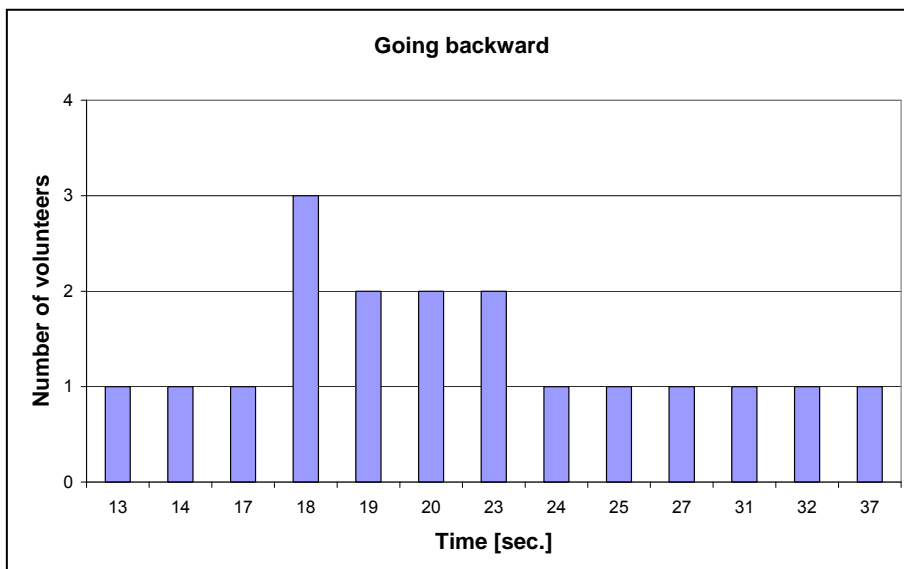
**Abb.: 4.2-16: Einbeinstand (rechtes Bein) mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen abhängig vom Alter**



**Abb.: 4.2-17: Einbeinstand (linkes Bein) mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen abhängig vom Alter**

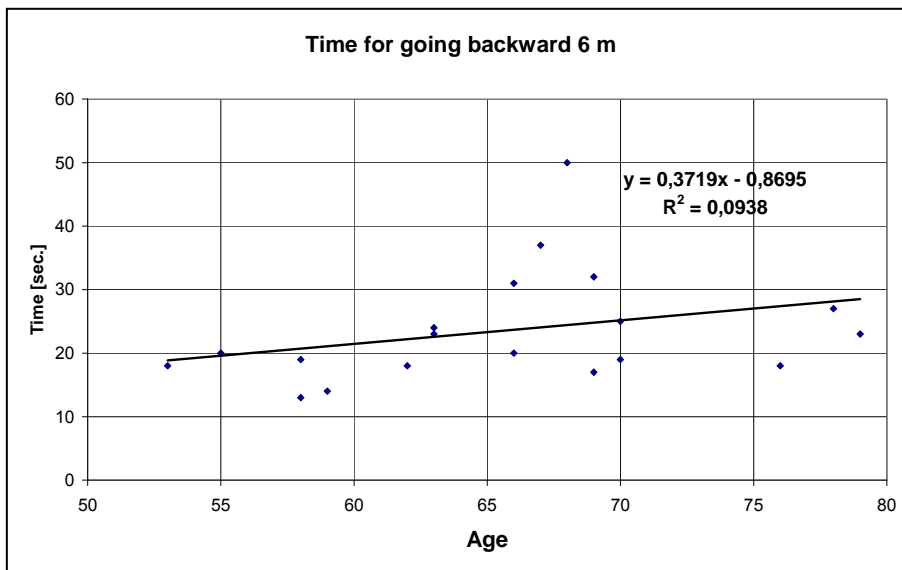
#### 4.2.5.2 Rückwärts gehen

Das Rückwärtsgehen mit direkt hintereinander gesetzten Füßen testet sowohl die allgemeine Koordination beim Gehen und Stehen als auch das Gleichgewicht.



**Abb.: 4.2-18: Rückwärts gehen 6 m: Anzahl Probanden über der Zeit**

Die mittlere Zeit der 18 männlichen Probanden für eine Strecke von 6 m lag bei 22 Sekunden (Standardabweichung: 6).

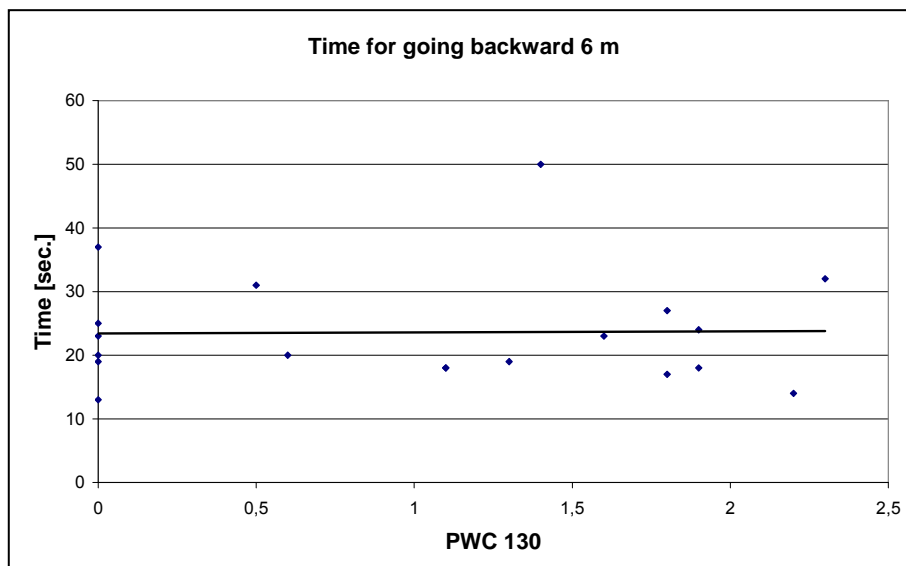


**Abb.: 4.2-19: Rückwärts gehen 6 m: Zeit abhängig vom Alter**

Die Überprüfung eines Zusammenhangs zwischen der Bearbeitungszeit für diesen Test und dem Lebensalter der Probanden (s. Graphik) ergab den erwarteten Trend:

- Die Probanden wurden mit zunehmendem Alter langsamer.

Ein Zusammenhang zwischen der Bearbeitungszeit für diesen Test und der Fitness der Probanden war dagegen nicht feststellbar.



**Abb.: 4.2-20: Rückwärts gehen 6 m: Zeit abhängig von der Fitness**

### 4.2.5.3 "Achterkreisen"

Die Überprüfung des dynamischen Gleichgewichtes mit Hilfe des Tests "Achterkreisen", bei dem die Probanden auf einem Bein stehend zwei Keulen mit dem freien Bein 10-mal in Form einer "8" umkreisen, erbrachte uneinheitliche Ergebnisse.

Der Mittelwerte der Bearbeitungszeiten lag für das rechte und das linke Bein als "Standbein" bei 24 bzw. 25 Sekunden mit Standardabweichungen von 4 bzw. 5 Sekunden.

Eine statistisch signifikante Abhängigkeit der Bearbeitungszeiten vom Alter oder der Fitness konnte aus den Messergebnissen nicht abgeleitet werden.

## 4.3 Messungen an Bord

Untersuchungsablauf auf dem Boot:

Begrüßung:

Bei der Begrüßung des Probanden an Bord wird diesem eine kurze Einweisung zu den Besonderheiten des Bootes gegeben. Anschließend wird der Proband mit einem automatischen Blutdruckmessgerät und einer Pulsuhr ausgestattet. Das Blutdruckmessgerät führt automatisch alle 10 Minuten, die Pulsuhr alle 5 sec, eine Messung durch. Die Werte werden digital gespeichert und später am Computer ausgelesen und ausgewertet.

Vor dem Ablegemanöver wird dem Probanden der Ablauf der Untersuchung mitgeteilt und er wird zum Schiffsführer ernannt, sodass die übrigen Besatzungsmitglieder nur auf sein Kommando agieren. In der Regel besteht die Crew aus 2 Probanden und 3 weiteren Besatzungsmitgliedern, von denen 1 Person ausschließlich als Protokollführer agiert.

Das Ablegemanöver:

Der Proband ist Steuermann und setzt die Crew seinen Wünschen entsprechend zur Unterstützung des reibungslosen Ablegemanövers ein.

Der Zeitpunkt des Ablegemanövers inklusive der Dauer wird protokolliert.

Großsegel und Fock setzen:

Beim Großsegel setzen werden zwei Belastungssituationen untersucht:

Bei dem ersten Test steht der Proband an der Winsch und ein Crewmitglied steht zur Unterstützung am Mast bereit, um das Großsegel hochzuziehen.

Bei dem zweiten Test muss der Proband ohne Hilfe das Großsegel über die Winsch setzen.

Die Rollfock setzt der Proband ohne Unterstützung eines Crewmitglieds.

Die Zeitpunkte der einzelnen Belastungssituationen werden protokolliert.

Wenden fahren:

Bei den gefahrenen Wenden werden 2 Szenarien untersucht:

Im ersten Testszenario steht der Proband am Steuerrad und gibt die Befehle an die Crew zur Vorbereitung und Durchführung der Wende.

Im zweiten Testszenario hilft der Proband an der Großschot.

Die Zeitpunkte der gefahrenen Wenden und die jeweilige Aufgabe des Probanden werden protokolliert.

Halsen fahren:

Bei den gefahrenen Halsen werden 2 Szenarien untersucht:

Im ersten Testszenario steht der Proband am Steuerrad und gibt die Befehle an die Crew zur Vorbereitung und Durchführung der Halse.

Im zweiten Testszenario steht der Proband an der Großschot und führt das Großsegel auf die neue Segelseite.

Die Zeitpunkte der gefahrenen Halsen und die jeweilige Aufgabe des Probanden werden protokolliert.

"Mann über Bord" Manöver:

Das „Mann über Bord“ Manöver wird unter Segeln mit Hilfe eines Fenders durchgeführt. Dem Probanden steht es frei, eine Q-Wende zu fahren, oder ein anderes Manöver durchzuführen. Der Proband gibt die Befehle an seine Crew. Ein Crewmitglied behält den Fender im Blick und gibt Richtungsangaben, ein weiteres Mitglied steht mit dem Bootshaken bereit. Der Proband gibt an, an welcher Bootsseite der Fender eingeholt werden soll. Der Versuch wird durchgeführt, bis der Fender gerettet ist.

Dabei wird die Zeitdauer protokolliert, die benötigt wird, bis der Fender wieder eingesammelt werden kann.

Lauf vom Heck zum Bug und zurück:

Bei diesem Test wird untersucht wie viel Zeit der Proband benötigt, um sicheren Schrittes vom Heck bis zum Bug und zurück zu gelangen. Die Dauer wird protokolliert.

Großsegel einholen:

Der Proband koordiniert das Manöver. Das Großsegel wird von der Crew eingeholt.

Das Anlegemanöver:

Der Proband steht am Steuer und verteilt die Aufgaben an die Crew.

Der Zeitpunkt des Anlegemanövers wird protokolliert.

### **4.3.1 Parameter und deren Interpretation**

Parameter,

- a) Messung der mittleren maximalen Herzfrequenz,
- b) Messung des systolischen und des diastolischen Blutdrucks pro Manöver:

- Ablegen unter Motor,
- Setzen des Großsegels mit Hilfe,
- Setzen des Großsegels ohne Hilfe,
- Wende, Proband steht am Ruder,
- Wende, Proband hilft an der Großschot,
- Halse, Proband steht am Ruder,
- Halse, Proband hilft an der Großschot,
- Mann über Bord,
- Einholen des Großsegels,
- Setzen der Fock,
- Laufen vom Heck zum Bug und zurück,
- Anlegen unter Motor.

- c) Wetterdaten

- Windstärke in Beaufort,
- Temperatur in Grad Celsius,
- Wellenhöhe in cm.



## Interpretation

Die Herzfrequenz - ggf. normiert mit Hilfe der Fitnessparameter aus der Fahrradergometrie - ist ein guter Maßstab der aktuellen Belastung und ein wichtiger Indikator für Grenzbelastungen (s. Kap. 2.1).

Die Blutdruckwerte - insbesondere der systolische Blutdruck - steigen bei Belastung. Darüber hinaus erhöht sich der systolische Blutdruck ab etwa dem 50. Lebensjahr mit steigendem Lebensalter.

Es soll u.a. überprüft werden, ob und in welchem Umfang Belastungssymptome nicht nur bei körperlichen Anstrengungen (z.B. Setzen der Segel), sondern auch bei Stress (z.B. Anlegen bei Wind) festgestellt werden können.

Zur Differenzierung der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge sollen zusätzlich die Einflüsse der Alters- und Fitnessdaten, der seglerischen Erfahrung sowie der Wetterdaten auf die gemessenen Belastungswerte analysiert werden.

### 4.3.2 Ergebnisse im Überblick

In den folgend Tabellen, werden die Messergebnisse - getrennt nach männlichen und weiblichen Probanden - im Überblick dargestellt, die Mittelwerte und die Standardabweichungen sollen erste Hinweise auf relevante Zusammenhänge geben.

Ergänzend wird für die Belastungen an Bord aus der Beschreibung des Untersuchungsablaufes abgeschätzt, ob es sich bei den einzelnen Vorgängen um eine überwiegend körperliche Belastung ("p") oder überwiegend mentale ("s") Stress-Belastung handelt.

Als Interpretationshilfe für die gemessenen Herzfrequenzen kann die Abbildung der Herzfrequenzbereiche (in Relation zur gemittelten maximalen Herzfrequenz) auf die subjektiv wahrgenommene Belastung mit Hilfe der Borg-Skala verwendet werden. Als Hinweise auf den Belastungsumfang werden in den beiden Tabellen zur Belastung an Bord folgende Herzfrequenzen besonders markiert:

subjektive Belastung	Männer Alter 66 Jahre	Frauen Alter 56 Jahre	Font
sehr anstrengend.	> 120 B/min.	> 130 B/min.	<b>fett</b>
sehr sehr anstrengend	> 135 B/min.	> 145 B/min.	<b>fett, rot</b>

## a) Männer

Parameter	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Standard- abweichung %
Alter	36	66	7	10,3%
Seemeilen pro Jahr	36	818	808	98,8%
Sport in h/Woche	36	2	3	129,3%
HRmax Norm	36	154	7	4,4%
Herzfrequenz bei 4mmol	28	131	15	11,4%
Watt bei 4mmol	28	129	37	28,8%
Watt/kg bei 4mmol	28	1,6	0,5	29,6%
PWC 130	22	1,5	0,4	30,3%

**Abb.: 4.3-1: Basisdaten Männer Mittelwerte**

Parameter	Art der Belastung	Anzahl n	Mittelwert	Standard- abweichung	Standard- abweichung %
Ablegen HR	s	21	112	20	17,6%
Groß setzen mit Hilfe HR	p	12	<b>133</b>	23	17,4%
Groß setzen allein HR	p	21	<b>144</b>	18	12,5%
Wende Ruder HR	s	20	103	20	19,3%
Wende Schot HR	p	9	116	24	21,0%
Halse Ruder HR	s	20	110	15	13,9%
Halse Schot HR	p	9	117	23	20,0%
Mann über Bord HR	s	23	<b>126</b>	20	15,9%
Groß einholen HR	s	17	110	19	17,3%
Fock setzen HR	p	9	<b>124</b>	27	21,8%
Lauf HR	p	8	<b>122</b>	21	17,5%
Anlegen HR	s	22	<b>121</b>	19	15,6%
Ablegen RR systolisch	s	9	166	34	20,7%
Ablegen RR diastolisch	s	9	101	11	10,5%
Groß setzen mit Hilfe RR systolisch	p	4	173	44	25,8%
Groß setzen mit Hilfe RR diastolisch	p	4	75	24	31,7%
Groß setzen allein RR systolisch	p	8	167	26	15,5%
Groß setzen allein RR diastolisch	p	8	96	17	18,1%
Wende Ruder RR systolisch	s	10	151	24	16,0%

Wende Ruder RR diastolisch	s	10	85	19	22,8%
Wende Schot RR systolisch	p	1	125		
Wende Schot RR diastolisch	p	1	102		
Halse Ruder RR systolisch	s	9	160	37	23,2%
Halse Ruder RR diastolisch	s	9	82	20	23,8%
Halse Schot RR systolisch	p	3	179	6	3,3%
Halse Schot RR diastolisch	p	3	83	25	29,6%
Mann über Bord RR systolisch	s	13	180	25	13,7%
Mann über Bord RR diastolisch	s	12	103	28	27,1%
Groß einholen RR systolisch	s	5	168	21	12,4%
Groß einholen RR diastolisch	s	5	74	17	22,9%
Fock setzen RR systolisch	p	0			
Fock setzen RR diastolisch	p	0			
Lauf RR systolisch	p	1	110		
Lauf RR diastolisch	p	1	80		
Anlegen RR systolisch	s	9	155	21	13,5%
Anlegen RR diastolisch	s	9	76	20	26,6%

**Abb.: 4.3-2: Belastungen an Bord Männer Mittelwerte**

Parameter	Anzahl n	Mittelwert	Standard-abweichung	Standard-abweichung %
Wind	12	4	1	17,8%
Temperatur	10	15	3	19,0%
Welle	11	27	11	38,8%

**Abb.: 4.3-3: Wetter an Bord Mittelwerte**

**b) Frauen**

Parameter	Anzahl n	Mittelwert	Standard-abweichung	Standard-abweichung %
Alter	6	56	3	5,6%
Seemeilen pro Jahr	6	458	225	49,0%

Sport in h/Woche	6	2	1	80,3%
HFmax Norm	6	164	3	1,9%
Herzfrequenz bei 4mmol	4	130	18	13,8%
Watt bei 4mmol	4	122	40	32,5%
Watt/kg bei 4mmol	4	2	1	33,2%
PWC 130	4	1,9	0,2	9,4%

**Abb.: 4.3-4: Basisdaten Frauen Mittelwerte**

Parameter	Art der Belastung	Anzahl n	Mittelwert	Standardabweichung	Standardabweichung %
Ablegen HF	s	2	114	20	17,4%
Groß setzen mit Hilfe HF	p	2	118	17	14,4%
Groß setzen allein HF	p	4	<b>149</b>	13	9,1%
Wende Ruder HF	s	4	124	13	10,2%
Wende Schot HF	p	0			
Halse Ruder HF	s	1	<b>133</b>		
Halse Schot HF	p	1	115		
Mann über Bord HF	s	2	117	22	18,8%
Groß einholen HF	s	1	90		
Fock setzen HF	p	1	122		
Lauf HF	p	0			
Anlegen HF	s	2	126	23	18,0%
Ablegen RR systolisch	s	2	155	4	2,3%
Ablegen RR diastolisch	s	2	62	3	4,6%
Groß setzen mit Hilfe RR systolisch	p	0			
Groß setzen mit Hilfe RR diastolisch	p	0			
Groß setzen allein RR systolisch	p	2	148	4	2,9%
Groß setzen allein RR diastolisch	p	2	99	2	2,2%
Wende Ruder RR systolisch	s	4	155	35	22,6%
Wende Ruder RR diastolisch	s	4	99	28	28,5%
Wende Schot RR systolisch	p	0			
Wende Schot RR diastolisch	p	0			
Halse Ruder RR systolisch	s	2	172	47	27,6%
Halse Ruder RR diastolisch	s	2	95	10	10,4%
Halse Schot RR systolisch	p	0			
Halse Schot RR diastolisch	p	0			

Mann über Bord RR systolisch	s	2	169	11	6,3%
Mann über Bord RR diastolisch	s	2	97		
Groß einholen RR systolisch	s	3	157	14	9,2%
Groß einholen RR diastolisch	s	3	99	16	16,3%
Fock setzen RR systolisch	p	0			
Fock setzen RR diastolisch	p	0			
Lauf RR systolisch	p	1	155		
Lauf RR diastolisch	p	1	62		
Anlegen RR systolisch	s	2	190	4	2,2%
Anlegen RR diastolisch	s	2	95		

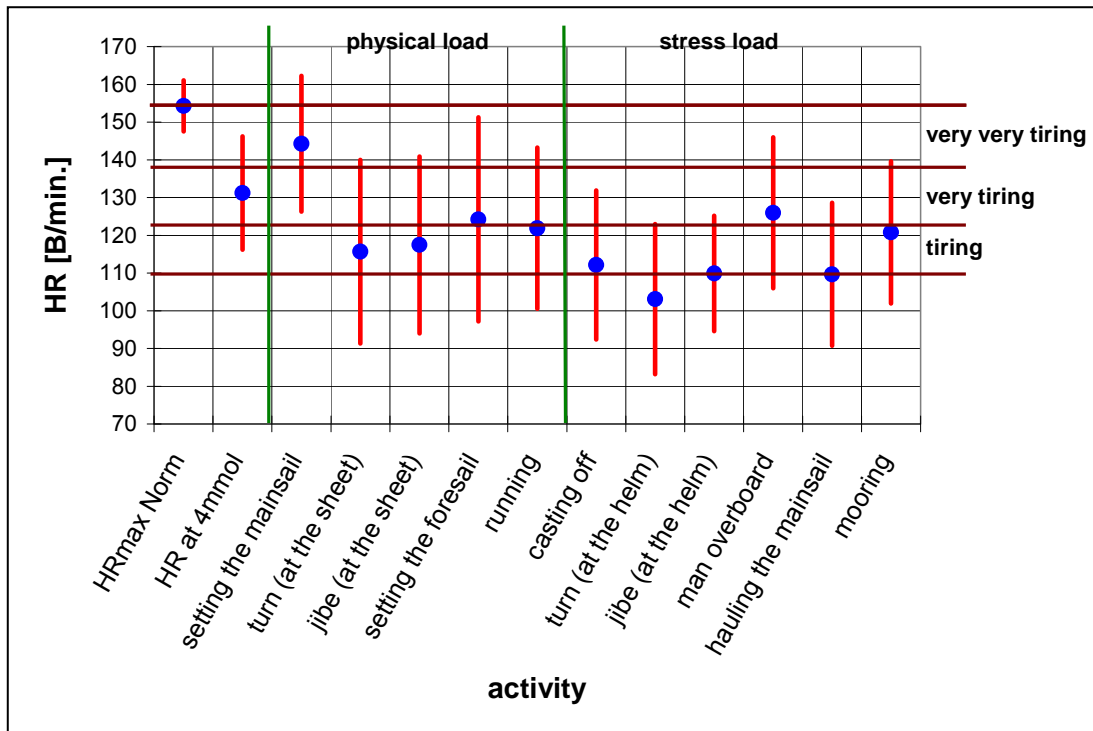
**Abb.: 4.3-5: Belastungen an Bord Frauen Mittelwerte**

<b>Belastungszonen (modifizierte Borg-Skala):</b>	<b>relative Herzfrequenz</b>	<b>Frequenzbereich für HR<sub>max</sub> = 154 B/min.</b>
leicht anstrengend	50-60% HR <sub>max</sub>	77 - 92
etwas anstrengend	60-70% HR <sub>max</sub>	92 - 108
anstrengend	70-80% HR <sub>max</sub>	108 - 123
sehr anstrengend	80-90% HR <sub>max</sub>	123 - 139
sehr sehr anstrengend	90-100% HR <sub>max</sub>	139 - 154

**Abb.: 4.3-6: Modifizierte Borg-Skala: Belastungszonen für Männer (66 Jahre, HR<sub>max</sub> = 154 B/min.)**

<b>Belastungszonen (modifizierte Borg-Skala):</b>	<b>relative Herzfrequenz</b>	<b>Frequenzbereich für HR<sub>max</sub> = 164 B/min.</b>
leicht anstrengend	50-60% HR <sub>max</sub>	82 - 98
etwas anstrengend	60-70% HR <sub>max</sub>	98 - 115
anstrengend	70-80% HR <sub>max</sub>	115 - 131
sehr anstrengend	80-90% HR <sub>max</sub>	131 - 148
sehr sehr anstrengend	90-100% HR <sub>max</sub>	148 - 164

**Abb.: 4.3-7: Modifizierte Borg-Skala: Belastungszonen für Frauen (56 Jahre, HR<sub>max</sub> = 164 B/min.)**



**Abb.: 4.3-8: Bandbreiten der körperlichen und Stress-Belastungen an Bord (Männer, Mittelwert  $\pm$ Standardabweichung, mit Belastungszonen)**

### Hinweise zu den Belastungsmessungen an Bord:

#### a) Frauen:

- Die Belastungstests an Bord wurden leider nur von wenigen Frauen aktiv und vollständig bearbeitet. Sowohl die Anzahl der Probandinnen als auch die gemessenen Herzfrequenzen bei den einzelnen Vorgängen lassen darauf schließen, dass von den Frauen jeweils nur die Manöver akzeptiert wurden, die ihnen vertraut waren und bei denen sie sich an Bord sicher fühlten.
- Im Gegensatz zu den Männern übernahm nur die Hälfte der teilnehmenden Frauen das Ruder bei den "komplizierten" Manövern in Fahrt (Ablegen/Anlegen unter Motor, Mann über Bord), dann aber offensichtlich routiniert und mit vergleichsweise geringem Stress-Niveau.
- Alle teilnehmenden Frauen waren es dagegen offensichtlich gewöhnt, bei den Wenden unter Segeln ohne nennenswerten Stress am Ruder zu stehen.

- Wie erwartet, brachte das Setzen des Großsegeln per Winsch ohne Unterstützung am Mast auch die körperlich fitten Frauen (s. Kap. 4.2.3) an ihre körperliche Leistungsgrenze.

#### b) Männer:

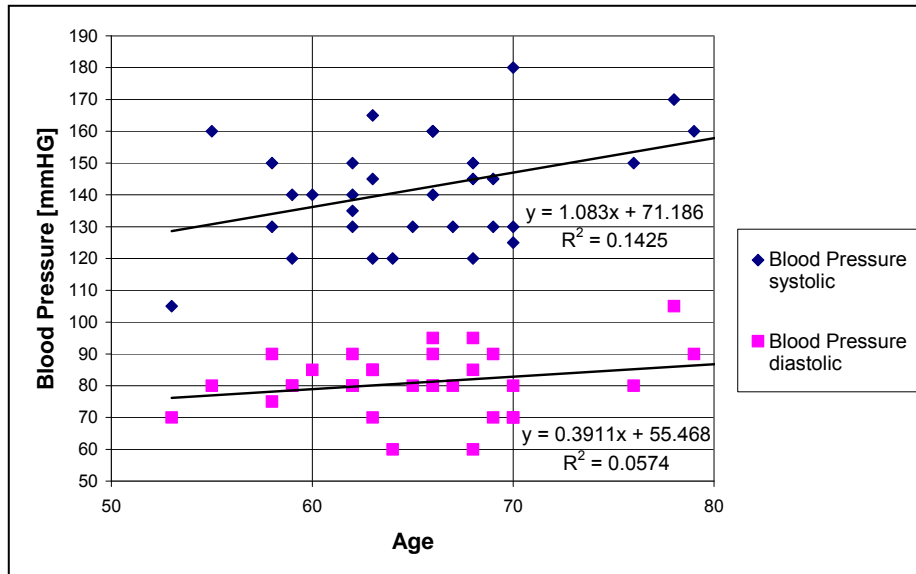
- Wie erwartet, war auf dem Testboot konstruktionsbedingt das Setzen der Segel - insbesondere des Großsegels - für die im Durchschnitt 66 Jahre alten Männer besonders anstrengend.
- Auch das Bedienen der Großschot bei den Manövern "Wende" und "Halse" war für einen erheblichen Teil der Probanden anstrengend bis sehr anstrengend.
- Der 20-Meter-Sprint vom Heck zum Bug und zurück erzeugte bei den Männern im Mittel Herzfrequenzen an der anaeroben Schwelle und damit im oberen Belastungsbereich.
- Bei den Stress-Belastungen fallen besonders die beiden Manöver "Mann über Bord" und "Anlegen unter Motor" auf, die von etwa der Hälfte der Männer mit Herzklopfen im oberen Belastungsbereich absolviert wurden, während sowohl das Ablegemanöver als auch die Segelmanöver und das Einholens des Großsegels von den meisten Männern am Ruder weitgehend gelassen durchgeführt und kontrolliert wurden.

### 4.3.3 Blutdruck und Belastung

Die WHO klassifiziert und bewertet den in Ruhe gemessenen Blutdruck altersunabhängig entsprechend der folgenden Tabelle:

<b>Bewertung</b>	<b>systolisch (mmHg)</b>	<b>diastolisch (mmHg)</b>
optimaler Blutdruck	< 120	< 80
normaler Blutdruck	120-129	80-84
hoch-normaler Blutdruck	130-139	85-89
milde Hypertonie (Stufe 1)	140-159	90-99
mittlere Hypertonie (Stufe 2)	160-179	100-109
schwere Hypertonie (Stufe 3)	> 180	> 110
isolierte systolische Hypertonie	> 140	< 90

Die Messungen des Ruheblutdrucks ergaben (für die Männer) folgende Ausgangslage:



**Abb.: 4.3-9: Ruheblutdruck der männlichen Probanden**

- Der Trend des systolischen Ruheblutdrucks stieg in dieser Altersgruppe (wie erwartet) mit dem Lebensalter um im Mittel rund 10 mmHg pro Lebensdekade.
- Fast alle Probanden lagen mit einem systolischen Ruheblutdruck zwischen 120 und 160 mmHg im gesundheitlich unauffälligen Bereich.
- Im Hinblick auf die Belastungen an Bord sollten ältere Segler (ab Mitte 60) allerdings ggf. eine altersbedingte milde Hypertonie berücksichtigen.

Ein Zusammenhang zwischen dem systolischen Ruheblutdruck und dem Umfang der wöchentlichen sportlichen Betätigung oder der Anzahl Seemeilen pro Jahr ist nicht feststellbar.

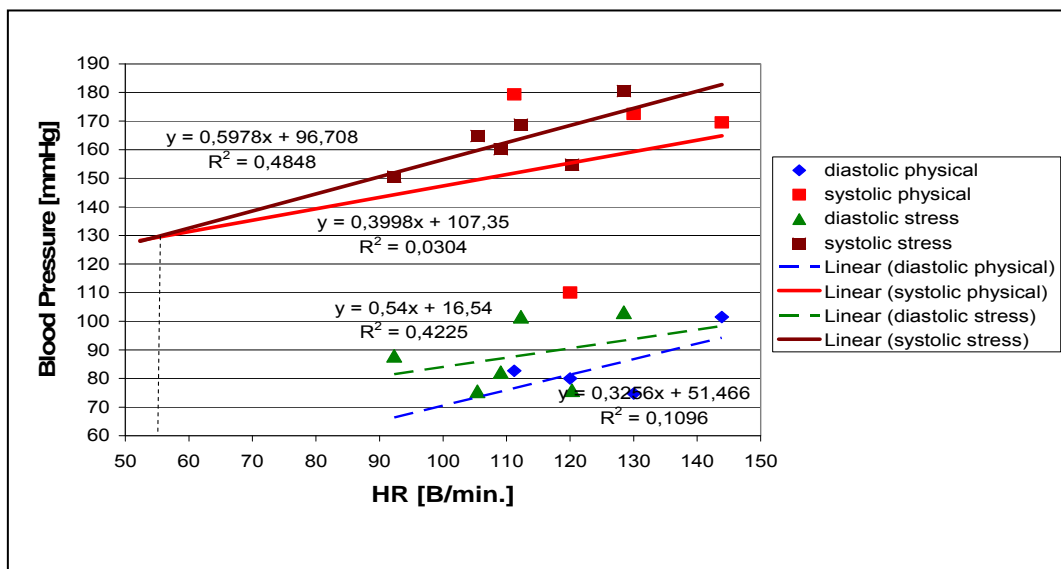
Fasst man für die Messungen an Bord diejenigen Messreihen zusammen, bei denen pro Proband und pro Manöver sowohl die Herzfrequenzen als auch die beiden Blutdruckwerte erfasst wurden, so ergibt sich bei den männlichen Probanden für die Mittelwerte dieser Parameter pro Manöver folgende Datenlage:

action	p/s	n	HR	diastolic (physical)	systolic (physical)	diastolic (stress)	systolic (stress)
jibe (at the sheet)	p	5	111	83	179		
running	p	2	120	80	110		
setting the mainsail	p	4	130	75	173		



(with help)							
setting the mainsail	p	8	144	102	170		
turn (at the helm)	s	9	92			88	151
hauling the mainsail	s	7	105			76	165
jibe (at the helm)	s	12	109			82	160
casting off	s	8	112			102	169
mooring	s	10	120			76	155
man overboard	s	13	128			103	181

**Abb.: 4.3-10: Mittelwerte der Herzfrequenzen und der Blutdruckwerte pro Manöver für die männlichen Probanden, getrennt nach körperlichen (p) und mentalen Belastungen (s)**



**Abb.: 4.3-11: Mittelwerte pro Manöver und Trends der Blutdruckwerte in Abhängigkeit von der Herzfrequenz für die männlichen Probanden, getrennt nach körperlichen (p) und mentalen Belastungen (s)**

Die Graphik verdeutlicht folgende Beobachtungen:

- Sowohl der systolische als auch der diastolische Blutdruck steigt mit Belastungs-induzierter steigender Herzfrequenz.  
Ein Anstieg der Herzfrequenz um 10 Schläge pro Minute korreliert mit einem Anstieg des systolischen Blutdrucks um rund 5 mmHg.
- Der Belastungs-induzierte Anstieg des Blutdrucks ist für gleiche Herzfrequenzen bei Stress-Belastungen deutlich höher als bei körperlichen Anstrengungen.

Für den systolischen Blutdruck beträgt diese Differenz bei einer Herzfrequenz von 130 Schlägen pro Minute rund 15 mmHg.

- Im Detail: Die beiden Trendlinien für den systolischen Blutdruck schneiden sich bei einem "Ruhepuls" von ca. 55 Schlägen pro Minute und einem "normalen" systolischen Blutdruck knapp unter 130 mmHg (ein Plausibilitätsindiz für diese Beobachtung).

Unter Belastung steigt von hier aus der systolische Blutdruck mit ansteigender Herzfrequenz pro 10 S/Min.

bei körperlicher Belastung um ca. 4 mmHg

bei Stress-Belastung um ca. 6 mmHg

### 4.3.4 Detailergebnisse zu körperlichen Belastungen

Für die Untersuchung der körperlichen Belastung durch Manöver an Bord in Abhängigkeit von Alter Geschlecht und Fitness sind die Messreihen zum "Setzen des Großsegels ohne Hilfe" und "Setzen der Fock" besonders gut geeignet, da sie einerseits auf Grund des Messdesigns vergleichsweise gut reproduzierbare Ergebnisse erwarten lassen, andererseits die Probanden bis an deren Leistungsgrenze belastet haben.

#### 4.3.4.1 Abhängigkeiten von Alter, Geschlecht und Fitness

##### 1. Herzfrequenz unter Belastung und Alter

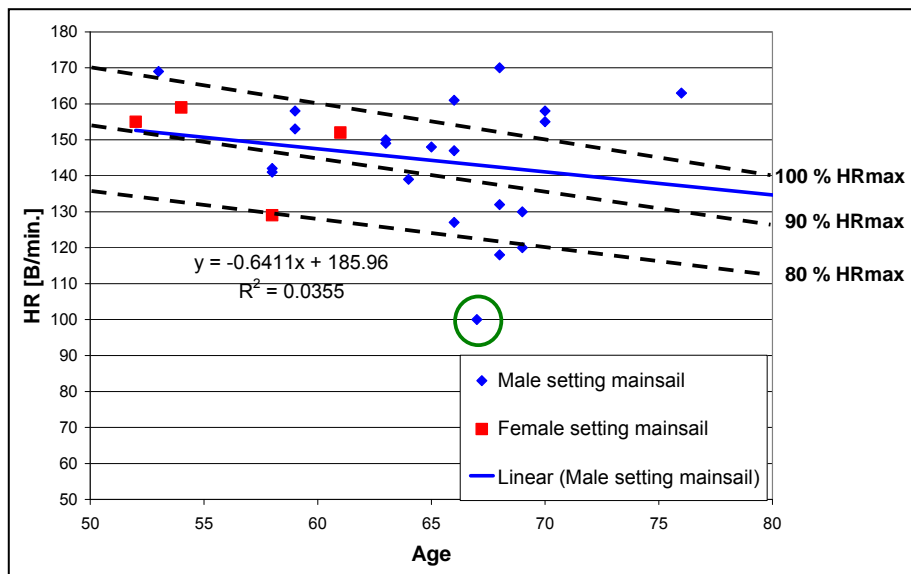
Die beiden folgenden Graphiken zeigen die Herzfrequenz-Messwerte über dem Alter der Probanden beim Setzen des Großsegels und beim Setzen der Rollfock (beides per Wunsch).

Zusätzlich sind in die Graphiken die altersabhängigen Grenzen der Belastungszonen bezogen auf den Normansatz zur maximalen Herzfrequenz für Männer

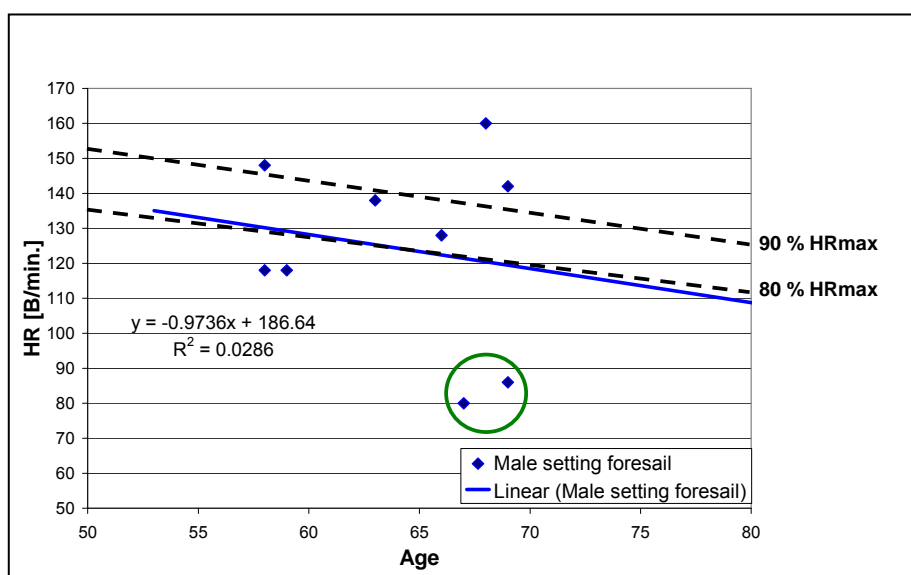
$$HR_{\max} = 220 - \text{Lebensalter}$$

eingetragen.

Belastungszone		HR im Alter 50 Jahre	HR im Alter 80 Jahre
sehr sehr anstrengend	100 % $HR_{\max}$	170	140
	90 % $HR_{\max}$	153	126
sehr anstrengend	80 % $HR_{\max}$	136	112
anstrengend	70 % $HR_{\max}$	119	98



**Abb.: 4.3-12: Herzfrequenz abhängig vom Alter (Männer und Frauen):  
Setzen des Großsegels**



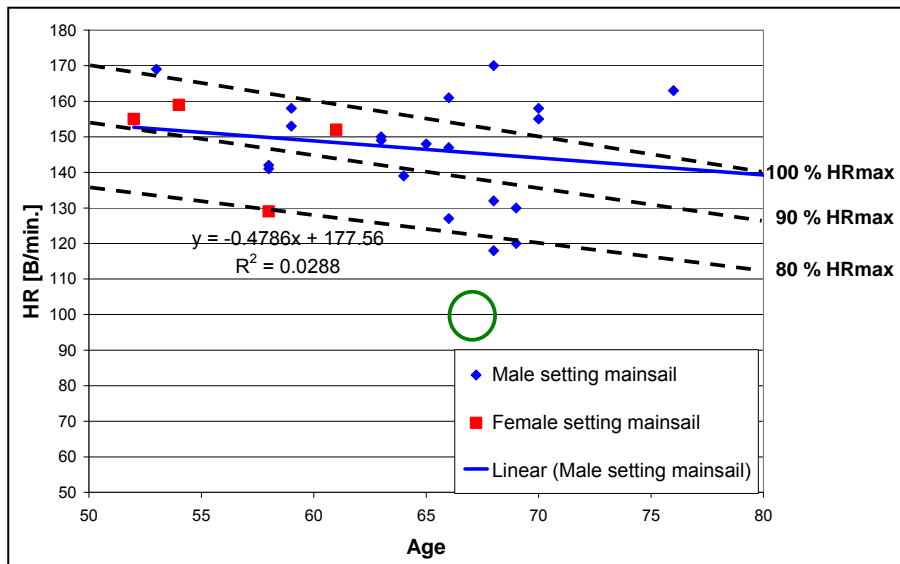
**Abb.: 4.3-13: Herzfrequenz abhängig vom Alter (Männer):  
Setzen des Vorsegels**

Beobachtung:

- Die Frauen arbeiten beim Wincen des Großsegels im gleichen Herzfrequenzbereich wie die Männer (zwischen 130-160 Schlägen/Minute).

- Die Trendlinien (für die Daten der Männer) zeigen unter Berücksichtigung der großen Bandbreite und des schwachen Bestimmtheitsmaßes eine leichte altersabhängige Tendenz, die allerdings durch extrem niedrige Messwerte einzelner älterer Herren bedingt wird (s. grüner Kreis), welche die Winschen offensichtlich routiniert und besonders effizient bedienen (oder sich nicht sonderlich angestrengt haben).
- Ohne diese extrem niedrigen Messwerte ist eine signifikante Altersabhängigkeit der Herzfrequenz nicht erkennbar (s. folgende Graphik).

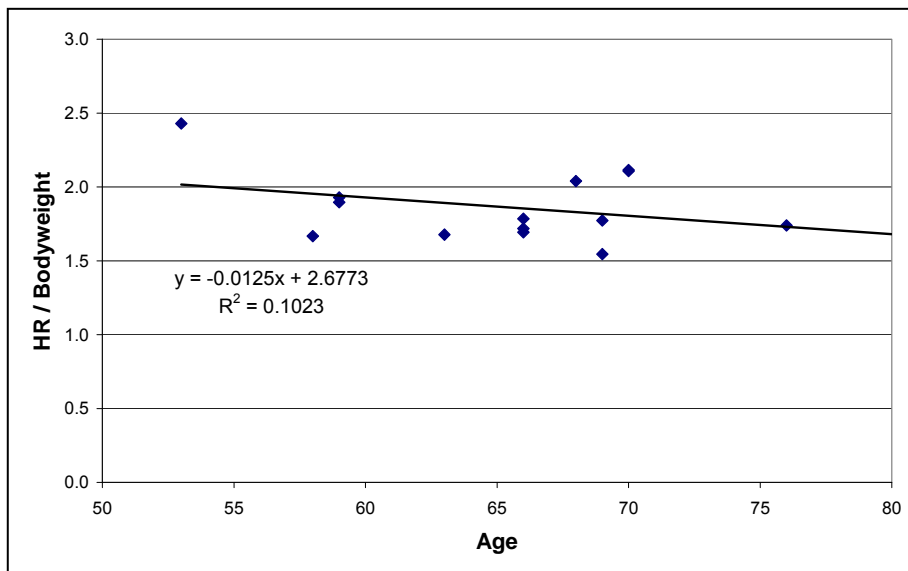
Dies bestätigt, dass die Herzfrequenz bei körperlicher Belastung mit erheblicher Bandbreite und ggf. abhängig von anderen Einflussgrößen vorrangig von der Größe der Belastung, nicht aber vom Alter determiniert ist.



**Abb.: 4.3-14: Herzfrequenz abhängig vom Alter (Männer und Frauen):  
Setzen des Großsegels  
(ohne niedrigen Extremwert)**

- Die Verteilung der Messpunkte entlang der Altersachse in Relation zu den Belastungszonen verdeutlicht, dass unter diesem Gesichtspunkt Belastungen innerhalb von rund 15 Lebensjahren von einer Belastungszone in die nächst höhere wandern, also z.B. von "sehr anstrengend" (80-90%  $HR_{max}$ ) zu "sehr sehr anstrengend" (90-100%  $HR_{max}$ ). Wenn es sich dabei um konstruktionsbedingt ohnehin hohe Belastungen handelt (im Test das Setzen des Großsegels), wird dann mit steigendem Alter schnell die individuelle Leistungsgrenze erreicht.

Interessant ist ein Vergleich der beiden Parameter körperlicher Belastung einerseits "Herzfrequenz" (in Schlägen/Min.) andererseits "Herzfrequenz pro Körpergewicht" (in Schlägen/Min./kg) in ihrer Abhängigkeit vom Lebensalter der Probanden (s. vorstehende und folgende Graphik).



**Abb.: 4.3-15: Herzfrequenz / Körpergewicht abhängig vom Alter (Männer): Setzen des Großsegels (ohne niedrigen Extremwert)**

- Der Normansatz für den PCW geht davon aus, dass der Bezug auf das Körpergewicht des Probanden zu einer angenähert altersunabhängigen Maßzahl führt.

Die relativen Steigungen der Trendlinien der beiden Graphiken (bezogen auf den Wert  $y(50)$ ) ergeben allerdings

$$\text{Herzfrequenz:} \quad -0,48 / 135 = 0,36 \%$$

$$\text{Herzfrequenz/Körpergewicht:} \quad -0,013 / 2,1 = 0,62 \%$$

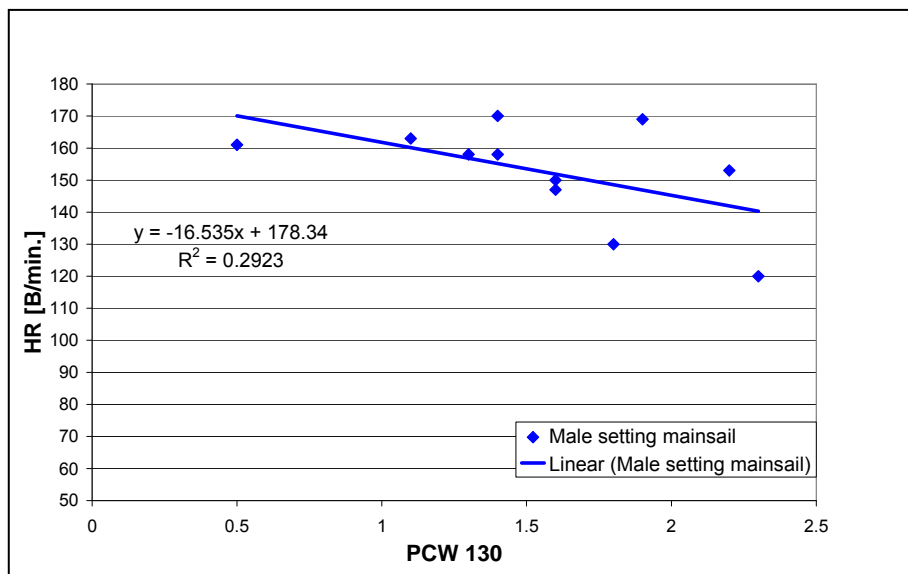
und damit eine erheblich schwächere Altersabhängigkeit der Herzfrequenz als Belastungsindikator als dessen zusätzlicher Bezug auf das individuelle Körpergewicht.

## 2. Herzfrequenz unter Belastung und Fitness

- Die Abhängigkeit der Herzfrequenz bei hoher Belastung von dem Fitnessparameter PCW 130 (s. folgende Graphik) zeigt - wie unter diesen Umständen zu erwarten - einen deutlichen Zusammenhang: Je größer der PCW-Wert, desto geringer die Herzfrequenz.

Da die Belastungszonen in dieser Altersgruppe ein mittleres Herzfrequenz-Raster von rund 16 Schlägen/Minute haben, folgt aus dem Trend ( $y = -16x$ ), dass Probanden mit einer um 0,5 Punkte besseren

Fitness subjektiv auch um etwa eine halbe Belastungszone geringer angestrengt werden.



**Abb.: 4.3-16: Herzfrequenz abhängig vom PCW 130 (Männer):  
Setzen des Großsegels**

#### 4.3.4.2 Abhängigkeiten vom Wind

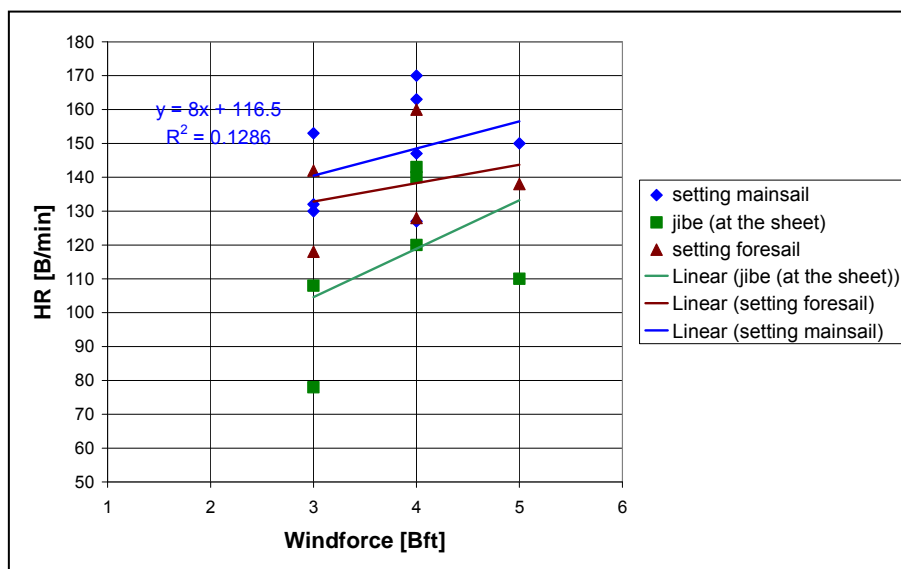
Die Beurteilung der Herzfrequenz bei körperlicher Belastung an Bord in Abhängigkeit vom Wetter konzentriert sich nach der Datenlage auf den Parameter "Windgeschwindigkeit". Wegen der verhältnismäßig kleinen Fallzahlen sind an dieser Stelle nur überschlägige Hinweise auf Tendenzen möglich. Die Tabelle zeigt die verfügbaren Einzeldaten für 11 Probanden.

Male setting mainsail [HR]	Male turn (at the sheet) [HR]	Male jibe (at the sheet) [HR]	Male setting foresail [HR]	Windforce [Bft]	Temperature [°C]	Waveheight [cm]
		120		4	18	25
130	127	108	142	3	13	30
			80	3	18	25
147				4		
132				3		
170	130	140	160	4	15	40
141	144	140	118		.	25

153	80	78	118	3	13	30
150		110	138	5	15	40
127			128	4	10	30
163	142	143		4	16	

**Abb.: 4.3-17: Daten zur körperlichen Belastung und zum Wetter bei Manövern an Bord**

Die folgende Graphik zeigt die Herzfrequenzen beim Setzen des Großsegels, beim Setzen des Vorsegels sowie bei einer Halse (an der Großschot) in Abhängigkeit von der dabei gemessenen Windstärke einschließlich der Daten der Trendlinie für das Setzen des Großsegels.



**Abb.: 4.3-18: Herzfrequenz abhängig von der Windgeschwindigkeit: Setzen des Großsegels, des Vorsegels und bei einer Halse (an der Großschot)**

Der erwartete Zusammenhang ist auch bei diesen wenigen Datenpunkten deutlich zu erkennen:

- Im unteren Windstärkebereich erhöht sich für die typischen Segelaktivitäten an Fallen und Schoten bei einer Steigerung der Windstärke um 1 Bft die Belastung und die Herzfrequenz um ca. 8-15 Schläge/Minute und damit die subjektiv wahrgenommene Belastung um rund eine halbe bis eine Belastungszone.

### 4.3.5 Detailergebnisse zu mentalen Belastungen (Stress)

Erhöhte mentale Belastung = Stress an Bord bewirkt eine deutlich erhöhte Herzfrequenz, ohne dass eine adäquate körperliche Anstrengung vorliegt. Stress

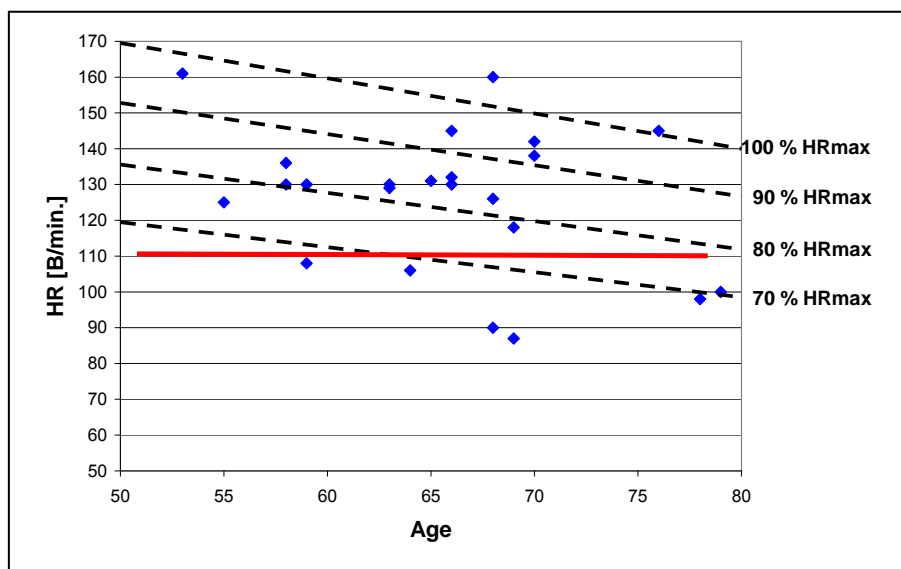
wird typischerweise u.a. durch Angst vor drohendem Kontrollverlust ausgelöst, z.B. bei Manövern "die aus dem Ruder laufen".

#### 4.3.5.1 Abhängigkeiten von Alter, Geschlecht, Erfahrung und Fitness

Im Kapitel "Ergebnisse im Überblick" wurde bereits gezeigt, dass die Rudergänger-Manöver "Mann über Bord" und "Anlegen unter Motor" ein besonders hohes Stress-Potential enthalten.

Die Messergebnisse für beiden Manöver sollen im Detail untersucht werden:

Die folgende Graphik zeigt beispielhaft die Datenverteilung der Herzfrequenzen bei dem Manöver "Mann über Bord" in Abhängigkeit vom Lebensalter der männlichen Probanden. Zur Orientierung wurden ergänzend die altersabhängigen Grenzen der subjektiven Belastungszonen eingetragen.



**Abb.: 4.3-19: Herzfrequenz abhängig vom Alter:  
Mann über Bord**

Es fällt auf, dass die männliche Probandengruppe offensichtlich aus zwei Teilgruppen besteht:

- Ein Teil der Probanden bearbeitet dieses Manöver mit Herzfrequenzen an oder unter der 70 % - Schwelle - im Mittel unter 110 Schläge/Minute (rote Linie) -, also gelassen und wenig angestrengt.
- Ein anderer Teil wird durch das Manöver erheblich - zwischen 120 - 160 Schlägen/Min. - zum Teil bis an die Belastungsgrenze angestrengt,

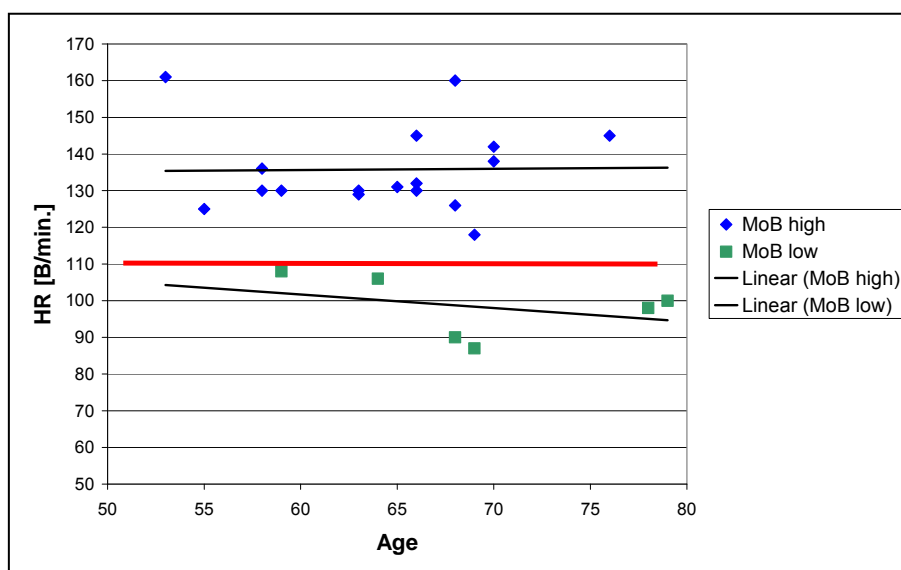


Von den 6 Frauen, die sich an den Test an Bord beteiligten, liegen leider nur für 3 Frauen Messwerte zu den "Stress-Manövern" vor:

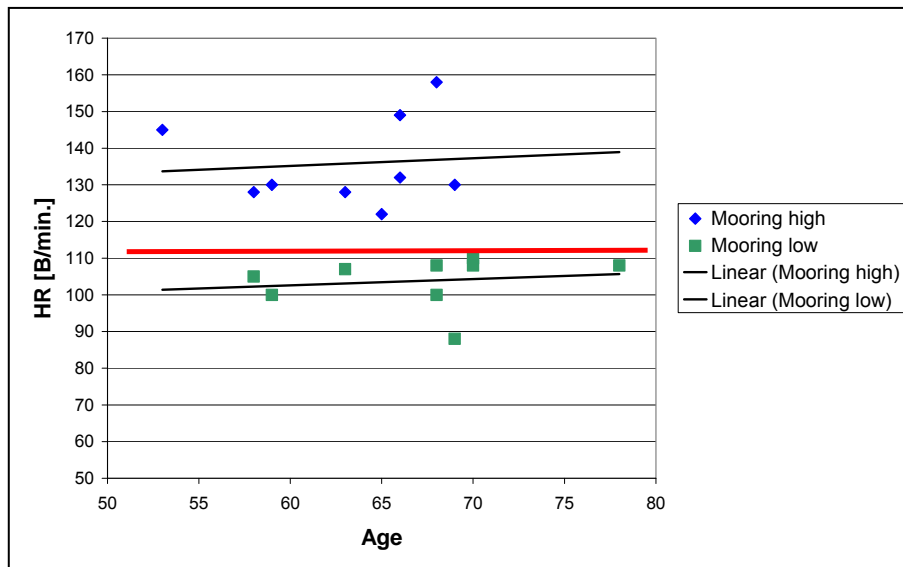
- Eine der Frauen erledigte sowohl das "Anlegen unter Motor" als auch "Mann über Bord" offensichtlich routiniert und gelassen mit Herzfrequenzen zwischen 100 - 110 Schlägen pro Minute.
- Zwei Frauen standen entweder bei "Mann über Bord" oder beim "Anlegen" am Ruder, beide mit erheblichem Herzklopfen zwischen 130 - 142 Schlägen pro Minute.

Die beiden folgenden Graphiken zeigen für die Männer die Herzfrequenzen abhängig vom Alter für die Manöver "Mann über Bord" und "Anlegen unter Motor" getrennt nach den beiden "Stress-Gruppen" (Trennlinie bei 110 Schlägen / Minute).

Die Trendlinien für beide Gruppen und beide Manöver zeigen eine weitgehende Altersunabhängigkeit der Herzfrequenzen bei Stress.



**Abb.: 4.3-20: Herzfrequenz abhängig vom Alter,  
2 Gruppen mit hohem bzw. geringem Stress:  
Mann über Bord**

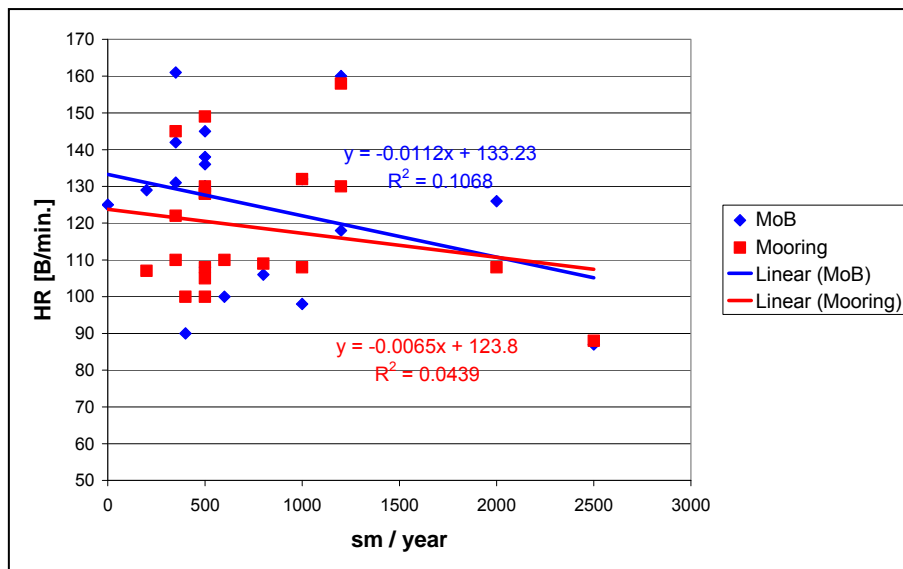


**Abb.: 4.3-21: Herzfrequenz abhängig vom Alter,  
2 Gruppen mit hohem bzw. geringem Stress:  
Anlegen unter Motor**

Daraus folgt:

- Es gibt im Umgang mit "Stress-Manövern" an Bord offensichtlich zwei Gruppen, die auf die mentalen Belastungen unterschiedlich reagieren:
  - Die "Gelassenen" mit unangestregter Herzfrequenz unter 110 S/Min., in der Untersuchung
    - "Mann über Bord": 6 von 23 = 26 %
    - "Anlegen unter Motor": 11 von 20 = 55 % ,
  - die "Aufgeregten" mit Herzfrequenzen über 110 S/Min., in der Untersuchung
    - "Mann über Bord": 17 von 23 = 74 %
    - "Anlegen unter Motor": 9 von 20 = 45 % ,
- Auch bei mentaler Belastung = Stress an Bord ist die resultierende Herzfrequenz vorrangig abhängig von der Art der Belastung, aber unabhängig vom Alter.
- Dies hat zur Folge, dass auch mentale Belastungen mit steigendem Lebensalter subjektiv als zunehmend anstrengender wahrgenommen werden.

Die Frage, ob die Stress-Empfindlichkeit an Bord durch einschlägige Erfahrung beeinflusst wird, soll an Hand der von den Probanden in den letzten Jahren absolvierten Törns in Seemeilen pro Jahr geprüft werden (folgende Graphik).



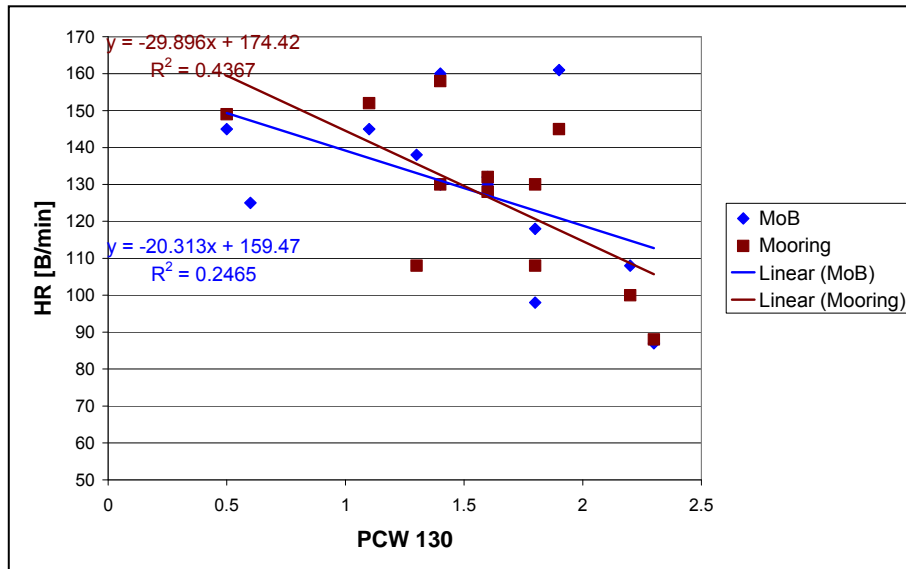
**Abb.: 4.3-22: Herzfrequenz abhängig von Erfahrung / Training  
(in sm / Jahr):  
Mann über Bord, Anlegen unter Motor**

Die Trendlinien für die Herzfrequenz-Belastungen bei beiden Manövern in Abhängigkeit von den Seemeilen pro Jahr bestätigen die Erwartungen:

- Umfangreiche seglerische Erfahrungen (viele Seemeilen pro Jahr) können die Belastung bei "Stress-Manövern" an Bord erheblich dämpfen.
- Die Wirkungen der Erfahrungen auf möglichen Stress sind aber spezifisch:  
Viele Seemeilen pro Jahr erhöhen die Sicherheit, ein "Mann über Bord" Manöver durchzuführen, Anlegemanöver unter Motor erfordern dagegen (zusätzlich) andere Erfahrungen und ein anderes Training.

Sehr interessant sind die Testergebnisse zur Abhängigkeit Stress-basierter Belastungen von der körperlichen Fitness der Probanden (s. folgende Graphik):

- Die Trendlinien für die Manöver "Mann über Bord" und "Anlegen unter Motor" zeigen eine deutliche Abhängigkeit:  
Je besser die körperliche Fitness, desto geringer auch die Herzfrequenz durch Stress-Belastung. Dieser Zusammenhang ist sogar signifikant größer als der entsprechende Trend bei körperlicher Belastung (s. Kap. 4.3.4.1).



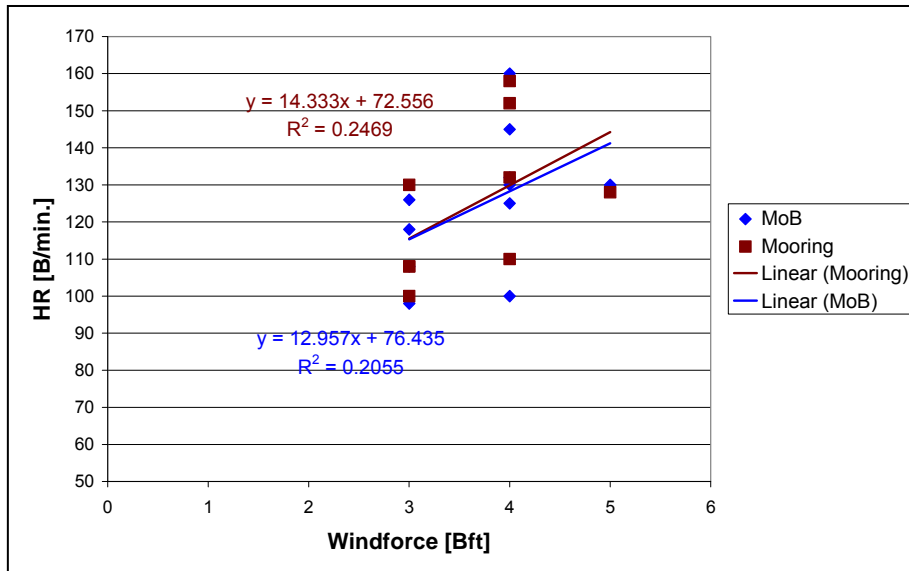
**Abb.: 4.3-23: Herzfrequenz abhängig von der Fitness:  
Mann über Bord, Anlegen unter Motor**

#### 4.3.5.2 Abhängigkeiten vom Wind

Für die Abhängigkeit der mentalen Belastung bei Manövern wie z.B. "Anlegen unter Motor" von der Windstärke wird nach der Alltagserfahrung eine signifikante Abhängigkeit erwartet.

Die Trends der Messwerte (s. Graphik) bestätigen diese Vermutung:

- Sowohl bei "Mann über Bord" als auch beim "Anlegen" steigt die Stressbedingte Herzfrequenz deutlich mit zunehmendem Wind.
- Breits der Anstieg der Windstärke von 3 auf 4 Bft steigert die mentale Belastung um rund 15 Schläge / Minute und damit um etwa eine Belastungszone.
- Bei zunehmendem Wind steigt für einschlägige Manöver die durch Stress verursachte Herzfrequenz (u.a. Angst vor Kontrollverlust) schneller, als die durch körperliche Anstrengung bedingte Herzfrequenz (s. Kap. 4.3.4.2). Vereinfacht: "Das Problem bei viel Wind ist eher die Angst als die körperliche Belastung".



**Abb.: 4.3-24: Herzfrequenz abhängig von der Windstärke:  
Mann über Bord, Anlegen unter Motor**

## 4.4 Bilanz

Aus den Messergebnissen der Untersuchung von typischen Aktivitäten an Bord einer Segelyacht in Verbindung mit den Basisuntersuchungen im Labor ergibt sich für die im Mittel 66 Jahre alte, überwiegend männliche Probandengruppe eine Anzahl interessanter Hinweise und Folgerungen:

### 4.4.1 Ergebnisse zur Messtechnik:

- Die mit Pulsuhren einfach zu messende Herzfrequenz bei der Erledigung von Aktivitäten an Bord hat sich als ein besonders geeigneter Parameter zur Bestimmung der Belastungshöhe erwiesen.
- Aus den vorliegenden Daten lässt sich schließen, dass die Höhe der Herzfrequenz dabei tatsächlich im Wesentlichen von der objektiven Belastung bestimmt wird, nicht jedoch vom Alter der Probanden.
- Allerdings wird die gemessene Herzfrequenz zusätzlich durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst, deren Wirkungen im Detail berücksichtigt werden müssen. Wichtige, in dieser Studie beobachtete Einflussfaktoren sind:
  - Körperliche Fitness, gemessen als PCW 130,
  - Seglerische Erfahrung, gemessen in Seemeilen / Jahr
  - Wetter, gemessen als Windstärke in Bft.
- Die Abhängigkeit des (systolischen) Blutdrucks von der bei Belastung steigenden Herzfrequenz hat sich bestätigt. Die Messungen ergaben eine

durchschnittliche Steigerung des systolischen Blutdrucks um rund 5 mmHg bei einer Steigerung der Herzfrequenz um 10 S/Min. Allerdings ist die systematische Erhebung von Messreihen des Blutdrucks während der Aktivitäten der Probanden an Bord technisch erheblich aufwendiger und u.a. im Zeitraster weniger detailliert, als die Messung der Herzfrequenz.

#### 4.4.2 Körperliche und mentale Belastungen

- Ein Ansteigen der Herzfrequenz wird nicht nur bei körperlichen Anstrengungen sondern auch bei mentalen Belastungen (Stress) beobachtet. Es hat sich deshalb bewährt, die Aktivitäten an Bord danach zu differenzieren, ob sie überwiegend körperliche Belastungen hervorrufen, oder ob eine Belastung bei geringer körperlicher Bewegung und geringem Krafteinsatz vorrangig mental bedingt ist (z.B. durch Angst vor Kontrollverlust).
- Bei den untersuchten körperlichen Belastungen an Bord war das Handhaben der Fallen und Schoten, insbesondere das Setzen der Segel, für die meisten Probanden körperlich anstrengend bis sehr anstrengend und führte sie zum Teil bis an die körperliche Leistungsgrenze.
- Bei den mentalen Belastungen waren es besonders die komplexen Rudergängermanöver wie "Mann über Bord" oder "Anlegen unter Motor", die zu z.T. sehr hohen Herzfrequenzen führten.
- Die Auswirkungen mentaler Belastungen (gemessen über die Herzfrequenz) müssen allerdings in mehrfacher Hinsicht differenziert werden:
  - Bei gleichartigen Testbedingungen konnten bei den Probanden zwei Stress-Gruppen unterschieden werden:
    - Ein Teil der Probanden erledigte die Aufgaben gelassen und mit relativ geringer Herzfrequenz,
    - Bei dem anderen Teil der Probanden wurden deutlich erhöhte Herzfrequenzen, zum Teil bis an die obere Leistungsgrenze des Herz-Kreislaufsystems festgestellt.
    - Allerdings: Sowohl die Verteilung der Probanden auf diese beiden Gruppen als auch die individuelle Zugehörigkeit eines Probanden zu der einen oder der anderen Gruppe unterschied sich von Belastungsart zu Belastungsart.

Die Gruppeneinteilung erfolgt nach der gegenwärtigen Datenlage schematisch (Grenze: 110 S/Min.) und individuell für die einzelnen Belastungsarten.

Parameter, die eine signifikante Prognose der Zugehörigkeit eines Probanden zu einer dieser Gruppen ermöglichen, wurden noch nicht identifiziert.

- Unbeschadet der Tatsache, dass eine gesicherte Prognose der Zugehörigkeit eines Probanden in eine der beiden Stress-Gruppen an Hand der Datenlage nicht möglich ist, konnten mehrere Einflussfaktoren beobachtet werden, die einen statistisch erheblichen Einfluss auf die Herzfrequenz der Probanden insbesondere bei Stress-Belastung haben.

### **4.4.3 Einflussfaktoren auf die Höhe der Belastung**

#### **4.4.3.1 Vorab: Alter und maximale Herzfrequenz**

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. 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

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

Aus neueren Untersuchungen, sowohl Querschnittsanalysen großer Probandengruppen aus Männern und Frauen unterschiedlichen Alters als auch aus Längsschnittuntersuchungen zur individuellen Veränderung der maximalen Herzfrequenz mit zunehmendem Alter, ergibt sich (u.a. Gellish et al. 2007, Tanaka et al. 2001):

- Die individuelle maximale Herzfrequenz ist unabhängig vom Geschlecht, vom BMI (Body mass index) und von der sportlichen Aktivität, sie ist aber deutlich abhängig vom Lebensalter.
- Die Querschnittsuntersuchungen ergaben eine Altersabhängigkeit der Herzfrequenz von

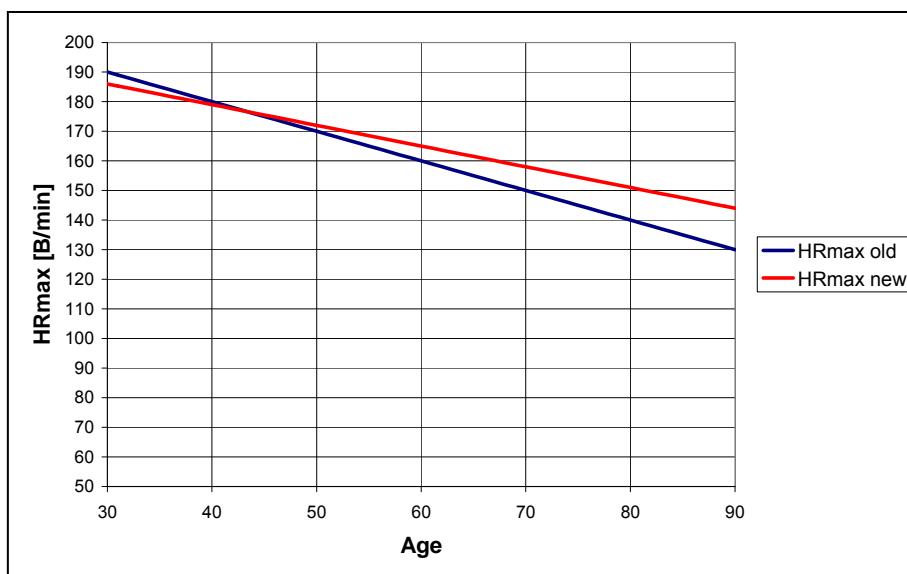
$$HR_{\max} = 208 - 0.7 * \text{Lebensalter}$$

die Längsschnittuntersuchungen von

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

jeweils mit einer Standardabweichung von rund  $\pm 20$  Schlägen/Min.  
D.h. beide Ansätze kommen zu praktisch dem gleichen Ergebnis.

Die folgende Graphik zeigt die alte und die neue (Längsschnitt-) Prognoseformel im Vergleich:



**Abb.: 4.4-1: Alte und neue Prognoseformel für die Altersabhängigkeit der maximalen Herzfrequenz**

- Nach den neueren Erkenntnissen verringert sich die maximale Herzfrequenz mit dem Alter deutlich langsamer, als nach bisheriger Ansicht. Der Rückgang beträgt z.B. in den Dekade zwischen dem 60. und dem 70. Lebensjahr
 

nach dem alten Ansatz:	ca. 9 %
nach dem neuen Ansatz:	ca. 4 %
- Die maximale Herzfrequenz und damit die Leistungsreserve des Herz-Kreislaufsystems ist nach dem neuen Ansatz im Alter deutlich höher, als bisher angenommen. Die Differenz beträgt z.B. für einen 80-Jährigen rund 10 Schläge pro Minute, rund 7 % mehr als bisher vorausgesetzt.

Nicht tangiert von diesen Korrekturen wird der Ansatz, dass die subjektive Wahrnehmung der Belastung maßgeblich von der relativen Herzfrequenz, also dem Verhältnis (in %) der gemessenen zur altersabhängigen maximalen Herzfrequenz bestimmt wird.



- Der Abstand der Belastungszonen (z.B. zwischen "anstrengend" und "sehr anstrengend") beträgt nach wie vor etwa 10 %, für die betrachtete Altersgruppe nach beiden Prognoseformeln rund 15-16 Schläge/Minute.
- Die Grenzen der Belastungszonen, z.B. die 80%-Grenze zwischen "anstrengend" und "sehr anstrengend", verschieben sich nach den neueren Erkenntnissen für die betrachtete Altersgruppe um rund 5 Schläge/Min. (rund  $\frac{1}{3}$  einer Belastungszone) nach oben, die Älteren wären danach also auch subjektiv belastbarer als bisher angenommen.
- Die flachere Altersabhängigkeit des korrigierten Rückgangs der maximalen Herzfrequenz bewirkt auch eine langsamere Zunahme der subjektiven Anstrengung durch eine definierte Belastung mit zunehmendem Lebensalter:

Während nach bisheriger Annahme

eine 80%-Belastung eines 60-Jährigen

innerhalb von 18 Jahren (mit 78)

zu einer 90%-Belastung geworden sein sollte,

ist diese Spanne nach den neueren Erkenntnissen vermutlich länger:

Eine 80%-Belastung eines 60-Jährigen wird vermutlich erst

innerhalb von 26 Jahren (mit 86 Jahren)

zu einer 90%-Belastung.

#### 4.4.3.2 Fitness

Grundsätzlich hat die Untersuchung der 36 fahrtensegelnden männlichen Probanden - mittleres Alter 66 Jahre - sowohl hinsichtlich der kardiovaskulären Ausdauer (Mittelwert PWC = 1,5) als auch hinsichtlich des Ruheblutdrucks (Mittelwerte RR<sub>syst</sub> = 140 mmHg, RR<sub>diast</sub> = 80 mmHg) durchschnittliche Werte für gesunde ältere Herren ergeben.

Die Relation des PWC zum Umfang des wöchentlichen Sports zeigt allerdings, dass für diesen PWC-Wert ein Mindestpensum von ca. 3 Stunden Sport pro Woche erforderlich ist, und dass jede zusätzliche Stunde an wöchentlichem Sport die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems signifikant um rund 7% verbessert.

Dies ist für ältere Segler in sofern von Bedeutung, als die Beobachtungen darauf schließen lassen, dass die körperliche Fitness einen maßgeblichen Einfluss auf die Belastung (gemessen als Herzfrequenz) sowohl durch körperliche Anstrengung als auch durch Stress an Bord hat:

- Ein um 0,5 Punkte höherer PWC-Wert (entspricht etwa 5 Stunden zusätzlichem wöchentlichen Sport) verringert tendenziell die Herzfrequenz
  - bei starker körperlicher Belastung um ca. 8 Schläge/Min.,
  - bei starkem Stress sogar um ca. 10-15 Schläge/Min.

Zum Vergleich (s.o):

- Die mittlere Herzfrequenz-Differenz zwischen den subjektiven Belastungszonen "anstrengend" und "sehr anstrengend" beträgt für diese Altersgruppe
  - ca. 15 Schläge/Min.

#### **4.4.3.3 Erfahrung**

Interessanterweise konnte ein Einfluss der seglerischen Erfahrung und des seglerischen Trainings (gemessen in gefahrenen Seemeilen pro Jahr) auf die individuelle Fitness (gemessen als PWC) oder auf die Größe der Belastung (gemessen als Herzfrequenz) bei körperlichen Anstrengungen an Bord nicht festgestellt werden.

Im Gegensatz hierzu zeigt sich, dass Stress-Belastung durch Erfahrung erheblich gedämpft werden kann:

- Der mittlere Trend der Herzfrequenz z.B. bei "Mann-über-Bord" Manövern abhängig von der Erfahrung in Seemeilen/Jahr zeigt einen Rückgang der Belastung von
  - ca. 10 Schläge/Min pro 1.000 sm.

Dieser Zusammenhang ist aber naturgemäß spezifisch: Unterschiedliche Stress-Belastungen erfordern zu ihrer Dämpfung unterschiedliche Erfahrungen.

Auf die Beobachtung, dass es bei Stress-Manövern offensichtlich zwei Gruppen gibt, die auf die mentalen Belastungen deutlich unterschiedlich reagieren, wurde bereit in Kap. 4.4.2 hingewiesen.

#### **4.4.3.4 Wetter**

Zur Abhängigkeit der Belastung vom Wetter, speziell der Windstärke, sind nach Datenlage nur überschlägige Aussagen möglich, die allerdings auf einen erheblichen Einfluss verweisen:

- Bei den körperlich anstrengenden typischen Arbeiten an den Fallen und Schoten, erhöht sich die Belastung und die Herzfrequenz pro 1 Bft

höherer Windgeschwindigkeit um etwa 8-15 Schläge/Min. (Windstärkebereich 3-5 Bft).

- Der gleiche Zusammenhang wurde auch für die Stress-Manöver beobachtet, hier beträgt die Zunahme der Herzfrequenz pro 1 Bft Windgeschwindigkeit etwa 15 Schläge/Min.  
D.h. z.B.: Ein Anlegemanöver, das bei Windstärke 3 als problemlos, aber anstrengend wahrgenommen wird, ist bei Windstärke 4 bereits eine sehr anstrengende Angelegenheit an der oberen kardiovaskulären Leistungsgrenze.

#### **4.4.4 Altersabhängigkeiten**

Eine besondere Altersabhängigkeit der körperlichen oder mentalen Belastungen (gemessen als Herzfrequenz) konnte nicht festgestellt werden.

Dies qualifiziert die Herzfrequenz in besonderer Weise als altersunabhängigen Belastungsindex.

Wie bereits dargelegt, steigt mit dem Alter nicht die objektive Belastung, sondern auf Grund der sinkenden maximalen Herzfrequenz die relative Herzfrequenz, mit der die Aufgabe bewältigt wird, und damit auch die subjektiv wahrgenommene Anstrengung.

Ob dieser altersbedingte Leistungsrückgang bei den Senioren wie bisher angenommen rund 9% oder, wie neuere Untersuchungen vermuten lassen, nur rund 4% pro Lebensdekade beträgt, kann an dieser Stelle nicht abschließend beurteilt werden.

## 5 Das Teilprojekt ComfoDrive und seine Ergebnisse

Bereits in den Voruntersuchungen zum Projekt Fit & Sail war aufgefallen (s. IBoAT-Report 3.1):

- Dass Manöver von Segelbooten unter Motor "auf engem Raum", also beim An- und Ablegen in Häfen, in Schleusen oder beim Warten gemeinsam mit anderen Booten vor Schleusen oder beweglichen Brücken insbesondere bei Störgrößeneinfluss, also z.B. bei Seitenwind oder Strömung, den Steuermann erheblich "stressen" und unter Druck setzen. Dieses Thema wird dauerhaft auch in der Segelpresse als Problem wahrgenommen und mit Ratschlägen thematisiert.
- Dass die Stressbelastung des Steuermannes mit Hilfe der Herzfrequenz gemessen und quantifiziert werden kann. Überraschend war dabei die Höhe der Herz-Kreislaufbelastung durch den Stress bei diesen Manövern, die im Einzelfall die obere individuelle Leistungsgrenze erreichen kann, insbesondere dann, wenn solche Manöver missglücken, das Boot vorübergehend unkontrollierbar wird und ernsthafte Sicherheitsprobleme entstehen.

Bereits in der Planungsphase des Projektes "Fit & Sail" wurde deshalb das Teilprojekt "ComfoDrive" aufgesetzt, in dem technische Lösungen zur Verbesserung der Kontrolle einer Yacht unter Motor untersucht, ausgearbeitet und mit Prototypen erprobt werden sollten.

### 5.1 Konzept

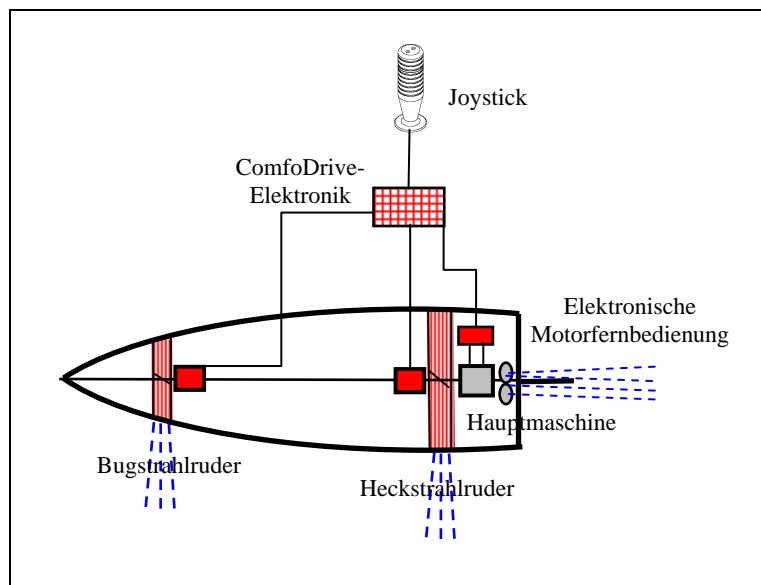
Eine Untersuchung der Dynamik des Manövrierens von Segelyachten unter Motor ergab folgende Ergebnisse (s. IBoAT-Report 3.4):

- Die Schwierigkeiten, eine Yacht unter Hauptmaschine (mit fester Welle) auf engem Raum zu manövrieren, beruhen darauf, dass mit dieser Konfiguration nicht alle drei Freiheitsgrade eines Bootes im Wasser  
Bewegung in Längsachse des Schiffes vorwärts - rückwärts  
Querbewegung des Schiffes nach Backbord - Steuerbord  
Drehung der Bugpeilung des Schiffes nach rechts - nach links  
unabhängig voneinander durch Schubkräfte kontrolliert werden können.
- Diese Probleme verstärken sich, je langsamer sich die Yacht bewegt.

Eine Überprüfung der nach dem Stand der Technik für Segelyachten möglichen Lösungen ergab, dass bei einer Grundausrüstung der Yacht mit einer Hauptmaschine und fester Welle der ergänzende Einbau eines Bug- und eines Heckstrahlruders (oder entsprechender Jetantriebe) die für eine vollständige Kontrolle der Schiffsbewegungen erforderlichen Schübe kostengünstig und nachrüstbar liefern würden.

Aus ergonomischen Gründen wurde zusätzlich entschieden, die Kontrolle der Antriebe über eine vektorisierende Steuereinheit zusammenzufassen und mit einem zentralen 3-Achsen Joystick orthogonal zu steuern:

vor - zurück  
rechts - links  
Drehung nach rechts - nach links.



**Abb.: 5-1: Konzept ComfoDrive**

Der ergonomische und technische Ansatz erforderte:

- Der Joystick sollte als einziges zentrales Bedienelement für alle Antriebe fungieren und den üblichen Einhand-Hebel für die Bedienung der Hauptmaschine (Gangschaltung und Schubstärke) sowie die üblichen Taster der Querstrahlruder ersetzen. Dies erforderte den Ersatz der i.d.R. mechanischen Bedienung der Hauptmaschine durch eine Elektronische Motorfernbedienung.
- Da der Joystick in der vorwärts - rückwärts - Ebene den Motorschalthebel ersetzt, sollte er aus ergonomischen Gründen ähnliche Eigenschaften haben:

- Reibbremse für die Ebene vor - zurück,
  - bei Verbrennungsmotoren: Rastpunkte für die Schaltpositionen des Getriebes,
  - angemessene Kippwinkel / Handwege zur sicheren und sensiblen Einstellung des gewünschten Motorschubes.
- Als Querstrahlruder sollten einfache handelsübliche Systeme mit 3-Punkt-Funktion (Schub Backbord - Null - Schub Steuerbord) eingesetzt werden. Um mit diesen Systemen eine variable, semi-lineare Schubstärke zu erzeugen, sollten sie über die Steuerelektronik mit Pulsen fester Taktlänge und variabler Pulslänge innerhalb des Taktes angesteuert werden.
  - Um mit den Querstrahlrudern eine saubere Querfahrt ohne zusätzliche Drehung zu erhalten, müssen die Drehmomente der beiden Querstrahlruder aufeinander abgestimmt werden. Hierzu sollte für jedes Querstrahlruder die maximale Pulslänge pro Takt parametrisiert werden können.
  - Die Kipp- und Drehwinkel des Joysticks werden mit Hilfe des Vektorisierungs-Algorithmus in proportionale Schubstärken der Antriebe umgesetzt. Hierdurch entsteht an der Joystick-Schnittstelle eine lineare und - bezogen auf die Schiffskoordinaten - orthogonale Schnittstelle:

<b>Joystick Kipp-/Drehwinkel</b>	<b>Antriebe, Schübe</b>
vorwärts - rückwärts	Hauptmaschine vorwärts - rückwärts
rechts - links	beide Querstrahlruder gleichgerichtet rechts - links
Drehung (des Joystickkopfes) nach rechts - links	beide Querstrahlruder gegenläufig Drehmoment nach rechts - links

Dieses Konzept wurde im November 2006 zum Patent angemeldet. Die Anmeldung wurde im November 2007 unter Inanspruchnahme der inneren Priorität zurückgenommen und durch eine erweiterte Anmeldung ersetzt. Diese wurde am 19.6.2008 offengelegt (Az.: DE 10 2007 057 600.7).

## 5.2 Realisierung und Testergebnisse

Auf der Basis dieses Konzeptes wurde im Dezember 2006 ein Pflichtenheft erstellt und im Januar 2007 nach einer formlosen Ausschreibung die Firma BCE

Elektronik (Lemgo) mit dem Bau und der Lieferung eines ersten Prototypen der "ComfoDrive-Elektronik" einschließlich eines geeigneten Joysticks beauftragt.

Das System wurde im April 2007 geliefert und von der ancora Marina zusammen mit geeigneten Querstrahlrudern und einer Elektronischen Motorfernbedienung (unentgeltlich beigestellt durch Volvo Penta Europe) in den von IBoaT beigestellten kleinen Kajütkreuzer BERTA (Neptun 22) eingebaut.

Dieses System wurde im Sommer 2007 ausführlich untersucht. Die Ergebnisse wurden im IBoaT-Report 3.4 "Konzept ComfoDrive: Dynamik, Ergonomie und Sicherheit des Manövrierens von Segelyachten unter Motor" veröffentlicht.

Im Oktober wurde ein zweiter Prototyp der Elektronik mit einer geänderten Version des Joysticks geliefert und in das Forschungsschiff "Fit & Sail" des Projektes eingebaut. Dieses System wurde u.a. am 4.12.2007 von der Zeitschrift YACHT umfassend und erfolgreich getestet.

Aufgrund der weiteren ausführlichen technischen und ergonomischen Untersuchungen wurde im Juli 2008 in beiden Prototypen ein erweiterter Update in die Elektronik eingespielt (der vor allem die Kontrolle der Elektronischen Motorfernbedienung verbesserte) und der Joystick-Hebel durch eine ergonomisch zweckmäßigere Version ersetzt. Mit dieser ComfoDrive-Ausstattung wurde die Fit & Sail im Juli auf einem Händler-Meeting der HanseYachts AG in Greifswald präsentiert.

Die Tests ergaben zusammengefasst folgende Ergebnisse (s. IBoaT-Report 3.4):

- Die Kontrolle der 3 Freiheitsgrade einer Yacht auf dem Wasser mit Hilfe zusätzlicher Bug- UND Heckstrahlruder, gesteuert durch einen zentralen orthogonal wirkenden Joystick, erwies sich als sehr wirkungsvoll, auch und besonders bei Störgrößeneinfluss.  
Die Gewöhnung des Rudergängers an die Joystick-Funktionen erfolgt innerhalb weniger Minuten, die mentale Entlastung des Rudergängers (Verringerung von Stress) bei komplexen Manövern unter Motor ist erheblich. Detaillierte sportmedizinische Untersuchungen dieses Effektes stehen allerdings noch aus.
- Für die Gestaltung des Joysticks als einziges zentrales Bedienelement der motorischen Antriebe ergeben sich folgende Anforderungen:
  - Die Y-Achse des Joysticks (vor - zurück) ersetzt dauerhaft die Funktionen des Standard-Schalthebels der Hauptmaschine, deshalb benötigt diese Achse analog zu Standard-Schalthebeln eine Reibbremse, um nach Einstellung des gewünschten Motorzustandes den Joystick loslassen zu können.

- Der Joystick muss mechanisch robust so dimensioniert sein, dass er auch bei unruhigen Schiffsbewegungen und z.B. mit Handschuhen sicher bedient werden kann.
- Bei der Bedienung eines Verbrennungsmotors über Bowdenzüge mit Hilfe eines Schalthebels/Joysticks sind 3 Zustände wichtig und müssen sicher positioniert werden können:  
 Null-Punkt, Mittellage:  
     Schaltung: Ausgekuppelt,  
     Gas:       Leerlauf,  
 Gang eingelegt, Schalthebel definiert gekippt:  
     Schaltung: Vorwärts- bzw. Rückwärtsgang ein  
     Gas:       Leerlauf  
 Fahrt, Schalthebel weiter gekippt bis zum Maximalwinkel:  
     Schaltung: Vorwärts- bzw. Rückwärtsgang ein  
     Gas:       zwischen Leerlauf und Vollgas  
 Um die "Null-Position" und die Positionen "Vorwärts- bzw. Rückwärtsgang eingelegt" sicher einstellen zu können, sollten diese drei Positionen auf der Reibbremse des Joysticks durch leicht einrastende Kerben deutlich spürbar erkannt werden können.
- Ergonomische Untersuchungen zu den erforderlichen Handbewegungen ergaben für diese 3 Zustände folgende zweckmäßigen Maße:  
 Handbewegung "Null-Position"  $\Leftrightarrow$  "Gang eingelegt":  
     2-5 cm  
 Handbewegung "Leerlauf"  $\Leftrightarrow$  "Vollgas":  
     5-10 cm  
 Sind die Schaltpunkte exakt (also ohne Hysterese) z.B. durch Kerben markiert, dann sind voraussichtlich die kleineren Werte für eine ergonomische Handbewegung ausreichend.  
  
 Aus diesen Maßen folgt, dass bei einem Joystick mit einer Hebellänge von 14 cm
  - die Position "Gang eingelegt" bei einem Kippwinkel von  $\pm 10-15^\circ$  liegen sollte und
  - für eine ausreichende Strecke "Leerlauf"  $\Leftrightarrow$  "Vollgas" ein maximaler Kippwinkel von mindestens  $\pm 35^\circ$  benötigt wird.
- Für die Bedienung der Querstrahlruder mit Hilfe der X-Achse und Z-Achse des Joysticks wurde bei den Tests beobachtet, dass die Funktionen "Querschub" und "Drehung" jeweils in manuellen Impulsen von selten mehr als 3 Sekunden Dauer und meist mit



maximaler Leistung der Querstrahlruder aktiviert wurden. Die "großräumige" Steuerung des Segelbootes erfolgte nach wie vor mit Hilfe des Ruders.

Bei diesen kurzzeitigen Aktivierungen ist für die X- und die Z-Achse eine automatische Federrückholung des Joysticks in seine Null-Position nach dem Loslassen ergonomisch zweckmäßig.

Als ergonomisch gute Kipp- / Drehwinkel ergaben die Tests:

maximale Kippwinkel für die X-Achse : rund  $\pm 25^\circ$

maximaler Drehwinkel für die Z-Achse:  $\pm 30-45^\circ$ .

- Die technische Zuverlässigkeit der von BCE gelieferten Elektronik und des Joysticks war beeindruckend: Während der bisher 2-jährigen Testdauer wurde keine einzige durch eine Fehlfunktion dieser Module verursachte Störung registriert.
- Als technisch unproblematisch und robust hat sich die Impulstechnik erwiesen, mit der die konventionellen Querstrahlruder (im 1-Sekunden-Takt) angesteuert werden. Die ursprüngliche Sorge, die Elektromotoren könnten durch die Anlaufströme und -drehmomente überlastet werden, hat sich nicht bestätigt. Auch eine Überlastungs-Abschaltung der Querstrahlruder (nach einem Dauerbetrieb von etwa 3 Minuten) wurde bisher trotz umfangreichen Manöver-Tests nicht beobachtet.
- Fachliche Sorgfalt sollte (insbesondere wegen der z.T. sehr hohen Ströme) der im Grundsatz unkomplizierten elektrischen und mechanischen Installation der Querstrahlruder und der Elektronischen Motorfernbedienung gewidmet werden. Die wenigen bisher beobachteten technischen Störungen des ComfoDrive-Systems basierten ausnahmslos auf teilweise sorgloser "Prototyp-Installation" vor allem der elektrischen Systemkomponenten.
- Ein spezieller Fall ist die Integration ausfahrbarer (retractable) Querstrahlruder in die ComfoDrive-Installation (z.B. Maxpower Retractable Heckstrahlruder auf der Fit & Sail). Es sollte in diesen Fällen geprüft werden, die von den Herstellern vorgesehenen z.T. aufwendigen und unintuitiven Prozeduren zur Aktivierung / Deaktivierung und zur Störungsanalyse der Querstrahlruder durch zusätzliche softwaregesteuerte Programmsequenzen an der ComfoDrive-Schnittstelle abzufangen und zu bearbeiten.
- In jedem Fall hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die unterschiedlichen Schalt- und Signalfunktionen der verschiedenen Komponenten (Querstrahlruder, Elektronische Motorfernbedienung, ComfoDrive-Elektronik) in einem einheitlichen gemeinsamen Schaltpaneel zusammenzufassen.

- Die Wirkung des ComfoDrive-Konzeptes beruht zentral darauf, dass das Schiff von Bug- und Heckstrahlruder mit ausreichendem Schub auch bei kräftigem Seitenwind seitwärts bewegt werden kann. Dies setzt einerseits entsprechend leistungsfähige Querstrahlruder in Abhängigkeit von der Schiffsgröße voraus. Andererseits muss auf den Wirkungsgrad der Querstrahlruder geachtet werden, der deutlich nachlässt, wenn diese zu hoch unter der Wasserlinie des Schiffes installiert werden und bei Seegang oder ungünstigem Ladungstrimm Luft ansaugen können. Nach den Messergebnissen auf dem kleineren Testboot wäre es wünschenswert, wenn Bug- und Heckstrahlruder gemeinsam bei ruhigem Wasser eine Querschubgeschwindigkeit von etwa 1 m/sec. erzeugen könnten, da mit diesem Schub der Abdrift durch Seitenwind bis ca. Windstärke 5 Bft Stand gehalten werden könnte.
- Die beiden folgenden Tabelle zeigen einige Messergebnisse und Kapazitätsberechnungen:

#### Technische Daten und Messergebnisse der Tests:

<b>Testboot</b>	
Typ	Neptun 22, Kielschwert
L / B / T	7,0 / 2,5 / 1,1 m
Motor	AB im Schacht, 8 PS / 6 kW
Leistung der Lichtmaschine (12 V)	ca. 6 A
Batteriekapazität:	
Hauptbatterie	70 Ah
Bugstrahlruder	70 Ah
Heckstrahlruder	70 Ah
<b>Bug- und Heckstrahlruder</b>	
Typ	Volvo Penta QL BP 300
Leistung	2 kW
Abstand Bugstrahlruder vom Lateralschwerpunkt	ca. 2,40 m
Abstand Heckstrahlruder vom Lateralschwerpunkt	ca. 1,90 m
<b>Messwerte</b>	
Leistungseinstellung Bugstrahlruder / Heckstrahlruder für saubere Querfahrt	0,7 / 1,0
Geschwindigkeit Querschub	ca. 2 kn (1 m/sec.)
Zeit für eine volle Drehung	ca. 30 sec.
Laufzeit der Querstrahlruder pro typischem Anlegemanöver	ca. 30 sec.

<b>Verbrauchs- und Batteriedaten</b>	
Stromstärke pro Querstrahlruder	ca. 150 A
maximale Betriebszeit mit einer Batteriekapazität von 70 Ah / Querstrahlruder bis zu 50% Entladung	rund 14 min.
Stromverbrauch pro Querstrahlruder für ein typisches Anlegemanöver (30 sec. Betriebszeit)	ca. 1,25 Ah
Summe Stromverbrauch für beide Querstrahlruder	ca. 2,5 Ah
Anzahl von typischen Anlegemanövern ohne Nachladen (70 Ah * 0,5 / 1,25 Ah)	ca. 28
Ladezeit der Lichtmaschine (6 A) für ca. 2,5 Ah	ca. 25 min.

**Abb.: 5-2: Messwerte und Kapazitätsberechnungen für eine ComfoDrive-Installation auf einem kleinen Kajütkreuzer**

- Hinsichtlich der erforderlichen Batteriekapazität für den Betrieb der Querstrahlruder zeigen die Tests auf den beiden unterschiedlichen Testbooten:
  - Bei ausreichend dimensionierter Schubleistung der Querstrahlruder hat die Summenlaufzeit beider Querstrahlruder während eines durchschnittlichen Anlegemanövers in eine Box eine Größenordnung von etwa 30 Sekunden.
  - Diese Summenlaufzeit nimmt erheblich zu, wenn die installierte Schubleistung zu gering ist und wenn z.B. bei Seitenwind dauerhaft "gegengehalten" werden muss.
  - Der Stromverbrauch der beiden Querstrahlruder ist erheblich und abhängig von der installierten Leistung, er beträgt z.B. für kleine Systeme mit je 2 kW Leistung rund 5 Ah pro Minute Summenlaufzeit.
  - Es wird dringend empfohlen, pro Querstrahlruder eigene Batterien geeigneter Kapazität zu installieren. Dem Schiffsführer sollte bekannt sein, welche Summenlaufzeit ihm diese Batteriekapazität ermöglicht und welche Motorlaufzeiten und/oder Landstromzeiten erforderlich sind, um den Verbrauch über die Lichtmaschine oder das Ladegerät zu ersetzen. Batterie-Ladezustandsanzeigen (analog zu Tank-Füllstandsanzeigen) sind hierfür sehr zweckmäßig.

## 5.3 Entwicklungsstand

Sowohl die Software-Entwicklung der ComfoDrive-Elektronik als auch die ergonomischen Untersuchung an den beiden Prototypen sind inzwischen erfolgreich abgeschlossen. Das System unterstützt grundsätzlich mehrere Steuerstände und ist so konzipiert, dass es an die Original-Steckverbindungen der Querstrahlruder und der Elektronischen Motorfernbedienung ohne Eingriff in diese Systeme angeschlossen werden kann. Hierdurch werden Funktionstests und Fehlersuche erheblich vereinfacht.

Zur Qualitätssicherung wurde ein Schnittstellentester für den ComfoDrive konzipiert. Darüber hinaus wird für den Einbau und die Störungsdiagnose empfohlen, die Original-Bedienelemente (Schalthebel, Querstrahlruder-Schalter) vorzuhalten, um bei Bedarf (durch Umstecken der Endgeräte) den Verursacher von Störungen schnell identifizieren zu können.

Für die Anpassung des Systems an andere Querstrahlruder (oder Jet-Systeme) als die bisher eingesetzten sind keine Änderungen erforderlich, sofern es sich um "einfache" Geräte mit 3-Punkt-Schaltern (Schub Backbord - Null - Schub Steuerbord) handelt. Bei der Integration von ausfahrbaren Querstrahlssystemen wird empfohlen (s.o.), die Aktivierungs- / Deaktivierungs-Prozeduren zu überprüfen und ggf. durch zusätzliche Programmergänzungen der ComfoDrive-Elektronik abfangen zu lassen.

Für die Integration von Elektronischen Motorfernbedienungen anderer Hersteller (oder neuerer Versionen von QL) sind in jedem Fall ergänzende Messungen an der Schalthebel-Schnittstelle und ggf. Anpassungen der ComfoDrive-Software erforderlich.

Bei Übernahme des ComfoDrive-Systems in ein Produktkonzept sollte in Kooperation mit den Herstellern der anderen Teilkomponenten (Motorfernbedienung, Querstrahlruder) geprüft werden, ob und welche Signalwege ggf. auf das CAN-Bus-Protokoll umgestellt werden sollten.

## 5.4 Entwicklungsoptionen

Eine wichtige Eigenschaft des ComfoDrive-Konzeptes ist die orthogonale, lineare Joystick-Schnittstelle für die Schubsteuerung bezogen auf die Bootskoordinaten.

Es bietet sich an, diese Schnittstelle als Stellgrößen-Input bei der Entwicklung neuer Assistenzsysteme für Wassersportfahrzeuge zu nutzen. Im Fokus - auch der Berufsschiffahrt - sind "Dynamic-Positioning Systeme" (DP-Systeme),

deren Aufgabe es ist, ein Schiff automatisch auf einer vorgegebenen Position (mit einer vorgegebenen Bugpeilung) zu halten oder es automatisch auf einem vorgegebenen (oder an Hand von Kartendaten berechneten) Kurs an eine vorgegebene Position z.B. an einen Liegeplatz zu bringen und dort "zu parken".

Bereits Ende 2007 wurden von Prof. Dr.-Ing. Jürgen Büddefeld am Forschungsinstitut für Nano- und Optische Technologien (iNano) der Hochschule Niederrhein entsprechende Konzepte evaluiert (s. IBoaT-Report 3.5) und Tests mit Modellbooten durchgeführt.

2008/2009 wurde dieser Ansatz von IBoaT in Zusammenarbeit mit iNano zu einem "Trackassistenten" konkretisiert:

### **Konzept "TrackAssistent":**

Es wird ein integriertes Sensor-System zur exakten Geo-Positionierung (Dezimeter-genau) und zur Richtungsmessung durch Kombination von GPS-, Beschleunigungs-, Kompass- und Gyro-Sensoren sowie von Algorithmen zur Eliminierung Sensor-spezifischer Messfehler entwickelt.

Das System kontrolliert die Position, die Fahrtrichtung und die Fahrtgeschwindigkeit sowie die Bugpeilung des Bootes.

Die Messwerte werden auf die Boots-Koordinaten transformiert:

Wahrer geographischer Ort:

Null-Punkt des Koordinatensystems,

Koordinate "Längsrichtung" (ergibt sich aus der aktuellen Bugrichtung):

Bewegung vor - zurück,

Koordinate "Querrichtung" (senkrecht zur aktuellen Bugrichtung):

Bewegung rechts - links,

Koordinate "Bugpeilung":

Drehung rechts - links.

Durch Knopfdruck wird die Funktion eingeschaltet. Der Joystick bleibt aktiviert. Das System speichert und hält diejenigen Boots-Koordinaten, für die der Joystick auf "Null" (z.B.  $\pm 5^\circ$ ) steht.

Wird der Joystick in eine oder mehrere Achsen gekippt/gedreht, so wird für diese Achsen das System unterbrochen, und das Boot bewegt sich entsprechend den Joystickbefehlen. Sobald eine Achse auf "Null" zurückgeht, speichert und hält das System die entsprechende, aktuelle Boots-Koordinate.

### **Beispiel 1: Elektronisches Ankern**

Der Joystick steht für alle Achsen auf "Null",

Hauptmaschine läuft im Leerlauf,

Segel eingeholt oder Schoten losgeworfen,

das Boot läuft ohne Schub aus.

Nach Knopfdruck hält das Boot automatisch Position und Bugpeilung. Per Joystick kann die Bootsposition für alle Achsen korrigiert werden.

### **Beispiel 2: Spurtreuer Autopilot, Elektronischer Festmacher**

Das Boot wird unter Hauptmaschine per Joystick z.B. "voraus" gefahren. Nach Knopfdruck werden die Boots-Koordinaten "Querrichtung" und "Bugpeilung" sowie die GPS-Koordinate (als Null-Punkt des Koordinatensystems) gespeichert.

Das System hält das Boot exakt auf der Koordinatenachse "Längsrichtung" (bezogen auf die GPS-Koordinate, an der die Boots-Koordinaten erfasst wurden), Abdrift o.ä. in "Querrichtung" oder "Drehung" werden ausgeregelt.

Wird während der Fahrt voraus die Bugpeilung mit dem Joystick gedreht, so werden die Koordinaten "Längsrichtung" und "Querrichtung" entsprechend der neuen Bugpeilung umgerechnet. Das Boot fährt anschließend in die neue Richtung exakt geradlinig voraus.

Vergleichbares gilt für einen Querschub per Joystick.

Damit verhält sich das Boot "spurtreu".

Wird das Boot - z.B. während eines Anlegemanövers - gestoppt (Joystick alle Achsen auf "Null"), so hält es aktiv die exakte Position und die Bugpeilung und der Skipper kann sich z.B. in Ruhe orientieren, oder auf ein Manöver vorbereiten, oder am Steg Leinen an Land bringen (elektronischer Festmacher).

Diese Funktion würde das Problem lösen, das Boot bei Seitenwind z.B. am Steg zu halten ohne den Joystick zu bedienen, um z.B. Einhand die Leinen an Land zu belegen.

### **Realisierungskonzept:**

Das System soll als eine eigenständige Box mit eigenen Messgebern, einer Steckerschnittstelle für den "Aktivierungs-Knopf" und ggf. Funktions-Modi sowie Antennensteckern für die Sensor-Antennen realisiert werden.

Das System wird an der Steckerschnittstelle zwischen Joystick und ComfoDrive-Elektronik eingefügt. Die Spannungsversorgung erfolgt über die Steckerschnittstelle aus der ComfoDrive-Elektronik.

Für die Entwicklung von Prototypen dieses Konzeptes wurde Anfang 2009 eine Kooperation und eine gemeinsame Patentanmeldung zwischen IBoaT und iNano vereinbart.

## 6 Offene Fragen und Lösungsansätze

Als eines der ersten sportmedizinischen Forschungsprojekte zur Untersuchung der körperlichen und mentalen Belastungen älterer Menschen an Bord von Fahrtensegelbooten hat sich das vorliegende Projekt zunächst auf die Identifizierung relevanter Belastungsarten und derer Einflussfaktoren sowie auf die Evaluierung geeigneter Messtechnik zur Quantifizierung der Belastungsgrößen konzentriert.

Hierbei wurde eine Vielzahl zusätzlicher Problembereiche, messtechnischer Optionen und u.a. psychologisch-pädagogischer Interpretationen zunächst ausgeblendet.

Auf die bereits vorliegenden kritischen Anmerkungen zur Methodik des Projektes und zu den Folgerungen aus den Ergebnissen, wird in Kap. 8 "Ausblick, Folgeprojekte, Kritik" eingegangen werden.

Im Folgenden sollen zunächst in Stichworten die bekannten, bisher nicht untersuchten Problembereiche dokumentiert werden, einschließlich möglicher Lösungsansätze, soweit solche bereits erkennbar sind.

### 6.1 Problembereiche an Deck

Aus heutiger Sicht konzentrieren sich die Probleme älterer Segler bei der navigatorischen Handhabung von heute typischen Fahrtenseglern vorrangig auf die Bereiche

Kräfte, Leinen und Schoten,  
Beweglichkeit, Gleichgewicht, Laufflächen  
Manövrieren, Sicherheit, Ergonomie.

#### 6.1.1 Kräfte, Leinen und Schoten

##### Problembeschreibung

Wanten, Stage, Fallen, Leinen und Schoten sind traditionell die dominierenden Instrumente zur Kontrolle der statischen und dynamischen Kräfte an Deck einer Segelyacht.

Die besonderen Eigenschaften dieser Instrumente bestehen darin, dass

- Kräfte ausschließlich als Zugkräfte eingeleitet werden können,
- Leinen und Schoten hochflexibel sind und sowohl die Punkte als auch die Winkel der Einleitung von Zugkräften durch Umlenkungen sehr variabel gestaltet werden können,

- die zur Kontrolle der eingeleiteten Kraft aufzuwendenden Kräfte am Punkt der Einleitung mit Hilfe von Untersetzungen u.a. über Taljen, Winschen, Winden oder Gewindesteigungen von Schraubverbindungen reduziert werden können, wobei die verringerte Kraft durch einen längeren Handhabungsweg (und damit i.d.R. eine längere Bearbeitungszeit) kompensiert wird und das Produkt aus Kraft mal Weg unverändert bleibt (zuzüglich der Reibungsverluste).

Typische kraftbasierte Probleme vor allem älterer Menschen an Bord bestehen darin, dass:

- Beim Einbringen der Kräfte in eine Leine
  - entweder die konstruktiv vorgesehenen Kräfte zur Bedienung z.B. von Fallen oder Schoten,
  - oder bei hohen Untersetzungen die erwartete Bearbeitungsgeschwindigkeit,
  - oder - z.B. beim Setzen eines Großsegels oder dem Einholen eines Ankers - die Gesamtleistung zur Erledigung der Aufgabe (Kraft \* Weg / Zeit)

den Ausführenden körperlich überfordern.

- Beim Verringern bereits eingebrachter Kräfte, z.B. dem Fieren einer dichtgeholtten Schot,
  - die vollen auf der Leine stehenden Kräfte in geeigneter Weise beherrscht werden müssen (z.B. durch angemessen große Reibkräfte auf einer Winsch),
  - ggf. zusätzliche Kräfte z.B. zum Lösen einer unter Spannung stehenden Leine aus einer Klemme entstehen,
  - der Ort der Bedienung (z.B. Winsch auf der Leeseite) und die Umstände dieser Anforderung (z.B. hohe Krängung) zusätzliche ergonomische und mentale Probleme (Angst, Stress) erzeugen können.
- Neben dem Bedienen der Leinen und Schoten eine Anzahl zusätzlicher Kraftanstrengungen an Bord anfallen, die im Einzelfall bis an die Leistungsgrenze körperlich belasten können, z.B.:
  - das Heben schwerer Teile (z.B. Batterien, Kanister, Segelsäcke) aus den Backskisten,
  - das Bändigen der Segeltücher beim Segelsetzen und -bergen,
  - die Handhabung der Anker,



- der Transport von Ausrüstung (z.B. Getränkekästen oder Urlaubsausrüstung) an Bord.

Das aktuelle Defizit in diesem Problemkomplex besteht darin, dass bislang keine aus Reihenuntersuchungen abgeleiteten Daten darüber verfügbar sind, welche Belastungen an Bord altersabhängig den männlichen und weiblichen Seglern zugemutet werden können (ohne sie zu überfordern) und welche ergonomischen Maßnahmen zweckmäßig wären, um Bedienungsvorgänge zu erleichtern.

### **Lösungsansätze**

Es sollen an dieser Stelle keine Lösungsansätze für die genannten Probleme diskutiert werden, die substantiell in das Konzept "Freizeitsegeln" eingreifen. Hierzu gehört aus heutiger Sicht die Verwendung flexibler Segel und die Bedienung wichtiger Funktionen über Leinen und Schoten.

Immerhin soll darauf hingewiesen werden, dass für die Funktion "Segeln" auch andere überwiegend motorisch bediente Konzept denkbar sind und z.T. auf Experimentalbooten erprobt werden. Hierzu gehören u.a. der Einsatz starrer oder halbstarrer Flügel (an Stelle von Segeln) sowie Trimm- und Anstelleinrichtungen, die z.B. hydraulisch über Getriebe und Gestänge an Stelle von Leinen bedient werden.

Für den Bereich "Segel setzen / reffen / bergen" konventioneller Yacht-Riggs (Großsegel / Vorsegel) hat sich in den vergangenen Jahrzehnten die Rollreff-Technik bei Vor- und Großsegel als sehr zweckmäßiges, belastungsreduzierendes Verfahren durchgesetzt, wo die Nachteile dieser Technik (kleinere Segelflächen, suboptimaler Trimm, schlechterer Stand gereffter Segel) in Kauf genommen werden. Die Vorteile liegen in der stark vereinfachten Handhabung der Segel beim Setzen und Bergen, ein Defizit bei größeren Yachten in den immer noch hohen Kräften, die zur Bedienung der Rolleinrichtungen über Reffleinen / Achterholer / Schoten etc. erforderlich sind.

Für die Bewältigung großer Zugkräfte auf das "bewegliche Gut" haben sich auf Yachten z.Z. Winschen durchgesetzt, bei denen die Leine am Einleitungspunkt der Kraft vorübergehend mehrfach um eine Trommel gelegt wird (um die Zugkraft weitgehend durch die Reibungskraft zu kompensieren), ggf. am Trommelkopf eingeklemmt wird ("selbstholend") und bei denen dann die Trommel über eine Getriebe-Untersetzung mit einer Kurbel oder einem Motor gedreht wird, wobei im Gegensatz zu einer Winde die Leine am Einleitungspunkt auf die Trommel auf und am "losen Ende" wieder von der Trommel abgewickelt wird. Die Getriebe-Untersetzungen von üblichen Mehrgang-Winschen reichen von 1:5 bis 1:100, sodass grundsätzlich auch sehr starke Zugkräfte mit der Handkurbel bewältigt werden können.

Winschen haben gegenüber Taljen oder Winden u.a. den Vorteil, dass sie - an geeigneter Stelle positioniert - nacheinander für mehrere zur Wensch umgeleitete Leinen verwendet werden können. Die Zuglasten der nicht auf der Wensch liegenden Leinen werden dabei vor der Wensch durch Klemmen blockiert.

Eine extreme Lösung war Anfang der 90-er Jahre die Zentralwensch von Dehler, die allerdings u.a. daran scheiterte, dass die Reibungswiderstände der aufwändig umgeleiteten Leinen für eine manuelle Bedienung der Leinen und der Wensch zu groß geworden waren.

Hinsichtlich der Handhabung und der funktionellen Eigenschaften müssen 3 Konstruktionsmerkmale von Winschen unterschieden werden:

- Manuell (mit Handkurbel) bediente Winschen - Winschen mit Motorantrieb (elektrisch, hydraulisch),
- Selbstholende Winschen - Manuelle Kontrolle der losen Part,
- holende Winschen - holende und fierende Winschen

Das Problem manuell bedienter Winschen besteht darin, dass - wie bei einer Gangschaltung - die Arbeit (das Produkt aus Kraft \* Weg) konstant bleibt. Wird z.B. durch das Getriebe die aufzuwendende Kraft an der Kurbel um den Faktor 10 reduziert, so muss dafür an der Handkurbel die 10-fache Strecke des mit der Wensch eingeholten Leinensegmentes gedreht werden. Hinzu kommen Probleme der nicht nur funktionell, sondern auch ergonomisch zweckmäßigen Positionierung der Winschen an Deck für eine wirkungsvolle Bedienung.

Selbstholende manuell bediente Winschen haben gegenüber einer manuellen Kontrolle der freien Part den Vorteil, dass beide Hände für die Bedienung der Handkurbel eingesetzt werden können, und dass nach Beendigung des Holvorgangs die Leine auf der Trommel belegt bleiben kann. Nachteilig ist die Anfälligkeit dieser Technik für Bedienungsfehler (durch ungeübte Crews) beim Lösen der Selbstholung und Fieren der Leine mit zu geringer Reibung auf der Trommel.

Motorisch angetriebene Winschen sind im Gegensatz zu manuell bedienten Winschen echte Kraftverstärker. Die Größe der durch den Motor (und die Getriebeübersetzung) gelieferten Kraft auf die Leine entspricht der Reibungskraft der Leine auf der Trommel, die durch die Anzahl der Windungen um die Trommel und die Spannung auf die freie Part kontrolliert werden kann.

Motorwinschen ohne Selbstholung, z.T. im "Dauerlauf", werden in der Berufsschiffahrt und auf Yachten genutzt, um über die manuelle Kontrolle der freien Part Leinen mit z.T. sehr hohen Lasten (z.B. Netze in der Fischerei oder Festmacher auf großen Schiffen) sensibel sowohl zu holen als auch kontrolliert

zu fieren. Diese Technik ist ebenfalls sehr gut geeignet, um mit geringem körperlichen Aufwand kontrolliert Segel zu setzen oder Reffleinen zu bedienen.

Schwierig bei Motorwischen ohne Selbstholung ist allerdings die Aufgabenstellung, mehrere Leinen gleichzeitig zu holen (z.B. Reffleine und Achterholer eines Großsegels).

Motorwischen mit Selbstholung werden auf Yachten überwiegend zum Holen von Schoten großer Segel eingesetzt. Ihr Vorteil besteht darin, dass nach dem Belegen der Schot auf der Winsch keine weiteren Kraftanstrengungen zum Holen mehr nötig sind. Das Risiko dieser Technik besteht darin, dass während des Holvorgangs ein manuelles Feedback fehlt, sodass bei Störungen (z.B. Verhaken der Leine oder des Segels) unkontrolliert sehr große Kräfte auf das Material wirken können.

Übliche Winschen drehen - im Gegensatz zu Winden - grundsätzlich nur in eine Richtung, der Rücklauf der Winsch wird durch Sperrklinken verhindert.

Da auch bei Motorwischen mit Selbstholung zum Fieren der Schot die Selbstholung gelöst und die Schot mit der Hand gefiert werden muss, bietet es sich an, Motorwischen mit Selbstholung zusätzlich um die Funktion "Fieren" zu ergänzen. Dies ist in sofern technisch aufwendig, als einerseits die Sperrklinken-Technik verändert, andererseits die sichere Führung der freien Part zurück auf die Trommel gewährleistet werden muss.

Nach unserer Kenntnis hat erstmalig die Firma MSM Meyerdieks GmbH & Co KG (Dülmen) auf der boot 2009 in Düsseldorf eine selbstholende Elektrowinsch für Yachten vorgestellt, die per elektronisch fernbedientem Knopfdruck sowohl holt als auch fiert.

Sofern die Crew die oben genannten Risiken des fehlenden manuellen Feedbacks selbstholender Motorwischen beachtet, können selbstholende fierende Winschen einen interessanten Beitrag zur körperlichen Entlastung der Crew bei Segelmanövern und beim Trimm der Segel leisten.

Umfangreich experimentiert wird mit vollständig motorisch unterstützter Segelbedienung. Die Fallen oder bei Rollsegeln die Rollsysteme werden hierbei i.d.R. von motorgetriebenen Winden oder in das Rollsystem eingebaute Motoren bedient. Die Schoten der Vorsegel laufen dabei i.d.R. ebenfalls auf Motorwinden und das Großsegel kann z.B. mit Hilfe einer steuerbaren Hydraulik von einem Niederholer mit verschiebbarem Holepunkt auch ohne Großschot vollständig kontrolliert werden. Beispiele: "Joystick Sail Control System" (<http://www.joysticksailing.com>) oder "Sailmate" (<http://www.sailmate.de>).

Traditionelle Lösungen, die allerdings das Segelhandling insbesondere kleiner Crews erheblich erleichtern können, sind z.B.

- auf Kreuzkursen selbsttätige Wendesysteme für das Vorsegel, früher die Baumfock, heute die Selbstwendefock
- oder zur Bändigung großer Segeltücher beim Setzen und Bergen das "lazy jack"-System für Großsegel oder Bergeschläuche für Spinnaker, Gennaker, Blister und Co.

Lösungen zur Handhabung schwerer Lasten finden sich z.Z. nur selten an Bord von Yachten dafür in vielen Varianten in der Berufswelt, im Fahrzeugbau oder in den Haushalten.

Eine wichtige ergonomische Regel dabei: Die Last sollte sich bei aufrechtem Stand des Akteurs bereits in Griffhöhe befinden und ohne Bücken ergonomisch angehoben und gehalten werden können. Dies würde an Bord der z.Z. markttypischen Yachten z.B. eine grundsätzliche Umgestaltung der Backskisten und Stauräume voraussetzen, wobei z.B. die Konstruktion von zugänglichen Regalen oder von einfachen Liftsystemen eigentlich keine große technische Herausforderung darstellen sollte.

### **6.1.2 Beweglichkeit, Gleichgewicht, Laufflächen**

Ein mit dem Lebensalter zunehmendes Problem älterer Menschen ist die abnehmende körperliche Beweglichkeit und die abnehmende Reaktionsgeschwindigkeit auf äußere Störungen des Gleichgewichtes, z.B. durch Schwankungen des Untergrundes oder durch Stolpern an Unebenheiten.

#### **Problembeschreibung**

Die abnehmende körperliche Beweglichkeit, z.B. die Stufenhöhe, die maximal gestiegen werden kann, die Höhe, die das Bein gehoben werden kann, um z.B. eine Reling zu übersteigen oder die Distanz bzw. die Höhe, die bei einem Sprung aus dem Stand sicher überwunden werden kann, führt - wie Praxisbeobachtungen zeigen - gar nicht so selten dazu, dass ältere Menschen nicht mehr in der Lage sind, ohne fremde Hilfe oder geeignete technische Unterstützung (zusätzliche Treppen, Gangways, Relingspforten etc.) an Bord einer modernen Yacht in einer modernen Marina zu kommen oder das Schiff sicher wieder zu verlassen.

Ebenfalls schwierig gestaltet sich für ältere Menschen aus diesen Gründen häufig der Weg vom Cockpit auf das Vorschiff mit einer Kletterpartie über die Cockpitbänke auf das Deck, der Abstieg über steile Niedergänge (ohne Handgriffe) in den Salon, die Nutzung enger Nasszellen oder das Kriechen in enge, niedrige Kojen, womöglich über das Kopf- oder das Fußende.

Ein physiologisch anderes Problem mit ähnlichen Auswirkungen ist die Erfahrung älterer Menschen, dass ihre Reaktionsfähigkeit auf Störungen des Gleichgewichts langsamer geworden ist, wodurch latent die Angst vor Stürzen ansteigt.

Die typische Reaktion auf diese Alterserscheinung ist die zunehmende Nutzung von Halterungen und Handgriffen zur Absicherung des Gleichgewichtes auf "unsicherem Gelände". Bei ernsthaften äußeren Einwirkungen auf das Gleichgewicht wird die unzureichende Regelungskapazität der Beinmuskulatur und des Gleichgewichtsorganes durch Krafteinsatz u.a. der Armmuskulatur kompensiert, woraus folgt, dass Handgriffe im "Ernstfall" in der Lage sein müssen, erhebliche Gewichte zu halten.

Ein weiteres mit dem Gleichgewicht zusammenhängendes Altersproblem ist bei "freihändigem" Gehen die zunehmend "breitere" Gehweise, bei der die Füße nicht "elegant" in einer engen Spur, sondern in breiten, parallelen Spuren aufgesetzt werden. Diese leicht schwankende Gehweise erfordert einen geringeren physiologischen Regelungsaufwand zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes, allerdings auch eine breitere, sichere Lauffläche mit zusätzlichen "Reserveflächen" links und rechts für Ausweichschritte beim Stolpern.

Auf Grund der "schwereren", weniger federnden Gehweise werden im Alter auch die Füße bei Gehen weniger stark angehoben, sodass die Gefahr zunimmt, über Unebenheiten der Gehfläche zu stolpern.

Ein ebenfalls die Beweglichkeit an Bord behinderndes Altersproblem ist die Benutzbarkeit von Treppen und Niedergängen: Im Gegensatz zu jungen Menschen, die auch auf sehr schmalen und steilen Treppen sicher absteigen können, benötigen ältere Menschen zum "freihändigen" Herabsteigen einer Treppe eine Stufenbreite, bei der sie den Fuß mit dem vorderen Ballen sicher aufsetzen können, hinzu kommt mit zunehmendem Alter eine Trittsicherheit bei zu hohen Stufen.

### **Lösungsansätze**

Die grundsätzlichen Lösungsansätze für diese Probleme sind u.a. im Bauwesen unter dem Stichwort "Altengerecht" (nicht zu verwechseln mit "Barrierefrei") längst aufgearbeitet (s. u.a. [www.baufachinformation.de](http://www.baufachinformation.de)) und werden zunehmend u.a. auch im Fahrzeugbau beachtet.

Die Umsetzung an Bord von Yachten ist wegen der vielfältigen anderen Anforderungen an die Konstruktion und das Design sicher nicht einfach, sollte aber im Interesse dieser Nutzergruppe nicht dauerhaft vernachlässigt werden.

Interessante Ansätze aus letzter Zeit enthält u.a. das Decksalonkonzept der Moody 45 DS (HanseYachts AG) mit einigen sehr interessanten Details (z.B. breite Laufflächen, robuste Handgriffe und Handläufe an vielen wichtigen Stellen, stufenloser Übergang vom Cockpit zum Salon und aus der Reling ausklappbare Treppen zum bequemen Ein- und Aussteigen).

### **6.1.3 Manövrieren, Sicherheit, Ergonomie**

Aus den mit zunehmendem Alter entstehenden körperlichen Defiziten erwachsen zusätzliche Anforderungen an die Sicherheit und die Ergonomie bei der Handhabung einer Segelyacht.

#### **Problembeschreibung**

Für die Bedienung der Segel resultiert aus der nachlassenden Beweglichkeit vorrangig die Forderung nach einer sicheren Bedienbarkeit aller Segelfunktionen vom Cockpit aus. Dieser Ansatz wird auch von jüngeren Seglern als wichtiges Sicherheitspotential verstanden und deshalb inzwischen auf Fahrtenseglern durchgehend umgesetzt.

Die Kehrseite aufwendig umgeleiteter Fallen und Schoten sind allerdings zunehmende Reibungswiderstände und höhere erforderliche Bedienkräfte, dieser Aspekt wurde bereits oben diskutiert.

Ein häufig unzureichend gelöstes Problem ist dabei die Positionierung z.B. der handbedienten Winschen (aber auch der Klemmen und Klampen) so, dass sie nicht nur ihre Aufgabe sinnvoll erfüllen, sondern auch unter allen denkbaren Betriebszuständen der Yacht (z.B. in Lee bei heftigem Seegang und starker Krängung) noch sicher und in einer für den speziellen Krafteinsatz zweckmäßigen Körperhaltung bedient werden können. Dieses Problem verschärft sich, wenn erwartet wird, dass wichtige Komponenten, z.B. die Genuaschot, "Einhand" vom Rudergänger mitbedient werden soll.

Zusätzliche ergonomische Probleme ergeben sich u.a. bei der Anordnung der Bedienelemente an Deck (z.B. Winden, Klampen), die überwiegend nur gebückt bedienbar sind, bei der Gestaltung der Steuerstände, die ja nicht nur bei ruhiger See sondern auch bei hartem Wetter sicher und ermüdungsarm bedient werden sollen, bei der Gestaltung der Sitzflächen im Cockpit, aber auch bei der Lesbarkeit der Anzeigen und der intuitiven Bedienbarkeit der vielfältigen elektrischen und elektronischen Geräte und Systeme.

Ein anderes Problem ist die Sicherheit mit der das Schiff sowohl weiträumig als auch im Nahbereich manövriert und navigiert werden kann:

Während für den Fernbereich zunehmend Hilfsmittel verfügbar sind und im Yachtbereich eingesetzt werden (vom Autopiloten über GPS-basiertes Routing bis zu Kartenplottern mit Radaroverlay und AIS), welche die Crew nicht nur entlasten, sondern die Törns auch tatsächlich sicherer machen, gibt es für das Manövrieren im Nahbereich immer noch eine Reihe alter Sicherheitslücken:

Die wichtigste beruht auf der Tatsache, dass Boote sich im Wasser nicht spurtreu bewegen (wie Autos auf der Straße), und dass deswegen u.a. das An- und Ablegen oder ein Mann-über-Bord-Manöver vor allem bei Störgrößeneinfluss kompliziert und anstrengend ist, aber auch erhebliche Sicherheitsrisiken birgt. Dieser Komplex wurde sowohl in den sportmedizinischen Untersuchungen als auch im Teilprojekt "ComfoDrive" ausführlich betrachtet.

Ein weiteres Defizit, das im Kfz-Bereich seit Jahrzehnten systematisch und erfolgreich bearbeitet wird, ist der Einsatz von Sensoren und Assistenzsystemen, z.B. zur Abstandskontrolle, Kollisionsverhütung, Nahbereichsorientierung etc. Außer Echolot und Radar ist die umfangreiche Sensortechnik, die an Land inzwischen die Vision einer sicheren und vollautomatischen Nahbereichsnavigation von Autos ermöglicht, auf dem Wasser noch nicht angekommen.

Auch wenn für das Hobby "Segeln" andere "Regeln" gelten, als für das unumgängliche Autofahren auf überfüllten Straßen, hat sich in der Vergangenheit herausgestellt, dass z.B. so "überflüssige" Systeme wie elektronische Kartenplotter, Autopiloten mit GPS-Routing oder AIS sich nicht nur in der Berufsschiffahrt sondern auch im Yachtbereich durchsetzen, weil - wenn auch langsam - nicht nur deren Entlastungsfunktion sondern auch deren Beitrag zur Schiffssicherheit erkannt wird.

### **Lösungsansätze**

Ergonomie und Sicherheit am Arbeitsplatz sind seit langem wissenschaftliche Disziplinen mit zahllosen Untersuchungen und einem umfangreichen Wissensstand.

Es wäre nützlich, diese Erkenntnisse unter Berücksichtigung altersabhängiger Anforderungen im Hinblick auf den "Arbeitsplatz Yacht" aufzuarbeiten und umzusetzen.

Hinsichtlich des bisher weitgehend unausgeschöpften Potentials an zusätzlicher Entlastung und mehr Sicherheit durch Sensortechnik und Assistenzsysteme wird unbeschadet der Skepsis von Skippern und Werften für die kommenden Jahre ein zunehmendes Angebot an (elektronischen) Hilfsmitteln - voraussichtlich zunächst Marinisierungen aus dem Kfz-Bereich - erwartet, welche

unangenehme, lästige oder komplizierte Teilbereiche der Handhabung von Yachten unterstützen können und werden.

## **6.2 Problembereiche unter Deck**

Die altersbedingten körperlichen Defizite erfordern naturgemäß nicht nur im Cockpit und an Deck, sondern auch unter Deck Anpassungen, um als anstrengend empfundene Belastungen zu vermeiden.

### **6.2.1 Laufflächen, Gleichgewicht, Sicherheit**

Die verringerte Beweglichkeit und der schwerere Gang erfordern für ältere Menschen unter Deck breitere und geradlinigere Laufflächen (z.B. vom Niedergang zum Vorschiff), als sie für junge Leute erforderlich wären.

Älteren Menschen fällt es schwerer als Jüngeren, gebückt zu laufen oder zu arbeiten, deshalb ist z.B. in der Pantry oder im Nassraum angenäherte Stehhöhe sinnvoll.

Andererseits fühlen sich ältere Menschen unter Deck wohler, wenn sie bei stehender Tätigkeit unter Deck robuste Einbauten hinter oder neben sich haben, an denen sie sich bei Bedarf anlehnen oder festhalten können.

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt: Da ältere Menschen z.B. bei Seegang leichter dazu neigen, aus dem Gleichgewicht zu geraten, sollten einerseits entlang der Laufflächen unter Deck (und am Niedergang!) sichere Handläufe (z.B. an der Decke) verfügbar sein, andererseits sollte die Konstruktion und das Design des Mobiliars verhindern, dass beim heftigen Anstoßen Verletzungen und/oder Beschädigungen auftreten.

Ergänzend soll darauf hingewiesen werden, dass mit zunehmendem Alter die Arbeiten unter Deck sowohl aus Bequemlichkeit als auch aus Gründen der Sicherheit gerne im Sitzen (aber höchst ungern im Knien oder gebückt!) erledigt werden. Dies entspannt die Forderung nach Stehhöhe in den Arbeitsbereichen und eröffnet zusätzliche Optionen z.B. zur Gestaltung einer Pantry, die vollständig im Sitzen bedient werden kann.

### **6.2.2 Ergonomie und Komfort**

Viele Ärgernisse für ältere Menschen an Bord heutiger Segelyachten sind zwar nicht sicherheitsrelevant aber doch so belastend und lästig, dass sie die "warum tue ich mir das an"-Frage aufwerfen.



Zu diesen Ärgernissen gehört unter Deck u.a. das traditionelle Design der Ablagen und Stauräume:

Während im Haushalt (und natürlich im Arbeitsleben) längst die Erkenntnisse der Arbeitswissenschaften und der Ergonomie umgesetzt werden:

- Ablagen nicht in tiefen Regalen, sondern in 120% ausziehbaren Schubladen oder Stauflächen,
- flache, in einer Schicht übersichtlich sortierte Stauflächen an Stelle hoher Schubladen oder Staukästen, die in mehreren Schichten beladen werden,
- Zugänglichkeit der Stauflächen, ohne dass Teile der Einrichtung umgestellt werden müssen,
- Stauflächen in einer vernünftigen Arbeitshöhe, niedrige Stauflächen im Sitzen bedienbar.

wird auch auf modernen Yachten ein großer Teil der Ausrüstung immer noch unter den Bodenbrettern, unter und hinter den Sitzen oder in tiefen Backskisten (oder in Toplader-Kühlschränken) gestaut.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass gebückte oder kniende oder körperverdrehte Nutzung von Stauräumen mit zunehmendem Alter als besonders lästig und unangenehm wahrgenommen wird.

Ein weiteres Ärgernis ist häufig die komplizierte Nutzung der Kojen, besonders in vielen Vor und Achterschiffen. Während es jungen Leuten nichts ausmacht, gelenkig über das Kopfende in den Schlafsack zu schlüpfen, fällt dies älteren Menschen schwer, sie würden es vorziehen, seitwärts aus ihrem Bett zu steigen, was auch bei nächtlichen Unterbrechungen den Partner im Nebenbett weniger stören würde. Dass ältere Menschen empfindlicher auf die Qualität der Matratzen in ihren Betten reagieren, hat sich inzwischen bei den Anbietern herumgesprochen, sodass die Nachrüstung körpergerechter Unterlagen und Lattenroste inzwischen kein Problem mehr ist.

Ebenfalls problematisch ist häufig die Gestaltung der Nasszellen. Um in Würde die Segelhosen herabzulassen und wieder hochzuziehen, wird mit zunehmendem Alter mehr Bewegungsraum (und ein Mindestmaß an Stehhöhe) benötigt, als dies manche Designer von Toilettenräumen hinter den geschlossenen Türen vorgesehen haben. Ähnliches gilt für die Duschen und den Waschraum. Auch wenn bei Familiencrews darauf verzichtet werden kann, das Aus- und Anziehen hinter verschlossenen Türen zu erledigen, sind doch oft die Bewegungsmöglichkeiten beim Zähneputzen oder beim Duschen sehr beengt.

Ein langfristig wichtiger Aspekt ist die Gestaltung der Sitzmöbel im Salon, die einerseits bequem, andererseits für ältere Menschen höher und etwas fester gestaltet werden sollten, um das Hinsetzen und Aufstehen zu erleichtern.

Interessant ist andererseits die Beobachtung, dass auch im Alter der maritime Charme traditioneller Arbeitsabläufe an Bord und unter Deck nach wie vor erwünscht und beliebt ist, sofern er nicht übermäßig körperlich belastet. So sind auf kleinen und mittleren Yachten unter Deck immer noch einfache Spiritus- oder Gaskocher und schlichte Pumpwasseranlagen (ohne warmes Wasser) in Benutzung und moderne Haustechnik wie mehrflammige Backherde, Mikrowelle und Tiefkühler eher selten. Soweit sich aus Umfragen erkennen lässt, wird dieser Verzicht auf den zu Hause üblichen Komfort als Teil des "anderen Lebens" an Bord verstanden und auch im Alter angenommen.

Mit anderen Worten: Es geht auch unter Deck vorrangig um körperliche Belastungen und nicht um Komfort im Sinne von "Luxus".

### **6.3 Problembereich Hafen und Infrastruktur**

Spätestens wenn es benutzt werden soll, benötigt ein Wassersportfahrzeug einen Hafen und einen Liegeplatz. Und der Eigner mit seiner Crew benötigt eine angemessene Infrastruktur.

Sortiert nach den alters-relevanten Kategorien

- körperliche Leistungsfähigkeit,
- Beweglichkeit,
- Komfort

lässt sich aus den Beobachtungen in den Häfen und den Interviews folgende (unvollständige) Darstellung potentieller Probleme auflisten:

#### **Körperliche Leistungsfähigkeit:**

- Mit zunehmendem Alter fallen die erforderlichen Service- und Wartungsarbeiten zu Beginn und am Ende der Saison (von der Pflege des Unterwasserschiffes über das Setzen und die Pflege des Riggs bis zur Überprüfung der Technik an Bord schwerer. Viele kommerzielle Häfen bieten hier bereits ihre Dienste an, häufige Defizite sind allerdings einerseits die Zuverlässigkeit und die Termintreue, andererseits die Preisgestaltung. (Insbesondere bei der Termintreue scheinen viele Leistungsanbieter zu vergessen, dass für ihre Kunden die Zeit an Bord und die Funktionsfähigkeit ihres Schiffes ein genauso kostbares Gut ist, wie für den Anbieter der rationelle Einsatz seiner Mitarbeiter.)

Eine Option wäre der im Hafen persönlich ansprechbare "virtuelle Bootsmann", mit dem der Skipper seine Wünsche und Probleme besprechen könnte und der sich persönlich darum kümmert, dass alle Absprachen zuverlässig und vor allem termingerecht erledigt werden. Wenn dieser "Bootsmann" sich dann auch noch während der Saison um das Boot im Hafen kümmern würde, z.B. die Festmacher und die Persenninge kontrolliert und ggf. vor einem Besuch des Eigners den Motor Probe laufen lässt und das Deck reinigt, hätte der Eigner ein großes Problem weniger.

- Ein weiteres körperliches Problem sind in den großen Häfen die oft weiten Wege, die Gepäck und Ausrüstung z.B. vom Parkplatz zum Boot geschleppt werden müssen.  
Noch nicht in allen Häfen gehört es zum Service, eine ausreichende Anzahl geeigneter Transportkarren zur Verfügung zu stellen, mit denen das Boot auch tatsächlich erreicht werden kann.
- Ein mit dem Transportaufwand zusammenhängendes Problem ist der Schutz der Boote gegen Einbruch und Vandalismus. Je besser der Hafen überwacht wird und je sicherer der Hafengebiete "seine" Boote gegen Einbrüche schützt, um so mehr Ausrüstung kann über die Saison an Bord bleiben und den Besuch des Eigners zum Wochenende oder für einen Kurzurlaub vereinfachen.

### **Beweglichkeit:**

- Das häufigste Problem älterer Eigner in vielen Häfen besteht darin, von den niedrigen (und/oder schmalen und/oder wackeligen) Stegen an Bord (und wieder zurück) zu kommen. In den Heimathäfen sieht man an vielen Stegen deshalb Stapel von Kisten oder fest montierte Küchenleitern, die dieses Problem beheben sollen, auf den Törns und in fremden Häfen wird es dann schwierig.  
U.a. in den Montagehallen der Werften wird die ergonomische Lösung praktiziert: Man kommt am einfachsten und sichersten an Bord, wenn sich der Steg und das Deck in gleicher Höhe befinden.  
Angesichts der wachsenden Zahl größerer und hochbordigerer Yachten sollten sich die Hafengebiete hierzu etwas einfallen lassen.
- Ein weiteres Problem sind die erforderlichen Pflege-, Wartungs- und Reparaturarbeiten auf dem Boot während der Saison. Während es jungen Leuten körperlich leicht fällt (und häufig sogar Spaß macht), in Backskisten, engen Motorräumen oder unter Bodenbrettern und hinter Verkleidungen herumzukriechen, um Ventile, Rohrleitungen oder Sensoranschlüsse zu überprüfen, Defekte an der Elektrik zu finden, den Motor zu warten oder die Muttern von Püttingen festzuziehen, fühlen sich ältere Menschen mit diesen Arbeiten häufig überfordert.

Dies kann - wenn der Skipper mit dem Problem alleine gelassen wird - zu ernststen Sicherheitsproblemen führen, die von den meisten Eignern allerdings erkannt werden und dazu führen, dass das Boot nicht mehr benutzt wird.

Hier liegt eine Aufgabe aber auch eine zusätzliche Chance der Hafengebiete, den Bootsbesitzern bei akuten Schwierigkeiten an Bord kurzfristig Hilfe durch Fachkräfte (zu akzeptablen Konditionen) anzubieten. Der oben angeregte "virtuelle Bootsmann" wäre hierbei ein geeigneter Ansprechpartner.

Eine Alternative wäre der saubere, übersichtliche und wartungsfreundliche Einbau der Technik an Bord, verbunden mit einer verständlichen und vollständigen Dokumentation, die es dem technisch interessierten Amateur ermöglicht, Funktionstest auszuführen und wichtige Steckverbindungen, Sicherungen, austauschbare Module, Ventile etc. zu identifizieren, ohne körperliche Verrenkungen zu überprüfen und bei Bedarf ersetzen zu können. Eine Herausforderung an die Entwickler und Designer.

### **Komfort:**

- Wie die Untersuchung "Strukturen im Bootsmarkt" (FVSF-Forschungsbericht Nr. 1) gezeigt hat, sind ca. 80% der Segelyachten deutscher Eigner kleiner als 10 m. Dies bedeutet, dass aus Platzgründen die Sanitäreinrichtung an Bord für den "Notfall" reicht, aber nicht wirklich komfortabel ist und dass die Crew im Hafen gerne auf die entsprechende Infrastruktur zurückgreift.

Allerdings:

- Ältere Menschen, insbesondere Frauen, reagieren empfindlicher als Jüngere auf mangelhafte Sauberkeit und Hygiene in den Sanitärgebäuden,
- die Ansprüche an den Minimalcomfort, die Wahrung der Intimsphäre und ein Mindestmaß an Ästhetik der Innenausstattung steigen,
- u.a. warmes Wasser und wohltemperierte Sanitärräume an kalten Tagen werden nach einem anstrengenden Segeltag dankbar wahrgenommen.
- Eine interessante Option sind integrierte, abschließbare Zellen mit Dusche, Waschbecken und WC, die einerseits den erforderlichen Platz, andererseits die wünschenswerte Diskretion ermöglichen.
- M.a.W.: Die häufig (vor allem in kommunalen Einrichtungen) anzutreffende "rustikale" und Vandalismus-robuste Minimal-

ausstattung der Sanitärräume im Stil früherer Jugendherbergen wird ältere Segler nicht motivieren, diesen Hafen häufig anzulaufen.

- Ein schwieriges Thema - vor allem in großen Hafenanlagen - sind die langen Wege. Wenn der Kunde sich im Hafen wohlfühlen soll und ihm zu diesem Zweck Serviceeinrichtungen (z.B. Sanitärgebäude) angeboten werden, dann sollten diese auch (z. B. nach dem letzten Bier am Abend im Cockpit) bequem erreichbar sein (vor allem bei schlechtem Wetter). Eine gute Lösung sind mehrere dezentrale, kleine "Waschräume", ggf. in Containerbauweise, statt eines zentralen, großen Gebäudes.
- Die meisten Wassersportfahrzeuge mit ihren Eignern an Bord befinden sich im Mittel zu rund 80-90% der Zeit im Hafen. Vor allem bei älteren Menschen nimmt das Bedürfnis nach langen Strecken auf dem Wasser ab, es dominieren die kürzeren, mehrstündigen Touren von Hafen zu Hafen. Hier im Hafen hätte der Skipper dann gerne die zu einem Urlaub gehörende Infrastruktur in der Nähe: Supermarkt, Restaurant, Laden für die Wassersportausrüstung, aber auch Spielplatz für die Kinder (oder Enkel), Tankstelle und Frischwasser für sein Boot und morgens frische Brötchen. Und natürlich Landstrom am Steg für den "Kühlschrank" und die sonstige Elektrik an Bord.
- Eine interessante Option, welche die Lebensnutzungsdauer von Booten erheblich erweitern kann, ergibt sich aus folgender Beobachtung:  
Breits seit Jahrzehnten haben viele Eigner kleiner und mittelgroßer Boote in ihren Heimathäfen zusätzlich einen Caravan stationiert, in dem sich (vor allem bei nassem Wetter) deutlich komfortabler als auf einem kleinen Boot für mehrere Wochen leben lässt.  
Die Weiterentwicklung dieses Gedankens ist ein Ferienbungalow oder ein Apartment, am besten mit eigenem Liegeplatz vor dem Haus, in dem sich der Eigner und seine Familie vor und nach einem Törn entspannen können.  
Dieser Ansatz wird seit den 80-er Jahren des letzten Jahrhunderts erfolgreich u.a. in den Niederlanden umgesetzt, inkl. geschickter Positionierung der Infrastruktur (Supermarkt, Restaurant, Reparaturbetrieb/Werft etc.) in und um diese Gebiete. Hierbei lässt sich beobachten, dass der Anteil älterer Bungalownutzer (Eigentümer oder Mieter) mit eigenem Boot vor dem Haus deutlich höher ist, als der Anteil älterer Eigner in den Häfen, die einen längeren Urlaub auf ihrem Boot verbringen.

## 7 Das Presseecho

Nach den hier vorliegenden Informationen wurde das Projekt "Fit & Sail" u.a. mit den folgenden Artikeln sowohl in der Fachpresse als auch in Tages- und Wochenzeitungen z.T. sehr ausführlich besprochen und kommentiert:

Datum	Zeitschrift, Zeitung	Autor, Titel, Inhalt
01.10.2005	Wassersport-Wirtschaft 4/2005	Untersuchung Seniorens Segeln
22.02.2006	YACHT 5/2006	Gesünder segeln
01.04.2006	Wassersport-Wirtschaft 2/2006	Forschungsprojekt Fit & Sail
05.04.2006	DPA	Bettina Levecke: Den Wind um die Nase wehen lassen: Beim Segeln ist Fitness wichtig
21.07.2006	Husumer Nachrichten	"Fit and sail": Forscher suchen alte "Seebären"
15.09.2006	Kieler Nachrichten	Cornelia Müller: Senioren sollten nicht die Segel streichen
01.10.2006	Wassersport-Wirtschaft 4/2006	Fit & Sail mit neuer Testyacht
06.01.2007	Berliner Morgenpost	M. J. Müncheberg: Herz rast nicht nur bei harter Muskel-Arbeit - Neue Forschung über das Segeln und die Belastungen für die Segler
16.01.2007	Die Welt	Matthias J. Müncheberg: Länger segeln im Alter
01.02.2007	Skipper 2/2007	Fit & Sail Wassersport auch mit über 60?
05.04.2007	sh:z Beilage Kursbuch 50 plus 1/2007	Segel nicht zu früh streichen
01.01.2008	Wassersport-Wirtschaft 1/2008	"Fit & Sail" präsentiert ComfoDrive
09.01.2008	YACHT 2/2008	Mathias Müller: Alles im Griff, Test ComfoDrive Mathias Müller: Gewinn an Sicherheit, Interview
01.02.2008	BOOT magazine.be	Senioren, een vergeten doelgroep?
01.05.2008	palstek 3/2008	Parken per Joystick
06.02.2009	VDI Nachrichten 6/2009	Leichtes "Einparken" auch für Senioren
21.04.2009	Deutsches Handwerkerblatt, Handwerkskammer Potsdam	Bettina Helmsoeth: Keine Angst vor Manövern in engen Boxengassen
23.04.2009	Deutsches Handwerkerblatt, Handwerkskammer Düsseldorf	Bettina Helmsoeth: Keine Angst vor Manövern in engen Boxengassen

## 8 Ausblick, Folgeprojekte, Kritik

Aus den bisherigen Ergebnissen des Projektes "Fit & Sail" ergeben sich eine Reihe von Erkenntnissen und Konsequenzen:

Die sportmedizinischen Ergebnisse zeigen: Die Segler der Altersgruppe 60+ sind eine spezielle Kundengruppe, deren Fähigkeiten und Anforderungen sich deutlich von denen der jungen Segler unterscheiden.

- Es sind nicht die Belastungen, die sich verändern, sondern die mit dem Alter abnehmenden Fähigkeiten, diese zu bewältigen. Es sieht nach heutigem Kenntnisstand so aus, als ob die heute üblichen Fahrtsegelyachten (ohne Querstrahlruder und Elektrowinschen) von ihren Skippern typischerweise bis zu einem Alter von Mitte 60 einigermaßen problemlos gehandhabt werden können. Danach wird es mit zunehmendem Alter zunehmend schwieriger und es folgt zwischen dem 70. und dem 75. Lebensjahr häufig der "altersbedingte" Ausstieg.
- Sowohl die bisher vorliegenden Messergebnisse, als auch die lange Liste der zusätzlichen Problembereiche zeigen, dass die Schwierigkeiten vorrangig mit der altersbedingt abnehmenden körperlichen Leistungsfähigkeit zusammenhängen. Die Messungen zeigen allerdings auch deutlich, dass ein erheblicher Teil der älteren Segler sehr intensiv den Stress wahrnimmt, der mit komplizierten Manövern auf Segelyachten verbunden ist.

Ein besonders wichtiges Defizit, das auch bei der Interpretation der Messergebnisse deutlich geworden ist, ist das Fehlen von alters- und geschlechtsabhängigen "Normdaten" mit denen die vielfältigen Belastungen an Bord hinsichtlich ihrer "Zumutbarkeit" beurteilt werden können.

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 Forschung (AiF) ein Forschungsprojekt beantragt, dessen Finanzierung mit Datum vom 24.6.2009 bewilligt wurde und das ab Anfang 2010 innerhalb von 2,5 Jahren einen systematischen, für den Bootsbau nutzbaren Katalog von Normdaten erarbeiten soll.

Ein zweiter Bereich ist die Weiterarbeit an technischen Lösungen, mit denen die Handhabbarkeit und die Manövriersicherheit von Fahrtenyachten verbessert (und der Bedienungsstress verringert) werden kann. Seit 2008 läuft hierzu eine Kooperation zwischen dem Forschungsinstitut für Nano- und Optische Technologien (iNano) der Hochschule Niederrhein und dem Institut für Boots-Tourismus (IBoaT), in der aufsetzend auf dem ComfoDrive-Konzept die

Sensortechnik für einen "TrackAssistenten" zum Dezimeter-genauen Manövrieren und Positionieren von Fahrzeugen auf dem Wasser entwickelt und mit Prototypen experimentell erprobt werden soll.

Die Schwierigkeit sowohl bei dem jetzt abgeschlossenen ersten Teil des Projektes "Fit & Sail" als auch bei den Folgeprojekten liegt darin, dass - wie üblich in der Forschung - mit jeder detaillierten Untersuchung mehr zusätzliche Fragen und methodische Optionen auftauchen, als Fragen beantwortet und Methoden evaluiert werden können.

Um Missverständnissen vorzubeugen: Die vorliegende Untersuchung konstatiert mit dem Alter der Segler zunehmende Probleme in der Handhabung ihrer Boote, die auf die nachlassende körperliche Leistungsfähigkeit zurückgeführt werden. Ob und in welchem Umfang die Behebung dieser Probleme auf die eine oder andere Weise tatsächlich zu einer verlängerten Nutzung der Segelyachten durch ihre Besitzer führt, ist eine These, die noch ausführlich überprüft werden muss. Gut belegt ist dagegen die Beobachtung, dass sich ohne geeignete Maßnahmen der Ausstieg der 70-jährigen fortsetzen wird.

Insoweit bleibt - auch mit den Folgeprojekten - ein Berg an offenen Problemen, unausgeschöpften methodischen Ansätzen und alternativen Interpretationen.

Auf zwei Aspekte, die im Verlauf des Projektes kritisch angemerkt wurden, soll speziell hingewiesen werden:

- In der vorliegenden Untersuchung konzentriert sich die Methodik der Belastungsuntersuchungen auf die Messung der Herzfrequenz und des Blutdrucks der Probanden.  
Bereits 2006 hat Jan Plagmann (seinerzeit u.a. Sporthochschule Köln) das Projekt auf das Konzept hingewiesen, mit Hilfe der Herzratenvariabilität (HRV) zusätzliche und ggf. differenziertere Informationen über Belastung, Leistungsfähigkeit und Trainingserfolge gewinnen zu können. Aus organisatorischen Gründen konnten seine Vorschläge nicht im Rahmen des laufenden Projektes umgesetzt werden.  
Es wird allerdings empfohlen, bei zukünftigen Folgeprojekten zu prüfen, ob sich mit Hilfe von HRV-Messungen und -Analysen zusätzliche wichtige Einsichten generiert lassen.
- Einen anderen Ansatz des Projektes hat Dipl. Psych. Dr. Lothar Ludwig in mehreren interessanten Gesprächen mit der Projektleitung kritisiert:  
Bei der Interpretation der Belastungsmessungen in dem vorliegenden Bericht wird davon ausgegangen, dass angesichts nachlassender Leistungsfähigkeit mit zunehmendem Alter eine Reduktion dieser Belastungen (u.a. durch technische Unterstützung) sinnvoll ist, um auch



in fortgeschrittenem Alter die Handhabbarkeit und die sichere Kontrolle einer Yacht zu gewährleisten.

Dr. Ludwig konzipiert zwar die Notwendigkeit der Entwicklung von Assistenzsystemen im Sinne der Verbesserung einer "Reservekapazität" nicht zuletzt unter dem Aspekt der "Sicherheit auf dem Wasser", verweist aber alternativ darauf, dass durch angemessenes Training, im Besonderen von älteren Seglern, weitaus effizienter und generalisierter nicht nur deren Fähigkeiten sondern auch deren Motivation, ein Boot gerne und sicher zu fahren, gefördert werden könne und dies auch eine Wirkung in den Alltag hinein besitzen kann.

Es sollte Dr. Ludwig zufolge in einem Untersuchungsprojekt u.a. überprüft werden, ob die Bandbreite der durch Trainingsmaßnahmen erreichbaren Leistungsverbesserungen ausreichen, um einen altersbedingten Leistungsabbau angemessen zu kompensieren.

Grundlegende Überlegungen zu dieser Thematik werden in einer Konzeptstudie als IBoaT-Report 3.7: Lothar Ludwig, Konzeptstudie: Segeln und Gesundheitsmanagement im Alter (geplant Ende 2009), veröffentlicht.

## 9 Zusammenfassung

In einem wissenschaftlichen Kooperationsprojekt unter der Bezeichnung "Fit & Sail" des Bundesverbandes Wassersportwirtschaft e.V. (BVWW, Köln), dem Institut für Sport und Sportwissenschaften (ISS) der Universität Kiel und dem Institut für Boots-Tourismus (IBoaT, Bonn) wurden in einem ersten Studienabschnitt 2006-2008

- einerseits die körperlichen und mentalen Belastungen älterer männlicher und weiblicher Probanden bei unterschiedlichen typischen Aktivitäten auf Fahrtensegelbooten unter Segel und unter Motor mit sportmedizinischen Methoden untersucht,
- andererseits technische Lösungen zur Verbesserung der Manövrierfähigkeit von Yachten unter Motor entwickelt und erprobt (Projektbezeichnung "ComfoDrive").

Dem Projekt standen aus Sponsorenleistungen zur Verfügung:

- Eine Fahrtensegelyacht 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 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,
- 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.

Die sportwissenschaftlichen Untersuchungen in Kiel wurden unter der Leitung von Prof. Dr. med. Burkhard Weisser von Frau Ingeborg Sauer durchgeführt. Die technischen Entwicklungsarbeiten für das experimentelle Manövriersystem "ComfoDrive" erfolgten am Institut für Boots-Tourismus in Bonn durch Dr. Wolf-Dieter Mell.

Hintergrund des Projektes "Fit & Sail" ist einerseits die demographische Entwicklung mit einem großen, weiter wachsenden Anteil an Senioren über 60 unter den Eignern von Motor- und Segelyachten, andererseits die Beobachtung, dass etwa 50% der Segler zwischen dem 70. und dem 75. Lebensjahr "aus Altersgründen" aus dem Segelsport aussteigen.

Die Aufgabe des Projektes ist es, mögliche Ursachen für diesen Ausstieg zu untersuchen und wo möglich Lösungswege aufzuzeigen. Eine zentrale These der vorliegenden Untersuchungen ist die Annahme, dass der altersbedingte Rückgang der körperlichen Leistungsfähigkeit und Beweglichkeit hierbei eine dominierende Rolle spielt.

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.

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

Die wichtigsten Ergebnisse:

### **A. 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.
  - 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.
  - 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.
2. Die in den Labormessungen untersuchten maximalen Armkräfte von Bizeps und Trizeps betragen bei den Männern im Mittel
  - Bizeps: 30 kg
  - Trizeps: 22 kgmit einem deutlichen Altersrückgang von rund 6% / Lebensdekade.  
Die Armkräfte der Frauen waren um rund 1/3 geringer als die der Männer.
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.

### **B. Messungen an Bord**

4. 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).

Die Herzfrequenz erwies sich dabei als ein weitgehend von der konkreten körperlichen oder mentalen Belastung abhängiger und vom Alter des Probanden unabhängiger Parameter.

Zur Interpretation der Messergebnisse wurde eine modifizierte Borg-Skala verwendet, mit der die relativen Herzfrequenzen (bezogen auf die individuelle, mit dem Alter abnehmende maximale Herzfrequenz  $HR_{max}$ ) auf eine Skala subjektiv wahrgenommener Belastung von "leicht anstrengend" (50-60%  $HR_{max}$ ) im 10%-Raster über "anstrengend" (70-80%  $HR_{max}$ ) bis "sehr sehr anstrengend" (90-100%  $HR_{max}$ ) abgebildet wird.

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.

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).

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) PCW130-Fitness um 0,5 Punkte verringert (erhöht) die Herzfrequenz um ca. 8 S/Min.
  - 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.

Hinweise:

- o Die Beobachtungen lassen darauf schließen, dass die Herz-Kreislauf-Fitness auf die Stress-Empfindlichkeit einen noch größeren Einfluss hat, als - wie erwartet - 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.
8. Die bei mentaler Belastung gemessene Herzfrequenz ist tendenziell abhängig von der spezifischen Erfahrung. Die Stress-induzierte Herzfrequenz sowohl bei den Manövern "Anlegen unter Motor" als auch bei "Mann-über-Bord" war tendenziell geringer bei Probanden mit größerer Routine (Seemeilen pro Jahr).
9. Sowohl die körperlichen Belastungen bei einschlägigen Manövern (z.B. Setzen der Segel, Holen der Schoten) als auch die mentalen Belastungen (z.B. Anlegen unter Motor) an Bord wachsen erheblich mit zunehmender Windstärke:  
Bei einer Erhöhung der Windstärke von 3 auf 4 Bft wurden gemittelt folgende erhöhte Herzfrequenzen bei den Manövern beobachtet:
- Beim "Setzen des Großsegels": + ca. 8 S/Min.
  - beim "Holen der Vorschot"; + ca. 12 S/Min.
  - beim "Anlegen unter Motor": + ca. 14 S/Min.

### C. Altersabhängigkeit

10. Es gilt als gesichert, dass sich die maximale individuelle Herzfrequenz mit zunehmendem Alter verringert. Ob dieser Rückgang - wie bisher ange-

nommen - 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.

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.

#### **D. Teilprojekt "ComfoDrive"**

11. 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.

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 Manövriersicherheit 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".

## **E. Offene Fragen**

12. 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 beispielhaft kurz beschrieben und - wo möglich - mit Hinweisen auf Lösungsansätze kommentiert.

13. 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 Forschung (AiF) ein Forschungsprojekt beantragt, dessen Finanzierung mit Datum vom 24.6.2009 bewilligt wurde und das ab Anfang 2010 innerhalb von 2,5 Jahren einen systematischen, für den Bootsbau nutzbaren Katalog von Normdaten erarbeiten soll.

## 10 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)

## 11 Verzeichnis der Abbildungen

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) .....	9
Abb.: 2-2:	Mittlerer Altersgang der Oberkörper- und Armkräfte von Männern und Frauen (Quelle: IBoaT abgeleitet aus den Anforderungen zum deutschen Sportabzeichen) .....	9
Abb.: 2-3:	Belastungszonen der modifizierten Borg-Skala in Abhängigkeit von den relativen Herzfrequenzen .....	11
Abb.: 2-4:	Altersprojektion für die Belastung durch die Aktivitätsgruppe "Segel, Leinen, Schoten" .....	12
Abb.: 2-5:	Altersprojektion für die Belastung durch die Aktivitätsgruppe "Manövrieren auf engem Raum" .....	12

Abb.: 2-6:	Altersprojektion für die Belastung durch die Aktivitätsgruppe "Lange Schläge" .....	13
Abb.: 4.2-1:	Messung der Kraftentwicklung von Bizeps und Trizeps.....	23
Abb.: 4.2-2:	Altersverteilung der Probanden .....	25
Abb.: 4.2-3:	Fitness der männlichen Probanden nach PWC 130 .....	26
Abb.: 4.2-4:	Fitness der weiblichen Probanden nach PWC 130 .....	26
Abb.: 4.2-5:	Relative Herzfrequenzen der männlichen Probanden an der anaeroben Schwelle (Laktatkonzentration 4mmol).....	27
Abb.: 4.2-6:	Abhängigkeit der körperlichen Leistung bei einer Herzfrequenz von 130 von der wöchentlichen sportlichen Aktivität .....	28
Abb.: 4.2-7:	Abhängigkeit der körperlichen Leistung (in Watt) von der Herzfrequenz (in Schlägen/Minute) bei einem Laktatspiegel von 4mmol .....	29
Abb.: 4.2-8:	Oberarm-Muskelkraft, Mittelwerte und Standardabweichungen .....	30
Abb.: 4.2-9:	Oberarm-Muskelkraft Männer: Abhängigkeit vom Alter.....	31
Abb.: 4.2-10:	Einbeinstand mit offenen Augen: Anzahl der Fälle pro Anzahl Bodenberührungen.....	32
Abb.: 4.2-11:	Einbeinstand rechtes Bein mit geschlossenen Augen: Anzahl der Fälle pro Anzahl Bodenberührungen .....	33
Abb.: 4.2-12:	Einbeinstand linkes Bein mit geschlossenen Augen: Anzahl der Fälle pro Anzahl Bodenberührungen .....	33
Abb.: 4.2-13:	Einbeinstand mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen .....	34
Abb.: 4.2-14:	Einbeinstand (rechtes Bein) mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen abhängig von der Fitness.....	34
Abb.: 4.2-15:	Einbeinstand (linkes Bein) mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen abhängig von der Fitness.....	35
Abb.: 4.2-16:	Einbeinstand (rechtes Bein) mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen abhängig vom Alter.....	35
Abb.: 4.2-17:	Einbeinstand (linkes Bein) mit geschlossenen Augen: Anzahl Bodenberührungen abhängig vom Alter.....	36
Abb.: 4.2-18:	Rückwärts gehen 6 m: Anzahl Probanden über der Zeit .....	36
Abb.: 4.2-19:	Rückwärts gehen 6 m: Zeit abhängig vom Alter .....	37
Abb.: 4.2-20:	Rückwärts gehen 6 m: Zeit abhängig von der Fitness.....	37
Abb.: 4.3-1:	Basisdaten Männer Mittelwerte .....	42
Abb.: 4.3-2:	Belastungen an Bord Männer Mittelwerte.....	43
Abb.: 4.3-3:	Wetter an Bord Mittelwerte .....	43
Abb.: 4.3-4:	Basisdaten Frauen Mittelwerte .....	44
Abb.: 4.3-5:	Belastungen an Bord Frauen Mittelwerte .....	45
Abb.: 4.3-6:	Modifizierte Borg-Skala: Belastungszonen für Männer (66 Jahre, $HR_{max} = 154$ B/min.) .....	45

Abb.: 4.3-7:	Modifizierte Borg-Skala: Belastungszonen für Frauen (56 Jahre, $HR_{max} = 164$ B/min.) .....	45
Abb.: 4.3-8:	Bandbreiten der körperlichen und Stress-Belastungen an Bord (Männer, Mittelwert $\pm$ Standardabweichung, mit Belastungszonen) .....	46
Abb.: 4.3-9:	Ruheblutdruck der männlichen Probanden.....	48
Abb.: 4.3-10:	Mittelwerte der Herzfrequenzen und der Blutdruckwerte pro Manöver für die männlichen Probanden, getrennt nach körperlichen (p) und mentalen Belastungen (s) .....	49
Abb.: 4.3-11:	Mittelwerte pro Manöver und Trends der Blutdruckwerte in Abhängigkeit von der Herzfrequenz für die männlichen Probanden, getrennt nach körperlichen (p) und mentalen Belastungen (s).....	49
Abb.: 4.3-12:	Herzfrequenz abhängig vom Alter (Männer und Frauen): Setzen des Großsegels .....	51
Abb.: 4.3-13:	Herzfrequenz abhängig vom Alter (Männer): Setzen des Vorsegels .....	51
Abb.: 4.3-14:	Herzfrequenz abhängig vom Alter (Männer und Frauen): Setzen des Großsegels (ohne niedrigen Extremwert).....	52
Abb.: 4.3-15:	Herzfrequenz / Körpergewicht abhängig vom Alter (Männer): Setzen des Großsegels (ohne niedrigen Extremwert).....	53
Abb.: 4.3-16:	Herzfrequenz abhängig vom PCW 130 (Männer): Setzen des Großsegels..	54
Abb.: 4.3-17:	Daten zur körperlichen Belastung und zum Wetter bei Manövern an Bord..	55
Abb.: 4.3-18:	Herzfrequenz abhängig von der Windgeschwindigkeit: Setzen des Großsegels, des Vorsegels und bei einer Halse (an der Großschot).....	55
Abb.: 4.3-19:	Herzfrequenz abhängig vom Alter: Mann über Bord .....	56
Abb.: 4.3-20:	Herzfrequenz abhängig vom Alter, 2 Gruppen mit hohem bzw. geringem Stress: Mann über Bord .....	57
Abb.: 4.3-21:	Herzfrequenz abhängig vom Alter, 2 Gruppen mit hohem bzw. geringem Stress: Anlegen unter Motor .....	58
Abb.: 4.3-22:	Herzfrequenz abhängig von Erfahrung / Training (in sm / Jahr): Mann über Bord, Anlegen unter Motor.....	59
Abb.: 4.3-23:	Herzfrequenz abhängig von der Fitness: Mann über Bord, Anlegen unter Motor .....	60
Abb.: 4.3-24:	Herzfrequenz abhängig von der Windstärke: Mann über Bord, Anlegen unter Motor .....	61
Abb.: 4.4-1:	Alte und neue Prognoseformel für die Altersabhängigkeit der maximalen Herzfrequenz.....	64
Abb.: 5-1:	Konzept ComfoDrive.....	69
Abb.: 5-2:	Messwerte und Kapazitätsberechnungen für eine ComfoDrive-Installation auf einem kleinen Kajütkreuzer .....	75

## 12 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)