

IBoaT-Report 3.1

Seniorengeln

Studie: Langzeitmessung Herz-Kreislaufbelastung Fahrtensegeln und Alltagsaktivitäten

Wolf-Dieter Mell

September 2005

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
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

Druck: Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell
Institut für Boots-Tourismus (IBoaT), Bonn
Printed in Germany

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>

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

Inhalt

1	Vorbemerkung	4
2	Grundlagen und These	6
	2.1 Herzfrequenz als Parameter	6
	2.2 Belastungsbereiche	8
	2.3 These	13
3	Design der Studie	14
4	Basisdaten des Probanden	17
5	Messergebnisse	19
	5.1 Fahrtensegeln	19
	5.1.1 Ausgewählte Aktivitätstypen	20
	5.1.2 Belastungsniveau pro Aktivitätstyp	24
	5.2 Alltagsaktivitäten	43
	5.2.1 Ausgewählte Aktivitätstypen	43
	5.2.2 Belastungsniveau pro Aktivitätstyp	44
6	Interpretation und Folgerungen	57
	6.1 Interpretation der Messergebnisse	57
	6.2 Altersprojektion der Belastungszonen	65
	6.3 Folgerungen	72
7	Zusammenfassung	75
8	Quellen	77
9	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	82
10	Haftungsausschluss und Kontakt	84

1 Vorbemerkung

Das Institut für Boots-Tourismus (IBoaT) ist eine unabhängige wissenschaftliche Forschungs- und Beratungseinrichtung. Aufgabe des Institutes ist die Erhebung und Analyse von Daten, Strukturen und Prozessen für den Bereich des Boots-Tourismus, die Untersuchung von Zusammenhängen und die Bereitstellung handlungsrelevanter Ergebnisse für die Akteure in diesem Segment.

Eine interessante und wichtige Teilgruppe der Wassersport-Touristen sind die Fahrtensegler. Nicht nur weil für diese Freizeitbeschäftigung erhebliche Investitionen und Unterhaltsaufwendungen erforderlich sind, sondern auch,

- weil Fahrtensegler auf ihren Booten sowohl segeln als auch wohnen und leben wollen,
- weil Fahrtensegler-Törns häufig mit kleiner Crew durchgeführt werden,
- weil für Fahrten-Segelboote deshalb andere Gestaltungs- und Ausrüstungsgesichtspunkte erforderlich sind als z. B. für Charterschiffe oder Regatta-boote,
- weil an die Mitglieder von Fahrten-Crews andere Leistungs- und Kompetenzanforderungen gestellt werden als z.B. an Charter-Crews, Regattasegler oder Day-Sailor.
- weil Fahrtensegler häufig mit erheblicher emotionaler Intensität an ihrem Boot, am Segeln als "Lifestyle" und an "ihren" Revieren hängen,

Eines der Zukunftsthemen - auch für den Boots-Tourismus - ist die sich verändernde Altersstruktur unserer Gesellschaft.

IBoaT will deshalb in einem Untersuchungsprojekt klären, ob und wie älter werdende männliche und weibliche Fahrtensegler ihr Hobby bis ins hohe Alter nicht nur ausüben sondern auch genießen können.

Die offenen Fragen sind:

- Wie verändert sich die körperliche und mentale Leistungsfähigkeit älter werdender Männer und Frauen tatsächlich? Gibt es Grenz- und Richtwerte, an denen sich die Konstrukteure altersgerechter Systeme orientieren können?
- Welches sind die unverzichtbaren Komponenten, die erfreuliches Segeln für Senioren ausmachen?

- Wie könnten und sollten Segelboote nach diesen Kriterien gestaltet und ausgerüstet sein?
- Welche Vor- und Nachteile hätten altersgerechte Konstruktionselemente für jüngere Nutzer ("Design for all")?

Das Ziel des Projektes ist:

1. Die Erhebung, Auswertung und Umsetzung von Daten über die körperlichen und geistigen Eigenschaften von Männern und Frauen in einem Alter von ca. 50 - 85 Jahren im Hinblick auf ihre Fähigkeit, ein Segelboot sicher zu beherrschen und mit ihm mehrwöchige Törns erfolgreich und ohne gesundheitliche Gefährdung durchzuführen.
2. Ein Beitrag zur Klärung der Frage, ob, in welchem Umfang und unter welchen Randbedingungen Segeln / Fahrtensegeln Gesundheit, Lebensgefühl und Wohlbefinden älterer Menschen fördert oder behindert.
3. Das Ableiten der technischen Eigenschaften, die ein Segelboot und seine Ausrüstung haben sollte, um - abhängig von der Altersgruppe und den Eigenschaften des Reviers - den körperlichen und geistigen Eigenschaften älterer männlicher und weiblicher Segler optimal zu entsprechen.
4. Das Entwickeln von Lösungen zur Anpassung der Konstruktion und der Ausrüstung von Segelbooten an altersbedingte körperliche und geistige Anforderungen älterer Segler.

In der vorliegenden Studie werden in diesem Zusammenhang die Ergebnisse einer Langzeitmessung der Herz-Kreislaufbelastung eines 65-jährigen Probanden während eines Fahrtensegel-Törns und im Vergleich dazu bei unterschiedlichen Alltagsaktivitäten vorgestellt und interpretiert.

2 Grundlagen und These

2.1 Herzfrequenz als Parameter

In der vorliegenden Studie werden Messreihen der Herzfrequenz bei unterschiedlichen segelsportlichen und alltäglichen körperlichen Aktivitäten untersucht. Es sollen deshalb zunächst die wesentlichen Gesichtspunkte des Zusammenhangs von Herzfrequenz, sportlicher Aktivität und Alter zusammengefasst werden.

Die Herzfrequenz ist ein leicht messbarer biologischer Parameter, der im Freizeit- und Altsport zunehmend als Steuergröße an Bedeutung gewinnt. In der Sportmedizin gilt als gesichert, dass die Herzfrequenz zumindest bei submaximalen Anforderungen, die etwa dem lockeren Joggen entsprechen, feste Beziehungen zur Stoffwechselaktivität zeigt. Bei der Beurteilung der Herzfrequenz-Dynamik wird von einer weitgehend gesicherten Abhängigkeit zwischen Herzfrequenz und Laktat Spiegel im Körper ausgegangen. Bei mittlerer bis submaximaler Intensität korrelieren Herzfrequenz und Belastungsintensität linear.

Eine der ersten Trainingsauswirkungen von Ausdauertraining ist die Abnahme der Ruheherzfrequenz. Sie ist durch ein "aerobes" Training (s.u.) zu erreichen und beruht auf der Umstellung des vegetativen Nervensystems vom sympatikon (auf Leistung ausgerichteten) zum vagotonen (auf Erholung ausgerichteten) Typ.

Studien haben gezeigt, dass bereits nach wenigen Wochen Training der Katecholamingehalt des Herzens ein um 30 % gesenktes Ruhenniveau erreicht und damit die Empfindlichkeit des Herzens gegenüber frequenzsteigernden Reizen erheblich gesenkt wird.

Unter dem Begriff Katecholamine werden eine Reihe von körpereigenen und künstlichen Stoffen zusammengefasst, die an den sympathischen Alpha- und Beta-Rezeptoren des Herzkreislaufsystems eine anregende Wirkung haben, die Katecholamine zählen somit zu den Sympathikomimetika.

Trainierte Herzen sind gegenüber untrainierten Herzen hinsichtlich Stoffwechsel, Struktur und Funktion im Vorteil, da Katecholamine unverhältnismäßig viel Sauerstoff verbrauchen und dazu neigen, im Herzmuskel Sauerstoffmangel herbeizurufen.

Eine Sympathikushemmung verringert den Sauerstoffverbrauch im Herzmuskel und verbessert die Herzleistung. Durch die Senkung der Herzfrequenz kommt es zu einer Reduzierung der täglichen Herzarbeit. Eine niedrigere Herzfrequenz

bewirkt darüber hinaus - statistisch gesehen - eine geringere Gefährdung für koronare Herzerkrankungen.

Wird ein Training im Bereich höherer Intensität - optimal im Bereich der anaeroben Schwelle (s.u.) - durchgeführt, dann kommt es nicht nur zu den beschriebenen vegetativen Umstellungen, sondern auch zu morphologischen Veränderungen im Herzbereich.

Ein ausreichend intensives Ausdauertraining führt zu einer Herzvergrößerung und zwar im Sinne einer Erweiterung der Herzkammern und eines Wachstums der Herzmuskulatur. Dadurch kommt es zu einer Vergrößerung des Schlagvolumens und damit verbunden zu einer Zunahme des bei Belastung möglichen Herzzeitvolumens.

Ein hohes Schlagvolumen bewirkt sowohl unter Ruhebedingungen als auch bei Belastung eine ökonomischere Herzarbeit. Der erforderliche Blutbedarf kann mit geringerer Herzfrequenz transportiert werden. Bei Belastung muss erst später die Herzfrequenz erhöht werden. Höhere Herzfrequenzen aber sind unökonomisch, da sich wegen der verkürzten Diastolenzeit (Zeit der Herzfüllung bzw. der Versorgung der Herzkranzgefäße mit Blut) die Versorgung des Herzens mit Sauerstoff verschlechtert und der Energiebedarf ansteigt.

Eine Herzfrequenzabnahme um 10 Schläge/min bewirkt eine Sauerstoffeneinsparung von fast 15% (Strauzenberg/Schwidtmann 1976, 497).

Je trainierter ein Herz ist, desto niedriger ist die Herzfrequenz in Ruhe (Israel 1973, 254).

Der altersabhängige Abfall der maximalen Herzfrequenz ist gut dokumentiert. Hierfür sind mehrere Ursachen verantwortlich. Besondere Bedeutung hat wahrscheinlich die verringerte Ansprechbarkeit des Sinusknotens auf die bei älteren Menschen erhöhte Aktivität des sympathikoadrenergen Systems.

Zahlreiche Autoren beschreiben eine Abnahme der VO_{2max} , des Herzzeitvolumens, des Schlagvolumens und des Schlagindex mit zunehmendem Alter.

Das Herz des gesunden älteren Menschen tendiert dazu, das Herzzeitvolumen trotz der Frequenzabnahme durch eine Steigerung des Schlagvolumens im normalen Bereich zu erhalten.

Durch Ausdauertraining kommt es zu einer vermehrten Kapillarisation und Kollateralbildung (Bildung neuer Gefäße). D.h.: Vorhandene, aber vorher verschlossene Gefäßverbindungen werden im Bereich der Skelettmuskeln und im Bereich des Herzmuskels geöffnet (Israel, 1978). Die durch körperliche Aktivi-

tät erzielbare Mehrdurchblutung ist etwa um das 15- bis 20fache stärker, als dies durch die wirksamsten Medikamente zu erreichen wäre (Hollmann 1965, 34).

Diese Anpassungen der Blutversorgung des Herzens werden maßgeblich durch die Steigerung der Blutströmungsgeschwindigkeit unter Belastung erreicht. Sie haben eine wesentliche Schutzwirkung für das Herz.

Zusätzlich kommt es durch Ausdauertraining zu einer positiven Erweiterung der Koronareingänge und der Herzkranzgefäße und damit zu einer weiteren Verbesserung der Blutversorgung der Herzmuskulatur in Ruhe und bei Belastung (vgl. Bühlmann/Froesch 1972; Gottschalk/Israel/Berbalk 1982).

2.2 Belastungsbereiche

Zur Beurteilung der Herzfrequenz bei körperlicher Belastung dienen folgende Grenzwerte und Frequenzbereiche:

- Maximale Herzfrequenz (HF_{\max}):
Herzfrequenz bei Maximalleistung,
Formel zur groben Abschätzung: $220 - \text{Lebensalter}$,
relativ gute Schätzwerte für HF_{\max} können u.a. von Polar Herzfrequenz-Monitoren auf der Basis von Alter, Geschlecht, Körpergröße, Körpergewicht sowie Ruhe-Herzfrequenz und Herzfrequenz-Variation in Ruhe berechnet werden.
- Aerobe Schwelle (AS):
Kriterium: Laktatkonzentration im Blut = 2 mmol/l,
Dauerleistungsgrenze,
unterhalb dieser Belastungsgrenze wird der Energiebedarf des Körpers überwiegend durch Verbrennung von Fett mit Sauerstoff gedeckt, oberhalb dieser Schwelle wird zunehmend Energie durch sauerstofflose Spaltung der Kohlehydrate (anaerobe Glykolyse) erzeugt, dabei entsteht Milchsäure (Laktat), die an das Blut abgegeben und abgebaut wird, der Laktatspiegel im Blut steigt mit zunehmender Belastung an,
Herzfrequenz: ca. 55-70 % HF_{\max} (Mittelwert: ca. 62 % HF_{\max})
- Anaerobe Schwelle (Individuelle Anaerobe Schwelle IAS):
Kriterium: Laktatkonzentration im Blut = 4 mmol/l,
höchste individuelle Belastung, die langfristig durchgehalten werden kann, die Abbaukapazität von Laktat ist begrenzt, die anaerobe Schwelle bezeichnet das Gleichgewicht zwischen Laktatneubildung und maximalem Laktatabbau,
bei höherer Belastung sammelt sich Milchsäure nicht nur im Blut, sondern

auch in den Zellen an, der Körper wird durch unabgebautes Laktat zunehmend übersäuert, hohe Laktatwerte verhindern ab einer bestimmten Schwelle wichtige chemische Reaktionen, die Muskelzellen stellen ihre Arbeit ein und die Leistungsfähigkeit nimmt ab,

Herzfrequenz: ca. 70-90 % HF_{\max} (Mittelwert: ca. 80 % HF_{\max})

- **Ruhepuls:**
mittlere Herzfrequenz nach einer mindestens 10-minütigen Phase körperlicher und geistiger Ruhe,
der Ruhepuls ist ein guter individueller Indikator für das Schlagvolumen des Herzens und damit für die aerobe Ausdauerleistung: Je geringer der Ruhepuls, um so höher das Schlagvolumen.
Herzfrequenzbereich: ca. 35 - 45 % HF_{\max}
- **Morgendlicher Ruhepuls:**
Ruhepuls gemessen unmittelbar nach dem Aufwachen mit den gleichen Indikator-Eigenschaften,
besser reproduzierbar als der Ruhepuls.
- **$VO_{2\max}$:**
maximale Sauerstoffaufnahme,
Maß für die Sauerstoffzufuhr mittels Atmung, den Sauerstofftransport des Herz-Kreislaufsystems und die Sauerstoffverwertung in den Muskeln,
wichtiger Indikator für die Ausdauerleistungsfähigkeit,
relativ gute Schätzwerte für $VO_{2\max}$ können u.a. von Polar Herzfrequenz-Monitoren auf der Basis von Alter, Geschlecht, Körpergröße, Körpergewicht sowie Ruhe-Herzfrequenz und Herzfrequenz-Variation in Ruhe berechnet werden.

Aerobe und anaerobe Schwelle korrelieren mit der Herzfrequenz, variieren aber von Person zu Person und sind vom individuellen Trainingszustand abhängig (s. u.a. Kindermann 2004). Brauchbare Mittelwerte für Nicht-Leistungssportler sind 80 % HF_{\max} für die (individuelle) anaerobe Schwelle (IAS) und 60 % HF_{\max} für die aerobe Schwelle (AS).

Anhand dieser beiden Schwellen werden von den Sportwissenschaften Belastungs- und Trainingsbereiche definiert, die mit Hilfe der Herzfrequenz kontrolliert werden können:

Beispiele:

1. Trainingsbereiche nach Kindermann (Kindermann 2004):

- **Regeneratives Training:**
Herzfrequenzbereich: 50 - 60 % HF_{\max}
Training von Herz und Kreislauf, Stoffwechsel und Grundlagenausdauer,

- Extensives Ausdauertraining, Grundlagenausdauer GA1:
Herzfrequenzbereich: ca. 60 - 75 % HF_{max}
Training der allgemeine Ausdauer,
maximale Fettverbrennung,
- Intensives Ausdauertraining, Grundlagenausdauer GA2:
Herzfrequenzbereich: ca. 75 - 85 % HF_{max}
- Intervallprogramme:
Herzfrequenzbereich zwischen anaerober Schwelle und Maximalleistung
ca. 85 - 100 % HF_{max}
für maximales Ausdauertraining,
Belastungen oberhalb der anaeroben Schwelle sind für den Gesundheits-
sport nicht empfehlenswert und enthalten für Untrainierte Gesundheitsrisi-
ken.

2. Trainingsbereiche nach Hottenrott (Hottenrott 2004):

- Zone 1:
Herzfrequenzbereich: 50 - 60 % HF_{max}
allgemeines Gesundheitstraining, Rehabilitation, Regeneration und Kom-
pensation, Warm-up und Cool-down
- Zone 2:
Herzfrequenzbereich: 60-70 % HF_{max}
"aerobes" Training,
Regeneration und Kompensation (kurzzeitig < 45 min), Training Grundla-
genausdauer GA1, Training Fettstoffwechsel, Erhöhung der muskulären
Enzyme, Stabilisierung Herz-Kreislauf-System
- Zone 3:
Herzfrequenzbereich: 70-85 % HF_{max}
Training Grundlagenausdauer GA1/2, Erhöhung der aeroben Kapazität,
Verbesserung der Herz-Kreislauf-Regulation
- Zone 4:
Herzfrequenzbereich: 85-100 % HF_{max}
Erhöhung der wettkampfspezifischen Leistungsfähigkeit, Rekrutierung der
schnellen Muskelfasern, Bildung von Enzymen für den glykolytischen
Stoffwechsel.

3. Die Borgskala (u.a. Löllgen 2004) ist eine Tabelle der subjektiven Anstren-
gungs-Empfindungen mit Zahlenwerten von 6 -20 für Anstrengungen von "sehr,
sehr leicht" bis "sehr, sehr anstrengend". Sie kann in guter Näherung auf die re-
lativen Herzfrequenzen bei körperlicher Belastung abgebildet werden (Löllgen

2004) und beschreibt dann die bei den unterschiedlichen Belastungsniveaus empfundenen Anstrengungs-Intensitäten (s. Abb.).

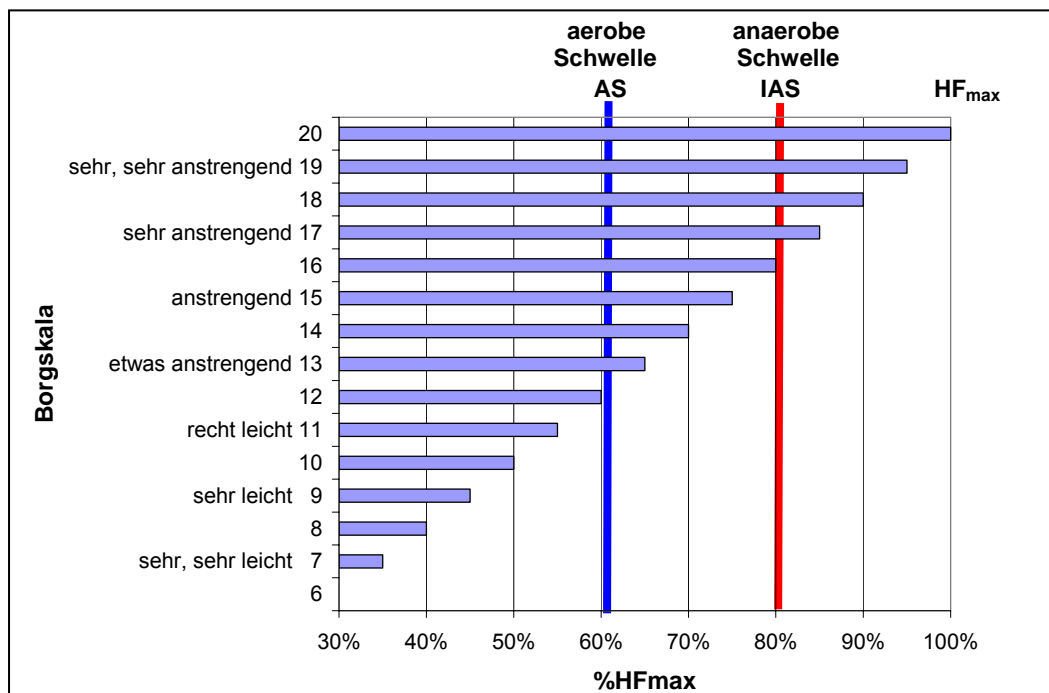


Abb. 2.1-1: Anstrengungs-Empfindungen (Borgskala) und relative Herzfrequenzen

Bei der Beurteilung der Belastungen beim Fahrtensegeln und im Alltag muss berücksichtigt werden, dass es sich hierbei nicht um Sportarten (im engeren Sinne) mit vergleichenden Leistungsniveaus, Bestleistungen und Trainingsanforderungen handelt. Anstrengungen werden in diesen Aktivitätsfeldern als sachdienlich hingenommen, aber nicht als leistungsfördernd angestrebt. Allerdings werden gesundheitsfördernde Trainingseffekte - sofern sie bewusst sind - gerne und motivierend zur Kenntnis genommen.

Zur Kategorisierung von Aktivitätstypen an Hand der Herzfrequenzen sind deshalb Belastungszonen zweckmäßig, welche die aerobe Schwelle bei ca. 60 % HF_{max} als untere Grenze empfundener Anstrengung und die anaerobe Schwelle bei ca. 80 % HF_{max} als obere Grenze zumutbarer Belastung für Nicht-Sportler festlegen.

Für die vorliegende Studie werden aus diesen Gründen folgende Belastungszonen definiert:

Bezeichnung	HF-Bereich (%HF _{max})	Anstrengung (Borgskala)	Trainingseffekt
B0	40 - 50	sehr leicht	Ruhe, Regeneration
B1	50 - 60	leicht	allgemeines Gesundheitstraining, Herz und Kreislauf, Stoffwechsel und Grundlagenausdauer, Rehabilitation, Regeneration und Kompensation, Warm-up und Cool-down
B2	60 - 70	etwas anstrengend	allgemeine Ausdauer, Grundlagenausdauer GA1, Stabilisierung Herz-Kreislauf-System Fettstoffwechsel, maximale Fettverbrennung, Erhöhung der muskulären Enzyme,
B3	70 - 80	anstrengend	Grundlagenausdauer GA2, Erhöhung der aeroben Kapazität, Verbesserung der Herz-Kreislauf-Regulation
B4	> 80	sehr anstrengend	maximales Ausdauertraining, wettkampfspezifische Leistungsfähigkeit, Rekrutierung der schnellen Muskelfasern, Bildung von Enzymen für den glykolytischen Stoffwechsel, Belastungen oberhalb der anaeroben Schwelle sind für den Gesundheitssport nicht empfehlenswert und enthalten für Untrainierte Gesundheitsrisiken.

Abb. 2.1-2: Tabelle der Herzfrequenz-Belastungszonen

Die folgende Abbildung stellt den Zusammenhang graphisch dar.

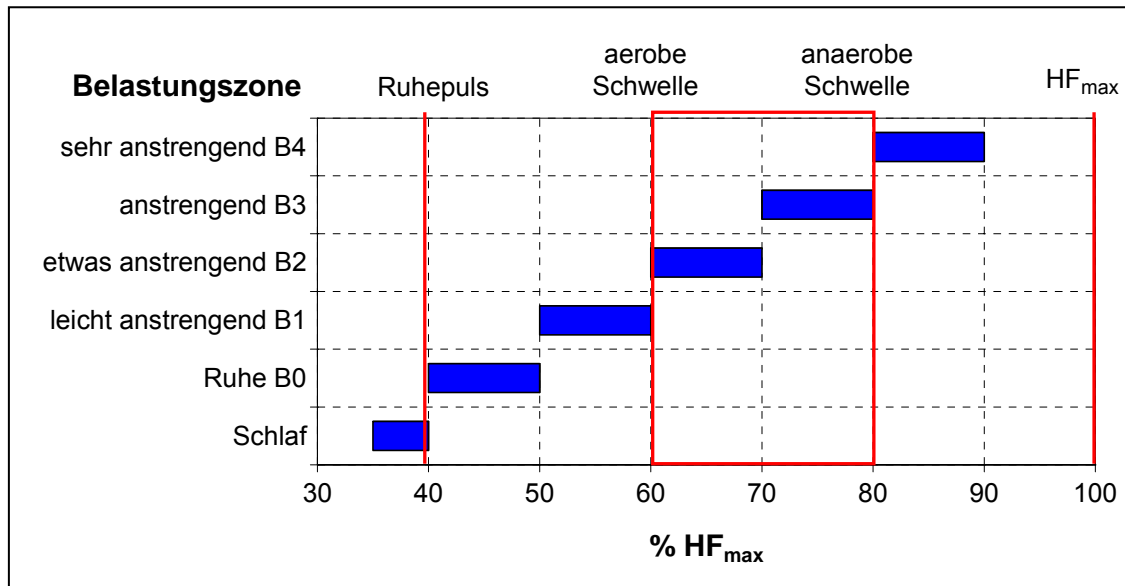


Abb. 2.1-3: Herzfrequenz-Belastungszonen

2.3 These

Wesentliche Aktivitätsbereiche sowohl beim Fahrtensegeln als auch bei Alltagsaktivitäten bewirken Herzfrequenzintensitäten - als Indizien entsprechend hoher körperlicher Leistungen - die als trainingsrelevant und als ausdauer- und gesundheitsfördernd charakterisiert werden können.

3 Design der Studie

Die vorliegende Arbeit ist eine Einzelfallstudie mit dem Zweck, die Herzfrequenzen eines älteren, gesunden Probanden bei unterschiedlichen Aktivitäten sowohl während eines Fahrtensegel-Törns als auch bei alltäglichen Beschäftigungen messtechnisch zu erfassen, tabellarisch zu verdichten und sportwissenschaftlich zu interpretieren.

Ziel ist es, in Relation zu den körperlichen Basisdaten des Probanden Hinweise auf die Belastungsniveaus insbesondere beim Fahrtensegeln zu evaluieren, die bei Bedarf durch breiter angelegte Untersuchungen differenziert werden können.

Die in Kap. 2 dargelegten Grundlagen weisen aus, dass einerseits ein enger Zusammenhang zwischen der gemessenen Herzfrequenz und der Belastungsintensität besteht und dass andererseits den unterschiedlichen Herzfrequenz-Bereichen (bezogen auf die individuelle maximale Herzfrequenz) sportwissenschaftlich gesicherte Trainingseffekte zugeordnet werden können.

Herzfrequenzmessungen können nach dem Stand der Technik mit Hilfe leichter Brustgurt-Sensoren und drahtloser Übertragung zu Monitor-Uhren (z.B. am Handgelenk) durchgeführt werden. Diese Messtechnik wird nach kurzer Eingewöhnung vom Probanden kaum noch wahrgenommen und stellt keinerlei Behinderung dar. Hinzu kommt, dass einige Monitor-Typen, u.a. der Polar S-Serie, die gemessenen Daten mit Datum und Uhrzeit z.B. im 5-Sekunden-Raster für kontinuierliche Messungen von bis zu über 40 Stunden Länge fortlaufend speichern. Die Messreihen werden anschließend über Infrarot oder USB an einen PC übertragen, wo sie dann ausgewertet und archiviert werden können.

Die Herzfrequenzmessungen dieser Studie wurden mit einem Laufcomputer POLAR S625X durchgeführt. Dieses System bietet zusätzlich u.a. Tests, mit denen verlässliche Schätzungen der maximalen Herzfrequenz HF_{\max} und der maximalen Sauerstoffaufnahme $VO_{2\max}$ des Probanden erstellt werden können (s. u.a. POLLUX-Studie des Schweizer Bundesamtes für Sport, 2000).

Der Untersuchungszeitraum betrug vier Wochen im Juni und Juli 2005 einschließlich eines einwöchigen Segeltörns. Während dieser Zeit wurde die Herzfrequenz des Probanden kontinuierlich ganztägig (mit einzelnen Unterbrechungen), mehrfach auch nachts gemessen. Parallel wurden relevante Aktivitäten schriftlich protokolliert.

Während des Segeltörns wurde ein Logbuch geführt. Zusätzlich wurden die laufenden GPS-Positionen des Bootes als "Track" mit einem variablen Zeitraster von 10 - 120 Sekunden einschließlich Datum und Uhrzeit aufgezeichnet.

Die Synchronisation der Herzfrequenzdaten und der GPS-Trackdaten über die Uhrzeit ermöglicht eine exakte Zuordnung von Frequenzsequenzen sowohl zu geographischen Orten mit besonderer Belastungscharakteristik, z.B. bewegliche Brücken, Schleusen, An- und Ablegemanöver als auch zu Kursen, Kurswechseln und Bootsgeschwindigkeiten, z.B. auf Kreuzkursen.

Die belastungsrelevanten Parameter des Segeltörns sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst, die Törnstrecke zeigt Abb. 3-2:

Boot	Kajütkreuzer Typ Neptun 22 (Bj. 1977), Länge: 7,00 m, Breite: 2,50 m Kielschwert, Tiefgang: 0,60 / 1,10 m achtern aufgehängtes Ruder mit Pinnensteuerung Salon mit Dinette und großem Hubdach, Doppelkoje im Vorschiff
Segel Setzen und Bergen Holen der Schoten	Rollreff-Großsegel: 10 m ² , Rollreff-Genua: 16 m ² über Reffleinen und Großsegel-Achterholer vom Cockpit aus Großschot über Talje, Genuaschot direkt (ohne Winsch)
Motor	8 PS Viertakt Außenborder im Schacht, Elektrostarter und Fernbedienung im Cockpit
Instrumentierung	Kompass, Geschwindigkeitsmesser, Sonar/Tiefenmesser, Windmesser, GPS, Pinnen-Autopilot
Crew:	2 Personen: 1 Mann (65 Jahre, Proband), 1 Frau (61 Jahre) beide 30 Jahren gemeinsame Fahrtensegel-Erfahrung, davon 13 Jahre auf der Neptun 22
Törngebiet	Niederlande: Ijsselmeer und Friesische Binnengewässer
Törnstrecke	Lemmer → Slotermeer, Fluessen, Stavoren → Ijsselmeer, Medemblik → Ijsselmeer, Workum → Heegermeer, Ijlst, Sneek → Sneekermeer, Margrietkanaal, Groote Brekken, Lemmer → Groote Brekken, Lemmer
Wind	N 2-4 → SW 2-4 → W 3-5 → S 3 → N 3-4
Wetter	sonnig / leicht bis mittel bewölkt, einzelne Schauer, Temperaturen 20 - 23 °C

Abb. 3-1: Belastungsrelevante Parameter des Segeltörns

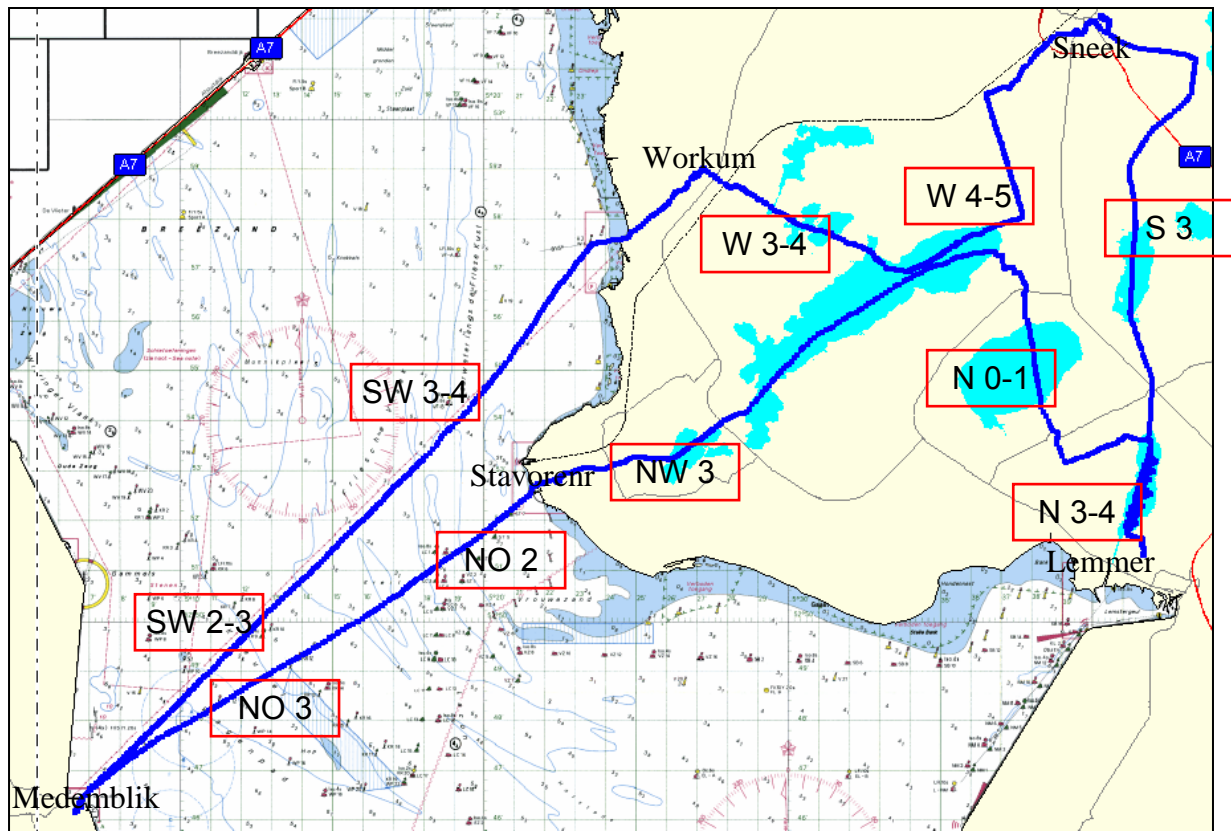


Abb. 3-2: Törnstrecke: IJsselmeer und Friesische Binnengewässer

Legende: — Törnstrecke: Lemmer → Stavoren → Medemblik → Workum
 → Sneek → Lemmer
.N 3 Richtung und Stärke des scheinbaren Windes

Die Auswertung erfolgt in vier Schritten:

1. Aus den Aufzeichnungen und den Beobachtungen werden zunächst Aktivitätstypen definiert und abgegrenzt.
2. Für diese Aktivitätstypen werden über Datum und Uhrzeit die zugehörigen Abschnitte der Herzfrequenz-Zeitreihen isoliert.
3. Die Zeitreihen werden graphisch/statistisch aufbereitet, miteinander korreliert und sportwissenschaftlich interpretiert.
4. Die Aktivitätstypen und ihre Parameter werden zu Belastungs-/ Trainings-Tableaus zusammengefasst.

4 Basisdaten des Probanden

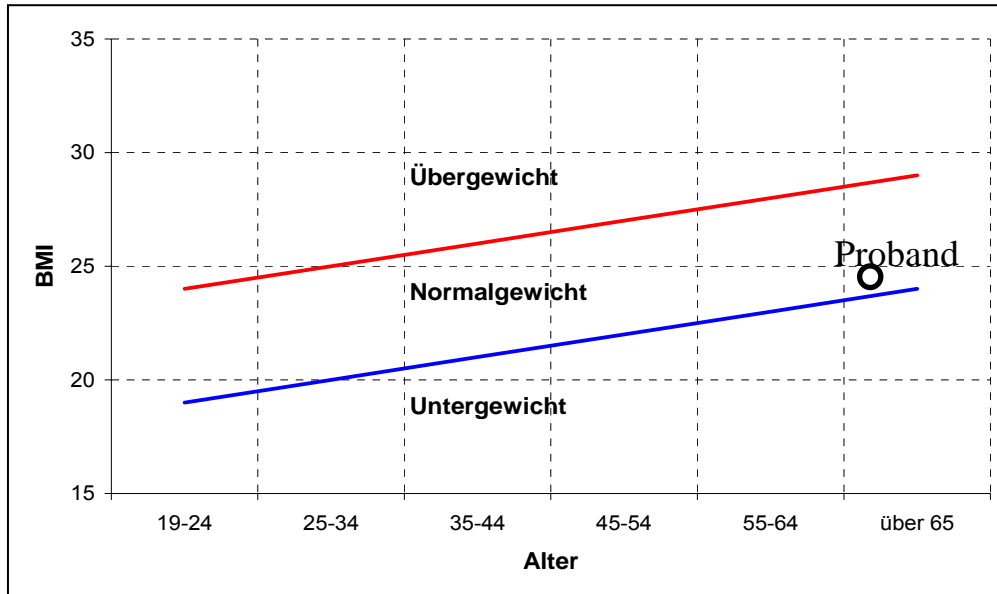
Die körperlichen Basisdaten des Probanden und die Ergebnisse von einleitenden Herz-Kreislauf-Tests zur Klärung der körperlichen Fitness sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Geschlecht	männlich
Alter	65 Jahre
Körperlänge	182 cm
Körpergewicht	81 kg
BMI	24
Ruhepuls	ca. 65 S/min
morgendlicher Ruhepuls	ca. 60 S/min
HF _{max} ¹⁾ aerobe Schwelle (60% HF _{max}) anaerobe Schwelle (80% HF _{max})	ca. 169 S/min ca. 101 S/min ca. 135 S/min
Belastungszonen: leicht anstrengend B1 (50-60% HF _{max}) etwas anstrengend B2 (60-70% HF _{max}) anstrengend B3 (70-80% HF _{max}) sehr anstrengend B4 (80-90% HF _{max})	84 - 101 S/min 101 - 118 S/min 118 - 135 S/min 135 - 152 S/min
VO _{2max} ¹⁾	ca. 33
individueller Aktivitätslevel	kein regelmäßiger Sport
Gesundheitszustand	gut, keine Behinderungen

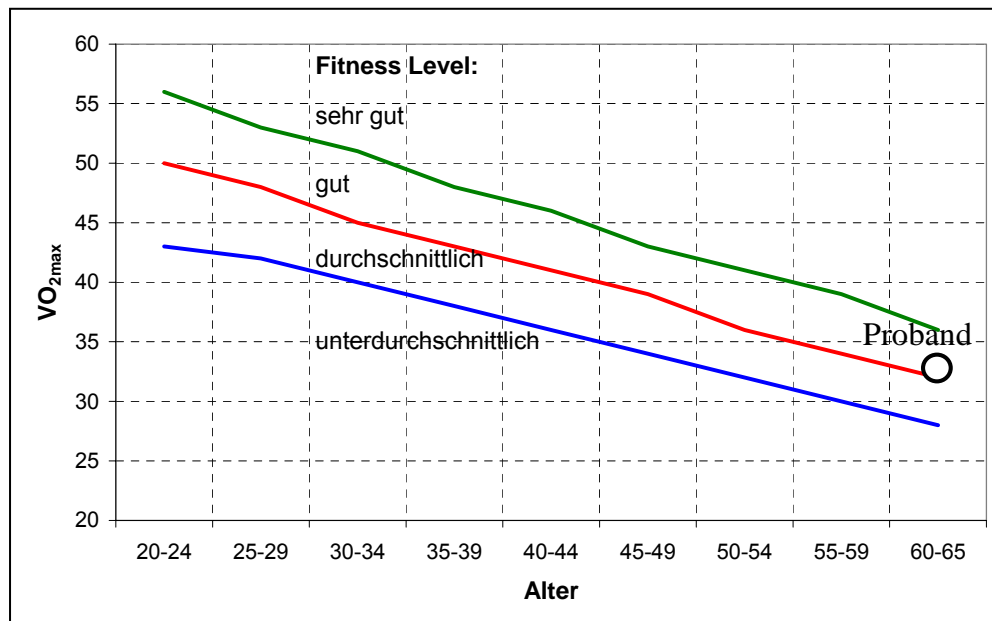
¹⁾ Die Schätzwerte für die maximale Herzfrequenz HF_{max} und die maximale Sauerstoffaufnahme VO_{2max} wurden mit dem Test "Ownindex" des Laufcomputers POLAR S625X ermittelt.

Abb. 4-1: Körperliche Basisdaten des Probanden

Für den Body-Mass-Index (BMI) und die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) werden in der einschlägigen Literatur altersabhängige Normwerte genannt, die in den folgenden Bildern dargestellt werden.



**Abb. 4-2: Altersabhängige Normwerte (Männer):
Body-Mass-Index (BMI) und Klassifizierung**
(Quelle: www.cardiologie.de)



**Abb. 4-3: Altersabhängige Normwerte (Männer):
VO_{2max} und "Fitness Level"**
(Quelle: Handbuch Polar Laufcomputer)

Der Proband charakterisiert sich damit als gesunder, normalgewichtiger, "junger Alter" mit guter Fitness.

5 Messergebnisse

Den während des Fahrtensegelns und bei Alltagsaktivitäten gemessenen Herzfrequenz-Zeitreihen sind an Hand der Aufzeichnungen Aktivitätsbeschreibungen zugeordnet, die in der Auswertung zu Aktivitätstypen systematisiert und zusammengefasst werden. Für ausgewählte Aktivitätstypen mit relevanten und reproduzierbaren Mustern der zugehörigen Herzfrequenz-Zeitreihen erfolgt anschließend eine graphische und statistische Auswertung der entsprechenden Zeitreihen-Segmente.

5.1 Fahrtensegeln

Die Aufgabenverteilung der 2-Personen-Crew auf dem fahrenden Boot ließ sich grob in zwei Funktionsbereiche gliedert:

- Rudergänger:
Steuerung des Bootes mit der Pinne (auf ruhigen Strecken im Sitzen, bei erhöhter Konzentration im Stehen), Bedienung des Motors über die Fernbedienung,
die Steuer-Funktion wurde auf längeren, offenen Strecken durch den Autopiloten übernommen.
- Vorschoter:
Setzen und Bergen der Rollsegel mit Hilfe der Reffleinen vom Cockpit aus, Bedienung der Schoten vom Cockpit aus (Großsegel: Talje und Belegen mit einer Curry-Klemme in Cockpit-Mitte, Genua: direkt ohne Winsch und Belegen mit einer Curry-Klemmen auf dem Lee-Rand des Cockpits), Kontrolle und Korrektur des Segeltrimm.
Unter Motor und bei Manövern zuständig für das Vorschiff, die Festmacher und die Fender.

5.1.1 Ausgewählte Aktivitätstypen

Aus den Aufzeichnungen wurden folgende Aktivitätstypen ausgewählt:

Aktivitätstyp	Beschreibung, Abgrenzung
Aufklaren vor dem Ablegen	<p>Fertigmachen des Bootes zum Auslaufen, u.a.:</p> <p>Abbau der Baumpersenning, Absenken des Hubdaches, Wegklappen und Sichern der Spayhood, Abbau Landstrom, Aufräumen und schlingerfest stauen im Salon, Aufklaren von Deck und Cockpit, Einschalten und Überprüfen der Instrumente, Überprüfung von Benzin und Frischwasser, Starten und Warmlaufen des Motors.</p> <p>In den vorliegenden Messreihen wurden vom Probanden überwiegend die Tätigkeiten auf Deck und im Cockpit erledigt.</p>
Ablegen	<p>Verlassen des Liegeplatzes unter Motor, u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Rudergängers:</p> <p>Vorbereiten der Fender und Festmacher, Schrittweise Einholen der Festmacher, langsame Fahrt, je nach Liegeplatz-Situation vorwärts/rückwärts und mehrere Kurswechsel, Rundum-Aufmerksamkeit zur Vermeidung von Kollisionen.</p> <p>In den vorliegenden Messreihen hatte der Proband beim Ablegen die Funktion "Rudergänger".</p>
Anlegen Box	<p>Einfahren in einen Yachthafen und Festmachen in einer Box (Bug oder Heck zum Steg), u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Rudergängers:</p> <p>Langsame Fahrt in den Hafen, Orientierung, Identifizierung der Box, abhängig von Windrichtung und -stärke in der Boxengasse vorwärts oder rückwärts an die Box heranfahren, einschwenken, Luv-Dalben durch das 2. Crewmitglied mit Festmacher "einfangen" lassen, in der Box bis zum Steg fahren, mit dem Motor das Boot stoppen, Leinen an Land bringen und belegen (lassen).</p> <p>In den vorliegenden Messreihen hatte der Proband beim Anlegen die Funktion "Rudergänger".</p>
Anlegen längsseits	<p>An einem Steg oder Kai längsseits festmachen, u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Rudergängers:</p> <p>Langsame Fahrt an die Anlegestelle, Orientierung, Identifizierung einer geeigneten Anlegestelle, abhängig von Windrichtung und -stärke mit langsamer Fahrt vorwärts oder rückwärts schräg anfahren, parallel zur Anlegestelle einschwenken, abstoppen, 2. Crewmitglied an Land setzen um eine Spring zu belegen, bei Seitenwind "in die Spring dampfen".</p> <p>In den vorliegenden Messreihen hatte der Proband beim Anlegen die Funktion "Rudergänger".</p>

Aufklaren nach dem Anlegen	<p>Sichern und Aufräumen des Bootes, Aufbau des für den Hafenaufenthalt und die Übernachtung erforderlichen Zubehörs, u.a.:</p> <p>Abschalten des Motors, Kontrolle und Korrektur der Festmacher und Fender, Aufräumen von Deck und Cockpit, Anheben des Baumes mit der Dirk, Aufstellen des Hubdaches, Verlegung von Landstrom, Aufbau der Baumpersenning, Herstellung der Wohnnutzung im Salon.</p>
Motorfahrt	<p>Marschfahrt unter Motor (ca. 3-5 kn, 6-10 km/h) auf einem Kanal, in einer Fahrrinne oder über eine offene Fläche, u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Rudergängers: Steuern und Geschwindigkeitskontrolle des Bootes, Rundum-Beobachtung der Umgebung, frühzeitige Reaktion auf Annäherungen, ggf. Ausweichen bei Überholern und entgegenkommenden Booten, besondere Aufmerksamkeit bei Begegnungen mit großen Berufsschiffen.</p> <p>Marschfahrt unter Motor und Segeln auf langen Schlägen stellen an den Rudergänger etwa die gleichen Anforderungen</p>
Durchfahrt durch eine bewegliche Brücke	<p>Anfahren, Warten und Durchfahrt einer bedienten, beweglichen Brücke, u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Rudergängers: In Sicht der Brücke ggf. Segel bergen (lassen) und Motor anschalten, langsame Fahrt, bei geschlossener Brücke ausreichend Abstand halten, ggf. "Warteschleifen" fahren, Vorsicht vor anderen wartenden Booten, bei sich öffnender Brücke zügig anfahren, in die Reihe der wartenden Boote einscheren, konzentriert durchfahren, ggf. in der Brücke zur Bezahlung des Brückengeldes abbremesen, Achtung vor Seitenwind.</p>
Durchfahrt durch eine Schleuse	<p>Anfahren, Warten, Einfahren, Festmachen und Ausfahren einer Schleuse, u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Rudergängers: Unter Motor, bei geschlossener Schleuse in der "Wartezone" langsam fahren, ggf. anlegen, Vorsicht vor anderen wartenden Booten, bei sich öffnender Schleuse anfahren, in die Reihe der wartenden Boote einscheren, konzentriert in die Schleuse einfahren, seitwärts an der Schleusenmauer oder einem anderen Boot anlegen, Achtung vor Abdrift u.a. durch Seitenwind. Während des Schleusenvorgangs Leinen auf Slip, bei sich öffnender Schleuse warten, bis die vorne liegenden Boote angefahren sind, Leinen los, langsam in die Reihe der ausfahrenden Boote einscheren, aus der Schleuse herausfahren.</p>
Segel setzen	<p>Setzen, Dichtholen und 1. Trimm von Rollreff-Großsegel und Rollreff-Genua, u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Vorschoters: Das Boot wird vom Rudergänger unter Motor an den Wind gebracht.</p> <p>Großsegel: Absenken des Baumes mit der Dirk, Lösen der Großschot, Holen der Großsegel-Reffleine und der Achterholer-Leine bis das Großsegel vollständig ausgerollt ist, maximales Dichtholen und</p>

	<p>Belegen des Achterholers, Dichtholen und Belegen der Großschot. Genua: Lösen der Reffleine, Holen der Lee-Genuaschot, Achten auf kontrolliertes Freilaufen der Reffleine, Belegen der Reffleine, wenn die gewünschte Fläche der Genua ausgerollt ist, Dichtholen und Belegen der Genuaschot.</p> <p>Das Boot wird auf den gewünschten Kurs gebracht, Groß- und Genua-Schoten werden entsprechend dem Kurs zum Wind dicht geholt oder gefiert. Anschließend wird i.d.R. der Motor abgestellt.</p> <p>In den vorliegenden Messreihen hatte der Proband beim Setzen der Segel die Funktion "Vorschoter".</p>
Segel bergen	<p>Einrollen von Rollreff-Großsegel und Rollreff-Genua, u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Vorschoters: Das Boot wird vom Rudergänger unter Motor an den Wind gebracht.</p> <p>Großsegel: Dichtsetzen der Dirk, Dichtholen und Belegen der Großschot, Lösen des Achterholers, Holen der Großsegel-Reffleine bis das Großsegel bis zum Schothorn im Mast aufgerollt ist, Achten auf Freilauf des Achterholers.</p> <p>Genua: Fieren der Lee-Genuaschot, Holen der Genua-Reffleine bei gleichzeitiger Kontrolle der Genuaschot bis die Genua vollständig auf dem Vorstag-Rohr aufgerollt ist, Belegen der Reffleine und beider Schoten.</p> <p>In den vorliegenden Messreihen hatte der Proband beim Bergen der Segel die Funktion "Vorschoter".</p>
Segeln mit raumem Wind	<p>Der Wind an Bord kommt aus achterlicheren Richtungen als Querab, u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Vorschoters: Die Segel werden entsprechend dem Windeinfall offen getrimmt und belegt. Die Kräfte auf die Schoten sind verhältnismäßig niedrig. Bei achterlichem Wind wird zusätzlich ggf. die Genua mit einem Spinnaker-Baum ausgebaumt und der Großbaum mit einer Bullentalje gesichert.</p> <p>Während eines solchen Kurses segelt das Boot aufrecht und sicher, die Segelstellung wird nur gelegentlich korrigiert.</p> <p>In den vorliegenden Messreihen hatte der Proband beim Segeln grundsätzlich die Funktion "Vorschoter".</p>
Segeln am Wind	<p>Der Wind an Bord kommt vorlicher als querab, u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Vorschoters: Die Lee-Schot der Genua wird soweit dicht geholt, dass die Genua-Windfäden auf Lee und Luv parallel horizontal fliegen. Das Großsegel wird soweit dicht geholt, bis das Vorliek nicht mehr vibriert. Auf Kreuz-Kursen hart am Wind werden beide Segel maximal dicht geholt.</p> <p>Die Kräfte auf die Schoten, vor allem der Genua, sind ab Windstärke 3 hoch (Genuaschot Zugkraft > 50 kg).</p> <p>Das Boot segelt ab Windstärke 2-3 Bft am Wind mit Krängung. Der</p>

	<p>Vorschoter reduziert die Krängung (ab ca. 20°) bei Bedarf durch vorübergehendes Fieren zunächst der Großschot, bei Böen und heftiger Krängung durch Loswerfen der Genua. Bei andauernd stärkerem Wind werden Großsegel und Genua gerefft (teilweise per Rollreff aufgewickelt) (s. Segel bergen).</p>
Kreuzen	<p>Segeln "gegen den Wind". Das Boot wird hoch am Wind gefahren, mit einer Wende um ca. 100° durch den Wind gedreht, eine Strecke hoch am Wind gefahren, erneut gewendet etc., u.a.:</p> <p>Aus der Sicht des Vorschoters: Der Rudergänger bringt das Boot hoch an den Wind und kündigt die Wende an, der Vorschoter bereitet beide Genuaschoten vor. Der Rudergänger steuert das Boot durch den Wind, in diesem Moment schlägt die Genua "back", die ehemalige Lee-Schot wird losgeworfen und die Genuaschot auf der neuen Leeseite mit dem Überkommen der Genua so schnell wie möglich und so dicht wie möglich geholt und wegen der großen Kräfte umgehend belegt. Mögliche Probleme: a) Beim Überkommen der Genua können sich die losen Schoten auf dem Vorschiff verhaken, in diesem Fall muss der Vorschoter umgehend auf das Vorschiff und die Schoten frei machen. b) Wird die Genua zu schnell dicht geholt, kann sich das Schothorn am Lee-Want verhaken, in diesem Fall muss die Schot erneut gefiert werden. c) Verliert das Boot bei der Wende zu viel Fahrt, so kann es bei dicht geholter Genua nach der Wende Lee-gierig werden und stark abfallen, in diesem Fall muss die Genua entsprechend dem Windeinfallswinkel gefiert und mit zunehmender Fahrt und Höhe langsam dicht geholt werden. Dieser Vorgang erfordert besonders viel Kraft.</p>
Hafenaktivitäten	
"Sherry-Time"	<p>Typischer Vorgang auf Segeltörns, bei dem nach dem Anlegen in einen Hafen und dem Aufklaren des Bootes eine ca. einstündige Pause eingelegt wird, in der sich die Crew im Cockpit oder im Salon erholt und entspannt. Dieser Aktivitätstyp dient als Referenz für Ruhephasen an Bord und als Vergleich mit Ruhephasen im Alltag.</p>
Einkaufen	<p>Zügiges Gehen (Tempo: "Leichtes Walking") mit einzelnen Pausen, zum Vergleich mit der entsprechenden Alltagsaktivität.</p>
Schlafen an Bord	<p>Doppelkoje im Vorschiff (Breite am Kopfende: ca. 1,80 m, Breite am Fußende: ca. 0,50 m, Höhe am Kopfende: ca. 0,70 m, schmaler Zugang vom Kopfende der Koje zum Salon). Standard-Aktivität auf einem bewegten Boot, unter beengten Bedingungen, mit höherem Geräuschpegel und erhöhter latenter Aufmerksamkeit, zum Vergleich mit der entsprechenden Alltags-Aktivität (s.u.).</p>

Abb. 5.1-1: Ausgewählte Aktivitätstypen beim Fahrtensegeln

5.1.2 Belastungsniveau pro Aktivitätstyp

Alle Herzfrequenz-Zeitreihen dieser Untersuchung wurden in einem festen Zeitraster von standardmäßig 5 Sekunden, in einigen Fällen von 15 Sekunden erfasst.

Zur Ermittlung der Belastungsniveaus werden pro Aktivitätstyp an Hand der Uhrzeiten die zugehörigen Segmente aus den Herzfrequenz-Zeitreihen selektiert und die Häufigkeitsverteilung sowie Verteilungsfunktion der Herzfrequenzen über alle Segmente eines Aktivitätstyps ermittelt.

Die Verteilungsfunktion ergibt sich aus der Summenbildung über die Häufigkeiten, mit denen die einzelnen Herzfrequenzen gemessen wurden. Die Häufigkeitsverteilung der Werte in einer Reihe kann z.B. mit einer Pivot-Tabelle berechnet werden.

In der Verteilungsfunktion werden definiert:

- Der 50%-Punkt ist die mittlere Herzfrequenz dieses Aktivitätstyps, d.h.: die Hälfte der Messpunkte liegt unter, die andere Hälfte über diesem Messwert,
- der 95%-Punkt die obere Herzfrequenz, d.h.: die 5% der Messungen mit Herzfrequenzen über diesem Wert werden als untypische "Ausreißer" betrachtet,
- der 5%-Punkt die untere Herzfrequenz, d.h.: Herzfrequenzen unterhalb diesen Wertes werden ebenfalls als untypisch für diesen Aktivitätstyp betrachtet.

In den folgenden Auswertungen werden pro Aktivitätstyp die Häufigkeitsverteilung und die Verteilungsfunktion nebeneinander als "Verteilung der Herzfrequenzen" dargestellt.

Bei den Häufigkeitsverteilungen ist u.a. von Interesse, ob diese einen oder mehrere Gipfel aufzeigen.

- Bei einem Gipfel kann auf eine angenäherte Normalverteilung der Herzfrequenzen für diesen Aktivitätstyp geschlossen werden.
- Bei mehreren deutlich getrennten Gipfeln ist zu vermuten, dass der Aktivitätstyp aus mehreren Teilaktivitäten mit unterschiedlichen Belastungsniveaus besteht.

Um die Belastungsintensität eines Aktivitätstyps abschätzen zu können, wird in den Graphiken der Frequenzbereich zwischen aerober und anaerober Schwelle (AS, IAS) rot umrandet.

Aufklaren vor dem Ablegen

Anzahl Sequenzen	4
Anzahl Messwerte	1.082
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	22
mittlere HF (S/min)	117
obere HF (S/min)	128
untere HF (S/min)	97

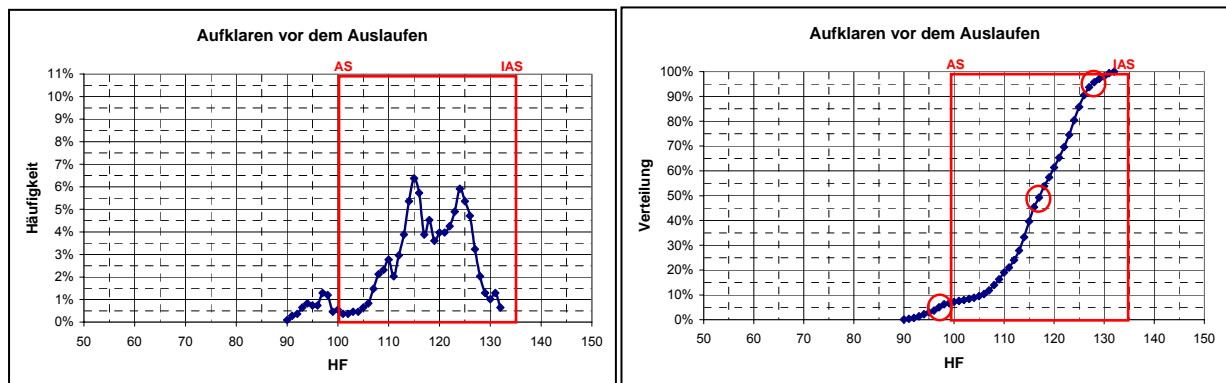


Abb. 5.1-2: Verteilung der Herzfrequenzen "Aufklaren vor dem Auslaufen"

Bemerkung:

Das Aufklaren ist bewegungsintensiv, sowohl für Hüfte und Beine als auch für Oberkörper und Arme.

Die Häufigkeitsverteilung lässt auf 3 Teiltätigkeiten schließen, 2 häufige Aktivitäten mit Belastungen von 115 bzw. 125 S/min, und eine seltenere Aktivität mit ca. 98 S/min.

Ablegen (Rudergänger)

Anzahl Sequenzen	5
Anzahl Messwerte	411
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	7
mittlere HF (S/min)	122
obere HF (S/min)	136
untere HF (S/min)	115

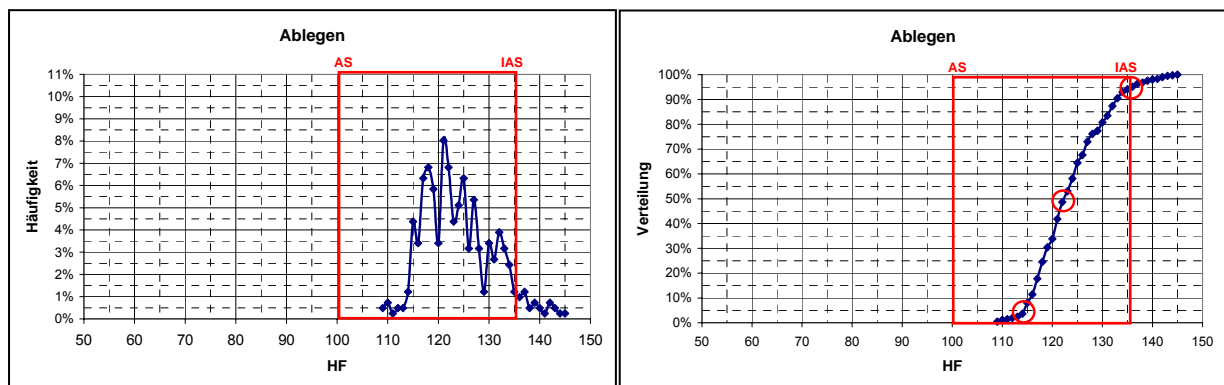


Abb. 5.1-3: Verteilung der Herzfrequenzen "Ablegen"

Bemerkung:

Das Ablegen ist für den Rudergänger eine wenig bewegungsintensive Aktivität, die statt dessen die Sensomotorik der Arme und die Konzentration beansprucht. Die Häufigkeitsverteilung lässt neben der Haupttätigkeit auf eine Teilaktivität mit einer Belastung von ca. 132 S/min schließen.

Anlegen Box (Rudergänger)

Anzahl Sequenzen	4
Anzahl Messwerte	547
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	11
mittlere HF (S/min)	115
obere HF (S/min)	131
untere HF (S/min)	101

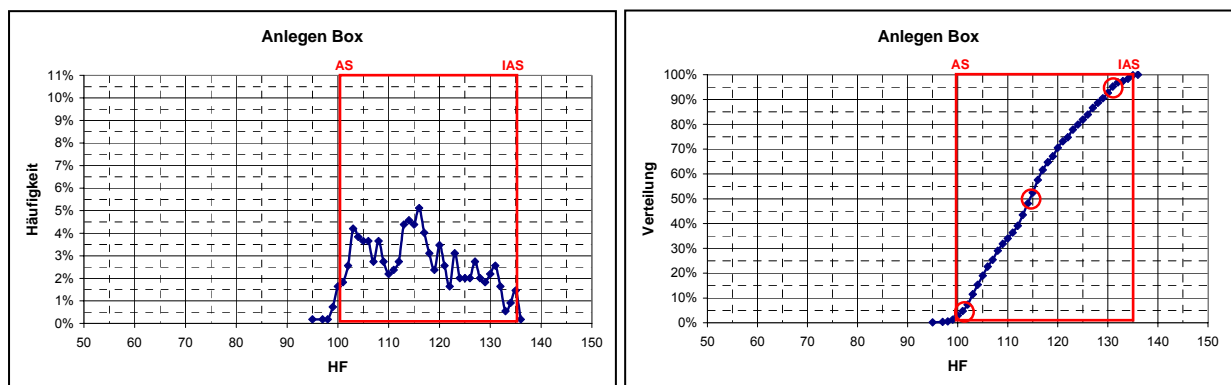


Abb. 5.1-4: Verteilung der Herzfrequenzen "Anlegen Box"

Bemerkung:

Das Anlegen ist wie das Ablegen für den Rudergänger eine sensomotorische und konzentrierte Beanspruchung.

Die Häufigkeitsverteilung zeigt, dass das Anlegen (in eine Box) aus mindestens 2 Teilaktivitäten besteht, mit Belastungen von ca. 103 bzw. ca. 116 S/min.

Anlegen längsseits (Rudergänger)

Anzahl Sequenzen	2
Anzahl Messwerte	92
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	4

mittlere HF (S/min)	110
obere HF (S/min)	121
untere HF (S/min)	101

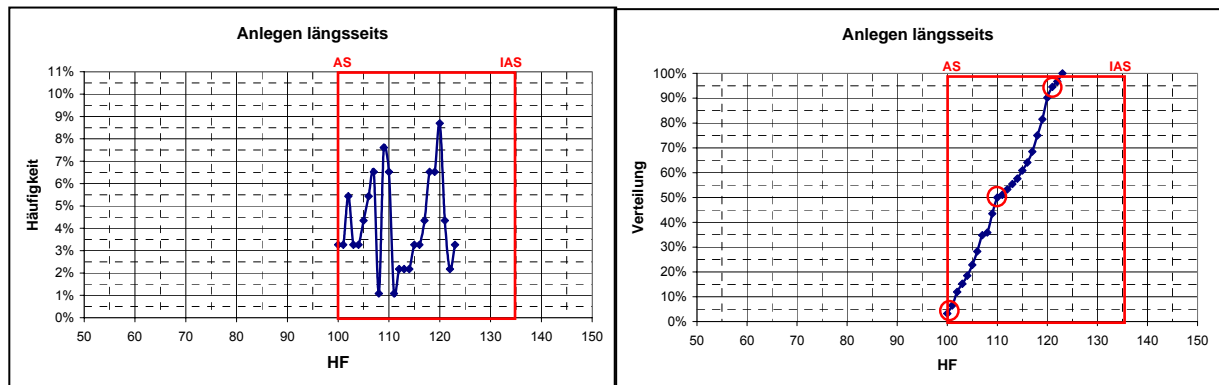


Abb. 5.1-5: Verteilung der Herzfrequenzen "Anlegen längsseits"

Bemerkung:

Die gemessenen Anlegemanöver "längsseits" erfolgten an freistehenden Meldestegen mit ausreichendem Manövrierraum und bei wenig Seitenwind. Auch hier weist die Häufigkeitsverteilung auf 2 Teilaktivitäten mit Belastungen von ca. 97-99 bzw. ca. 120 S/min hin.

Aufklaren nach dem Anlegen

Anzahl Sequenzen	5
Anzahl Messwerte	1.095
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	18
mittlere HF (S/min)	108
obere HF (S/min)	120
untere HF (S/min)	95

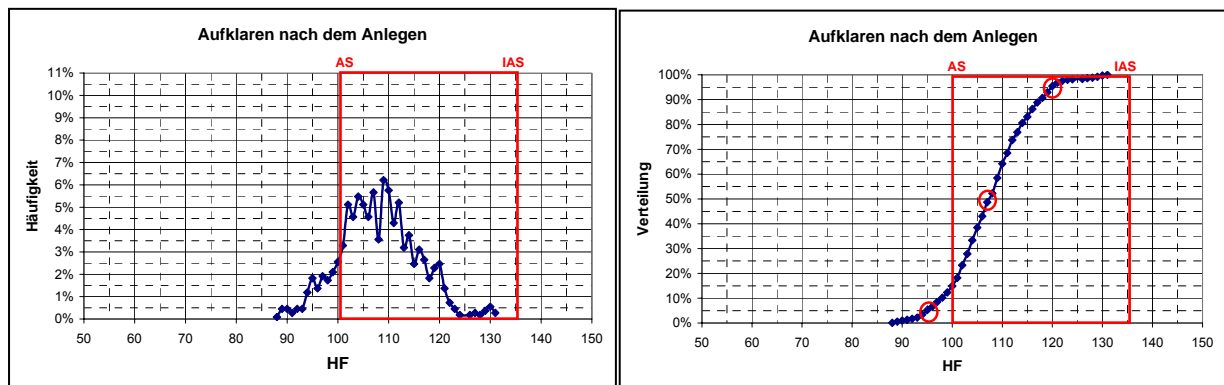


Abb. 5.1-6: Verteilung der Herzfrequenzen "Aufklaren nach dem Anlegen"

Bemerkung:

Das Aufklaren ist bewegungsintensiv, sowohl für Hüfte und Beine als auch für Oberkörper und Arme.

Motorfahrt (Rudergänger)

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte	453
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	38
mittlere HF (S/min)	87
obere HF (S/min)	98
untere HF (S/min)	80

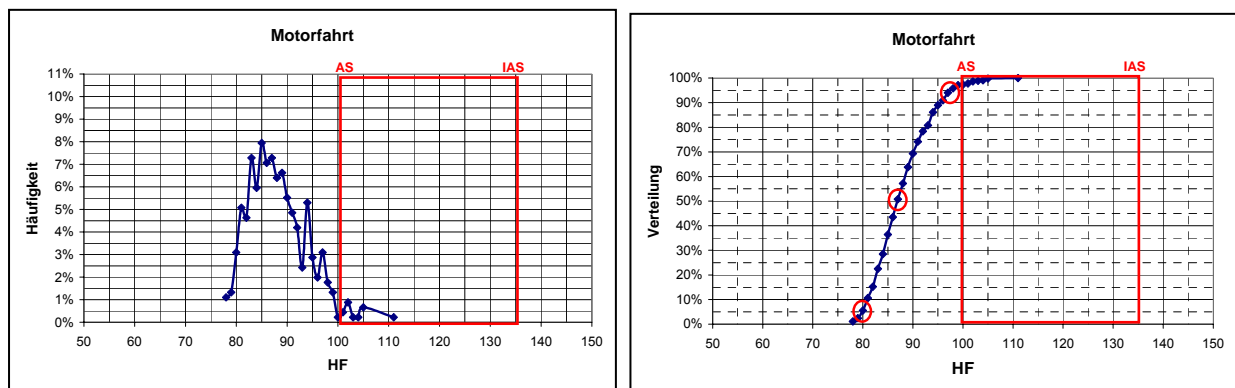


Abb. 5.1-7: Verteilung der Herzfrequenzen "Motorfahrt"

Bemerkung:

Als Beispiel für diese Aktivität wurde eine längere Sequenz mit einer Motorstrecke über einen langen See und mehrere Kanäle ausgewählt.

Die Häufigkeitsverteilung weist diesen Aktivitätstyp als vergleichsweise homogene Belastung aus, mit gelegentlichen Teilaktivitäten von rund 95 S/min (und darüber), vermutlich beim Aufstehen oder anderen körperlichen Bewegungen des Rudergängers.

Die Anforderungen und Belastungen des Rudergängers bei längeren Motorfahrten sind etwa identisch mit den Anforderungen und Belastungen des Rudergängers bei Fahrten unter Segeln über längere Strecken mit einheitlicher Segelführung (vor dem Wind oder am Wind, Ausnahme: Segeln hoch am Wind).

Durchfahrt durch eine bewegliche Brücke (Rudergänger)

Anzahl Sequenzen	9
Anzahl Messwerte	491
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	5
mittlere HF (S/min)	98
obere HF (S/min)	112
untere HF (S/min)	83

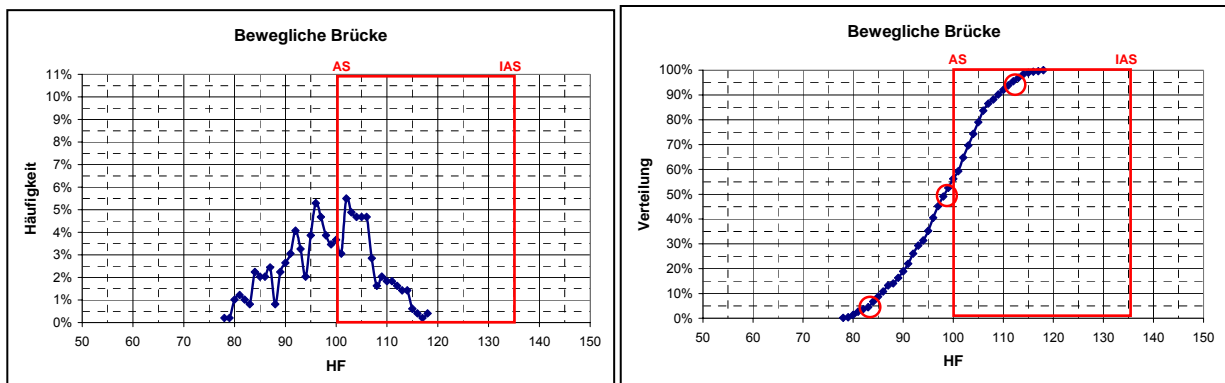


Abb. 5.1-8: Verteilung der Herzfrequenzen "Bewegliche Brücke"

Bemerkung:

Konzentration und Belastung des Rudergängers bei der Passage einer beweglichen Brücke sind stark abhängig von der Anzahl der ebenfalls durchfahrenden Boote und vor allem von den Windverhältnissen vor der Brücke.

Durchfahrt durch eine Schleuse (Rudergänger)

Anzahl Sequenzen	2
Anzahl Messwerte	168
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	7

mittlere HF (S/min)	118
obere HF (S/min)	126
untere HF (S/min)	105

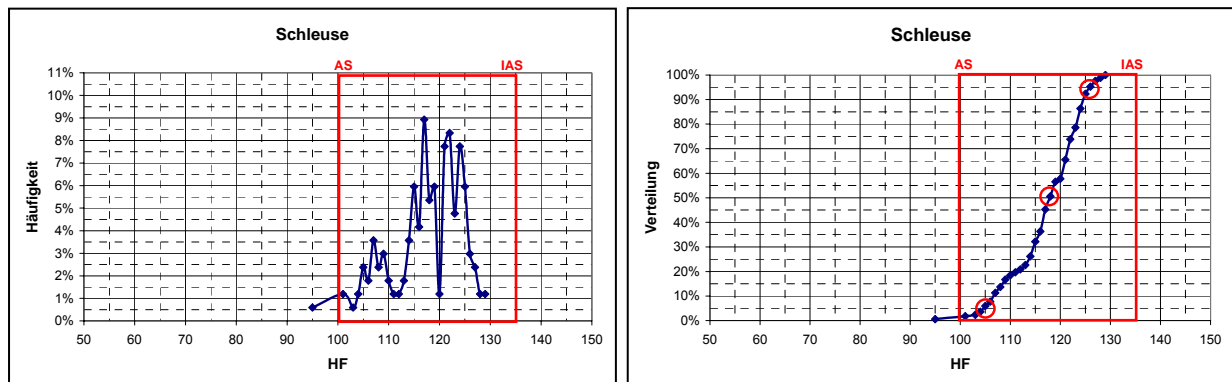


Abb. 5.1-9: Verteilung der Herzfrequenzen "Schleuse"

Bemerkung:

Die gemessenen Schleusungsvorgängen betreffen 2 relativ kleine Schleusen, nur wenige mitschleusende Boote und geringe Windstärke, sodass beim Einlaufen problemlos an einer Schleusenwand längsseits angelegt werden konnte.

Die hohen HF-Werte von 117-125 S/min wurden unmittelbar während des Schleusungsvorganges gemessen, Die niedrigeren HF-Werte um 107 S/min traten während der Wartezeiten auf.

Segel setzen (Vorschoter)

Anzahl Sequenzen	3
Anzahl Messwerte	2.24
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	6

mittlere HF (S/min)	117
obere HF (S/min)	135
untere HF (S/min)	102

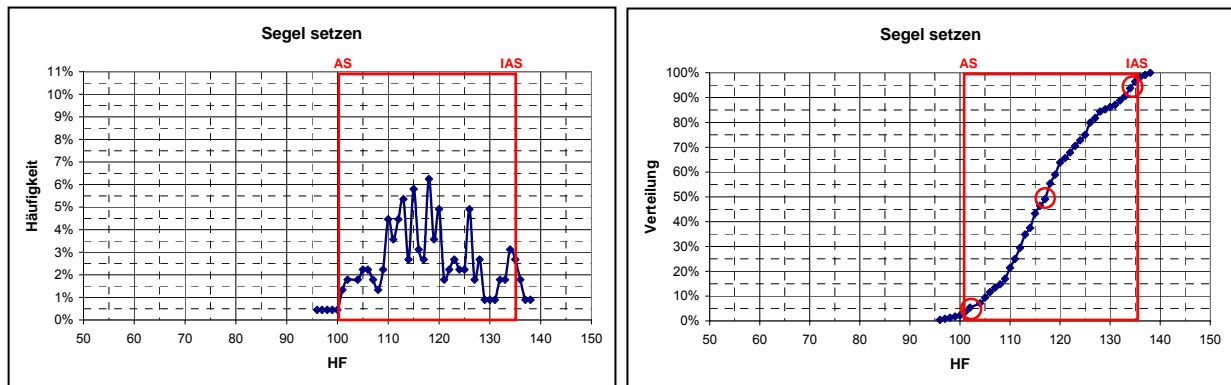


Abb. 5.1-10: Verteilung der Herzfrequenzen "Segel setzen"

Bemerkung:

Bei den ausgewählten Sequenzen wurden bei Windstärken um 3 Bft unmittelbar nacheinander sowohl das Großsegel als auch die Genua per Rollreff-System gesetzt.

Die Häufigkeitsverteilung legt 3 Teilaktivitäten nahe mit Belastungen von 110-120, 126 und 134 S/min, wobei die beiden oberen Werte wahrscheinlich mit dem Dichtholen des Großsegel-Achterholers und der Genuaschot in Verbindung stehen.

Segel bergen (Vorschoter)

Anzahl Sequenzen	2
Anzahl Messwerte	142
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	6

mittlere HF (S/min)	110
obere HF (S/min)	121
untere HF (S/min)	99

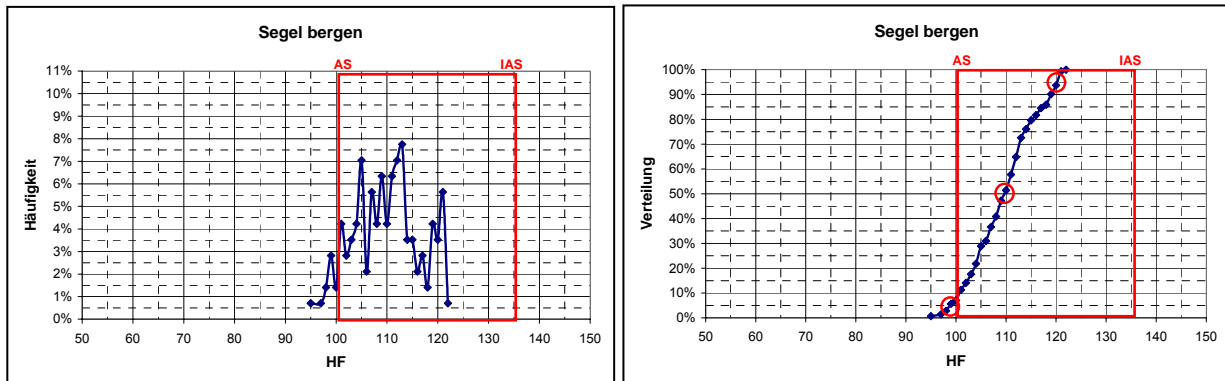


Abb. 5.1-11: Verteilung der Herzfrequenzen "Segel bergen"

Bemerkung:

Bei den ausgewählten Sequenzen wurden auf offenem Wasser frühzeitig vor der Hafeneinfahrt bei Windstärken um 3 Bft in Ruhe das Großsegel und die Genua per Rollreff eingerollt.

Auch hier zeigt sich neben der Haupttätigkeit mit einer Belastung von ca. 104-114 S/min eine Teiltätigkeit mit einer Belastung von ca. 120 S/min, möglicherweise im Zusammenhang mit der Kontrolle der Genua während des Einrollens.

Segeln mit raumem Wind (Vorschoter)

Anzahl Sequenzen	2
Anzahl Messwerte	4.964
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	207

mittlere HF (S/min)	87
obere HF (S/min)	101
untere HF (S/min)	78

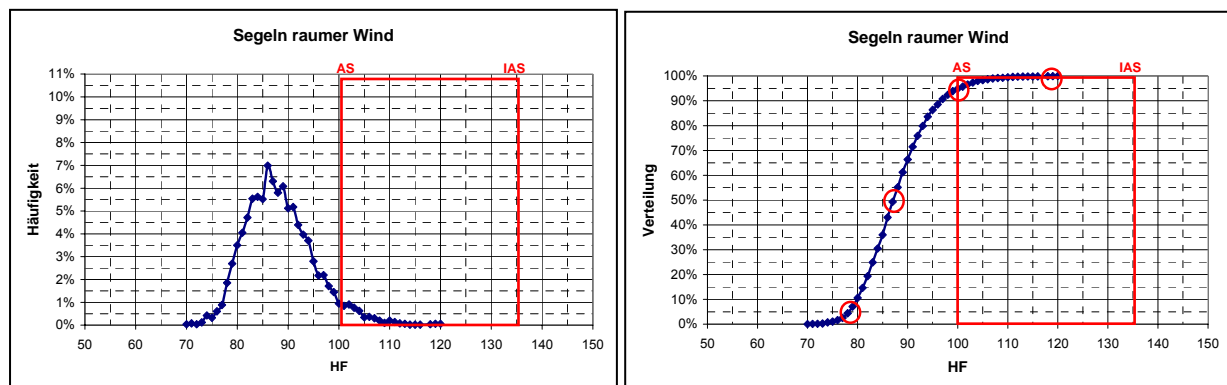


Abb. 5.1-12: Verteilung der Herzfrequenzen "Segeln mit raumem Wind"

Bemerkung:

Bei den ausgewählten Sequenzen wurde mit raumem bis achterlichem Wind um 3 Bft und mäßigem Seegang je ein langer Schlag mit konstantem Kurs über das Ijsselmeer gesegelt. Die Steuerung erfolgte per Autopilot. Die Genua war ausgebaumt, das Großsegel mit einem Bullenstander gesichert. Die Aktivität des Vorschoters beschränkte sich auf die Beobachtung und gelegentlichen Anpassung der Segelstellung. Ausnahmen waren gelegentliche Tätigkeiten auf dem Vorschiff, u.a. zur Korrektur des Genua-Baumes oder des Bullenstanders, während dieser Tätigkeiten wurden Herzfrequenzen zwischen 100 und 120 S/min gemessen.

Segeln am Wind (Vorschoter)

Anzahl Sequenzen	2
Anzahl Messwerte	491
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	20
mittlere HF (S/min)	83
obere HF (S/min)	109
untere HF (S/min)	75

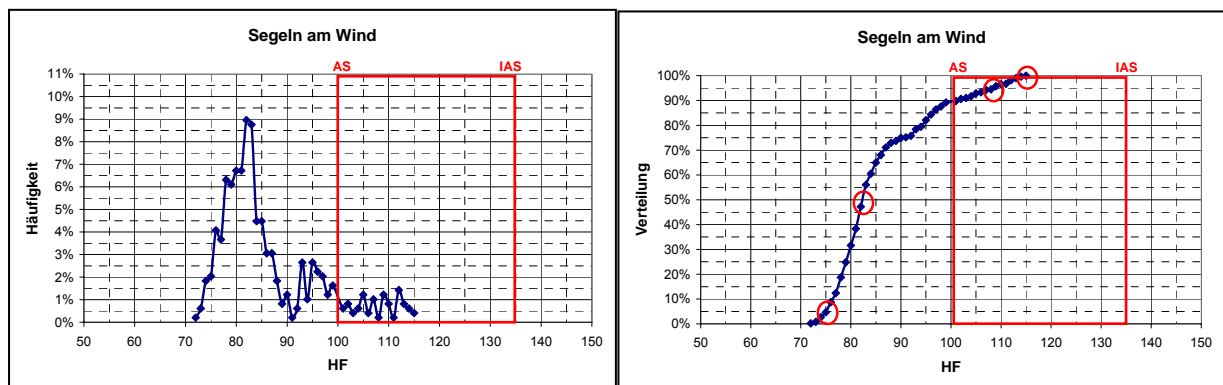


Abb. 5.1-13: Verteilung der Herzfrequenzen "Segeln am Wind"

Bemerkung:

Bei den ausgewählten Sequenzen wurden am Wind um 4 Bft (Windrichtung an Bord ca. 50° zum Kurs) mit Großsegel und leicht gereffter Genua zwei Kanalstrecken gesegelt. Die Aufgabe des Vorschoters bestand im darin, bei Bedarf den Segeltrimm mit Hilfe der Schoten zu korrigieren und bei Böen die Großschot vorübergehend zu fieren, um eine allzu starke Krängung des Bootes zu vermeiden. Dies führte in den Ruhephasen einerseits zu einer Häufung der Belastung bei Herzfrequenzen um 82 S/min, andererseits während der Arbeit an den Schoten zu erhöhten Belastungen von 94-115 S/min.

Kreuzen (Vorschoter)

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte	706
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	59
mittlere HF (S/min)	111
obere HF (S/min)	130
untere HF (S/min)	99

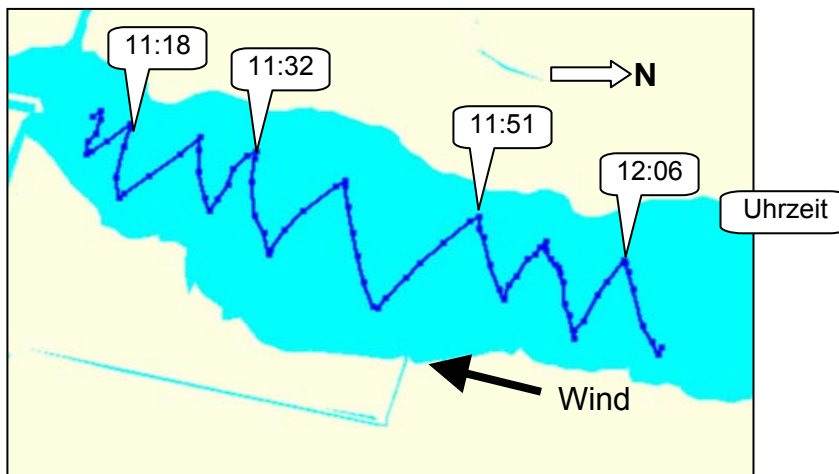


Abb. 5.1-14: Kreuzkurs (GPS-Track)

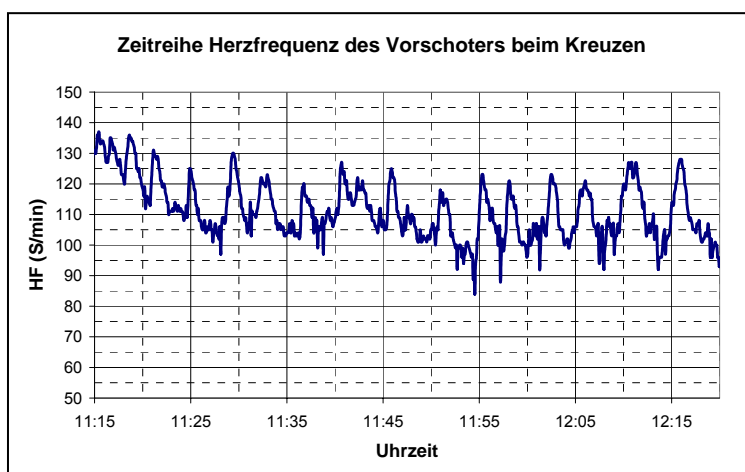


Abb. 5.1-15: Zeitreihe der Herzfrequenzen für den Aktivitätstyp "Kreuzen"

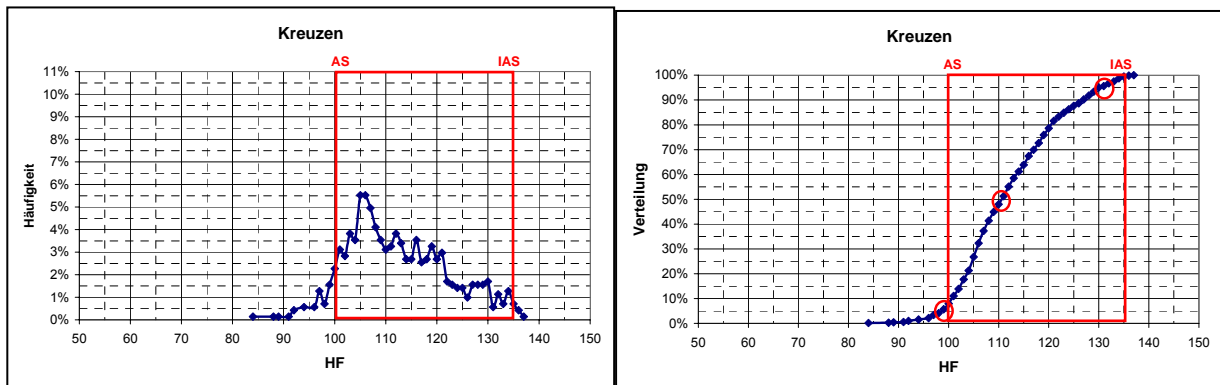


Abb. 5.1-16: Verteilung der Herzfrequenzen "Kreuzen"

Bemerkung:

Es wurde auf einem breiten See bei Gegenwind um 3-4 Bft ein Kreuzkurs mit insgesamt 16 Wenden gefahren.

Aus Gründen des Komforts, der Sicherheit und wegen der starken Kräfte auf der Genua-Schot wurde der Kreuzkurs nicht mit der optimal möglichen Höhe und maximal dichten Schoten gefahren.

Die Belastung des Vorschoters lag während der Wenden bei 120-130 S/min, und ging bis zur nächsten Wende auf 110-100 S/min zurück.

"Sherry-Time"

Anzahl Sequenzen	3
Anzahl Messwerte	2.124
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	59
mittlere HF (S/min)	77
obere HF (S/min)	87
untere HF (S/min)	67

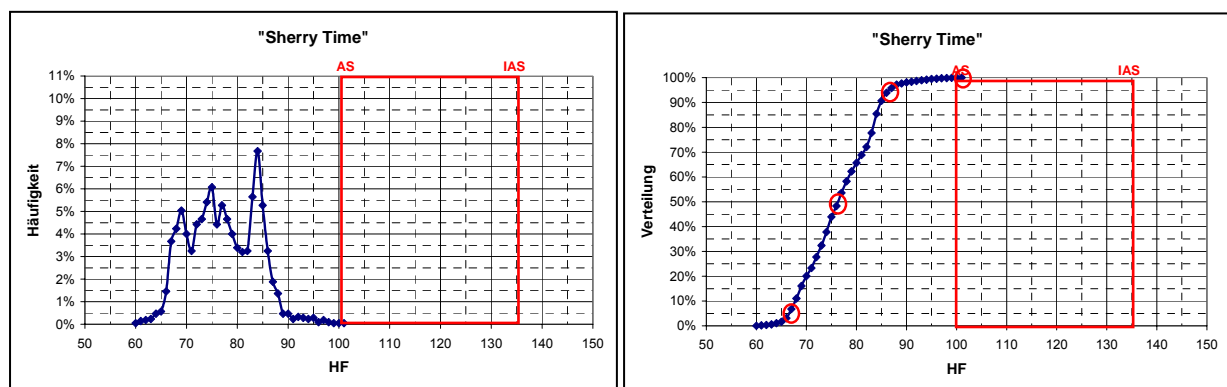


Abb. 5.1-17: Verteilung der Herzfrequenzen "Sherry Time"

Bemerkung:

Die Messung der Ruhepause am Ende eines Segeltages an Bord im Cockpit dient mit einer gemessenen mittleren Herzfrequenz von 77 S/min einerseits als Referenz in Relation zu den aktiven Phasen, andererseits als Vergleich zu Ruhephasen im Alltag.

Die Häufigkeitsverteilung lässt auf 4 Teilaktivitäten schließen:

- "Echte" Ruhe um 69 S/min,
- 2 Teilaktivitäten mit ca. 75 bzw. 84 S/min (ein Belastungsniveau, das im Alltag bei lebhaftem Gruppengespräch registriert wurde),
- sowie "Ausreißer" von bis zu 101 S/min (die vermutlich den gelegentlichen Aufwand bezeichnen, sich z.B. im Cockpit zu erheben, in den Salon herunter zu steigen und z.B. Nachschub an Getränken aus der Kühlbox zu holen).

Einkaufen

Anzahl Sequenzen	3
Anzahl Messwerte	2.580
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	72

mittlere HF (S/min)	102
obere HF (S/min)	113
untere HF (S/min)	82

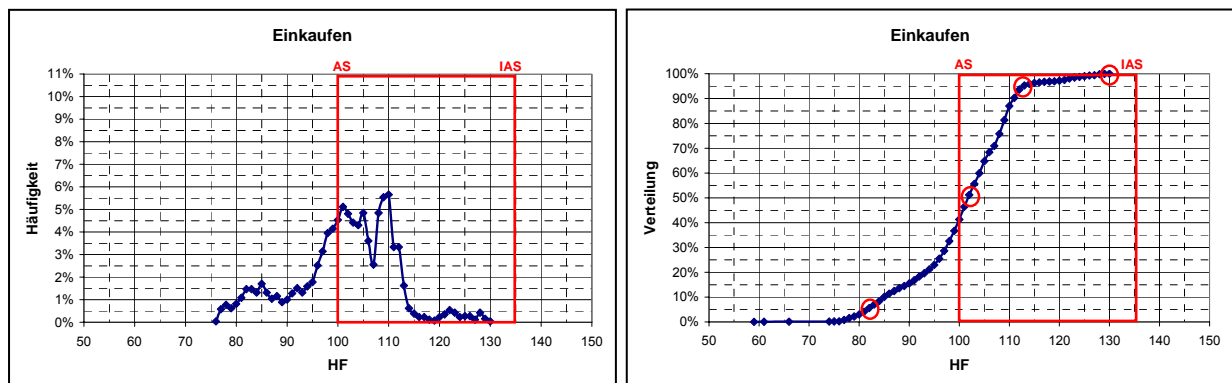


Abb. 5.1-18: Verteilung der Herzfrequenzen "Einkaufen"

Bemerkung:

Die Messung und Auswertung des "Einkaufens" dient wie die Darstellung der Ruhepause dem Vergleich mit der entsprechenden Alltagsaktivität. Das Einkaufen in den Hafengemeinden erfolgte i.d.R. am späten Nachmittag unter einem gewissen Zeitdruck. Die Aktivität bestand aus zügigem, gezieltem Gehen mit gelegentlichen Pausen vor Schaufenstern oder in Geschäften. Das Gewicht der eingekauften Waren war unter Belastungsgesichtspunkten vernachlässigbar.

Die Häufigkeitsverteilung zeigt das typische Belastungsmuster für zügiges Gehen von 102-113 S/min mit "Ausreißern" bis 130 S/min, z.B. für das schnelle Überqueren einer Fahrstraße und den Pausen (vor den Schaufenstern und in den Läden) um 85 S/min.

Schlafen an Bord

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte	6480
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	540
mittlere HF (S/min)	62
obere HF (S/min)	72
untere HF (S/min)	53

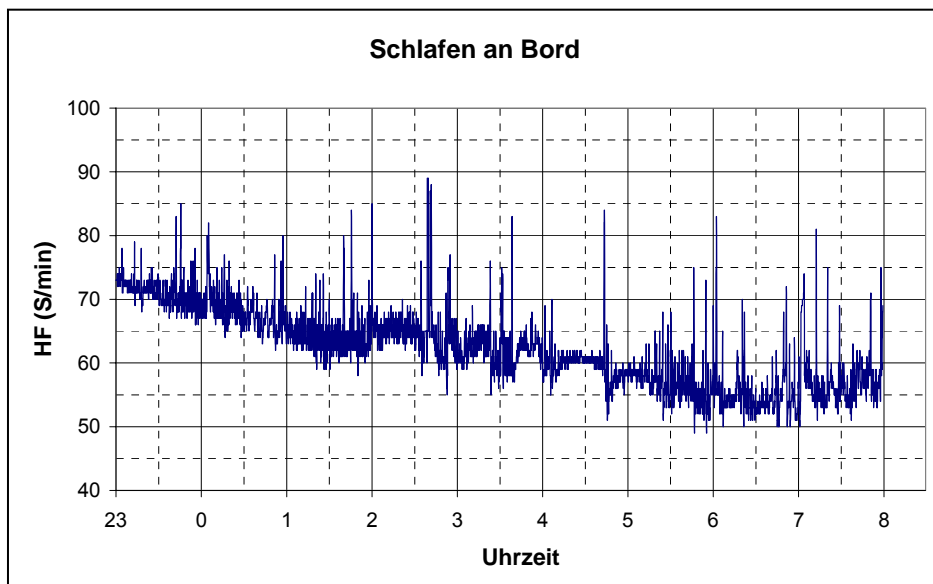


Abb. 5.1-19: Zeitreihe der Herzfrequenzen für den Aktivitätstyp "Schlafen an Bord"

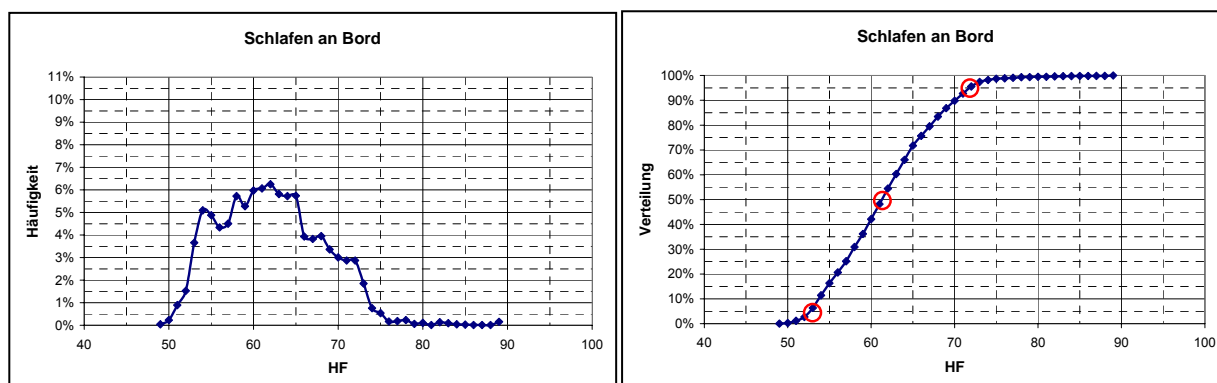


Abb. 5.1-20: Verteilung der Herzfrequenzen "Schlafen an Bord"

Bemerkung:

Der zeitliche Verlauf der Herzfrequenz während der Schlafphase an Bord unterscheidet sich signifikant von der entsprechenden Zeitreihe im Alltag (s. Kap. 5.2.2):

- a) Im Alltag wurde das Tiefschlafniveau mit einer Herzfrequenz von ca. 55 S/min von einem Ruheniveau um 65 S/min aus nach ca. 3 Stunden erreicht und dauerte ca. 5 Stunden bis zum frühen Morgen.
An Bord begann der Einschlafvorgang bei einem Ruheniveau von ca. 75 S/min, das Tiefschlafniveau wurde erst nach ca. 6,5 Stunden erreicht und dauerte etwa 1,5 Stunden.
- b) Typisch für den Probanden sind die Aktivitäts-Spitzen auch während des Tiefschlafes in etwa einstündigem Abstand mit einer Dauer von im Mittel 30 Sekunden. Es handelt sich um kurzfristige Halbwach-Phasen, u.a. zum halb-bewussten Wechsel der Liegeposition.
Während im Alltagsschlaf diese kurzzeitigen Aktivitäts-Spitzen zu Herzfrequenzen von 75-78 S/min führten, lagen beim Schlaf an Bord diese Spitzen bei etwa 83 S/min und damit bereits kurzzeitig im Wachbereich, auch wenn unmittelbar anschließend die Herzfrequenzen wieder auf das Schlafniveau abfielen.
- c) Beim Schlafen an Bord war die Varianz der Herzfrequenz mit ca. $\pm 6-8$ S/min wesentlich höher als beim Alltagsschlaf mit ca. ± 3 S/min.
- d) Die mittlere Herzfrequenz betrug:

Schlafen an Bord:	62 S/min
Alltagsschlaf:	58 S/min

die häufigsten Herzfrequenzen waren:

Schlafen an Bord:	54-66 S/min
Alltagsschlaf:	54-58 S/min
- e) Das Ein- und Aussteigen in die Doppelkoje durch den schmalen Zugang vom Salon war mit ca. 88-90 S/min deutlich anstrengender als das Ein- und Aussteigen in ein normales Bett mit ca. 84 S/min.

Hieraus folgt, dass der Proband an Bord deutlich leichter und unruhiger geschlafen hat als zu Hause.

Zusätzlich war es an Bord deutlich mühsamer in die Koje hinein und heraus zu kommen als im heimischen Schlafzimmer.

5.2 Alltagsaktivitäten

Die Betrachtung der Belastungsniveaus einzelner Alltags-Aktivitäten erfolgt vorrangig unter dem Gesichtspunkt, Vergleichsdaten zu den Messungen während des Segeltörns zu gewinnen. Einige Ergebnisse aus dem Alltag erwiesen sich allerdings bei näherer Betrachtung auch unter sportwissenschaftlichen Aspekten als bemerkenswert.

5.2.1 Ausgewählte Aktivitätstypen

Aus den Alltags-Aufzeichnungen wurden unter Belastungs-Gesichtspunkten folgende Aktivitätstypen ausgewählt:

Aktivitätstyp	Beschreibung, Abgrenzung
konzentrierte Büroarbeit	Sitzen am Schreibtisch und Arbeiten am Computer
Spaziergang	entspannter Spaziergang in gelassener Geschwindigkeit (ca.4 km/h)
leichtes Radfahren	Radfahren in mäßiger Geschwindigkeit (ca. 15 km/h) auf einem einfachen Fahrrad älterer Bauart mit 3-Gang-Schaltung durch einen untrainierten "Selten-Fahrer".
Autofahren	konzentriertes Autofahren im Stadtgebiet und auf Landstraßen einschließlich Anfahren und Einparken
Treppensteigen	Treppensteigen: 32 Stufen, je 17 cm: Steighöhe: 5,44 m
Walking	Zügiges Gehen (ca. 5,5-6 km/h)
Staubsaugen	Staubsaugen (Handstaubsauger) in 4 Räumen auf 2 Stockwerken
Ruhe, Lesen	Ruhephase in einem bequemen Sessel, spannende, aber nicht aufregende Lektüre
Ruhe, Fernsehen	Ruhephase in einem bequemen Sessel, interessantes, aber nicht aufregendes Fernsehprogramm
Schlafen	Schlafen im häuslichen Bett, 2x1 m, Seiteneinstieg

Abb. 5.2-1: Ausgewählte Aktivitätstypen im Alltag

5.2.2 Belastungsniveau pro Aktivitätstyp

Zur Methodik der Datenanalyse wird auf die Einleitung zu Kap. 5.1.2 verwiesen.

Konzentrierte Büroarbeit

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte (Raster: 15 sec)	280
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	70
mittlere HF (S/min)	89
obere HF (S/min)	95
untere HF (S/min)	80

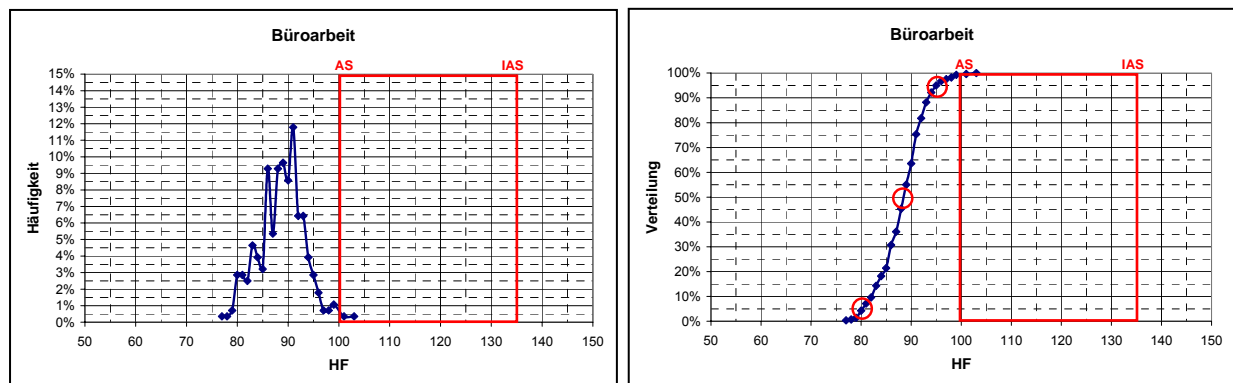


Abb. 5.2-2: Verteilung der Herzfrequenzen "Büroarbeit"

Bemerkung:

Büroarbeit ist eine sitzende Aktivität mit vorwiegend sensomotorischer und konzentrativer Belastung.

Die Häufigkeitsverteilung zeigt hierfür ein relativ homogenes Belastungsniveau.

Spaziergang

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte (Raster: 15 sec)	49
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	12
mittlere HF (S/min)	93
obere HF (S/min)	97
untere HF (S/min)	84

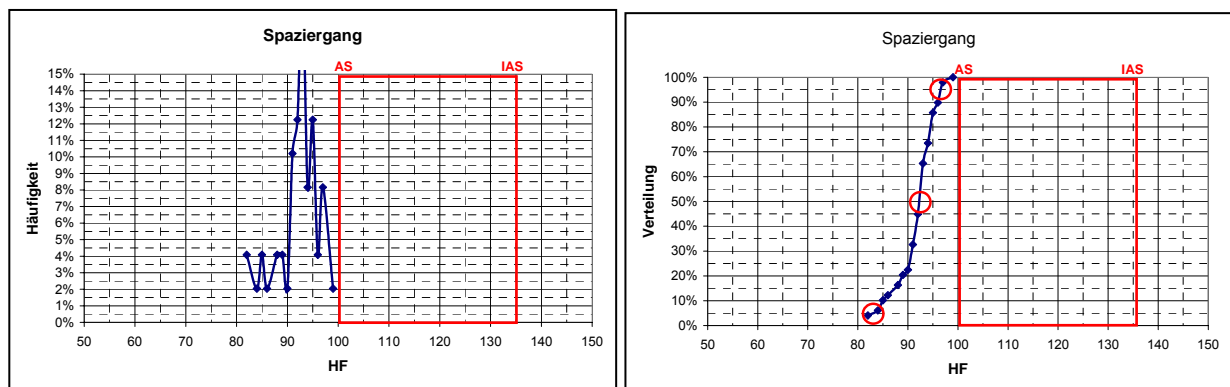


Abb. 5.2-2: Verteilung der Herzfrequenzen "Spaziergang"

Bemerkung:

Die dargestellte Sequenz beschreibt einen "ritualisierten" abendlichen Entspannungs-Spaziergang zu zweit "um den Block" in moderater Geschwindigkeit. Die enge Häufigkeitsverteilung um 93 S/min lässt bei dieser Messung auf ein einzelnes spezifisches Aktivitätsprofil schließen.

Leichtes Radfahren

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte	444
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	37

mittlere HF (S/min)	112
obere HF (S/min)	118
untere HF (S/min)	106

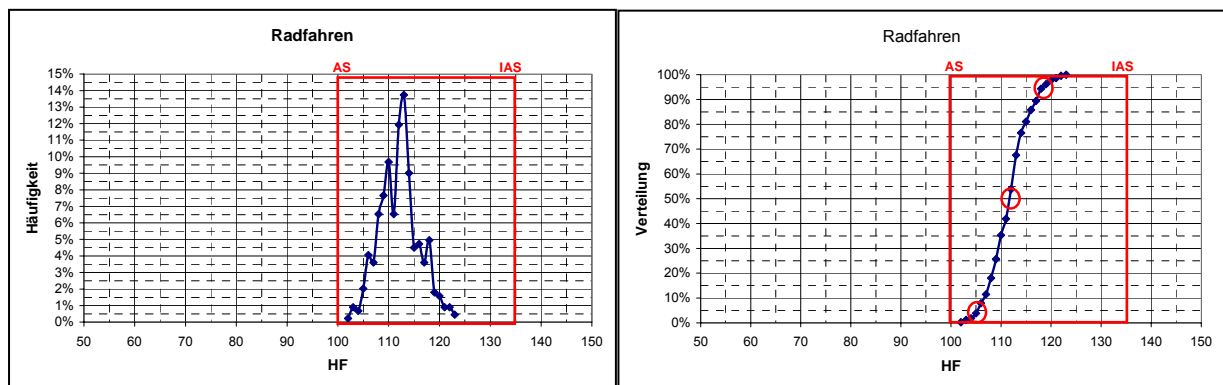


Abb. 5.2-3: Verteilung der Herzfrequenzen "Radfahren"

Bemerkung:

Der Proband fährt nur selten Rad, die entsprechende Muskulatur ist deswegen untrainiert.

Auch bei diesem Aktivitätstyp lässt die enge Häufigkeitsverteilung auf eine ungestörte Messung eines spezifischen Aktivitätsprofils schließen.

Autofahren

Anzahl Sequenzen	3
Anzahl Messwerte	1823
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	51
mittlere HF (S/min)	77
obere HF (S/min)	93
untere HF (S/min)	68

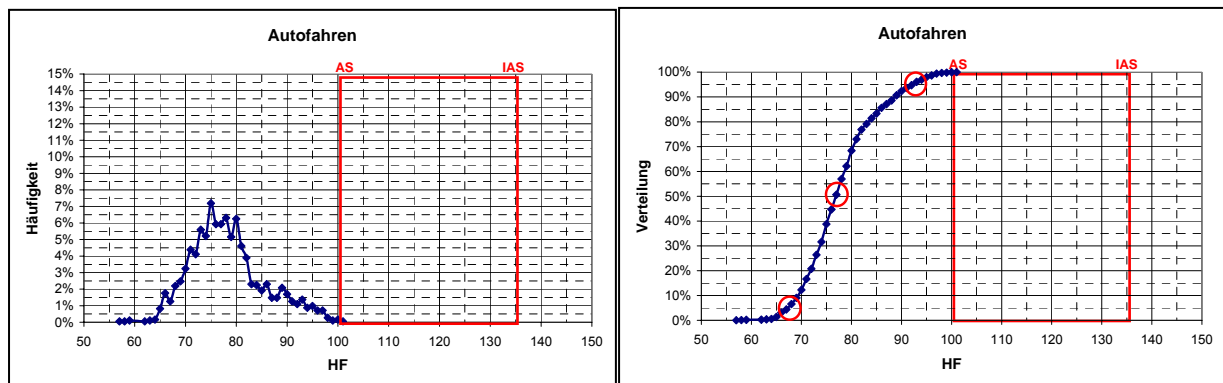


Abb. 5.2-4: Verteilung der Herzfrequenzen "Autofahren"

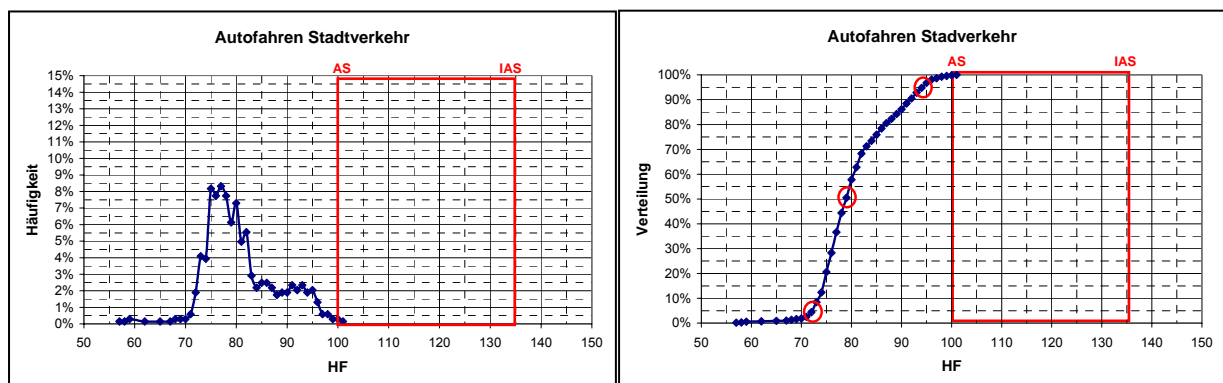


Abb. 5.2-5: Verteilung der Herzfrequenzen "Autofahren Stadtverkehr"

Bemerkung:

Die ausgewählten Sequenzen beschreiben eine Fahrt im Stadtverkehr und zwei Fahrten auf unbekanntem Landstraßen. Die Fahrweise war entspannt und eher defensiv.

Die getrennte Untersuchung des Autofahrens im Stadtverkehr ergab nur wenig höhere Werte: mittlere HF = 79 S/min, obere HF = 94 S/min.

Die Häufigkeitsverteilungen verweisen auf mindestens 2 Teilaktivitäten:

Dem "Fahren" mit einer Belastung um 75 S/min und
selteneren Teilaktivitäten mit Belastungen von 85-95 S/min, vermutlich an
Ampeln und Kreuzungen oder beim Überholen.

Hinweis:

Die Überprüfung der Belastung beim Aus- und Einparken mit dem Auto ergab
folgende mittlere Spitzenwerte:

Ausparken und Losfahren: ca. 93 S/min

Einparken: ca. 98 S/min

Treppensteigen

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte	16
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	1:10

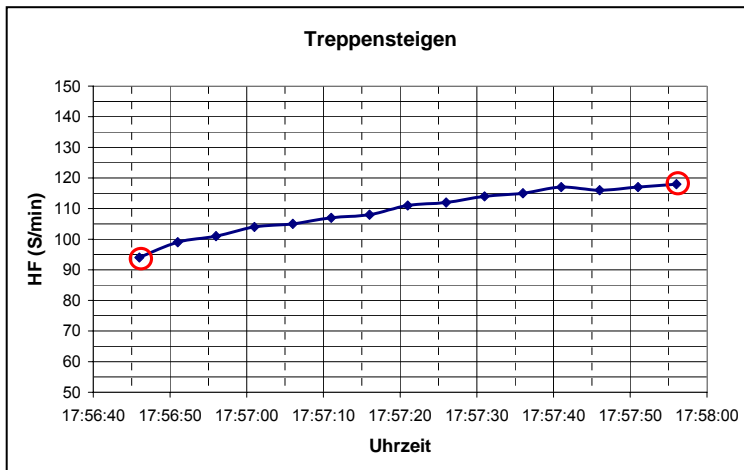


Abb. 5.2-6: Zeitreihe der Herzfrequenzen für den Aktivitätstyp "Treppensteigen"

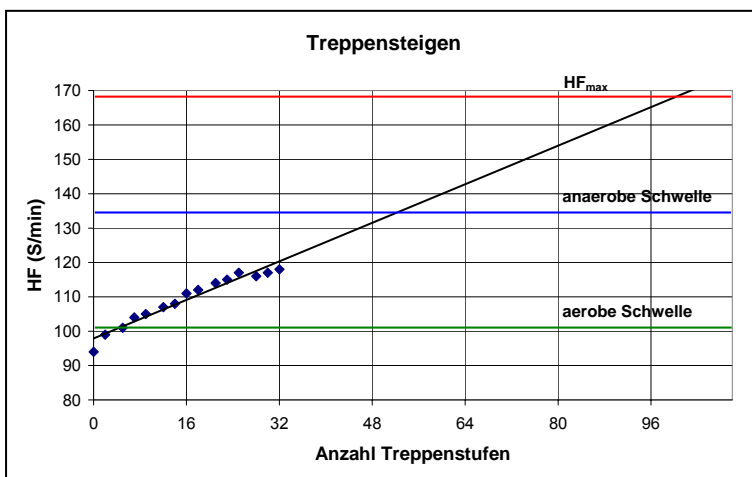


Abb. 5.2-7: Trendanalyse der Grenzleistung des Probanden beim Treppensteigen

Bemerkung:

Während dieser Mess-Sequenz stieg der Proband in 70 Sekunden zwei Stockwerke mit insgesamt 32 Stufen hoch.

Die Herzfrequenz erhöhte sich dabei von 94 auf 118 S/min.

Unter Berücksichtigung der Basisdaten des Probanden (s. Kap. 4):

$$\text{HF}_{\text{max}} = 169 \text{ S/min}$$

$$\text{anaerobe Schwelle} = 135 \text{ S/min}$$

ergibt eine lineare Trendanalyse bei gleichbleibender Steigegeschwindigkeit folgende angenäherte Grenzleistungen des Probanden:

ca. 3,5 Stockwerken (ca. 53 Stufen) bis zur anaeroben Schelle

ca. 6,5 Stockwerken (ca. 100 Stufen) Maximalleistung bis HF_{max}

Walking

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte	147
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	12

mittlere HF (S/min)	113
obere HF (S/min)	122
untere HF (S/min)	104

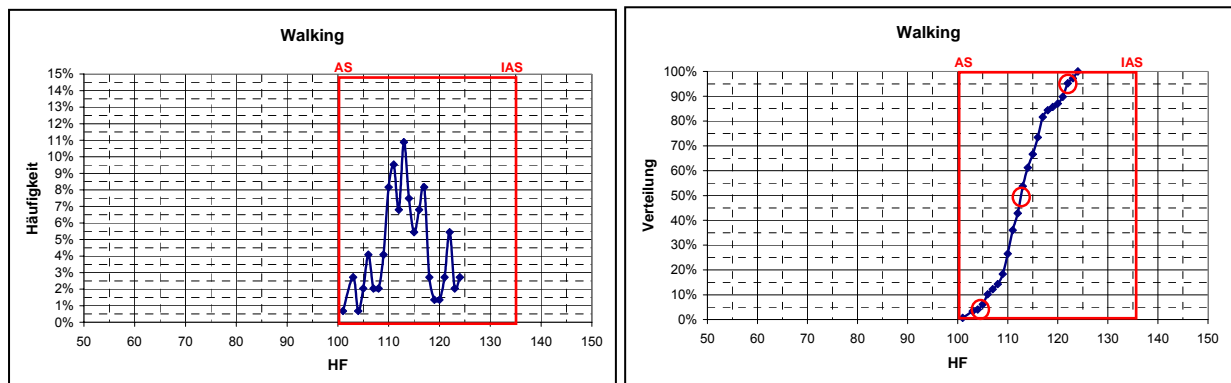


Abb. 5.2-8: Verteilung der Herzfrequenzen "Walking"

Bemerkung:

Die gemessene Sequenz wurde während eines kurzen Entspannungs-Walking (zügiges Gehen) des Probanden erfasst.

Die Verteilung zeigt einerseits den Belastungsbereich um 113 S/min für das "normale" Walking, andererseits einen Bereich mit geringerer Belastung um 105 S/min (Erholungsphase beim Warten an einer Ampel) sowie höhere Belastung um 122 S/min bei kurzzeitig schnellerem Tempo.

Staubsaugen

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte	156
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	13

mittlere HF (S/min)	113
obere HF (S/min)	119
untere HF (S/min)	107

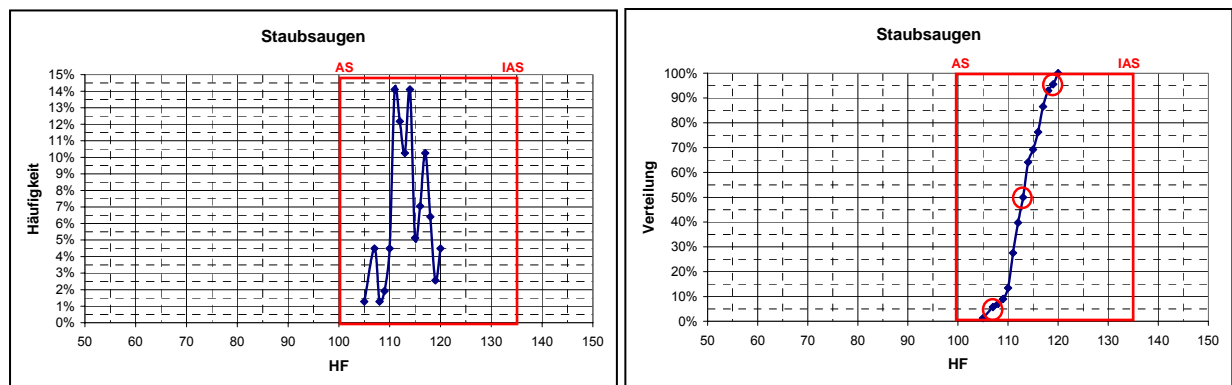


Abb. 5.2-9: Verteilung der Herzfrequenzen "Staubsaugen"

Bemerkung:

Der Aktivitätstyp "Staubsaugen" (mit einem Handstaubsauger) erweist sich mit einer Belastung um 113 S/min als eine Hausarbeit mit ähnlichem Belastungslevel wie das sportliche "Walking".

Ruhe, Lesen

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte	792
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	66

mittlere HF (S/min)	73
obere HF (S/min)	78
untere HF (S/min)	68

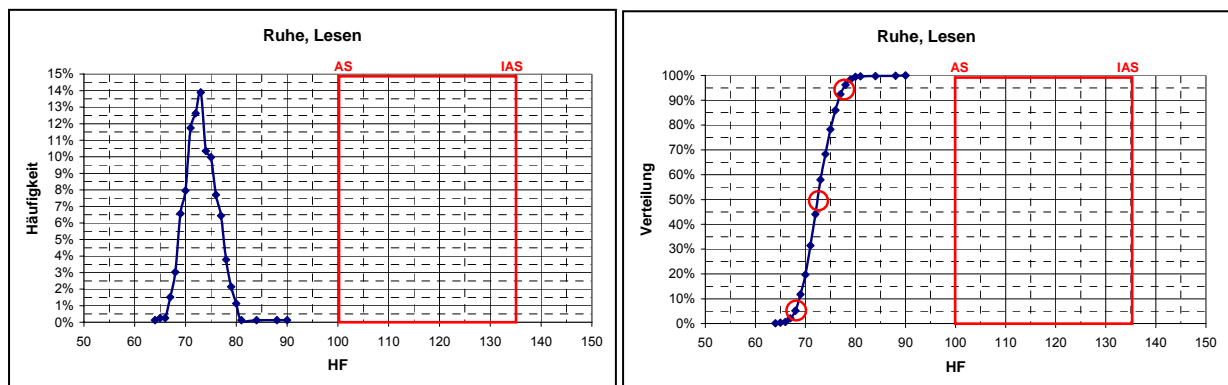


Abb. 5.2-10: Verteilung der Herzfrequenzen "Ruhe Lesen"

Bemerkung:

Das Lesen im heimischen Sessel ist ein homogener Aktivitätstyp mit körperlicher Ruhe aber geistiger Aktivität. Die mittlere Herzfrequenz liegt mit 73 S/min rund 8 S/min über dem Ruhepuls.

Die "Ausreißer" mit 80-90 S/min gehören zu einer kurzzeitigen Unterbrechung, während der sich der Leser aus dem Sessel erhob.

Ruhe, Fernsehen

Anzahl Sequenzen	3
Anzahl Messwerte	3484
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	97

mittlere HF (S/min)	70
obere HF (S/min)	80
untere HF (S/min)	62

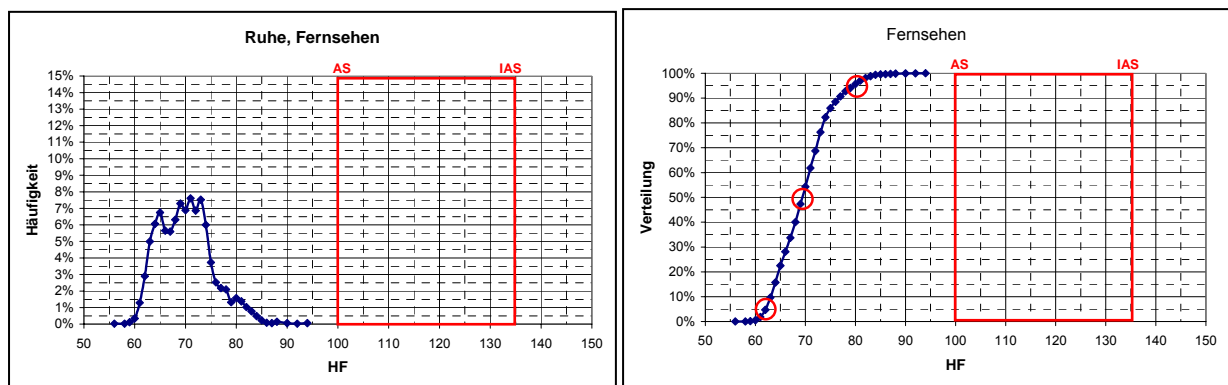


Abb. 5.2-11: Verteilung der Herzfrequenzen "Ruhe Fernsehen"

Bemerkung:

Fernsehen im heimischen Sessel ist wie das Lesen ein Aktivitätstyp mit körperlicher Ruhe, aber wahrscheinlich geringerer geistiger Anspannung.

Die mittlere Herzfrequenz liegt bei 70 S/min, die häufigsten Herzfrequenzen liegen zwischen 63-74 S/min und damit zeitweise unter dem Ruhepuls. Die teilweise sehr niedrigen Pulsfrequenzen lassen auf tiefe Entspannung und gelegentlichen Halbschlaf beim Fernsehen schließen.

Schlafen

Anzahl Sequenzen	1
Anzahl Messwerte (Raster 15 sec)	2120
mittlere Dauer einer Sequenz (min)	530
mittlere HF (S/min)	58
obere HF (S/min)	67
untere HF (S/min)	53

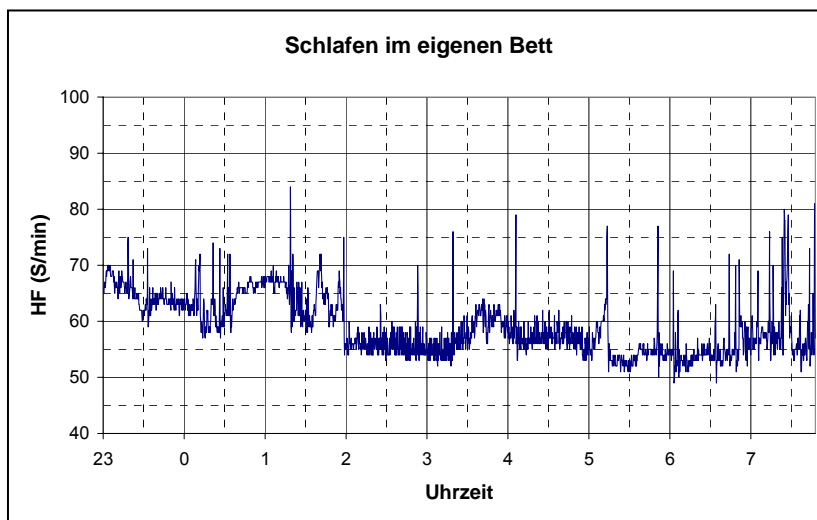


Abb. 5.2-12: Zeitreihe der Herzfrequenzen für den Aktivitätstyp "Schlafen"

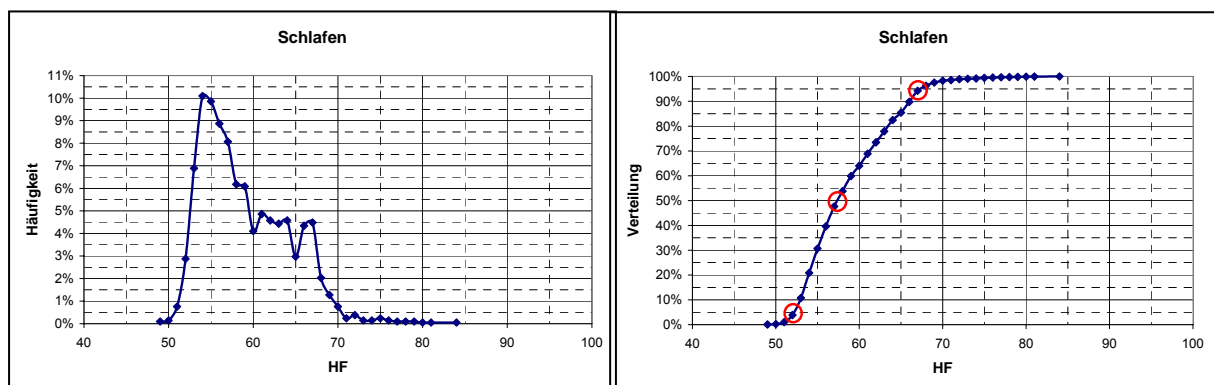


Abb. 5.2-13: Verteilung der Herzfrequenzen "Schlafen"

Bemerkung:

Der zeitliche Verlauf der Herzfrequenz während der häuslichen Schlafphase unterscheidet sich deutlich von der entsprechenden Zeitreihe für das Schlafen an Bord (s. Kap. 5.1.2).

- Ruheniveau: ca. 65 S/min
- Tiefschlafniveau: ca. 55 S/min
Varianz: ca. ± 3 S/min
- erreicht nach: ca. 3 Stunden
Dauer: ca. 5 Stunden
- Halbwach-Phasen
im Abstand von: 45-60 Minuten
HF: ca. 75-78 S/min
Dauer: ca. 30 Sekunden

6 Interpretation und Folgerungen

Bei der Interpretation der dargestellten Messungen muss berücksichtigt werden,

- dass es sich bei dieser Studie um eine Einzelfalluntersuchung handelt, deren Ergebnisse deshalb nur mit der gebotenen Vorsicht verallgemeinert werden können,
- dass in der Studie Langzeitmessungen unter realen Bedingungen vorgenommen wurden, ohne dass die Randbedingungen im Detail kontrolliert werden konnten,
- dass die Aktivitätstypen und die zugehörigen Herzfrequenz-Sequenzen empirisch "nach Augenmaß" definiert und abgegrenzt wurden.
Zur Vermeidung von "Artefakten" (auf Zufälligkeiten basierende Einzelergebnisse) wurden deshalb pro Aktivitätstyp in den meisten Fällen mehrere, zu unterschiedlichen Zeiten und unter abgewandelten Randbedingungen erfasste Herzfrequenz-Sequenzen selektiert, in ihren Strukturen miteinander verglichen und gemeinsam ausgewertet.

Beachtet man diese Bedingungen, dann haben Feldmessungen gegenüber Messungen unter kontrollierten Laborbedingungen zwar den Nachteil geringerer Präzision, andererseits aber den Vorteil die "Realität" beobachtet zu haben, einschließlich aller bekannten und (noch) unbekanntem Einflussfaktoren.

Eine wichtige Plausibilitätskontrolle ist dabei die Einbeziehung von Aktivitäten, die bereits in anderen Studien untersucht und dokumentiert wurden und ein Vergleich der Ergebnisse. In der vorliegenden Untersuchung dienen die Aktivitätstypen "Walking", "Radfahren" und "Spaziergang" als Plausibilitätstests, da deren altersabhängige Herzfrequenzniveaus sportwissenschaftlich gut dokumentiert sind.

6.1 Interpretation der Messergebnisse

Die folgende Tabelle fasst die Messergebnisse zusammen, die Aktivitätstypen sind dabei innerhalb der drei Aktivitätsbereiche nach der mittleren Herzfrequenz absteigend sortiert:

Aktivitätstyp	untere HF (S/min)	mittlere HF (S/min)	obere HF (S/min)
Fahrtensegeln:			
Ablegen	115	122	136
durch eine Schleuse	105	118	126
Segel setzen	102	117	135
Anlegen in eine Box	101	115	131
Segeln: Kreuzen	99	111	130
Anlegen längsseits	101	110	121
Segel bergen	99	110	121
durch eine Brücke	83	98	112
Segeln: raumer Wind	78	87	101
Motorfahrt	80	87	98
Segeln: am Wind	75	83	109
Im Hafen			
Aufklaren vor dem Ablegen	97	117	128
Aufklaren nach dem Anlegen	95	108	120
Einkaufen	82	102	113
"Sherry Time"	67	77	87
Schlafen an Bord	53	62	72
Alltag			
Walking	104	113	122
Staubsaugen	107	113	119
Radfahren	106	112	118
Auto: Einparken		98	
Auto: Ausparken		93	
Spaziergang	84	93	97
Büroarbeit	80	89	95
Autofahren	68	77	93
Ruhe: Lesen	68	73	78
Ruhe: Fernsehen	62	70	80
Schlafen	53	58	67

Abb. 6.1-1: Messergebnisse der Belastungsniveaus (pro Bereich nach mittlerer HF absteigend sortiert)

Zur Interpretation werden die gemessenen Belastungsniveaus der Aktivitätstypen auf die in Kap. 2.1 definierten Belastungszonen abgebildet. Die folgende Tabelle ist ein Ausschnitt aus der Tabelle 4-1 für den 65-jährigen Probanden, die anschließenden Bilder zeigen die Ergebnisse:

Geschlecht	männlich
Alter	65 Jahre
HF _{max}	ca. 169 S/min
aerobe Schwelle (60% HF _{max})	ca. 101 S/min
anaerobe Schwelle (80% HF _{max})	ca. 135 S/min
Belastungszonen:	
leicht anstrengend B1 (50- 60% HF _{max})	84 - 101 S/min
etwas anstrengend B2 (60- 70% HF _{max})	101 - 118 S/min
anstrengend B3 (70- 80% HF _{max})	118 - 135 S/min
sehr anstrengend B4 (80- 90% HF _{max})	135 - 152 S/min

Abb.: 6.1-2: Belastungszonen des 65-jährigen Probanden

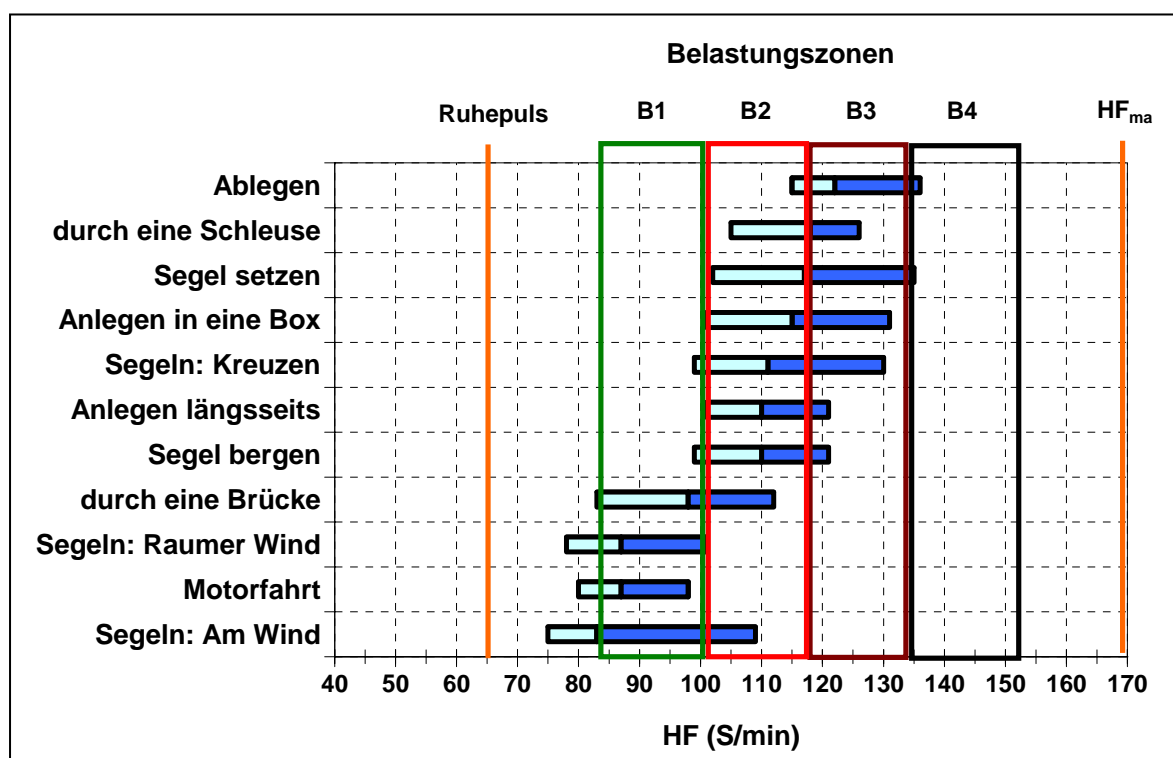


Abb. 6.1-3: Belastungsniveaus ausgewählter Aktivitäten: Fahrtensegeln

Legende: untere mittlere obere HF des Aktivitätstyps

Aerobe Schwelle: Übergang B1/B2
 Anaerobe Schwelle: Übergang B3/B4

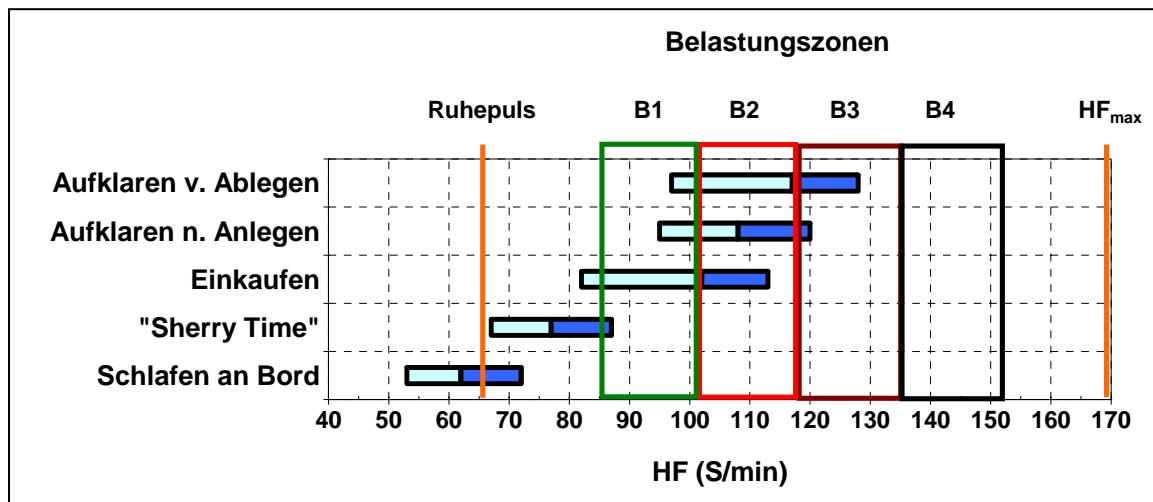


Abb. 6.1-4: Belastungsniveaus ausgewählter Aktivitäten: Im Hafen

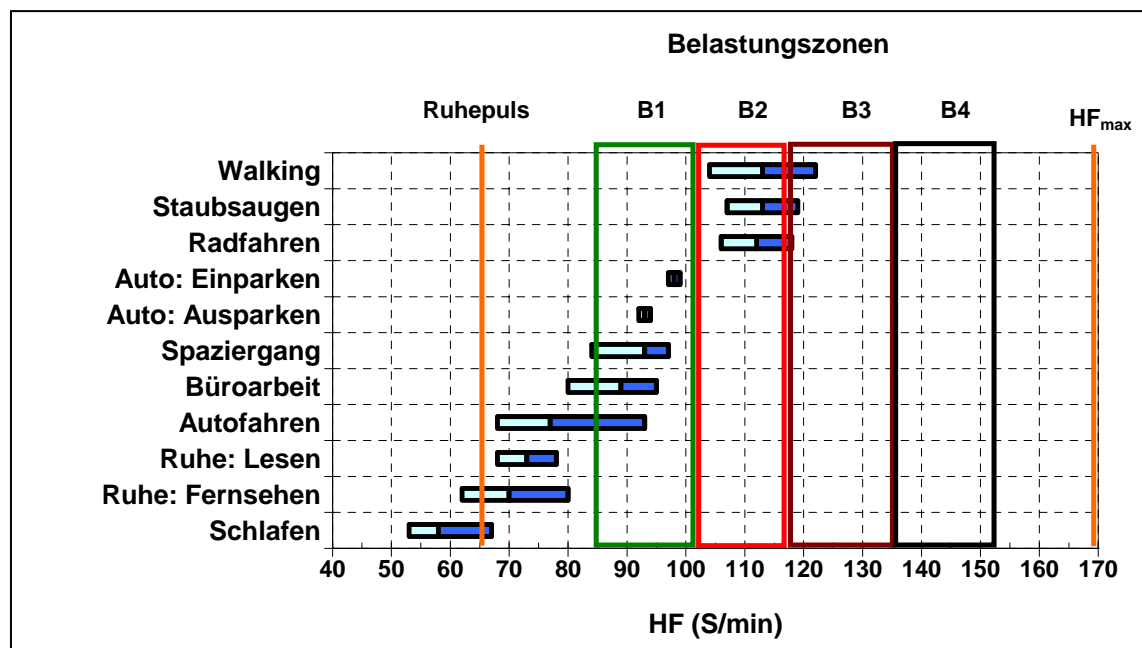


Abb. 6.1-5: Belastungsniveaus ausgewählter Aktivitäten: Alltag

In der Darstellung der Aktivitäten "Fahrtensegeln" lassen sich drei Gruppen erkennen:

- 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 "Able-

gen", "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.

Für diese Aktivitätsgruppen sind in den folgenden drei Graphiken die kumulierten Häufigkeiten der Herzfrequenzen dargestellt.

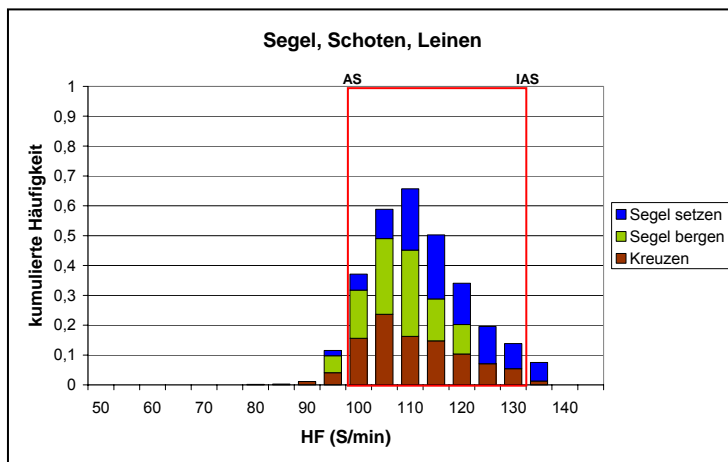


Abb. 6.1-6: Kumulierte Häufigkeitsverteilung der Aktivitätsgruppe "Segel, Schoten, Leinen"

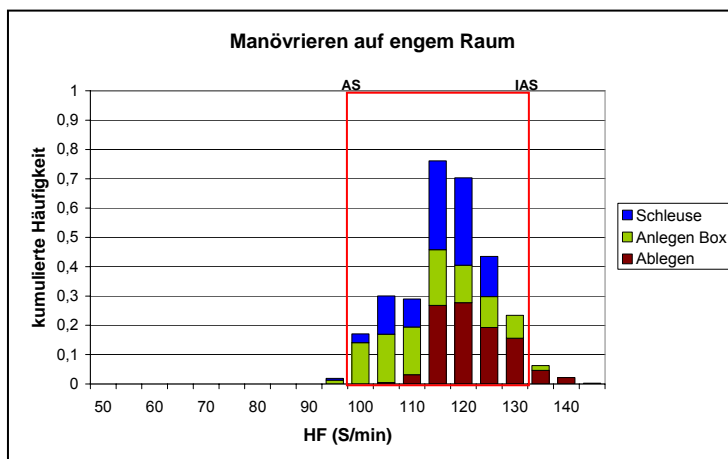


Abb. 6.1-7: Kumulierte Häufigkeitsverteilung der Aktivitätsgruppe "Manövrieren auf engem Raum"

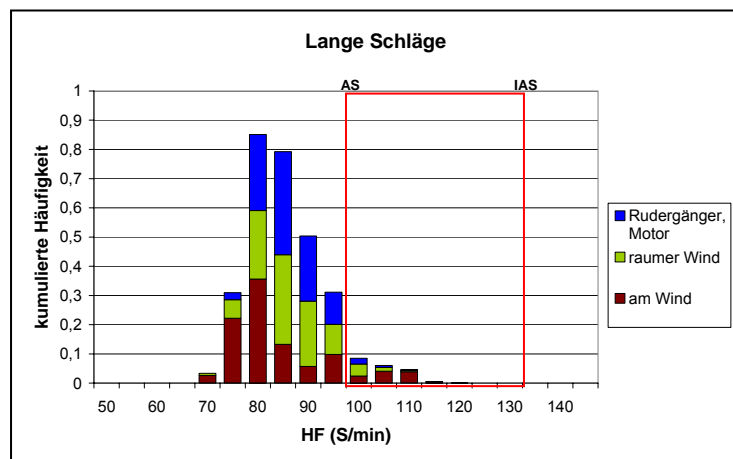


Abb. 6.1-8: Kumulierte Häufigkeitsverteilung der Aktivitätsgruppe "Lange Schläge"

Für diese Aktivitätsgruppen ergeben sich folgende Belastungsdaten:

Aktivitätsgruppe	mittlere Herzfrequenz (S/min)	Bandbreite (S/min)	Belastungszone
"Segel, Leinen, Schoten"	ca. 110	100 - 130	B2 - B3
"Manövrieren auf engem Raum"	ca. 115	100 - 135	B2 - B3
"Lange Schläge"	ca. 85	75 - 100	B1

Auffälligkeiten:

- Die Überprüfung der drei Vergleichsaktivitäten "Walking", "Radfahren" und "Spaziergang" zeigt, dass sich diese sowohl hinsichtlich der Herzfrequenzniveaus als auch hinsichtlich der (subjektiven) Anstrengungsempfindungen in den erwarteten Belastungsbereichen befinden. Damit verbessert sich die Plausibilität der vergleichenden Interpretation der übrigen Aktivitätstypen.
- Im Aktivitätsfeld Fahrtensegeln haben 2 Aktivitätsgruppen relativ hohe, in die Belastungszone B3 ("anstrengend") und bis zur anaeroben Schwelle (IAS, B3/B4) reichende Belastungsintensitäten:
 - o Aktivitätsgruppe "Segel. Schoten, Leinen",
 - o Aktivitätsgruppe "Manövrieren auf engem Raum"

Für die Gruppe "Segel, Schoten, Leinen" ist dies unmittelbar plausibel, da bei diesen Tätigkeiten vom Vorschoter (ohne Winschen und andere technische Hilfen) hohe Muskelleistungen (Kraft, Geschwindigkeit) erbracht werden, z.T. bis an die Grenze der individuellen Zugkräfte (s. Kap. 5.1.2).

Bei der Gruppe "Manövrieren auf engem Raum" ("Ablegen", "Anlegen in eine Box", "durch eine Schleuse") handelt es sich um komplexe Bootsmanöver unter Motor, mit einer relativ schmalen Toleranzbreite für Fehler des Rudergängers und entsprechend hohem "Stress-Potential" bei gleichzeitig geringem körperlichem Krafteinsatz.

Die Schwierigkeit für den Rudergänger besteht bei diesen Manövern darin, dass sich ein konventioneller Fahrtensegler unter Motor bei langsamer Fahrt voraus, bei Fahrt zurück und bei engen Kurven (im Gegensatz zu einem Auto) nur sehr begrenzt "spurtreu" verhält und durch Seitenwind, Strömungen, Massenträgheit, Propellereffekte etc. vom vorgesehenen Kurs "abgedrängt" wird. Die Beherrschung dieser Störeinflüsse erfordert vom Rudergänger große Konzentration und erhebliche Erfahrung.

Dass diese Aktivitätsgruppe als relativ "anstrengend" empfunden wird, war bekannt, dass sie allerdings (beim Probanden) Spitzenbelastungen erzeugt, überrascht. Beobachtungen in den Yachthäfen und Schleusen lassen allerdings vermuten, dass es sich hierbei nicht um ein individuelles Phänomen, sondern um ein allgemeines Problem durchschnittlicher, älterer Fahrten-skipper handelt.

- Bemerkenswert, wenn auch nicht überraschend, ist das geringe mittlere Belastungsniveau der Aktivitätsgruppe "Lange Schläge" (Segeln auf einer geraden Strecke mit weitgehend unveränderter Segelstellung). Die Häufigkeitsverteilungen (s. Abb. 6.1-8, 5.1-12 und 5.1-13) zeigen zwei Eigenschaften dieser Art zu Segeln:
 - o Einerseits handelt es sich im Mittel um eine geruhsame Situation für die Crew auf der Grenze der Belastungszonen B0 / B1.
 - o Andererseits sind auch hierbei nicht unerhebliche Anteile körperlicher Bewegung in den Belastungszonen B1 - und beim Segeln am Wind auch in B2 - zu erledigen, die als leichtes Training im Bereich Regeneration und Grundlagenausdauer interpretiert werden können.

Bei angemessenen Wetter- und Windbedingungen gehört das Segeln "auf einem langen Schlag" - vermutlich aus den genannten Gründen - zu den besonders beliebten "Zuständen" beim Fahrtensegeln.

- Das Aufklaren eines Bootes vor und nach einer Ausfahrt mit Belastungsniveaus oberhalb der aeroben Schwelle (Belastungszone B2) korrespondiert - wie zu erwarten - mit ähnlichen alltäglichen "etwas anstrengenden" Tätigkeiten, z.B. dem Staubsaugen (s. auch Kap. 6.3 Folgerungen).
- Im Aktivitätsfeld Alltag fällt auf, dass die Aktivitätstypen "Spaziergang" und "Büroarbeit" trotz völlig unterschiedlicher Bewegungsmuster ähnliche Herzfrequenz-Belastungsniveaus in der Zone B1 aufzeigen. Da die Aktivität "Spazierengehen" sportmedizinisch als regenerierende, Herz und Kreis-

lauf anregende Tätigkeit empfohlen wird, liegt die Vermutung nahe, dass auch "Büroarbeit" (also konzentrierte geistige und leichte sensomotorische Aktivität am Schreibtisch) zumindest für Herz und Kreislauf ein ähnlich förderliches Training darstellt.

- Interessant ist ein Belastungs-Vergleich der Aktivitätstypen "Autofahren" (einschließlich Ein- und Ausparken) mit dem Manövrieren eines Fahrtenseglers unter Motor.

Das gemessene mittlere Belastungsniveau bei Autofahren (s. Abb. 5.2-4) liegt in der Zone B0, wird also nicht als Anstrengung empfunden. erhöhte Belastungen (bis in die Zone B1) entstehen u.a. durch Stress an Kreuzungen oder beim Überholen.

Das Ein- und Ausparken mit Herzfrequenzen von 90-100 S/min wird als "leicht anstrengend" (Belastungszone B1) wahrgenommen.

Autofahren ist also - ausweislich der gemessenen Herzfrequenzen - um 1-2 Belastungszonen weniger anstrengend als die Motorfahrt mit einem Fahrtensegler, insbesondere bei An- und Ablege-Manövern.

- Ebenfalls interessant ist ein Vergleich der Ruheniveaus an Bord und im Alltag:

Für die "Sherry-Time" - als Beispiel einer Ruhephase an Bord - wurde eine mittlere Herzfrequenz von 77 S/min gemessen.

Für den alltäglichen Aktivitätstyp "Ruhe, Lesen" wurde ein Wert von 73 S/min ermittelt.

Für das "Schlafen an Bord" wurde eine mittlere Herzfrequenz von 62 S/min festgestellt, beim Schlafen im heimatlichen Bett betrug der Mittelwert 58 S/min.

Die Unterschiede lassen vermuten, dass - aus nachvollziehbaren Gründen - das Herz an Bord etwas schneller schlägt (in Ruhe um etwa 4 S/min) als im häuslichen Alltag.

Wohl gemerkt: Diese Beobachtungen und Interpretationen gelten für einen 65-jährigen, männlichen Probanden auf einem (mit 7 m Länge) relativ kleinen Fahrtensegler. Es kann aber vermutet werden, dass die Größenordnungen der beobachteten Belastungen auch für andere Männer im gleichen Alter gelten und dass sich die Belastungen beim An- und Ablegen von Fahrtenseglern unter Motor mit zunehmender Länge des Bootes eher verstärken, sofern sie nicht durch technische Hilfsmittel, z.B. Bugstrahlruder, zumindest teilweise kompensiert werden.

6.2 Altersprojektion der Belastungszonen

Eine wichtige Teilfrage bei der Untersuchung des Seniorensiegels ist die Altersabhängigkeit der Belastung durch typische Aktivitäten.

Mit einer Projektion der gemessenen Belastungsniveaus auf die Belastungszonen unterschiedlicher Altersgruppen soll in erster Näherung abgeschätzt werden, wie die verschiedenen Aktivitätstypen von jüngeren oder älteren Personen auf Fahrtenseglern und im Alltag wahrgenommen werden.

Das Projektionsmodell beruht auf folgendem methodischen Ansatz:

- Es wird hypothetisch angenommen, dass die gemessenen Belastungen der Aktivitätstypen vom gleichen Probanden, aber 10 Jahre jünger bzw. 10-20 Jahre älter erledigt würden.
- Es wird angenommen, dass eine bestimmte Aktivität, z.B. das Heben einer Hantel mit gegebenem Gewicht in einer vorgegebenen Zeit, unabhängig vom Alter des Probanden die gleiche Leistung (Kraft, Geschwindigkeit), also auch den gleichen Energieumsatz im Körper erfordert und damit unabhängig vom Alter des Probanden (innerhalb vernünftiger Altersbereiche, z.B. ± 20 Jahre) etwa das gleiche Herzfrequenzniveau erzeugt. Die altersabhängigen Veränderungen des Herz-Kreislaufsystems (s. Kap. 2) werden bei diesem Ansatz vernachlässigt.
- Die maximale Herzfrequenz ist altersabhängig (s. Kap. 2).

Die "Altersformel"

$$HF_{\max} = 220 - \text{Alter}$$

soll verwendet werden, um die Veränderung von HF_{\max} (ΔHF_{\max}) eines konkreten Probanden

im Alter A_0 mit einer gemessenen $HF_{\max 0}$

z.B. für $\Delta A = \pm 10$ Lebensjahre abzuschätzen:

$$\Delta HF_{\max} = -\Delta A * HF_{\max 0} / (220 - A_0)$$

mit den Werten des Probanden ergibt das

A_0	65 Jahre
$HF_{\max 0}$	169 S/min
ΔA	10 Jahre
$\rightarrow \Delta HF_{\max}$	- 11 S/min

Die maximale Herzfrequenz des Probanden verändert sich pro Lebensdekade um etwa 11 S/min.

- Die Belastungszonen sowie die aerobe und die anaerobe Schwelle werden relativ zur maximalen Herzfrequenz (HF_{\max}) des Probanden definiert (s. Kap. 2.1).
- Sonstige altersabhängige Parameter, wie die mit zunehmendem Alter abnehmende Körperkraft, die Veränderungen der Reaktionsgeschwindigkeit, der Handlungsstrategien und der Reaktionsmuster mit dem Alter etc. werden bei diesen Projektionen nicht berücksichtigt.

D.h., die hier vorgenommene Altersprojektion ist ein ceteris-paribus-Modell, das nicht dazu dient, konkrete Belastungsniveaus zu prognostizieren, sondern das Tendenzen aufzeigen soll, die sich durch die Variation eines Parameters - hier: die mit dem Alter sinkende maximale Herzfrequenz - ergeben könnten.

In der folgenden Tabelle sind die mit diesen Annahmen berechneten Projektionsdaten der Belastungszonen und der Schwellen für den Altersgang 55 - 65 - 75 - 85 Jahre zusammengestellt.

Zone / Schwelle	% HFmax	Alter			
		55 Jahre	65 Jahre	75 Jahre	85 Jahre
HFmax	100	180	169	158	147
AS	60	108	101	95	88
IAS	80	144	135	126	118
B1	50 - 60	90 - 108	84 - 101	79 - 95	74 - 88
B2	60 - 70	108 - 126	101 - 118	95 - 111	88 - 103
B3	70 - 80	126 - 144	118 - 135	111 - 126	103 - 118
B4	80 - 90	144 - 162	135 - 152	126 - 142	118 - 132

Abb. 6.2-1: Altersprojektion der Belastungszonen auf die Herzfrequenzniveaus

Die nächsten 4 Bilder zeigen in graphischer Form die Projektion der gemessenen Belastungen für den hypothetischen (männlichen) Probanden im Alter von 55 - 65 - 75 - 85 Jahren, also 10 Jahre jünger, und 10-20 Jahre älter als konkret untersucht.

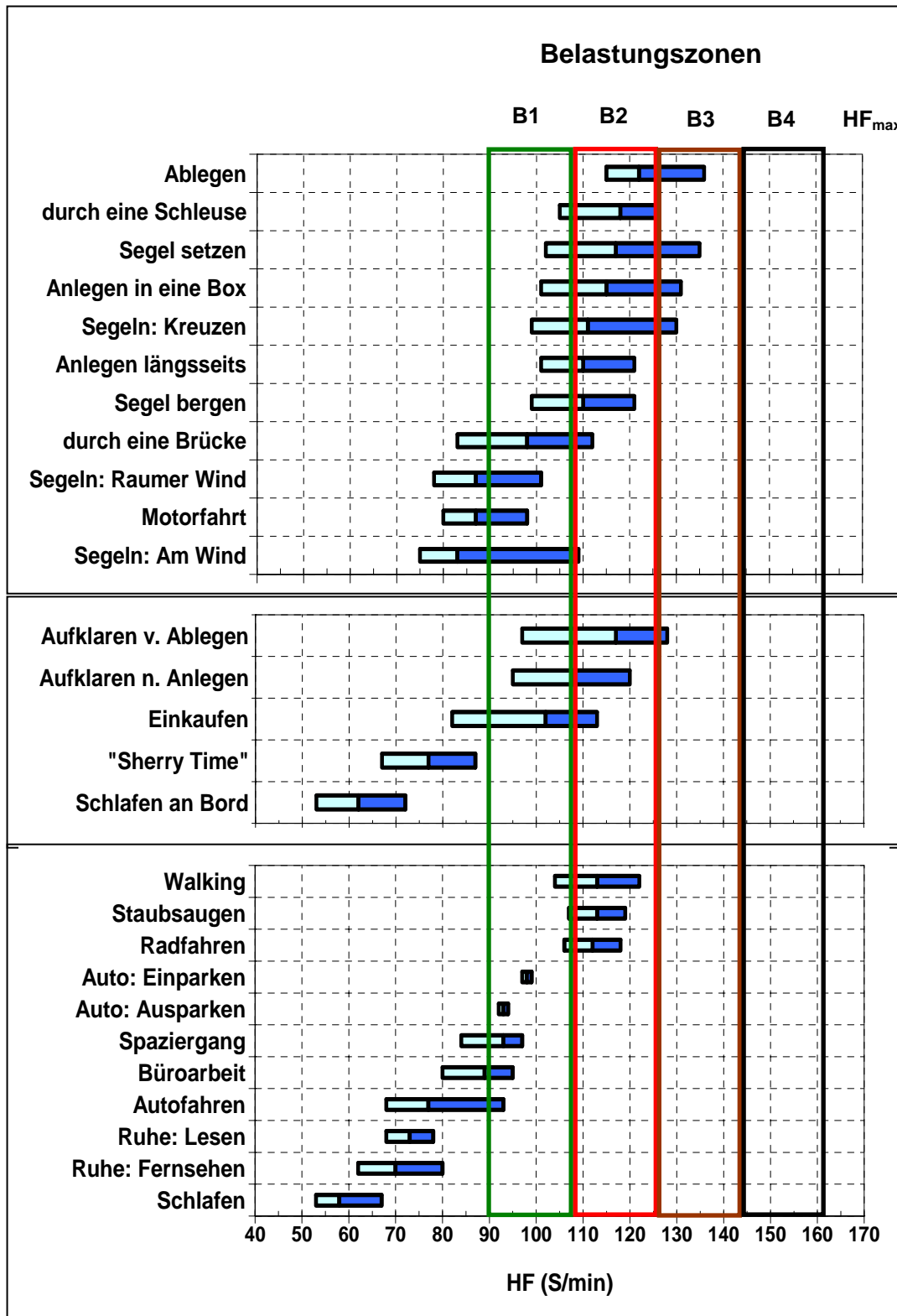


Abb. 6.2-2: Projektion der Belastungen auf das Alter 55 Jahre

Hinweis:

Aerobe Schwelle: Übergang B1/B2
 Anaerobe Schwelle: Übergang B3/B4

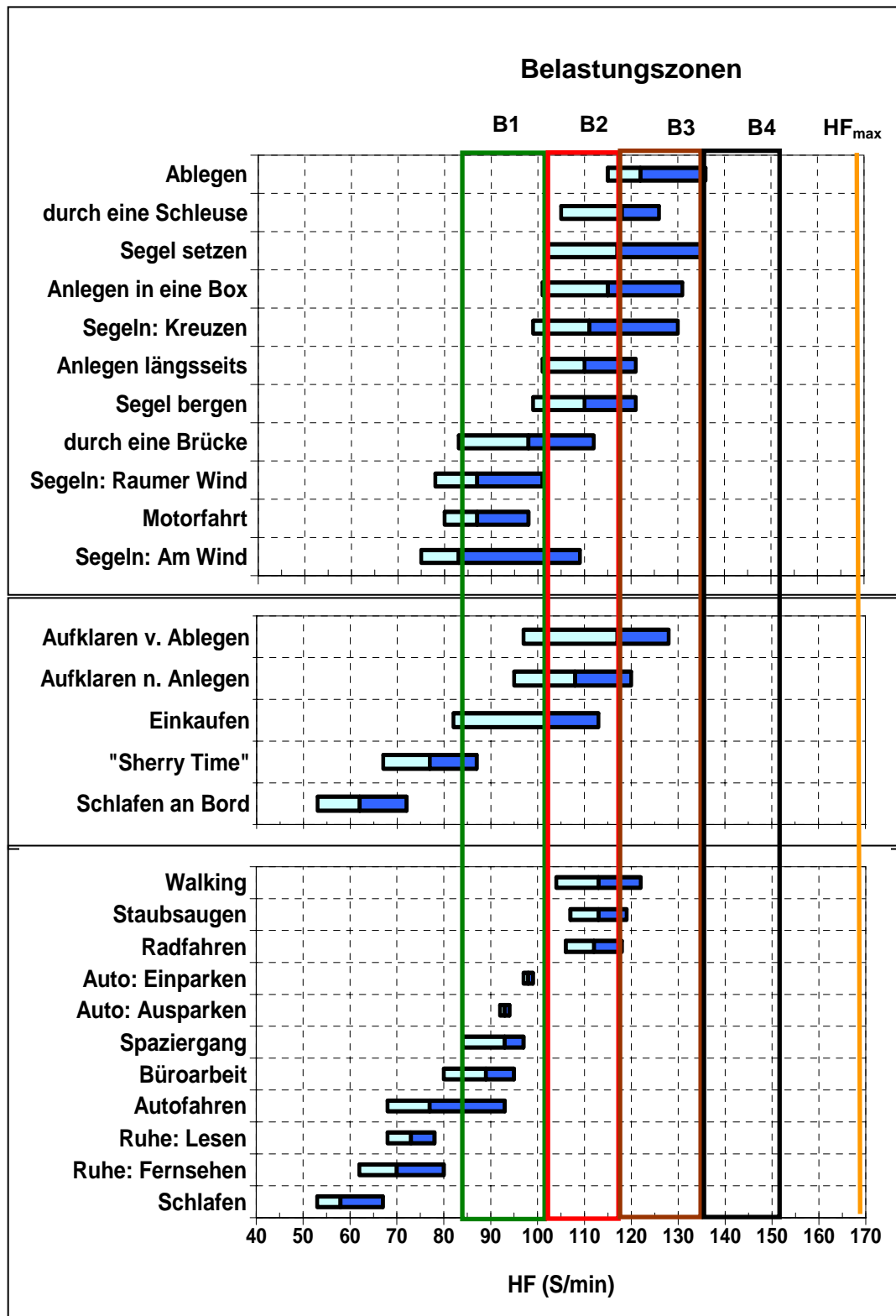


Abb. 6.2-3: Projektion der Belastungen auf das Alter 65 Jahre

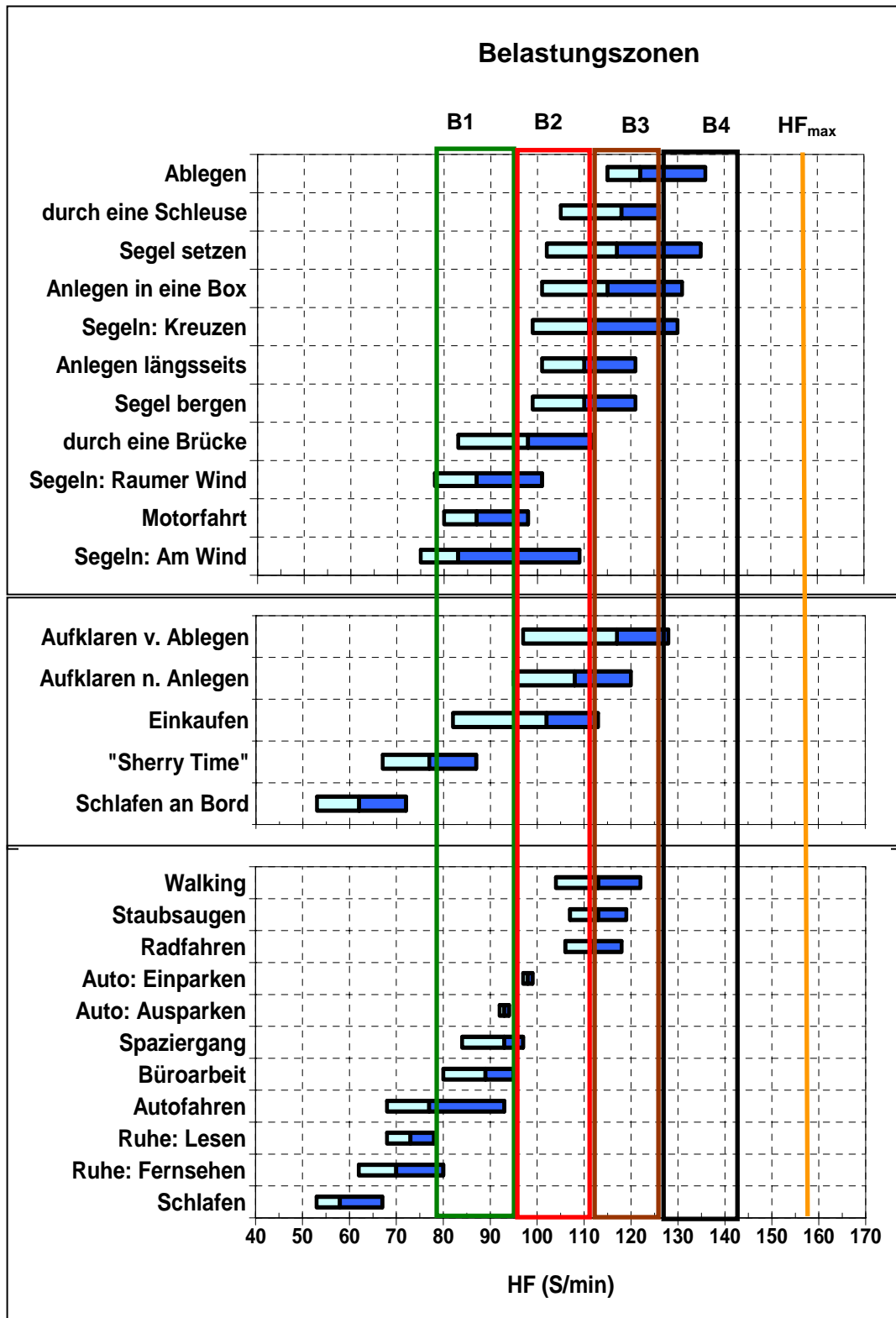


Abb. 6.2-4: Projektion der Belastungen auf das Alter 75 Jahre

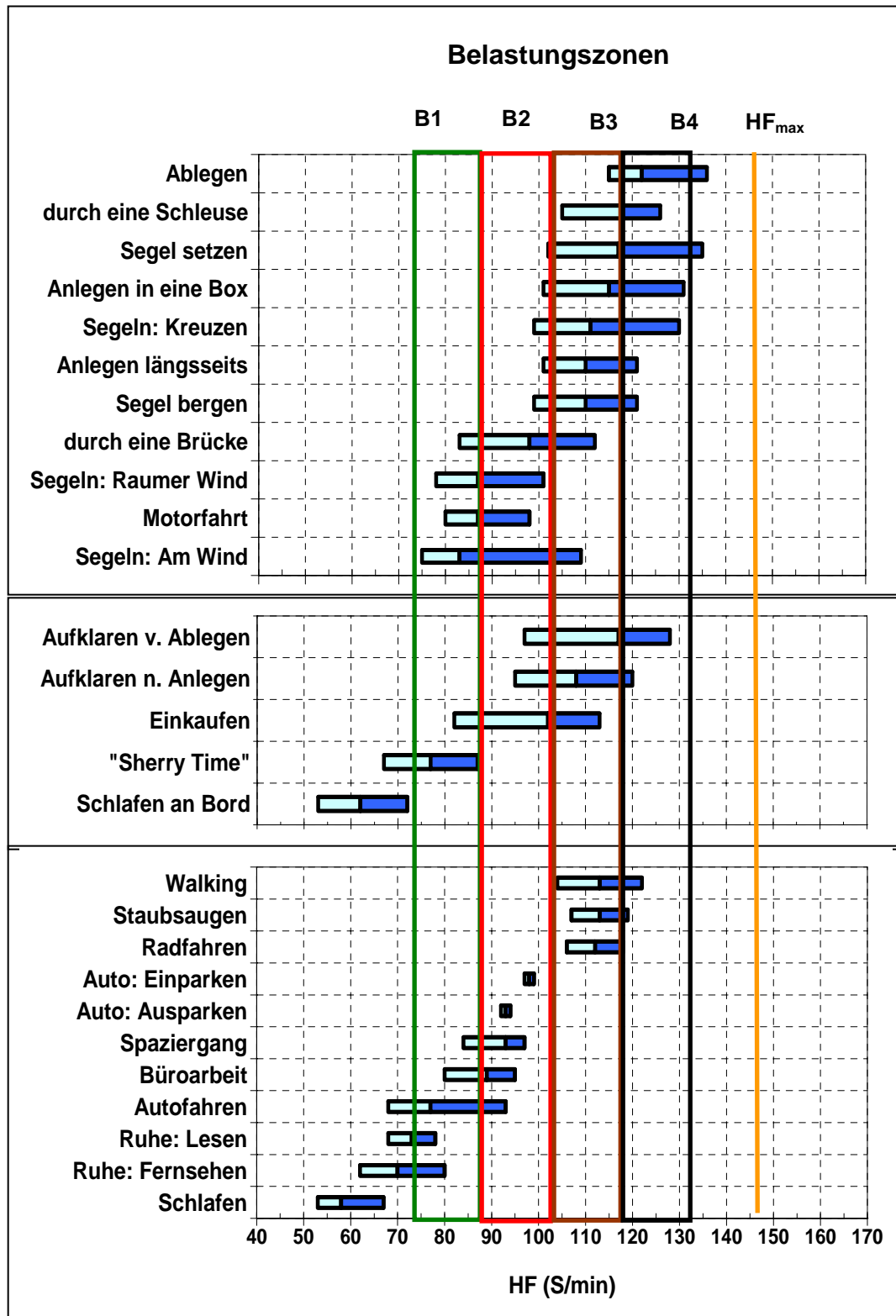


Abb. 6.2-5: Projektion der Belastungen auf das Alter 85 Jahre

Auffälligkeiten:

- Ein Vergleich der Projektionen für das Alter 55 und 65 Jahre zeigt, dass körperliche und mentale Belastungen, die mit 65 Jahren als teilweise "anstrengend" empfunden werden, 10 Jahre früher nur als "etwas/wenig anstrengend" wahrgenommen worden wären. Dies gilt im Aktivitätsbereich Fahrtensegeln sowohl für die Kraft-orientierten Aktivitäten wie "Segel setzen" und "Kreuzen", als auch für die eher Stress-orientierten Aktivitäten des Manövrierens unter Motor u.a. beim An- und Ablegen.

Unter der Annahme, dass bei den Messungen "typische" Belastungsniveaus erfasst wurden, würde dies bedeuten, dass Fahrtensegeln auf konventionellen Booten für (männliche) Crews bis zu einem Lebensalter von rund 60 Jahren hinsichtlich der erforderlichen Anstrengungen noch keine Probleme bereiten sollte.

- Belastungs-Probleme beim Fahrtensegeln beginnen - wie Messungen und Projektionen nahelegen - in der Mitte der 6. Lebensdekade und verstärken sich tendenziell mit zunehmendem Alter:

Ein Vergleich der Projektionen für das Alter 65, 75 und 85 zeigt:

- o Mit 75 Jahren würden einige Belastungen, u.a. das "An- und Ablegen" und das "Segel setzen", als durchgehend "anstrengend" empfunden und könnten zu nicht unerheblichen Teilen die anaeroben Schwelle (B3/B4) überschreiten.
 - o Mit 85 Jahren wäre das "Ablegen" als Ganzes eine den Kreislauf hoch belastende Aktivität, die als "sehr anstrengend" empfunden würde.
 - o Auch das "Segel setzen" und das "Kreuzen" wäre mit 75 überwiegend "anstrengend" und könnte mit 85 die Grenzen der Belastbarkeit erreichen.
- Das Segeln "auf langen Schlägen" (am Wind und mit raumem Wind) läge auch für 85-jährige noch weitgehend in der angenehmen, "leicht anstrengenden" Belastungszone B1. Die gelegentlichen Arbeiten an den Segeln (s. Kap. 5.1.2) wären auf konventionellen Booten für diese Altersgruppe "etwas anstrengend", lägen aber in Zone B2 (oberhalb der aeroben Schwelle) und damit im optimalen Trainingsbereich (allgemeine Grundlagenausdauer GA1).
 - Das Autofahren würde vom 65. bis zum 85. Lebensjahr aus der Belastungszone "sehr leicht" (B0) in die Belastungszone "leicht anstrengend" (B1) gewandert sein. Dies lässt vermuten - und einschlägige Untersuchungen bestätigen dies (s. u.a. TÜV-Studie 1998) - dass alte Menschen (sofern sie gesund sind) noch problemlos, aber nicht mehr so gerne und so unange-

strengt wie junge Leute, Auto fahren können. Auch das Ein- und Ausparken scheint mit zunehmendem Alter stärker anzustrengen, das Belastungsniveau dabei läge für einen 85-jährigen in der Zone B2 oberhalb der aeroben Schwelle.

- Die Senioren-Sportarten "Walking" und "leichtes Radfahren" wären nach diesen Projektionen bis zum 85. Lebensjahr von "etwas anstrengenden" Trainingsmethoden in der Zone B2 zu "anstrengenden" Aktivitäten an der anaeroben Schwelle geworden. Das zum gleichen Belastungsniveau gehörende alltägliche "Staubsaugen" mit einem Handstaubsauger (s. Kap. 5.2.1) würde deshalb vermutlich spätestens in diesem Alter auf leichte, rollende Bodenstaubsauger umgestellt.
- Ist ein Spaziergang mit 65 noch eine leichte, eher entspannende Aktivität, so wäre er mit 85 eine "etwas anstrengende" Tätigkeit mit deutlichem Trainingsnutzen für dieses Alter in der Belastungszone B2, oberhalb der aeroben Schwelle geworden. Ähnliches scheint auch für die "konzentrierte Büroarbeit" zu gelten, die - der Projektion zu Folge - im höheren Alter als körperlich anstrengender empfunden wird als in jüngeren Jahren.

6.3 Folgerungen

Eines der überraschenden Ergebnisse dieser Studie ist die Beobachtung, dass beim Fahrtensegeln nicht nur die bekannten, kraftintensiven Aktivitäten an den Segeln, Schoten und Leinen eines Segelbootes die Mannschaft körperlich beanspruchen, sondern dass auch das Manövrieren eines Fahrtenseglers unter Motor auf engem Raum (in Häfen und Schleusen) offensichtlich ein erhebliches "Stress-Potential" enthält, welches zu Spitzenwerten bei den Belastungsniveaus führt.

Die Altersprojektionen lassen darüber hinaus vermuten, dass genau diese beiden Gruppen von Aktivitäten auf Fahrtenseglern bei der Altersgruppe der 60- bis 70-jährigen die Belastungsschwelle von "angenehm / etwas anstrengend" zu "unangenehm / anstrengend" überschreiten.

Aus der Sicht der Betroffenen ergeben sich dann drei Optionen:

1. Die Senioren "tun sich das nicht mehr an" und geben das Fahrtensegeln auf.
2. Die Senioren trainieren ihre körperliche Leistungsfähigkeit und ihre Reflexe in der Beherrschung ihres Bootes unter Motor, um auf diesem Wege das Belastungsniveau dieser Aktivitäten zu senken.

3. Mit Hilfe konstruktiver Veränderungen und technischer Hilfen wird einerseits der erforderliche physische Krafteinsatz an Bord reduziert und andererseits die Manövrierfähigkeit der Boote verbessert, sodass sie wieder stressarm, sicher und mit geringem Belastungsniveau gefahren werden können.

Soweit sich dies aus kumulierten Einzelbeobachtungen schließen lässt, ist - besonders bei Skippern mittlerer und großer Fahrtensegler - der Verkauf des Bootes und die Aufgabe des aktiven Fahrtensegelns Anfang der 7. Lebensdekade die am häufigsten gewählte Option.

Systematisches Training ist nicht nur bei älteren Menschen unbeliebt. Zwar kann die Muskelleistung durch Training um 20-40% verbessert und damit auf das Niveau 20-30 Jahre jüngerer, untrainierter Personen gebracht werden, dies erfordert aber Ausdauer, Anstrengung und Schweiß. Die gelassen-routinierte Steuerung eines komplexen technischen Systems erfordert Erfahrungen und spezifische Reflexe, die durch Übung und häufige Wiederholung trainiert werden, was ebenfalls Motivation, Zeit und Ausdauer verlangt.

Der Einsatz von Technik ist in der Alltagswelt das Mittel der Wahl, um unerwünschte und ggf. die Sicherheit gefährdende körperliche Belastungen oder Erfahrungs- und Reflex-Defizite zu kompensieren und entsprechende Nutzungsschwellen abzubauen. Die Geschichte der Ergonomie des Autofahrens vom elektrischen Anlasser bis zu ABS, EPS und Abstandskontrolle ist ein typisches Beispiel. Für Fahrtensegler wären im Prinzip eine ganze Reihe technischer Unterstützungskonzepte verfügbar, die zum Teil in der Berufsschiffahrt mit Erfolg eingesetzt werden, deren Nutzung im Freizeitsegeln bisher aber aus unterschiedlichen Gründen nur sehr zögernd voran kommt.

Es wird ergänzend darauf hingewiesen, dass die genannte Schwelle bei Aktivitäten mit hohen körperlichen Leistungsanforderungen weibliche Segler - mit einer im Mittel deutlich geringeren Körperkraft als Männer - bereits in mittleren Jahren behindert, auf Fahrtenseglern Funktionen am Mast oder an den Schoten vollwertig zu übernehmen.

Das zweite, erfreuliche Ergebnis der Untersuchung besteht darin, dass die gemessenen Belastungsintensitäten der seglerischen Aktivitätstypen überwiegend in den Belastungszonen B1-B2 ("leicht bis etwas anstrengend", unterhalb und oberhalb der aeroben Schwelle) liegen, sofern die dargestellten Überlastungen auf die eine oder andere Weise vermieden werden können.

Diese Aussage gilt in dieser Form nur für Segler im Seniorenalter, da das Belastungsniveau der angesprochenen Aktivitäten, z.B. des Segelns "auf langen Schlägen" für jüngere Leute angenehm und erholsam, aber noch nicht trainingsrelevant ist.

Fahrtensegeln hat also - speziell bei älteren Menschen - eine deutlich anregende und trainierende Wirkung auf das Herz-Kreislauf-System, die in der Bandbreite mit den Aktivitäten "Spaziergang" bis "Walking" vergleichbar ist. Der Effekt wird dadurch verstärkt, dass im Verlauf eines aktiven Segeltörns umfangreiche tägliche "Trainingszeiten" absolviert werden.

Die dritte Folgerung betrifft die Alltagsaktivitäten der Gruppe "Hausarbeit": Geht man davon aus, dass das "Aufklaren" an Bord eine etwas intensivere Variante der alltäglichen Hausarbeit darstellt und ergänzt man dies durch die Messergebnisse für die Aktivität "Staubsaugen", dann zeigt sich, dass diese Aufräum- und Pflegearbeiten sowohl an Bord als auch im Haushalt zwar durchaus "etwas anstrengend" sind, wegen der damit verbundenen intensiven körperlichen Aktivität aber gleichzeitig ein wichtiges gesundheitsförderndes Training im Trainingsbereich "Grundlagenausdauer GA1", "Stabilisierung Herz-Kreislauf-System", "aerobes Training, beschleunigter Fettstoffwechsel" darstellen.

Vorbehaltlich weiterer Detailuntersuchungen auf diesem Felde sind die dargestellten Ergebnisse Indizien dafür, dass diese Aktivitäten unter therapeutischen Gesichtspunkten als gleichwertig mit den insbesondere für Senioren empfohlenen Sportarten "Walking" und "Radfahren" angesehen werden können.

Ein vierter Aspekt ist das Autofahren: Wie bereits oben dargestellt zeigen die Messungen und die Projektionen, dass auch alte Menschen - sofern sie hinreichend gesund sind - offensichtlich mindestens bis ins 8. Lebensjahrzehnt Autofahren können. Nicht nur ohne ernsthafte Belastungen für ihr Herz-Kreislauf-System, sondern - wie andere Studien nachgewiesen haben - auch sicher.

Wenn Senioren Auto fahren können, dann spricht nichts dagegen, dass sie auch Fahrtensegeln. Belastungs-Schwellen sollten von den Seglern und von den Bootsbauern als Herausforderung und nicht als Hinderungsgrund betrachtet werden.

7 Zusammenfassung

Im Rahmen einer Untersuchung über das Segelensegeln wurden in einer Einzelfallstudie die Herzfrequenzen eines 65-jährigen, gesunden Probanden während eines Segeltörns und bei unterschiedlichen Alltagsaktivitäten erfasst, dokumentiert und ausgewertet.

Die wichtigsten Ergebnisse sind:

- Das Fahrtensegeln insgesamt generiert - insbesondere auf den "langen Schlägen" unter Segeln - leichte bis mäßige körperliche Belastungen und Herzfrequenzniveaus in den Bereichen um 80-120 Schläge/Minute, die für die Altersgruppe der Senioren unter sportmedizinischen Gesichtspunkten als regeneratives Gesundheitstraining sowie als Training der Grundlagenausdauer und des Herz-Kreislauf-Systems interpretiert werden können.
- Allerdings bewirken beim Fahrtensegeln die kraftintensiven Aktivitäten an den Segeln und Schoten (vor allem beim Setzen und Bergen der Segel sowie beim Kreuzen) hohe Herz-Kreislauf-Belastungen bis zu 140 Schlägen/Minute, die als deutlich anstrengend empfunden werden.
- Darüber hinaus erzeugt das Manövrieren eines konventionellen Fahrtenseglers unter Motor auf engem Raum (z.B. in Häfen und in Schleusen) beim Rudergänger offensichtlich ein erhebliches "Stress-Niveau" mit mittleren Herzfrequenzen um 115 Schlägen/Minute (wie beim sportlichen Walking) und Spitzenwerten von über 130 Schlägen/Minute.
- Altersprojektionen lassen darauf schließen, dass die Belastungen sowohl der kraftintensiven Arbeiten an Segeln und Schoten, als auch des stressintensiven Manövrierens unter Motor auf engem Raum bei den Fahrtenseglern vermutlich in der 6.-7. Lebensdekade die Schwelle von "etwas anstrengend, aber akzeptabel" zu "inakzeptabel anstrengend" überschreiten.

An dieser Schwelle wird dann typischerweise das Fahrtensegeln aufgegeben. Alternative Optionen wären das Absenken der Schwelle durch Training, oder deren Überwindung durch konstruktive und technische Maßnahmen.

- Aus den Belastungsmessungen bei alltäglichen Hausarbeiten ergibt sich, dass z.B. das Staubsaugen (mit einem Handstaubsauger) zu einer Herz-Kreislauf-Belastung um 105-120 Schlägen/Minute führt. Diese Werte liegen genau in dem Trainingsbereich, der für junge Senioren beim Walking oder Radfahren empfohlen wird und werfen ein interessantes und motivierendes Bild auf die Nebenwirkungen alltäglicher Routine. Allerdings weisen die Altersprojektionen darauf hin, dass auch im Haushalt mit zuneh-

mentem Alter die Belastungen der nachlassenden Leistungsfähigkeit angepasst werden sollten, z.B. indem man den Handstaubsauger durch einen leichten Bodenstaubsauger ersetzt.

- Ebenfalls überraschend ist das geringe Belastungsniveau, welches beim Autofahren registriert wurde. Das Anspannungspotential liegt bei Stadtfahrten oder Touren auf Landstraßen im Mittel nur bei etwa 75, an Kreuzungen oder bei Überholvorgängen bei 80-90 Schlägen/Minute. Es steigt nur beim Ein- und Ausparken auf Werte um 95 Schläge/Minute, ein Niveau, das z.B. typisch für einen Spaziergang ist.

Zusammengefasst: Autofahren strengt weniger an als erwartet, Hausarbeit enthält gesundheitsfördernde Trainingseffekte und das Fahrtensegeln könnte bis ins hohe Alter anregend und vergnüglich sein, wenn sowohl der Kraftaufwand an Leinen und Schoten als auch der Stress beim Manövrieren unter Motor verringert werden könnte.

8 Quellen

Literatur und Printmedien:

Aaken, E. van: Ärzte verunsichern Langläufer + Trimm-Traber. Medical Tribune 14 (1979), 1440.

Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE: Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. Med Sci Sports Exerc 34 (2002) 92-97.

Ahlheim, K.H. (Hrsg.): Wie funktioniert das? - Schlank, fit, gesund. Bibliographisches Institut AG, Mannheim 1980.

Bartel, W.: Ausgewählte Probleme der Trainingsgestaltung im Freizeit- und Erholungssport der Werktätigen unter dem Aspekt der Betonung des Ausdauerlaufs. Theorie und Praxis der Körperkultur 28 (1979), 55-57.

Bartel, W.: Die Wirksamkeit eines wöchentlich einmal durchgeführten Trainings auf ausgewählte Parameter der körperl. Leistungsfähigkeit. Wissenschaftl. Z. der körperl. Leistungsfähigkeit. Wissenschaftl. Z. der DHfK Leipzig 18 (1977), 2, 109-120.

Biermann, J., Neumann, G.: Körpertraining und Abbau von Risikofaktoren im mittleren Lebensalter. Med. u. Sport 6, 24 (1984), 178-183.

Björntorp, P. et al: The effects of physical training on Insulin production in obesity. Metabolism 19 (1970), 631-638.

Borg, G.: Psychophysical bases of perceived exertion, Med Sci Sports Exerc 1982

Borg, G: Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. Dtsch. Ärzteblatt 101 (2004) A1016-1021.

Borg, G: Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics, Champaign Il., 1998.

Bringmann, W.: Die Bedeutung der Ausdauerfähigkeit für die Gesundheit im höheren Lebensalter. Med. u. Sport 5, 24 (1984), 152-156.

Bringmann, W.: Zu einigen Aspekten der regelmässigen sportlichen Tätigkeit im mittleren Lebensalter im Zusammenhang mit Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Medizin und Sport 20 (1980), 134-138.

Bühlmann, A. A., Froesch, E. R.: Pathophysiologie, Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 1972. (ISBN: 3540056424)

Coen, B, Urhausen, A, Kindermann, W: Individual anaerobic threshold: methodological aspects of its assessment in running. Int J Sports Med 22 (2001) 8-16.

Constam, G.: Diabetes mellitus - Grundl. der Bewegungstherapie. Ärztl. Praxis 27 (1975), 87-90.

- Dickhuth, HH, Yin, L, Niess, A, Röcker, K, Mayer, F, Heitkamp, HC, Horstmann, T: Ventilatory, lactate-derived and catecholamine thresholds during incremental treadmill running: relationship and reproducibility. *Int J Sports Med* 20 (1999) 122-127.
- Froelicher, V, Myers, JN: *Exercise and the heart*. Saunders, Philadelphia, 4. Auflage, 2000.
- Gohlke, H.: Primäre Prävention verhindert koronare Herzerkrankung - das Nord-Karelien-Projekt. *Herz u. Gefäße* 5 (1985), 9-10.
- Goldstein, M. et al: Action of muscular work and transfer of sugar across cell barriers: Comparison with action of insulin. *Amer. J. of Physiol.* 173 (1953), 212.
- Gottschalk, K., Israel, S. & Berbalk, A.: Neue Aspekte der Kardiodynamik und der Adaptation des Herz-Kreislauf-Systems. *Med U Sport.* 22: 56-59, 1982.
- Granacher, U: Neuromuskuläre Leistungsfähigkeit im Alter (> 60 Jahre) : Auswirkungen von Kraft- und sensomotorischem Training, Dissertation Uni Freiburg, 2004
- Harre, D.: Ist ein- bis zweimaliges Training in der Woche wirkungsvoll ? Theorie und Praxis der Körperkultur 24 (1975), 271-273.
- Hartung, M., et al: Relation of diet to high-density lipoprotein cholesterol in middle-aged marathon runners, joggers and inactive men. *New. Engl. J. Med.* 302 (1980), 357-361.
- Heck, H, Mader, A, Hess, G, Mücke, S, Müller, R, Hollmann, W: Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 6 (1985) 117-130.
- Held, T: Vierstufen Leistungstest (Pollux), BASPO Bundesamt für Sport, Sportwissenschaftliches Institut, Schweiz, 2000
- Herberg, K-W: Untersuchung der Entwicklung der sicherheitsrelevanten Leistungsfähigkeit mit dem Lebensalter, TÜV Kraftfahrt GmbH Institut für Verkehrssicherheit, Köln 1998, im Auftrag der Eugen-Otto-Butz-Stiftung, Hilden
- Herrmann, W.C., et al.: Beeinflussung des Lipidstoffwechsels durch volkssportlichen Langstreckenlauf. *Med. u. Sport* 23 (1983), 175-180.
- Hollmann, W., Hettinger, T.: *Sportmedizin-Arbeits-und Trainingsgrundlagen*, 2. Aufl. Schattauer, Stuttgart - New York 1980.
- Hollmann, W.: *Körperliches Training als Prävention von Herz- Kreislaufkrankheiten*. Hippokrates, Stuttgart 1965.
- Hollmann, W: *Höchst- und Dauerleistungsfähigkeit des Sportlers*. Barth, München, 1963.
- Hottenrott, K., & Zülch, M.: *Ausdauertraining Fitness und Gesundheit*. Rowohlt: Reinbek, 2004
- Hottenrott, K.; *Training mit der Herzfrequenz*. *Condition* 34, H.10, S. 5-11, 2003
- Israel, S.: *Sportherz. Theorie und Praxis der Körperkultur* 27 (1978), 742-753.

Jäger, H.-G. et al: Kohlenhydrat-, Fett- und Katecholaminstoffwechselregulation unter verschiedenen Belastungsformen bei Schwimmtraining. *Sportarzt und Sportmed.* 25 (1974), 134-136; 160-162.

Jäger, K., Oelschlägel, G.: *Kleine Trainingslehre.* Sportverlag, Berlin 1972.

Kindermann, W, Simon, G, Keul, J: The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol* 42 (1979) 25-34.

Kindermann, W.: Standards der Sportmedizin (Anaerobe Schwelle), *DEUTSCHE ZEITSCHRIFT FÜR SPORTMEDIZIN*, Jahrgang 55, Nr. 6 (2004)

Klauer, K.J. & Rudinger, G. (Hrsg.): *Kognitive, emotionale und soziale Aspekte des Alterns.* Opladen 1992

Kothe, K., Gola, G., Geissler, W., Wagenknecht, C.: Über den Wert der physischen Konditionierung bei der primären und sekundären Prävention der koronaren Herzkrankheit. *Med. u. Sport* 5, 24 (1984), 134-140.

Lampmann, M., et al.: Auch körperliches Training senkt pathologische Blutfettwerte. *Medical Tribune* 35 (1977), 35, Literaturservice, aus: *Circulation* 55 (1977), 652-659.

Löllgen, H, Erdmann, E (Hrsg): *Ergometrie.* Springer, Berlin, Heidelberg, 2. Auflage, 2000.

Löllgen, H, Graham, T, Sjogaard, G: Muscle metabolites, force and perceived exertion bicycling at varying pedal rates. *Med Sci Sports Exerc* 12 (1980) 345-351.

Löllgen, H, Ulmer, HV, von Nieding, G: Heart rate and perceptual response to exercise with different pedalling speed in normal subjects and patients. *Eur J Appl Physiol* 37 (1977) 297-304.

Löllgen, H, Ulmer, HV: Das "Gespräch" während der Ergometrie: Die Borg- Skala. *Dtsch Ärzteblatt* 101 (2004) A1014-1015.

Löllgen, H.: Standards der Sportmedizin (Borg-Skala), *DEUTSCHE ZEITSCHRIFT FÜR SPORTMEDIZIN*, Jahrgang 55, Nr. 11 (2004)

McLellan, TM: The anaerobic threshold: concept and controversy. *Austral J Sci Med Sport* 19 (1987) 3-8.

Mechling, H., Munzert, J.: *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre,* Schorndorf 2003

Mellerowicz, H., Franz, I.-W. (Hrsg.): *Training als Mittel der präventiven Medizin,* 2. Aufl. Perimed, Erlangen 1981.

Meyer, T, Gabriel, HHW, Kindermann, W: Is determination of exercise intensities as percentages of VO₂max or HRmax adequate? *Med Sci Sports Exerc* 31 (1999) 1342-1345.

Neumann, G., Pfützner, A., Berbalk, A.: *Optimiertes Ausdauertraining 2., überarb. Aufl.* - Aachen: Meyer und Meyer (1999).

Pfaffenberg, R., Wing, A., Hyde, R.: Physical activity as an index of heart attack risk in college alumni. *Amer. J. Epid.* 108 (1978), 161-175.

POLAR S525X Laufcomputer Gebrauchsanleitung

Puska, P., et al: Change in risk factors for coronary heart disease during 10 years of a community intervention programme (North Karelia Project). *Brit. Med. J.* 287 (1984), 1840f.

Rauchwald, M: Körperliche Fitness beim alternden Mann, *Blickpunkt der Mann* 1/2003

Rudinger, G., Neuf, H., & Espey, J.: Aging, cognition and technology. In I van den Oever & J. Graafmans (Hrsg.), *Perceived needs of the elderly about mobility* (pp. 51-54). Knegsel: Akontes. 1993

Rudinger, G. & Jansen, E.: Freizeitverkehr älterer Menschen im Kontext sozialer Motive - Die Studien AEMEIS und FRAME. In: ifmo - Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.). *Motive und Handlungsansätze im Freizeitverkehr*. Berlin 2003

Schwandt, P.: *Die koronaren Risiken*. Sandoz-AG, Nürnberg 1975.

Spriet, L. N., Gledhill, A. B., Froese, D. L., Wilkes (1986). Effect of Graded Erythrocythemia on Cardiovascular and Metabolic Response to Exercise. In: *J. Appl. Physiol.* 61, 1942-1948.

Stegmann, H, Kindermann, W, Schnabel A: Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 2 (1981) 160-165.

Stilgenbauer, F, Reißnecker, S., Steinacker, J.M.: Standards der Sportmedizin (Herzsport), *DEUTSCHE ZEITSCHRIFT FÜR SPORTMEDIZIN*, Jahrgang 54, Nr. 10 (2003)

Strauzenberg, S. E., Schwidtmann, H.: Sportliche Belastung und Herzfunktion. *Theorie und Praxis der Körperkultur* 25 (1976), 492-502.

Strauzenberg, S. E.: Grundbedingungen für die Belastungsgestaltung zur gerichteten Beeinflussung der Herz- Kreislauf- und Stoffwechselfunktion bei Erwachs. durch Freizeit- und Erholungssport. *Medizin und Sport* 19 (1979), 36-41.

Thomson, J., Stone, J. A., Ginsburg, A. D., Hamilton, P. (1982). O₂-Transport during Exercise Following Blood Reinfusion. In: *J. Appl. Physiol.* 53, 1213-1219.

Urhausen, A, Coen, B, Weiler, B, Kindermann, W: Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *Int J Sports Med* 14 (1993) 134-139.

Wasserman, K, Whipp, BJ, Koyl, SN, Beaver, WL: Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 35 (1973) 236-243.

Wolff, R., Busch, W., Mellerowicz, H.: Vergleichende Untersuchungen über kardiovaskuläre Risikofaktoren bei Dauerleistern und der Normalbevölkerung. *D. Z. Sportmed.* 1 (1979), 1-10.

Internet:

freidok.ub.uni-freiburg.de/volltexte/1194/
support.polar.fi/PKBSupport.nsf/ALLDOCS/42256C2B001E0F6A422569BA0036816A?OpenDocument
www.butz-stiftung.de/12.htm
www.cardiologe.de/index_extern.html?/patient/risiko/uebergewicht.html
www.cit-training.ch/frameset/audauer.php
www.coalbox-studio.de/html/pulsuhr.html
www.faq.polar-uhren.info/uploads/media/S625.pdf
www.feel-fit.com/index.php4?thema=laufen&unterthema=031016_3
www.kardio-duesseldorf.de/sportmedizin-01.html
www.kuno-hottenrott.de/publikationen.php
www.kup.at/kup/pdf/950.pdf
www.landessportbund-hessen.de/de/magazin/default.asp?sih=21/2004&art=14
www.lauftreff-franken.de/lt_frank/5102-gesundheit.htm
www.leistungssport.com/index.php?site=1234567920
www.leistungssport.com/index.php?site=1234567956
www.leistungssport.com/index.php?site=1234567997
www.leistungssport.com/index.php?site=135
www.leistungssport.com/index.php?site=139
www.leistungssport.com/index.php?site=140
www.leistungssport.com/index.php?site=25
www.leistungssport.com/index.php?site=55&unav=55
www.leistungssport.com/index.php?site=61
www.leistungssport.com/index.php?site=70
www.leistungssport.com/index.php?site=71
www.loges.de/Sport/Fettstoffwechseltraining
www.loges.de/Sport/Leistungsdiagnostik
www.sportmedinfo.de/leistungsdiagnostik.htm
www.sportmedizin.or.at/laktat2.htm
www.sportunterricht.de/lksport/enerschem.html
www.stangl-taller.at/ARBEITSBLAETTER/EMOTION/Stress.shtml
www.szk-triathlon.de/training.htm
www.zeitschrift-sportmedizin.de/zeitschr.htm

9 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abb. 2.1-1:	Anstrengungs-Empfindungen (Borgskala) und relative Herzfrequenzen.....	11
Abb. 2.1-2:	Tabelle der Herzfrequenz-Belastungszonen	12
Abb. 2.1-3:	Herzfrequenz-Belastungszonen	13
Abb. 3-1:	Belastungsrelevante Parameter des Segeltörns.....	15
Abb. 3-2:	Törnstrecke: Ijsselmeer und Friesische Binnengewässer	16
Abb. 4-1:	Körperliche Basisdaten des Probanden.....	17
Abb. 4-2:	Altersabhängige Normwerte (Männer): Body-Mass-Index (BMI) und Klassifizierung	18
Abb. 4-3:	Altersabhängige Normwerte (Männer): VO_{2max} und "Fitness Level"	18
Abb. 5.1-1:	Ausgewählte Aktivitätstypen beim Fahrtensegeln	23
Abb. 5.1-2:	Verteilung der Herzfrequenzen "Aufklaren vor dem Auslaufen".....	25
Abb. 5.1-3:	Verteilung der Herzfrequenzen "Ablegen"	26
Abb. 5.1-4:	Verteilung der Herzfrequenzen "Anlegen Box"	27
Abb. 5.1-5:	Verteilung der Herzfrequenzen "Anlegen längsseits"	28
Abb. 5.1-6:	Verteilung der Herzfrequenzen "Aufklaren nach dem Anlegen"	29
Abb. 5.1-7:	Verteilung der Herzfrequenzen "Motorfahrt"	30
Abb. 5.1-8:	Verteilung der Herzfrequenzen "Bewegliche Brücke"	31
Abb. 5.1-9:	Verteilung der Herzfrequenzen "Schleuse"	32
Abb. 5.1-10:	Verteilung der Herzfrequenzen "Segel setzen"	33
Abb. 5.1-11:	Verteilung der Herzfrequenzen "Segel bergen"	34
Abb. 5.1-12:	Verteilung der Herzfrequenzen "Segeln mit raumem Wind"	35
Abb. 5.1-13:	Verteilung der Herzfrequenzen "Segeln am Wind"	36
Abb. 5.1-14:	Kreuzkurs (GPS-Track)	37
Abb. 5.1-15:	Zeitreihe der Herzfrequenzen für den Aktivitätstyp "Kreuzen"	37
Abb. 5.1-16:	Verteilung der Herzfrequenzen "Kreuzen"	38
Abb. 5.1-17:	Verteilung der Herzfrequenzen "Sherry Time"	39
Abb. 5.1-18:	Verteilung der Herzfrequenzen "Einkaufen"	40
Abb. 5.1-19:	Zeitreihe der Herzfrequenzen für den Aktivitätstyp "Schlafen an Bord"	41
Abb. 5.1-20:	Verteilung der Herzfrequenzen "Schlafen an Bord"	41
Abb. 5.2-1:	Ausgewählte Aktivitätstypen im Alltag.....	43
Abb. 5.2-2:	Verteilung der Herzfrequenzen "Büroarbeit"	44
Abb. 5.2-2:	Verteilung der Herzfrequenzen "Spaziergang"	45
Abb. 5.2-3:	Verteilung der Herzfrequenzen "Radfahren"	46

Abb. 5.2-4:	Verteilung der Herzfrequenzen "Autofahren"	47
Abb. 5.2-5:	Verteilung der Herzfrequenzen "Autofahren Stadtverkehr"	47
Abb. 5.2-6:	Zeitreihe der Herzfrequenzen für den Aktivitätstyp "Treppensteigen"	49
Abb. 5.2-7:	Trendanalyse der Grenzleistung des Probanden beim Treppensteigen	49
Abb. 5.2-8:	Verteilung der Herzfrequenzen "Walking"	51
Abb. 5.2-9:	Verteilung der Herzfrequenzen "Staubsaugen"	52
Abb. 5.2-10:	Verteilung der Herzfrequenzen "Ruhe Lesen"	53
Abb. 5.2-11:	Verteilung der Herzfrequenzen "Ruhe Fernsehen"	54
Abb. 5.2-12:	Zeitreihe der Herzfrequenzen für den Aktivitätstyp "Schlafen"	55
Abb. 5.2-13:	Verteilung der Herzfrequenzen "Schlafen"	55
Abb. 6.1-1:	Messergebnisse der Belastungsniveaus (pro Bereich nach mittlerer HF absteigend sortiert).....	58
Abb.: 6.1-2:	Belastungszonen des 65-jährigen Probanden	59
Abb. 6.1-3:	Belastungsniveaus ausgewählter Aktivitäten: Fahrtensegeln	59
Abb. 6.1-4:	Belastungsniveaus ausgewählter Aktivitäten: Im Hafen	60
Abb. 6.1-5:	Belastungsniveaus ausgewählter Aktivitäten: Alltag	60
Abb. 6.1-6:	Kumulierte Häufigkeitsverteilung der Aktivitätsgruppe "Segel, Schoten, Leinen"	61
Abb. 6.1-7:	Kumulierte Häufigkeitsverteilung der Aktivitätsgruppe "Manövrieren auf engem Raum"	61
Abb. 6.1-8:	Kumulierte Häufigkeitsverteilung der Aktivitätsgruppe "Lange Schläge" ..	62
Abb. 6.2-1:	Altersprojektion der Belastungszonen auf die Herzfrequenzniveaus	66
Abb. 6.2-2:	Projektion der Belastungen auf das Alter 55 Jahre.....	67
Abb. 6.2-3:	Projektion der Belastungen auf das Alter 65 Jahre.....	68
Abb. 6.2-4:	Projektion der Belastungen auf das Alter 75 Jahre.....	69
Abb. 6.2-5:	Projektion der Belastungen auf das Alter 85 Jahre.....	70

10 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.

Der Autor übernimmt die volle inhaltliche Verantwortung für diese Untersuchung, muss aber jeden Haftungsanspruch aus Schäden, die möglicherweise durch die Verwendung der Informationen aus dieser Studie entstehen, ablehnen.

Bei Hinweisen und Fragen zum Inhalt dieser Untersuchung bitten wir um formlose Kontaktaufnahme (Adresse siehe Impressum Seite 2).