

IBoaT-Report 3.3

Projekt Fit & Sail

**Methodische Hinweise zur Diagnostik von
Veränderungen der körperliche Leistungsfähigkeit
älterer Segler durch Fahrtensegeltörns**

Burkhard Weisser, Wolf-Dieter Mell

März 2007

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 und Dank	4
2	Ausgangslage und Ziele	7
3	Methodischer Ansatz	9
3.1	Trainingsbegriff, Trainingsfunktion	9
3.1.1	Regelungstechnischer Ansatz zur Beschreibung rückgekoppelter Systeme	9
3.1.2	Trainingsfunktion	11
3.2	Fahrtensegeln	13
3.3	Konzept der Fitnessmessungen	14
3.4	Thesen und Erwartungswerte	18
3.4.1	Thesen	18
3.4.2	Design der Referenzuntersuchungen	19
3.4.3	Erwartungswerte "Ausdauer"	20
3.4.4	Erwartungswerte "Kraft"	25
3.4.5	Erwartungswerte "Gleichgewichtsfähigkeit"	31
3.4.6	Erwartungswerte "Körpergewicht"	33
3.5	Messgenauigkeit, Reproduzierbarkeit	34
3.6	Randbedingungen	35
3.6.1	Tagestemperatur	35
3.6.2	Eigenschaften von Boot und Törn	37
4	Designempfehlungen	41
4.1	Zeitreihen- und Kontrollgruppe	41
4.2	Logbuch	42
5	Zusammenfassung	45
6	Quellen	48
7	Verzeichnis der Abbildungen	51
8	Haftungsausschluss und Kontakt	52

1 Vorbemerkung und Dank

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.

In Zusammenarbeit mit dem Arbeitsbereich Sportmedizin des Institutes für Sport und Sportwissenschaften der Universität Kiel und dem Bundesverband Wassersportwirtschaft e.V. in Köln hat IBoaT im Jahr 2005 das Forschungsprojekt "Fit & Sail" zur Untersuchung der körperlichen und mentalen Auswirkungen des Fahrtensegelns auf ältere Menschen initiiert.

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.

Zur Vorbereitung der wissenschaftlichen Untersuchungen wurde eine Serie von Pilotstudien vor allem zur Klärung methodischer Fragen durchgeführt, u.a.:

- Langzeitmessung Herz-Kreislaufbelastung Fahrtensegeln und Alltagsaktivitäten, 2005 (s. IBoaT-Report 3.1)
- Vergleich der Wirkungen von Vibrationstraining und Fahrtensegeln auf die Sprungkraft, 2006 (s. IBoaT-Report 3.2)

- Einfluss des Fahrtensegelns auf die körperliche Leistungsfähigkeit, 2006

Für die Saison 2007 ist neben Einzeluntersuchungen zu körperlichen Beanspruchungen und deren Grenzwerten an Bord der von den Sponsoren bereitgestellten Forschungsschiffe u.a. eine umfangreiche Feldstudie mit älteren Fahrtensegler-Crews zum grundsätzlichen Einfluss des Fahrtensegelns auf die körperliche Leistungsfähigkeit geplant, bei der die Probanden auf eigenen Booten längere Törns unternehmen und sich vorher und nachher sportmedizinisch untersuchen lassen.

Der vorliegende Bericht hat den Zweck, diese Feldstudie vorzubereiten.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse - einerseits aus den eigenen Pilotuntersuchungen, andererseits aus sportmedizinisch vergleichbaren Studien anderer Forschungsgruppen zur Veränderung der Leistungsfähigkeit durch unterschiedliche Trainingsimpulse speziell bei älteren Probanden - sollen wichtige, bei dem geplanten Feldversuch zu erwartende organisatorische und methodische Probleme dargestellt und analysiert werden.

Der Schwerpunkt des vorliegenden Berichtes liegt dabei einerseits auf methodisch-theoretischen Ansätzen zur Beschreibung und Parametrierung von Trainingsprozessen, andererseits auf organisatorischen Vorschlägen zur verbesserten Kontrolle der Varianz von Messungen unter dem Einfluss individueller Dispositionen und äußerer Randbedingungen.

Wir danken folgenden Sponsoren, die das Projekt "Fit & Sail" mit Sach- und Dienstleistungen oder finanziellen Zuwendungen großzügig unterstützen (Stand: 3/2007):

- **HanseYachts AG**
Salinenstraße 22
D-17489 Greifswald
Telefon: 03834 - 57 92 0
e-mail: zentrale@hanseyachts.com
www.hanseyachts.com/
- **ancora Marina GmbH & Co KG**
An der Wiek 7 - 15
D-23730 Neustadt / Holstein
Telefon: 04561 - 51 71 0
e-mail: info@ancora-marina.com
www.ancora-marina.com

- **A.W. Niemeyer GmbH**
Holstenkamp 58
D-22525 Hamburg
Telefon: 040 - 89 96 97 220
e-mail: service@awniemeyer.de
www.awniemeyer.de
- **International Marine Certification Institute (IMCI)**
Rue Abbé Cuypers 3
B-1040 Brussels
Telefon: +32 - 2 - 74 16 83 6
e-mail: info@imci.org
www.imci.org
- **Volvo Penta Central Europe GmbH**
Am Kiel-Kanal 1
D-24106 Kiel
Telefon: 0431 - 39 94 0
www.volvopenta.com

Sehr herzlich danken wir den Mitgliedern des Fit&Sail-Teams am Institut für Sport und Sportwissenschaften der Universität Kiel, mit denen die Pilotstudien wissenschaftlich begleitet wurden und deren kritische Analyse der Ergebnisse - u.a. auf dem Workshop am 7.12.06 in Kiel - wichtige Hinweise zur Interpretation der Daten geliefert hat.

Ein spezieller Dank geht an das Institut für Sport und Sportwissenschaften der Universität Bonn und dort insbesondere an Frau Dr. Sabine Eichberg und Frau Melanie Weingartz für die Unterstützung bei den notwendigen Ergometertests und Laktatmessungen im Rahmen unserer Pilotstudien 2006.

2 Ausgangslage und Ziele

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

Die beiden wichtigsten Ergebnisse dieser Studie waren:

- Während eines Fahrtensegeltörns können bei unterschiedlichen Aktivitäten Herz-Kreislauf-Belastungen auftreten, die an der oberen Belastungsgrenze älterer Segler liegen und die möglicherweise die Entscheidung beeinflussen, ob ältere Fahrtensegler das Segeln aufgeben, weil es ihnen zu anstrengend geworden ist.
- Andererseits wurden während des Törns für unterschiedliche Aktivitäten längere Phasen beobachtet, in denen die Herz-Kreislauf-Belastung im Leistungsbereich eines mäßigen Ausdauertrainings lag. Dies, in Verbindung mit der Beobachtung, dass Fahrtensegeln insbesondere bei kleinen Crews ein erhebliches Maß an körperlicher Bewegung verursacht, führte zu der Vermutung, dass diese Aktivitäten grundsätzlich einen Fitness fördernden Trainingseffekt haben könnten.

Aus diesen beiden Beobachtungen ergaben sich für das Projekt "Fit & Sail" zwei sportmedizinische Untersuchungsansätze:

- Einerseits sollen die Bewegungsabläufe und Einzelbelastungen der Aktivitäten auf einem Fahrtensegelboot mit Schwerpunkt auf die Altersgruppe 60+ beobachtet, systematisiert und umfassend gemessen werden.

Dieser Ansatz betrachtet das Fahrtensegeln als eine "Sportart" und das Boot als ein "Sportgerät". Wie bereits für viele andere Sportarten soll auch für das Fahrtensegeln das Zusammenwirken von "Sportler" und "Sportgerät" thematisiert werden, u.a. mit dem Ziel, die Problembereiche zu identifizieren, in denen z.B. bei älteren Seglern Grenzwerte der Leistungsfähigkeit, der Zumutbarkeit oder der sachgerechten Bedienbarkeit des "Gerätes" erreicht werden.

Diese sportmedizinischen Befunde können dann z.B. von den Konstrukteuren der "Sportgeräte" genutzt werden, um ihre Produkte besser an den Bedarf und die Fähigkeiten ihrer Zielgruppe anzupassen, u.a. um älter werdenden "Sportlern" zusätzliche Jahre der Ausübung ihres

"Sportes" und/oder eine optimale Nutzung der Potentiale ihres "Sportgerätes" zu ermöglichen.

- Der zweite Ansatz untersucht das Fahrtensegeln unter Trainingswissenschaftlichen und Gesundheits-sportlichen Aspekten. Es interessiert zunächst pauschal, ob und in welchem Umfang ein Törn die körperliche Leistungsfähigkeit der Crew positiv (oder negativ) beeinflusst. Hierzu liegen bisher keine spezifischen sportwissenschaftlich fundierten Untersuchungen vor. In folgenden Schritten können dann im Detail Ursachen und Wirkungen analysiert werden.

Das Ziel dieses Untersuchungsansatzes ist es - bezogen auf die Altersgruppe 60+ - einerseits festzustellen, ob und in welcher Weise die Segler motiviert werden sollten, diese "Sportart" möglichst lange und mit Gewinn für ihre Fitness auszuüben und was - unter gesundheitlichen Gesichtspunkten - bei der Törnplanung berücksichtigt werden sollte.

Durch eine Kontrolle der Randbedingungen, u.a. der Eigenschaften der Boote und der Törnabläufe (Crew, Reviere, Wetter, Distanzen, Hafentage etc.) sollen andererseits Zusammenhänge zwischen diesen "externen" Parametern und den Fitnessdaten untersucht werden, woraus sich u.U. Hinweise auf zweckmäßige Verhaltensweisen aber auch auf Anforderungen an die Boote und an die Infrastruktur der Reviere ergeben können.

Wie bereits einleitend gesagt, ist zunächst für die Saison 2007 u.a. eine umfangreiche Feldstudie zu diesem zweiten Untersuchungsansatz geplant, bei der ältere Fahrtensegler-Crews auf eigenen Booten längere Törns unternehmen und sich vorher und nachher sportmedizinisch untersuchen lassen.

Das geplante Studiendesign und die Mess- und Auswertungstechnik wurden in einer Pilotstudie 2006 an einem 66-jährigen männlichen Probanden erprobt, der mit einer 2-Personen-Crew auf einem kleinen Kajütkreuzer knapp 3 Wochen in den niederländischen Gewässern unterwegs war.

Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Pilotstudie, vor allem aber methodische Probleme und Ansätze diskutiert, die sich aus der Erfassung, Auswertung und Interpretation der Daten ergaben. Hierzu wird ergänzend und zum Vergleich mit unserem Studiendesign auf die Ergebnisse mehrerer trainingswissenschaftlicher Studien anderer Autoren (u.a. Stei 2001, Granacher 2003) zurückgegriffen, in denen die Auswirkungen unterschiedlicher spezieller, moderater Trainingsmaßnahmen auf Nicht-Sportler unterschiedlicher Altersgruppen unter Labor-Bedingungen beschrieben werden.

3 Methodischer Ansatz

Im Folgenden sollen eine Reihe wichtiger methodischer Fragen angesprochen und diskutiert werden, die nach den Beobachtungen aus der Pilotstudie Einfluss auf die Qualität und die Interpretierbarkeit der Daten haben können.

3.1 Trainingsbegriff, Trainingsfunktion

In den Pilotstudien zum Projekt Fit & Sail wird der Begriff "Training" in einem speziellen Anwendungs- und Interpretations-Zusammenhang verwendet.

Im Sport wird unter Training die Anpassung des Organismus auf gezielte körperliche Belastungen zum Ziel der Leistungssteigerung oder -erhaltung verstanden (Weineck 2003). Die Trainingsmaßnahmen und die Trainingsintensitäten orientieren sich dabei i.d.R. variabel am erreichten Leistungsstand und an der angestrebten Leistungsfähigkeit.

In den vorliegenden Untersuchungen wird "Training" als eine veränderte Struktur der körperlichen und mentalen Anforderungen an einen Probanden betrachtet, die zu einem definierten Zeitpunkt beginnt und sich definiert von dem vorhergehenden Zustand unterscheidet, in ihrer Art und Intensität aber für die Dauer dieses "Trainings" soweit möglich konstant gehalten wird. Ziel der Untersuchungen ist es dabei u.a., die Dynamik der Wirkungen auf den Probanden in Abhängigkeit von den Ursachen, also der Art und der Intensität der Veränderung der Anforderungen quantitativ zu bestimmen.

In Anlehnung an die in der Regelungstechnik verwendeten mathematischen Verfahren können hierfür mit Gewinn Differentialgleichungen zur Beschreibung der Dynamik eingesetzt werden.

3.1.1 Regelungstechnischer Ansatz zur Beschreibung rückgekoppelter Systeme

Ein rückgekoppeltes System kann immer dann angenommen werden, wenn durch die Veränderung einer "Anregungsvariablen", z.B. eine definierte Trainingsmaßnahme, die "Zielvariable", z.B. eine Leistungsfähigkeit, kontinuierlich verändert wird, diese Veränderung bei konstanter "Anregung" mit zunehmender Zeit aber immer geringer wird und sich asymptotisch einem Grenzwert annähert.

Ein einfaches mathematisches Modell für einen solchen Prozess ist eine lineare Differenzialgleichung 1. Ordnung:

$$T \Delta y / \Delta t + y(t) = V x(t)$$

mit:

$y(t)$: Zielvariable, abhängig von der Zeit

$x(t)$: Anregungsvariable, abhängig von der Zeit

$\Delta y/\Delta t$: Steigung der Funktion $y(t)$ zum Zeitpunkt t

T : "Zeitkonstante" der Funktion

V : "Verstärkung" der Funktion

Bei Bedarf können zur Modellierung auch komplexere Differentialgleichungen höherer Ordnung verwendet werden, die nicht nur die einfache Steigung $\Delta y/\Delta t$ der Funktion $y(t)$ sondern auch deren höhere Ableitungen verwenden. Ein Modell 2. Ordnung wäre z.B.:

$$T_1 T_2 \Delta^2 y / \Delta t^2 + (T_1 + T_2) \Delta y / \Delta t + y(t) = V x(t)$$

mit (s.o., ergänzend):

$T_1 T_2$: zwei Zeitkonstanten der Funktion

$\Delta^2 y / \Delta t^2$ Steigung der Steigung der Funktion $y(t)$

Bei linearen Differentialgleichungen dieser Art unterscheiden sich die Funktionen höherer Ordnung von Ansätzen geringerer Ordnung i.d.R. durch ihr Zeitverhalten in der Anfangsphase des Prozesses und durch die Berücksichtigung von Schwingungen.

Um diese Differentialgleichung integrieren zu können ist es wichtig, die Zeitabhängigkeit der Anregungsvariablen zu kennen. In der Regelungstechnik wird dazu häufig mit standardisierten "Anregungsfunktionen" gearbeitet:

$x(t) = 1$ "Sprungfunktion",
die Anregung ist konstant,
Beispiel: kontinuierliches Training mit konstanter Intensität

$x(t) = a t$ "Rampe",
die Anregung steigt kontinuierlich um den Faktor a ,
Beispiel: die Intensität des Trainings wird kontinuierlich gesteigert

$x(t) = a \delta(t)$ "Impuls",
kurzzeitige Anregung der Stärke a ,
Beispiel: einmaliges Training definierter Intensität

Für die Analyse von Leistungsveränderungen z.B. während eines Fahrtensegeltörns wird empfohlen, als Anregung eine "Sprungfunktion", also eine veränderte Anforderungsstruktur mit im Mittel gleich bleibender Intensität für die Dauer des "Trainings" anzunehmen.

3.1.2 Trainingsfunktion

Zur Abschätzung der Dynamik eines "Trainings" der oben beschriebenen Art wird angeregt, als erste Näherung eine Modellierung mit Hilfe einer linearen Differentialgleichung 1. Ordnung zu versuchen (vergl. IBoaT-Report 3.2).

Werden z.B. Leistungen und trainingsbedingte Leistungsveränderungen gemessen, so lautet der Ansatz:

$$T \Delta P / \Delta t + P(t) = P_{\max}$$

mit:

$P(t)$: aktuelle Leistung, abhängig von t
 t Zeitachse

T : Zeitkonstante des Trainings

P_{\max} maximale Leistung durch das Training

$\Delta P / \Delta t$ Leistungssteigerung zum Zeitpunkt t

Bei Messungen an mehreren Probanden empfiehlt es sich, die gemessenen Daten mit Hilfe von alters- und geschlechtsabhängigen Normdaten dieser Leistung zu standardisieren:

$$\text{Max} = P_{\max} / P_{\text{Norm}}$$

$$p(t) = P(t) / P_{\text{Norm}}$$

$$\Delta p / \Delta t = (\Delta P / \Delta t) / P_{\text{Norm}}$$

mit:

P_{Norm} : alters- und geschlechtsabhängiger
 Normwert der Leistung eines Probanden

Max : Faktor, um den die maximale Leistung
 vom Normwert abweicht

$p(t)$: auf den Normwert standardisierte Leistung
 eines Probanden

$\Delta p / \Delta t$: auf den Normwert standardisierte
 Leistungsveränderung eines Probanden

Es ergibt sich:

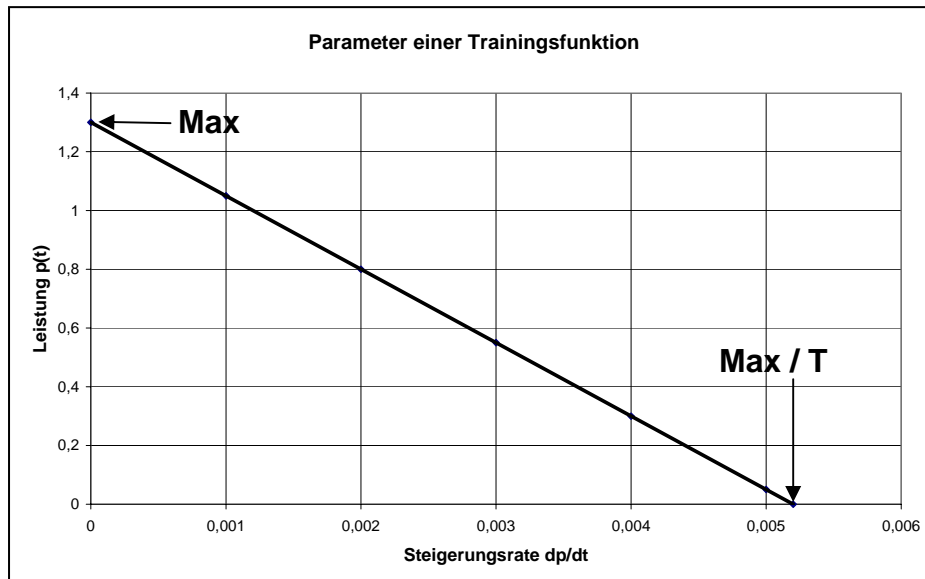
$$T \Delta p / \Delta t + p(t) = \text{Max}$$

Durch Messungen z.B. vor und nach einem Trainingszeitraum und durch Standardisierung auf die individuellen Normwerte können für die Probanden die Werte $\Delta p / \Delta t$ und $p(t)$ (z.B. mittlere Leistung während des Training) berechnet und in einem Diagramm dargestellt werden.

Die Funktion

$$p(t) = \text{Max} - T \Delta p / \Delta t$$

lässt sich dann z.B. als Trendlinie der Datenwolke bestimmen.



**Abb. 3.1-1: Parameterbestimmung der Trainingsfunktion:
 $p(t) = \text{Max} - T \Delta p / \Delta t$**

Die Schnittpunkte dieser Linie mit den Achsen ergeben die Parameter der Trainingsfunktion.

Am Beispiel der Trainingswirkung von Vibrationstraining mit einer Galileo™-Vibrationsplatte auf die Sprungleistung (s. IBoAT-Report 3.2, 2006):

$$\begin{aligned} \Delta p / \Delta t = 0 & \quad p(t) = \text{Max} \\ & \text{im Beispiel:} \quad \text{Max} = 1,3 \\ \\ p(t) = 0 & \quad \Delta p / \Delta t = \text{Max} / T \\ & \text{im Beispiel:} \quad \Delta p / \Delta t = 0,0052 \\ & \quad \quad \quad T = 1,3 / 0,0052 = 250 \end{aligned}$$

D.h.: In diesem Beispiel liegt die maximale Trainingswirkung um 30% über der individuellen Normleistung und die Zeitkonstante der Leistungsveränderung durch das Training beträgt 250 Tage.

Durch Integration dieser Differentialgleichung erhält man den Zeitverlauf für die Trainingsfunktion:

$$p(t) = P(t) / P_{\text{Norm}} = \text{Max} * (1 - e^{-t/T})$$

Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf dieser Funktion über der Zeit:

Der Punkt p_{Start} bezeichnet als Beispiel:

die Leistung eines Probanden zu Beginn eines Trainings

die Bedeutung der Zeitkonstante T ,

den Abstand zur maximal erreichbaren Leistung Max

die Steigerungsrate durch Training: $[\text{Max} - p(t)] / T$

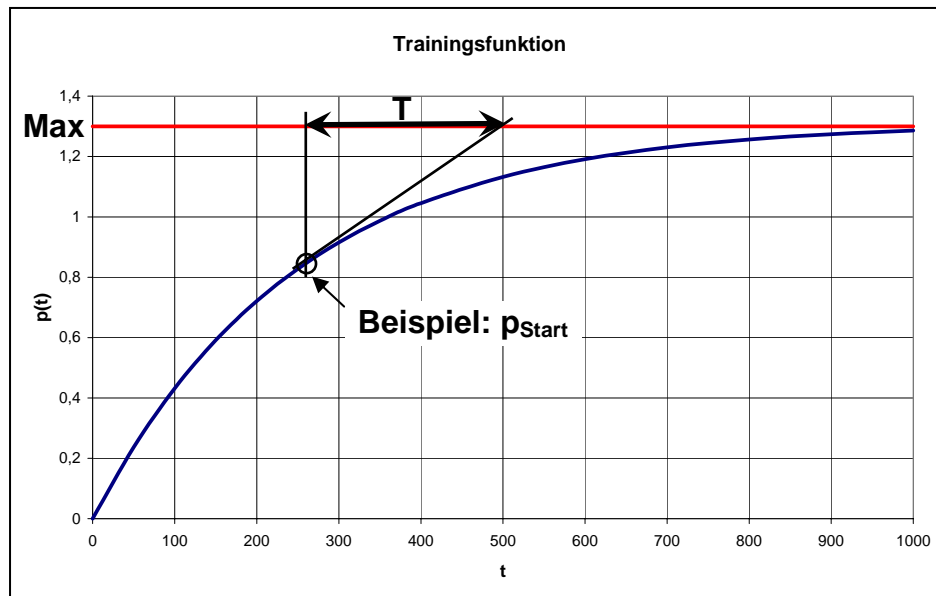


Abb. 3.1-2: Trainingsfunktion: $p(t) = \text{Max} * (1 - e^{-t/T})$

Die Zeitkonstante T in dieser Funktion hat die Eigenschaft, dass nach Ablauf der Zeit $t = T$ (also im Beispiel nach einem Training von 250 Tagen) sich der Abstand zwischen der Leistung $p(t)$ ($= P(t)/P_{\text{Norm}}$) zu Beginn des Trainings und der maximal erreichbaren Leistung Max ($= P_{\text{Max}}/P_{\text{Norm}}$) um 63% verringert hat und dass nach Ablauf von $t = 3T$ (also im Beispiel einem Training von 750 Tagen, rund 2 Jahren) die mit diesem Training erreichbare Leistungssteigerung zu 95% erreicht wird.

3.2 Fahrtensegeln

In einer Langzeitmessung der Herz-Kreislaufbelastungen eines älteren Probanden beim Fahrtensegeln (s. IBoaT-Report 3.1, 2005) wurden einerseits Belastungsspitzen an der Leistungsgrenze, aber auch trainingsrelevante Belastungsphasen im Leistungsbereich "Ausdauertraining" identifiziert.

Ein wichtiger Teilaspekt ist dabei die durch Herzfrequenzmessungen erhärtete Beobachtung, dass auch in den ruhigen Phasen eines Segeltörns - z.B. auf "langen Schlägen" oder im Hafen - sich die Akteure an Bord intensiver bewegen (mit Schwerpunkten auf Bewegungsabläufe wie "Aufstehen"/"Hinsetzen", "Bücken"/"Aufrichten") als zunächst vermutet.

Die Beobachtung der Bewegungsabläufe führt zu der Vermutung, dass Fahrtensegel-Törns ausreichender Dauer messbare Auswirkungen nicht nur auf die Ausdauer, sondern auch auf die Sensomotorik und auf die Muskelleistung insbesondere älterer, wenig trainierter Segler haben könnten.

Das methodische Problem besteht darin, dass eine systematische sportmedizinische Parametrisierung der Ursachen und Wirkungen des Fahrtensegelns auf die körperliche Leistungsfähigkeit noch aussteht.

Sofern Untersuchungen auf diesem Feld über allgemeine statistische Aussagen zur Veränderung von Leistungsdaten hinausgehen wollen (die ebenfalls bisher nicht verfügbar sind und deshalb auch in dieser allgemeinen Form von erheblicher sportwissenschaftlicher Bedeutung sind), ist es erforderlich, u.a. die Eigenschaften von Boot und Törn im Detail als hypothetische Trainingsimpulse zu interpretieren und deren Intensität durch sportmedizinische Einzeluntersuchungen an Bord oder durch multivariate Korrelationen mit den Leistungsveränderungen zu bestimmen.

3.3 Konzept der Fitnessmessungen

Als Ziele des Projektes Fit & Sail wurden u.a. festgestellt (s.o.):

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.

Als wichtige Parameter zur Beurteilung der körperlichen Fitness älterer Menschen werden neben u.a. orthopädischen Gesichtspunkten (z.B. Zustand der Wirbelsäule und der Gelenke) und / oder der Diagnose altersbedingter Krankheitsbilder (z.B. Hypertonie, Diabetes oder Demenzen) im gesundheitsorientierten Alterssport vor allem

- die Ausdauerfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems und
- die Reaktionsfähigkeit der Sensomotorik (z.B. zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes)

betrachtet.

Zur Bedeutung dieser Parameter, zu den physiologischen Hintergründen und zu den vielfältigen Trainingsvorschlägen wird auf die entsprechende Literatur verwiesen (s. Quellen).

Eine zweite Gruppe von Parametern beschreibt konkrete Leistungsfähigkeiten zur Bewältigung definierter Aufgaben, z.B. zum Führen eines Kraftfahrzeuges oder in unserem Fall zur Handhabung eines Fahrtensegelbootes. Hierzu gehören u.a.:

- Körperkräfte und körperliche Beweglichkeit zur sachgemäßen Bedienung der Funktionen,
- Reaktionsgeschwindigkeiten auf sensorische Informationen,
- Geschwindigkeiten bei Bewegungen von einer Arbeitsposition zu einer anderen,
- Auflösungsvermögen von sensorischen Informationen (z.B. Sehen und Hören),
- Reaktionsmuster auf zunehmenden Handlungsdruck bei abnehmendem Handlungsspielraum (Stress),
- etc..

In diesen Fällen interessieren einerseits die konkreten Anforderungen, z.B. an Bord die erforderlichen Kräfte zur Bedienung von Leinen und Schoten oder die verfügbaren Zeiten zur angemessenen Reaktion auf unterschiedliche Anforderungen. Andererseits interessieren die bei älteren männlichen und weiblichen Seglern verfügbaren Fähigkeiten und mögliche - altersabhängige - Schwellen, an denen die Anforderungen die Fähigkeiten übersteigen.

Mit dem vorliegenden Arbeitsbericht sollen Untersuchungen vorbereitet werden, in denen versucht wird, den allgemeinen Einfluss von Fahrtensegel-Törns auf die Fitness-Parameter quantitativ zu bestimmen.

Um mit der geplanten Untersuchung einen ersten Eindruck zu bekommen, ob und ggf. wie intensiv sich Trainingswirkungen des Fahrtensegelns an einer größeren Probandengruppe beobachten lassen, sollen drei besonders wichtige Fitness-Parameter betrachtet werden:

- Die Herz-Kreislauf-Ausdauer, gemessen mit Hilfe von Ruhe- und Belastungs-EKG auf einem Fahrradergometer einschließlich Laktatmessungen,

- die Sensomotorik, insbesondere die Fähigkeit, das Gleichgewicht zu halten, gemessen mit einem einfachen Gleichgewichtstest,
- die Kräfte ausgewählter Muskelgruppen, gemessen durch geeignete dynamische oder isometrische Krafttests.

Nach dem Untersuchungskonzept sollen diese Fitness-Parameter zusammen mit den gesundheitlichen Basisdaten und einer Anamnese pro Proband vor einem geplanten Segeltörn erhoben werden. Anschließend unternimmt der Proband seinen Törn, den er in einem speziellen Logbuch täglich dokumentiert. Kurzfristig nach dem Törn werden die Fitness-Parameter des Probanden erneut gemessen, um Änderungen festzustellen und ggf. mit den Basisdaten und den Törn-Parametern zu korrelieren.

In der vorbereitenden Pilotstudie wurde dieses Verfahren an einem 66-jährigen männlichen Probanden getestet.

Im Einzelnen wurden folgende Daten gemessen:

1. Fahrrad-Ergometrie und Laktatmessung:

Standard-Stufentest mit Leistungssteigerungen von 25 W alle 2 Minuten, Dokumentation der Herzfrequenz und Blutabnahme am Ende jeder Stufe, Testende bei einer Herzfrequenz zwischen 140-150 S/Min.

Messzeitpunkte:

- 6 Tage vor dem Törn,
- 6 Tage nach dem Törn
- 20 Tage nach dem Törn
- 34 Tage nach dem Törn

Die Messung vor dem Törn wurde am ISS der Universität Kiel, die Messungen nach dem Törn am ISS der Universität Bonn durchgeführt.

2. Sensomotorik, Gleichgewichtstest:

Der Test besteht aus dem Ein-Bein-Stand sowohl auf dem linken als auch auf dem rechten Bein, einmal mit offenen, einmal mit geschlossenen Augen jeweils für die Dauer von 30 Sekunden. Gemessen wird pro Testaufgabe die Anzahl der Bodenberührungen mit dem freien Fuß zur Korrektur des Gleichgewichtes.

Die Messungen vor dem Törn wurden am ISS der Universität Kiel, die Messungen nach dem Törn am IBoaT in Bonn durchgeführt.

3. Kraft, Muskelleistung:

Als Index der muskulären Leistungsfähigkeit wurde im Rahmen einer parallel laufenden Studie am IBoaT die Sprungleistung eines einfachen beidbeinigen Sprunges (S2LJ) auf einer Kraftmessplatte gemessen (s. IBoaT-Report 3.2 "Vergleich der Wirkungen von Vibrationstraining und Fahrtensegeln auf die Sprungkraft").

Für diesen Parameter wurden nicht nur Einzelmessungen vor und nach dem Törn sondern Zeitreihen für den Zeitraum 6 Wochen vor dem Törn und 3 Wochen nach dem Törn erhoben.

Für die Hauptuntersuchung wird dieser Parameter durch isometrische Maximalkraftmessungen der Armbeuger und -strecker sowie der Kniebeuger und -strecker ersetzt.

4. Körpergewicht:

Das Körpergewicht gehört zu den medizinischen Basisdaten des Probanden. In der Pilotstudie wurde überprüft, ob sich das Körpergewicht signifikant und dauerhaft durch einen Fahrtensegel-Törn verändert.

5. Randbedingungen der Studie:

Tageshöchsttemperatur:

Im Rahmen der Datenanalysen ergab sich der Verdacht, dass die Ergebnisse einzelner Leistungsmessungen nicht unerheblich durch die aktuelle Tagestemperatur beeinflusst wurden. Um dies zu überprüfen, wurden die von Deutschen Wetterdienst (DWD) über das Internet zur Verfügung gestellten historischen Tabellen der täglichen Wetterdaten ausgewählter Stationen für das Jahr 2006 geladen und für den Zeitraum der Studie ausgewertet.

Eigenschaften des Törns:

Da es sich bei der Pilotuntersuchung um eine Einzelfallstudie handelt, war es nicht möglich, die sportmedizinischen Messergebnisse unmittelbar mit den Törnparametern zu korrelieren.

Da es andererseits sehr wahrscheinlich ist, dass geeignete Törnparameter - z.B. Törndauer, Fahrzeiten, Wetterbedingungen, Eigenschaften des Bootes etc. - Einfluss auf die körperliche Aktivität der Crew und damit auf Trainingseffekte eines Törns haben, wurde während des Test-Törns ein differenziertes Logbuch geführt, aus dem fachlich-intuitiv die voraussichtlich besonders relevanten Parameter für ein geplantes "Probanden-Logbuch" gefiltert werden sollen.

3.4 Thesen und Erwartungswerte

Mit Hilfe von Thesen und Erwartungswerten sollen einerseits die methodischen Ziele der geplanten Untersuchungen präzisiert werden, andererseits sollen durch die Analyse von Daten aus anderen Studien die voraussichtlichen Größenordnungen und die Bandbreiten der zu erwartenden Ergebnisse abgeschätzt werden.

Aus den vorliegenden Untersuchungen zu Trainingswirkungen an Rehabilitanden, Nicht-Sportlern und Senioren boten sich hierzu insbesondere die Arbeiten von Paul Stei über die Auswirkungen eines ausdauer- und kraftorientierten Trainings während eines 3-wöchigen stationären Heilverfahrens bei Patienten mit einem chronisch degenerativen Wirbelsäulensyndrom (Stei 2001) und von Urs Granacher über die Auswirkungen von kraft- und sensomotorischem Training auf gesunde Probanden im Alter von 60 bis 80 Jahren (Granacher 2003) als Referenzuntersuchungen an, deren Trainingskonzepte sich gut auf die hypothetischen Trainingsimpulse eines Fahrtensegeltörns abbilden lassen.

3.4.1 Thesen

These 1:

Längere, mehrwöchige Fahrtensegel-Törns haben eine gesundheitsfördernde, messbar positive Wirkung auf die Fitness-Parameter des Probanden.

These 2:

Fahrtensegeln ist hinsichtlich der Fitness-Parameter ein körperliches Training. Die Trainingswirkungen entsprechen der oben dargestellten Trainingsfunktion:

- Die Trainingswirkung hat pro Fitness-Parameter einen von der Trainingsintensität abhängigen maximalen Grenzwert und eine die Veränderungsrate bestimmende Zeitkonstante.
- Die Trainingswirkung pro Zeiteinheit ist um so größer,
 - je geringer die Fitness des Probanden zu Beginn des Trainings,
 - je höher die Trainingsintensität und je kleiner die Parameter-abhängige Zeitkonstante ist.

These 3:

Die Trainingswirkung eines Fahrtensegel-Törns beruht primär auf den besonderen, typischen körperlichen und sensomotorischen Anforderungen an die Crew während des Törns. Die Intensität der Trainingswirkung auf die Fitness-

Parameter wird dabei maßgeblich durch die Eigenschaften des Bootes und des Törns beeinflusst.

3.4.2 Design der Referenzuntersuchungen

Die ausgewählten beiden Referenzuntersuchungen enthalten je 2 Trainingsstudien, deren wichtigste Designparameter in den folgenden Tabellen zusammengefasst sind.

Paul Stein: Ausdauer- und kraftorientiertes Training, München 2001

Bezeichnung der Studie	Studie PS-1: Ergometertraining
Art der Probanden	männliche Patienten einer Rehabilitationsklinik mit unspezifischer chronischer Wirbelsäulenerkrankung ohne Begleiterkrankungen
Altersgruppe	40 - 60 Jahre, Mittelwert: 49 Jahre
Anzahl der Probanden	20 zuzüglich Kontrollgruppe
Art des Trainings	Ergometertraining auf einem Fahrradergometer
Dauer des Trainings	3 Wochen, an 3 Tagen pro Woche, 1. Woche: 20 min., 2. Woche: 25 min., 3. Woche: 30 min.
Intensität des Trainings	individuell anhand einer Laktat-Herzfrequenzkurve: Laktatspiegel: 2 - 3 mmol/l, kontrolliert über die Herzfrequenz
Messtechnik	Fahrradergometrischer Stufentest Isokinetische Muskelkraftmessung

Bezeichnung der Studie	Studie PS-2: Sequenz-Training
Art der Probanden	männliche Patienten einer Rehabilitationsklinik mit unspezifischer chronischer Wirbelsäulenerkrankung ohne Begleiterkrankungen
Altersgruppe	40 - 60 Jahre, Mittelwert: 49 Jahre
Anzahl der Probanden	20 zuzüglich Kontrollgruppe
Art des Trainings	Sequenz-Training: Beinpresse, Druck nach unten, Rückentrainer, Zug nach unten, Abdominaltrainer
Dauer des Trainings	3 Wochen, an 3 Tagen pro Woche, 30-50 min., 1. Woche: 4 Serien, 2. Woche: 6 Serien, 3. Woche: 8 Serien
Intensität des Trainings	individuell, 30-40% der rechnerischen Maximalkraft ("Repetition counting"), 5 Wiederholungen pro Serie

Messtechnik	Fahrradergometrischer Stufentest Isokinetische Muskelkraftmessung
-------------	--

Urs Granacher: Kraft- und sensomotorisches Training, Freiburg 2003

Bezeichnung der Studie	Studie UG-1: Krafttraining
Art der Probanden	männliche gesunde Probanden
Altersgruppe	60 - 80 Jahre
Anzahl der Probanden	20 zuzüglich Kontrollgruppe
Art des Trainings	Kräftigung der Muskulatur der unteren Extremitäten: Beinextensoren, Beinpresse, Bein-Curl, Wadentrainer, Seilzug
Dauer des Trainings	12 Wochen, an 3 Tagen pro Woche, je ca. 45 min. zuzügl. Aufwärmen und Entwärmen
Intensität des Trainings	individuell: 80% der individuellen rechnerischen Maximalkraft ("three-repetition-maximum")
Messtechnik	Biomechanische Tests (u.a. Beinkraftmessgerät), Motorische Tests (Functional-Reach, Tandem-Walk)

Bezeichnung der Studie	Studie UG-2: Sensomotorik-Training
Art der Probanden	männliche gesunde Probanden
Altersgruppe	60 - 80 Jahre
Anzahl der Probanden	20 zuzüglich Kontrollgruppe
Art des Trainings	Training auf instabilen Unterlagen (Airex-Matten, Therapie-Kreisel, Kippbrettchen)
Dauer des Trainings	12 Wochen, an 3 Tagen pro Woche, je ca. 45 min. zuzügl. Aufwärmen und Entwärmen
Intensität des Trainings	progressive Belastungssteigerung
Messtechnik	Biomechanische Tests (u.a. Beinkraftmessgerät), Motorische Tests (Functional-Reach, Tandem-Walk)

3.4.3 Erwartungswerte "Ausdauer"

Stei untersucht in den beiden Studien seiner Untersuchung ausdrücklich Ausdauer-Parameter vor und nach dem 3-wöchigen Training.

Die Trainingsintensität kann für das Ergometertraining knapp oberhalb der 2 mmol/l Laktatschwelle als "leichtes Ausdauertraining", bei dem Muskeltraining des Sequenz-Trainings bei 30-40% der Maximalkraft als "moderates Rehabilitationstraining" klassifiziert werden.

Die folgenden Graphiken und Daten aus seiner Untersuchung zeigen für wichtige Ausdauer-Parameter bei beiden Trainingsarten deutliche Verbesserungen der Leistungs-Parameter.

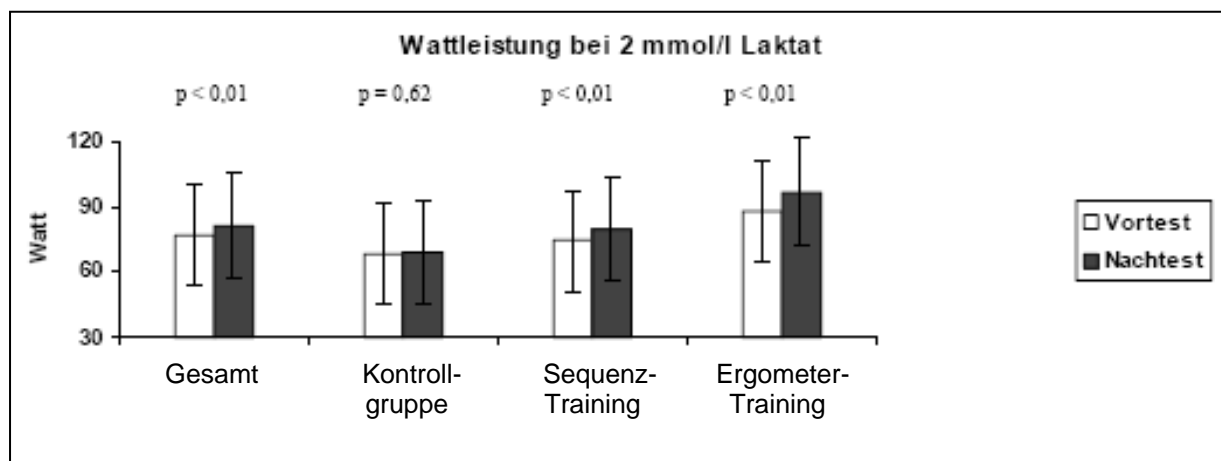


Abb. 3.4-1: Veränderung des Ausdauer-Parameters "Wattleistung bei 2 mmol/l Laktat" durch ein 3-wöchiges Training

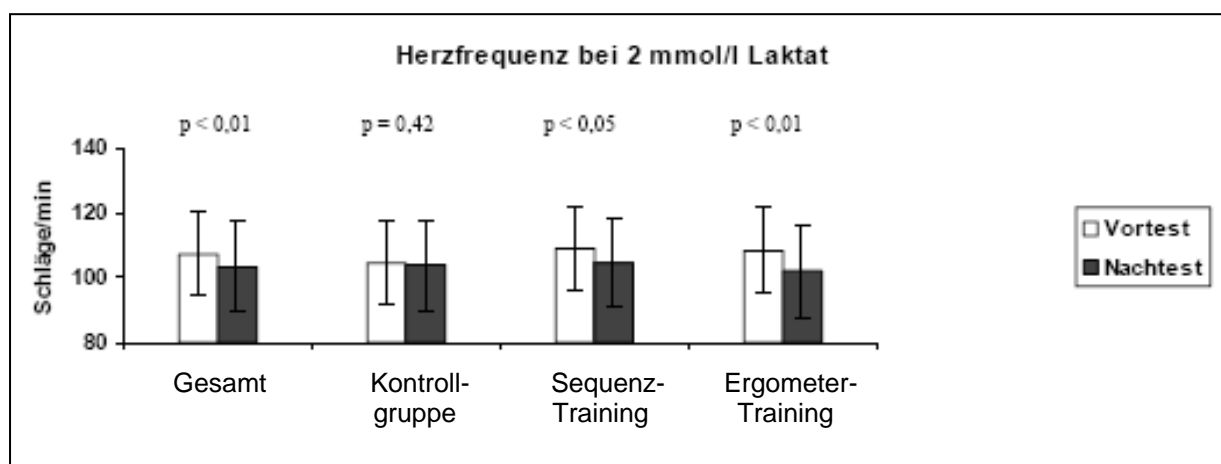


Abb. 3.4-2: Veränderung des Ausdauer-Parameters "Herzfrequenz bei 2 mmol/l Laktat" durch ein 3-wöchiges Training

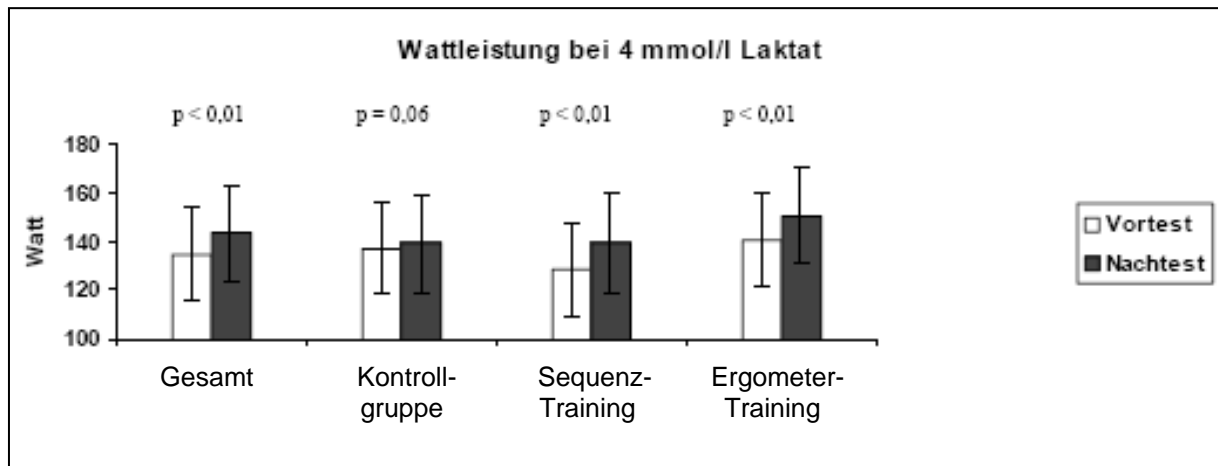


Abb. 3.4-3: Veränderung des Ausdauer-Parameters "Wattleistung bei 4 mmol/l Laktat" durch ein 3-wöchiges Training

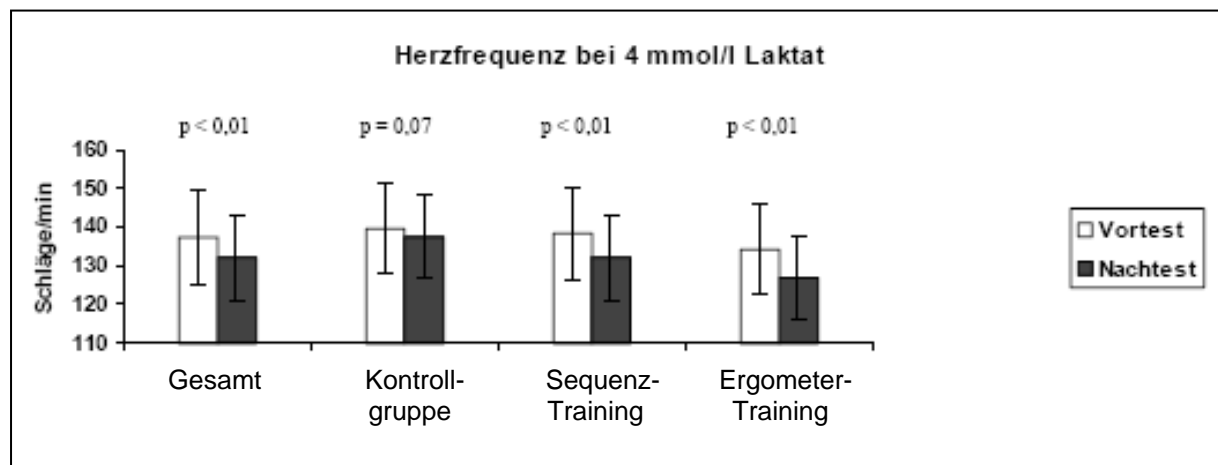


Abb. 3.4-4: Veränderung des Ausdauer-Parameters "Herzfrequenz bei 4 mmol/l Laktat" durch ein 3-wöchiges Training

(Abb. 3.4-1 bis 3.4-4 Quelle: Stei 2001)

Die folgende Tabelle fasst die Veränderungen für die Gesamtgruppe (alle Teilnehmer aus den beiden Studien und der Kontrollgruppe) zusammen (Quelle: Stei 2001); dargestellt werden die statistischen Mittelwerte und die Standardabweichungen:

		Mittelwert vor dem Training	Mittelwert nach dem Training	Differenz
bei 2 mmol/l Laktat	Wattleistung (W)	76,7 ±23,2	82,4 ±24,1	+4,7 ±7,8
	Herzfrequenz (S/min.)	107,4 ±13,3	103,7 ±12,0	-3,8 ±6,9
bei 3 mmol/l Laktat	Wattleistung (W)	111,5 ±20,1	118,5 ±21,8	7,0 ±7,7
	Herzfrequenz (S/min.)	124,6 ±12,7	120,7 ±10,9	3,9 ±7,0
bei 4 mmol/l Laktat	Wattleistung (W)	134,8 ±20,2	143,0 ±21,2	+8,2 ±6,6
	Herzfrequenz (S/min)	137,6 ±12,2	132,3 ±12,0	-5,3 ±5,2

Die Verbesserungen der Ausdauer durch das 3-wöchige Training sind bei beiden Trainingsarten etwa vergleichbar, wie zu erwarten (noch) nicht sehr groß, aber im Vergleich zur Kontrollgruppe hoch signifikant.

Ein spezielles messtechnisches Problem - vor allem für Einzeluntersuchungen - zeigt die statistische Betrachtung der Differenzen: Die Standardabweichungen der Differenzen haben durchgehend die gleiche Größenordnung wie die Differenzen selbst, so dass im Einzelfall auch Verringerungen der gemessenen Leistung nach dem Training auftraten.

Ob es sich hierbei einfach nur um die natürliche Variabilität biologischer Parameter handelt, die im Einzelfall auch größer als die durch Intervention erreichte Anpassung sein könnte, oder ob Genauigkeitstoleranzen der fahrradergometrischen Messtechnik bei der Bestimmung kleiner Leistungsdifferenzen beachtet werden müssen, oder ob Randbedingungen und externe Störgrößen, z.B. Tagesklima, individuelle Disposition, Ungenauigkeiten und Toleranzen bei der Bedienung der Messgeräte und der Durchführungsregeln die Messungen beeinflusst haben, lässt sich an dieser Stelle nicht feststellen, diese grundlegende Beobachtung sollte aber bei den Feldstudien berücksichtigt werden.

Zusammenfassend zeigt die folgende Graphik die Verschiebung der mittleren Laktat-Herzfrequenz-Kurve durch das 3-wöchige Training mit der Probandengruppe im Alter zwischen 40 und 60 Jahren.

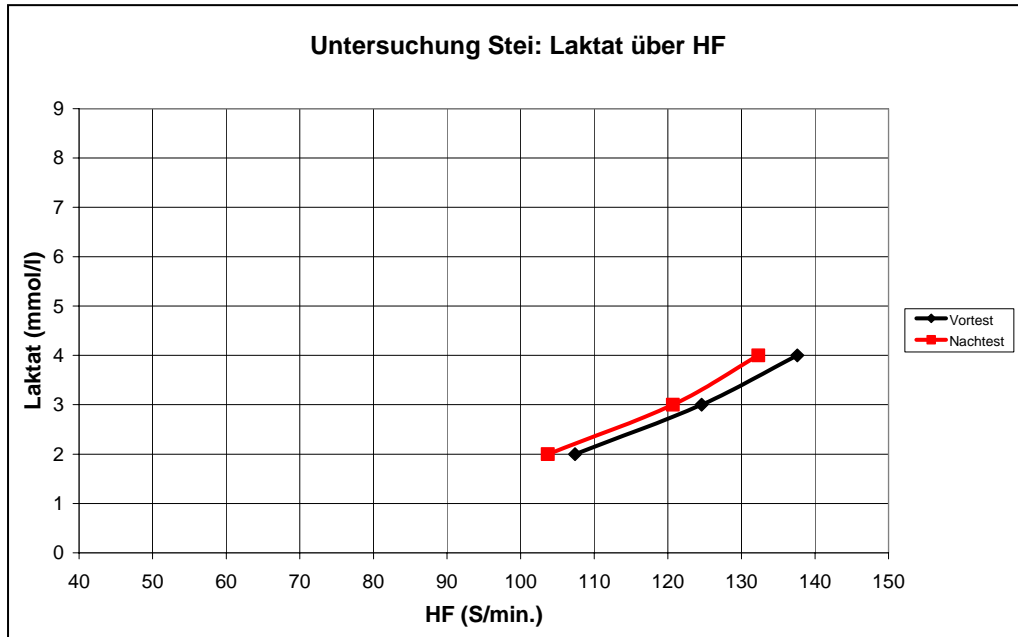


Abb. 3.4-5: Veränderung der Laktat-Herzfrequenz-Kurve durch ein 3-wöchiges Training mit einer Probandengruppe im Alter von 40 - 60 Jahren

Im Vergleich hierzu die im Rahmen der Pilotstudie vor dem Törn in Kiel gemessenen Leistungsdaten des 66-jährigen Probanden:

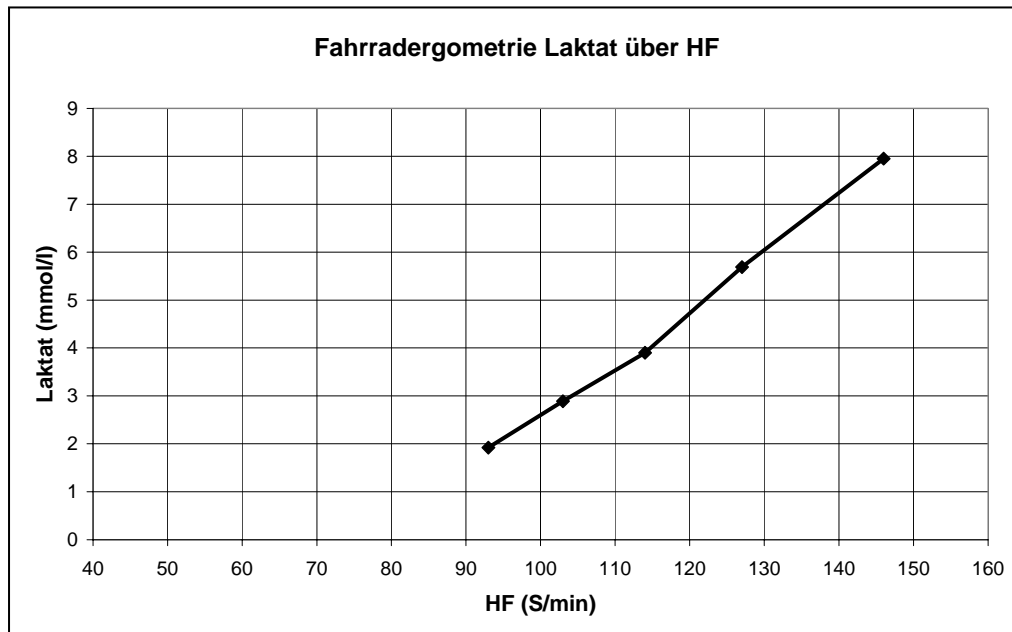


Abb. 3.4-6: Pilotstudie, Fahrradergometrie: Laktat über Herzfrequenz des 66-jährigen Probanden

Leistungsdaten des Probanden:

Laktat (mmol/l)	Wattleistung (W)	Herzfrequenz (S/min.)
2	50	95
3	75	105
4	100	115

Die Daten zeigen, dass für diesen Probanden der von Stei gewählte Trainingsbereich von 2-3 mmol/l Laktat im Herzfrequenzbereich von 95-105 S/min. liegt.

Die Ergebnisse der Studie "Langzeitmessung Herz-Kreislaufbelastung Fahrtensegeln und Alltagsaktivitäten" (IBoaT-Report 3.1, Mell 2005) mit dem gleichen Probanden lassen darauf schließen, dass dieses Belastungsniveau beim Fahrtensegeln insbesondere für das Segeln auf langen Schlägen, aber z.B. auch für Landgänge typisch ist.

Geht man von einer näherungsweise linear-kontinuierlichen Verbesserung der Ausdauerleistung während eines relativ kurzzeitigen Trainings aus, so können für ein leichtes Ausdauer-Training bei Messungen an der 4 mmol/l Laktatschwelle

Veränderungen der Wattleistung pro Woche von 0,5 bis 5 Watt
 Veränderungen der Herzfrequenz pro Woche von 0 bis -3,5 S/min.

erwartet werden.

3.4.4 Erwartungswerte "Kraft"

Für die Abschätzung der zu erwartenden Veränderungen der Kraft-Parameter für die unteren Extremitäten durch ein moderates Training sollen die Ergebnisse der Untersuchungen von Stei (2001) und Granacher (2003) sowie Daten der eigenen Pilotstudie 2006 (s. IBoaT-Report 3.2) herangezogen werden.

Stei hat in seiner Untersuchung (s. Kap. 3.4.2) als Parameter der Muskelkraft die maximalen Drehmomente (DMM) der Knie-Extensoren und -Flexoren beider Seiten gemessen:

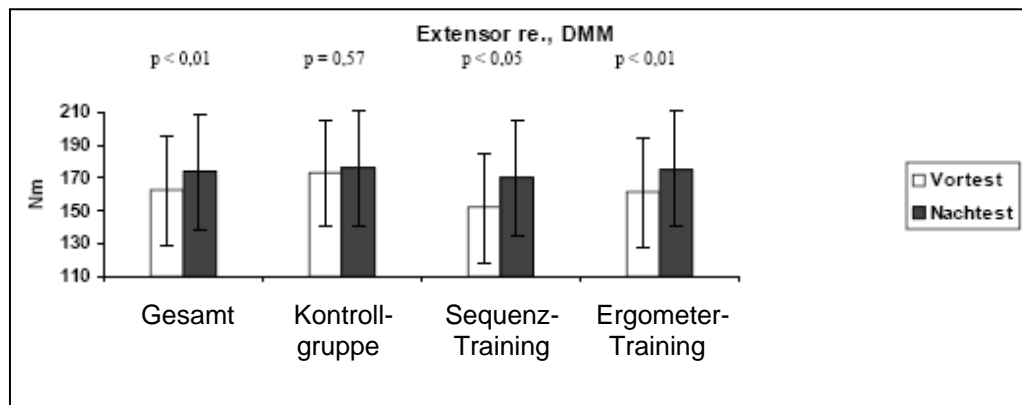


Abb. 3.4-7: Veränderung des Kraft-Parameters "Extensor re., DMM" durch ein 3-wöchiges Training

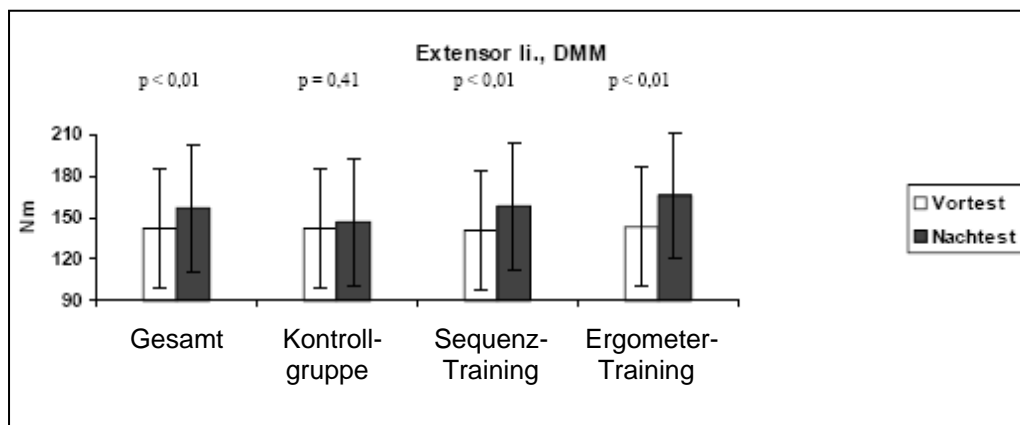


Abb. 3.4-8: Veränderung des Kraft-Parameters "Extensor li., DMM" durch ein 3-wöchiges Training

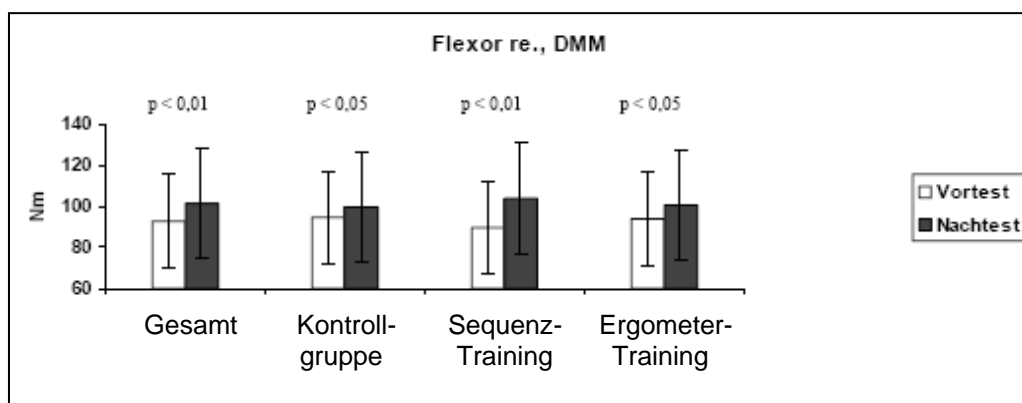


Abb. 3.4-9: Veränderung des Kraft-Parameters "Flexor re., DMM" durch ein 3-wöchiges Training

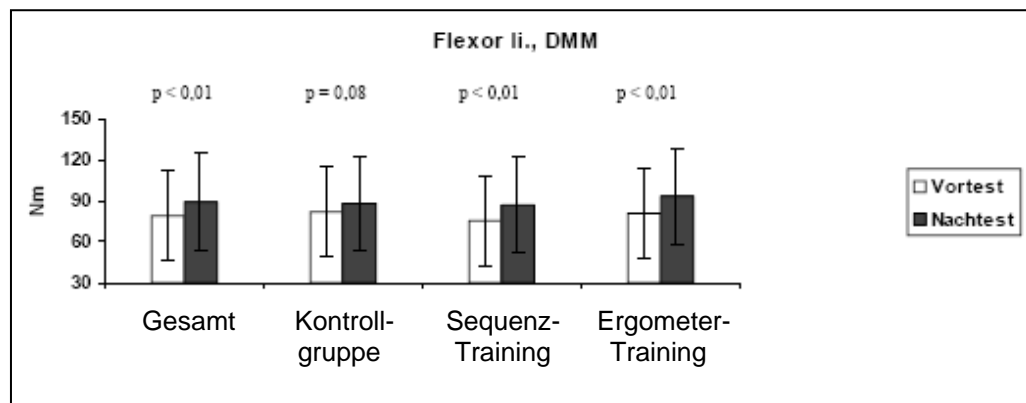


Abb. 3.4-10: Veränderung des Kraft-Parameters "Flexor li., DMM" durch ein 3-wöchiges Training

(Abb. 3.4-7 bis 3.4-10 Quelle: Stei 2001)

Die folgende Tabelle fasst die Veränderungen für die Gesamtgruppe (alle Teilnehmer aus den beiden Studien und der Kontrollgruppe) zusammen (Quelle: Stei 2001); dargestellt werden die statistischen Mittelwerte und die Standardabweichungen:

	maximales Drehmoment (Nm)		
	Mittelwert vor dem Training	Mittelwert nach dem Training	Differenz
Extensoren rechts	162,3 ±34,4	173,8 ±35,3	12,7 ±18,9 (ca. 8 %)
Extensoren links	142,0 ±44,0	156,5 ±46,1	14,5 ±21,4 (ca. 10 %)
Flexoren rechts	92,7 ±24,0	101,2 ± 27,5	10,5 ±12,6 (ca. 11 %)
Flexoren links	79,1 ±10,1	89,2 ±25,9	10,1 ±13,1 (ca. 13 %)

Auch für die Kraft-Parameter sind die Verbesserungen durch das 3-wöchige Training im Vergleich zur Kontrollgruppe statistisch hoch signifikant, es bleibt aber die Problematik der individuellen Varianzen, die sich aus den hohen Standardabweichungen der Differenzen ergibt.

Als Größenordnung der Veränderungen durch ein moderates Training können nach diesen Daten pro Woche Training folgende Verbesserung des maximalen Drehmomentes erwartet werden:

Knie-Extensoren:

Veränderung des Drehmomentes pro Woche um ca. 4 Nm (ca. 3 %)

Knie-Flexoren:

Veränderung des Drehmomentes pro Woche um ca. 3 Nm (ca. 4 %).

Granacher (Granacher 2003) hat in seiner Untersuchung der Wirkungen von 12-wöchigem Training mit unterschiedlichen Trainingsarten und Probanden im Alter zwischen 60 und 80 Jahren als Kraft-Parameter einerseits die Maximalkraft bei bilateraler isometrischer Kontraktion der Beinextensoren, andererseits die so genannte Explosivkraft (Granacher 2005), die größte Steigung im Kraft-Zeit-Verlauf dieses Parameters gemessen.

Die Probanden waren auf drei Gruppen aufgeteilt:

- Die Gruppe KRAFT trainierte an 3 Tagen pro Woche je 45 Minuten die Muskulatur der unteren Extremitäten mit den dafür typischen Geräten (Beinextensoren, Beinpresse, Bein-Curl, Wadentrainer etc.) bei etwa 80% der individuellen Maximalkraft.
- Die Gruppe SENSO trainierte mit dem gleichen Zeitaufwand mit sensomotorischen Übungen das Gleichgewicht auf instabilen Unterlagen (Therapie-Kreisel, Kippbrettchen etc.).
- Die Gruppe KON war die Kontrollgruppe ohne Training.

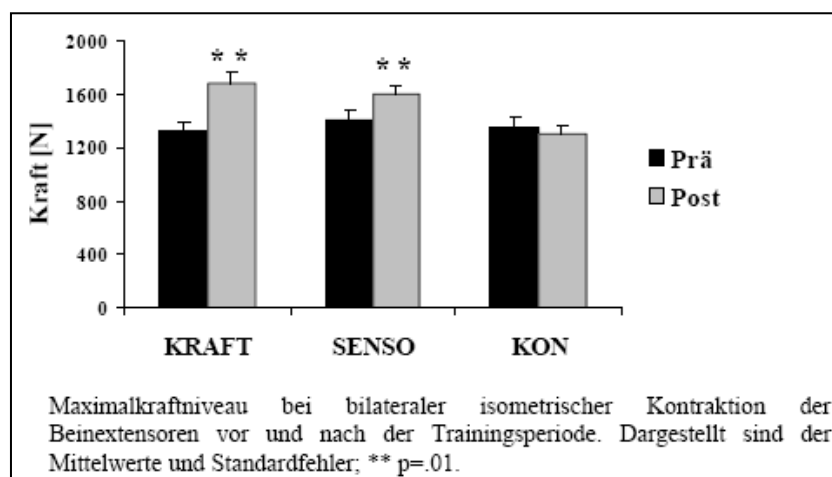


Abb. 3.4-11: Veränderung des Kraft-Parameters "Maximalkraft der Beinextensoren" durch ein 12-wöchiges Training

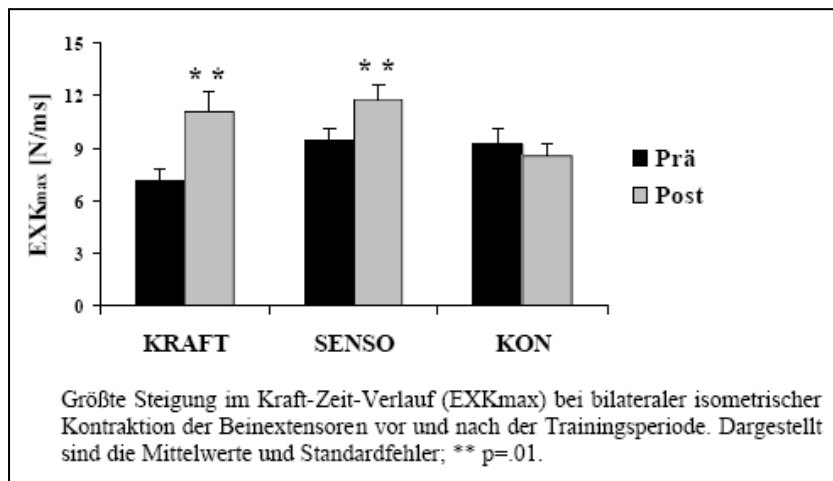


Abb. 3.4-12: Veränderung des Kraft-Parameters "Explosivkraft der Beinextensoren" durch ein 12-wöchiges Training

(Abb. 3.4-11 bis 3.4-12 Quelle: Granacher 2003)

Die Ergebnisse in Zahlen:

		vor dem Training	nach dem Training	Differenz
Maximalkraft	Krafttraining	1.325 ±291 N	1.685 ±355 N	+ 27 %
Maximalkraft	Senso-Training	1.414 ±283 N	1.600 ±284 N	+ 13 %
Explosivkraft	Krafttraining	7,13 ±3 N/ms	11,1 ±5,2 N/ms	+ 56 %
Explosivkraft	Senso-Training	9,43 ±3,2 N/ms	11,8 ±3,8 N/ms	+ 25 %

Granacher beobachtete bei beiden Gruppen eine hochsignifikante Verbesserung der Leistungsdaten, wobei weniger die guten Ergebnisse des Krafttrainings als vielmehr die beachtlichen Verbesserungen der Beinkräfte durch das Sensomotorik-Training beeindruckten.

Wird für dieses 12-wöchige Training wieder eine angenähert linear-kontinuierliche Trainingswirkung angenommen, dann ergeben sich folgende Erwartungswerte pro Woche:

- Veränderung der Maximalkraft pro Woche um ca. 15 bis 30 N (1 bis 2 %)
- Veränderung der Explosivkraft pro Woche um ca. 0,2 bis 0,3 N/ms (2 bis 4 %)

Im Rahmen der Pilotstudie 2006 wurde von IBoAT an einem 66-jährigen Probanden die Veränderung der relativen Sprungleistung - gemessen auf einer Leonardo™-Sprungmessplatte - untersucht, zunächst während eines 6-wöchigen Muskel-stimulierenden Trainings auf einer Galileo™-Vibrationsplatte, anschließend nach einem 3-wöchigen Fahrtensegeltörn und abschließend während einer 3-wöchigen Ruhephase ohne Training (s. IBoAT-Report 3.2).

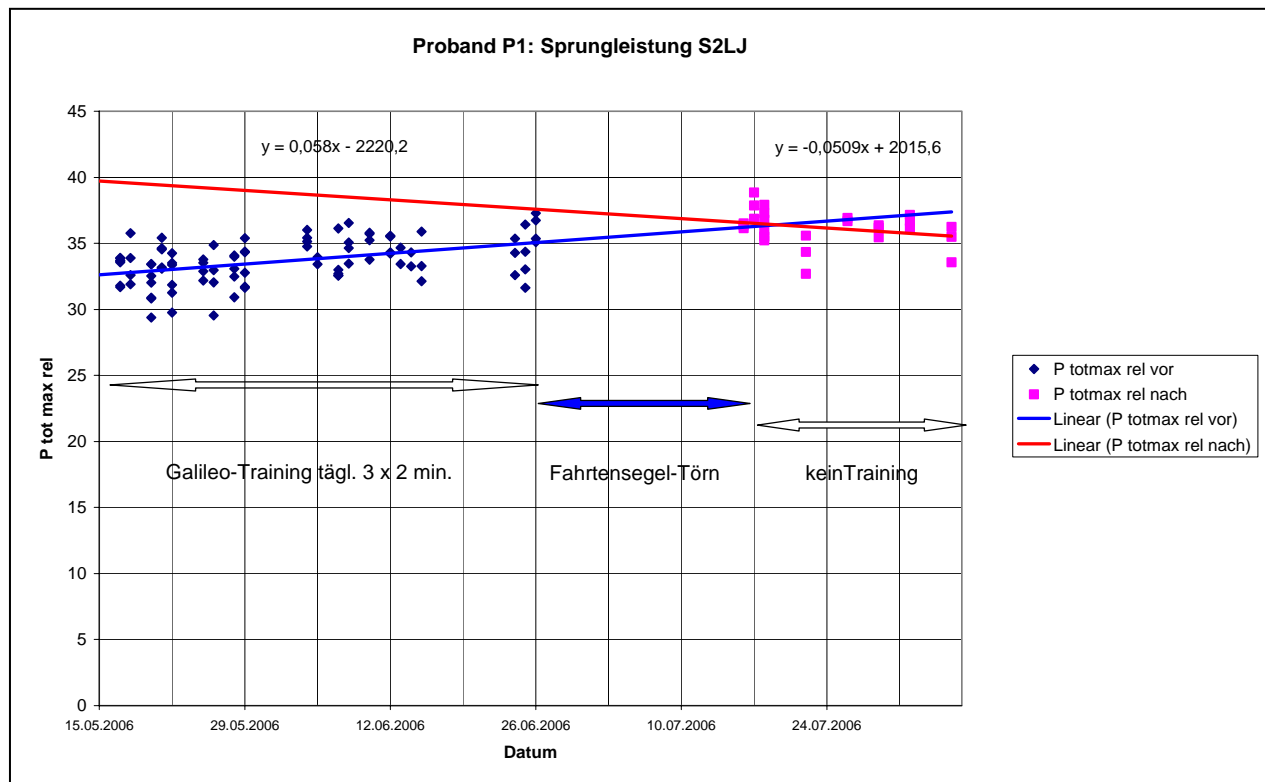


Abb. 3.4-13: Pilotstudie: Veränderung der relativen Sprungleistung durch Vibrationstraining, einen Segeltörn und Null-Training

Daten des Probanden:

mittlere Sprungleistung zu Beginn des Trainings	32,5 W/kg
Steigerungsrate durch das Vibrationstraining	0,058 W/kg / Tag

Die Untersuchung ergab einerseits eine deutliche Verbesserung der Sprungleistung durch das Vibrationstraining, andererseits eine etwa gleich große Leistungssteigerungsrate während des Törns, die als Trainingswirkung durch den Törn interpretiert werden kann.

Der Erwartungswert pro Woche hat bei dieser Untersuchung die Größenordnung:

Veränderung der relativen Sprungleistung
pro Woche um ca. 0,4 W/kg (ca. 1 %).

3.4.5 Erwartungswerte "Gleichgewichtsfähigkeit"

Granacher hat in seiner Untersuchung u.a. die Auswirkungen des Trainings auf das Gleichgewichtsvermögen mit Hilfe von zwei gebräuchlichen Gleichgewichtstests gemessen:

- Statisches Gleichgewichtsvermögen: Functional-Reach-Test,
- dynamisches Gleichgewichtsvermögen: Tandem-Walk-Test vorwärts und rückwärts.

Die folgenden Graphiken und die Tabelle zeigen seine Ergebnisse für das 12-wöchige Training:

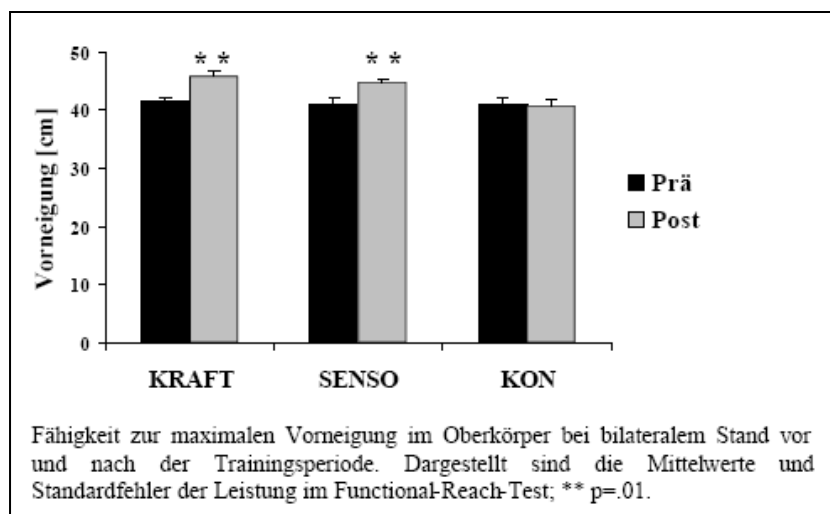


Abb. 3.4-14: Veränderung des Gleichgewicht-Parameters "Functional-Reach-Test" durch ein 12-wöchiges Training

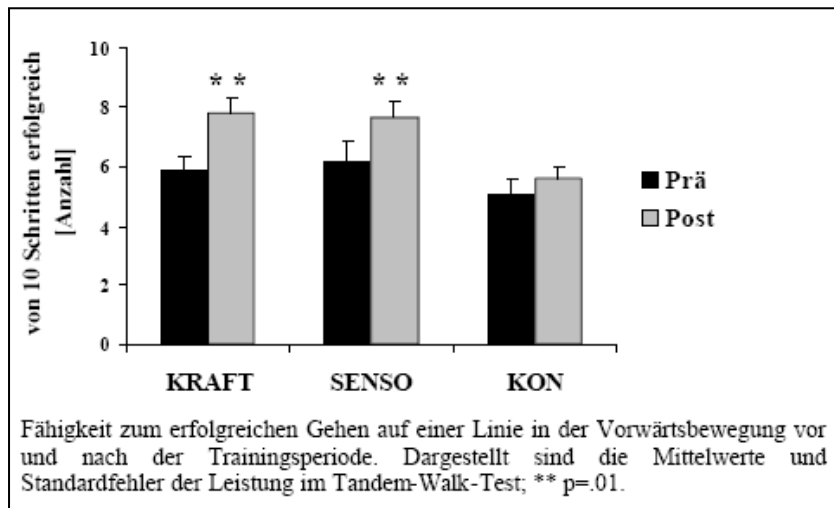


Abb. 3.4-15: Veränderung des Gleichgewicht-Parameters "Tandem-Walk-Test vorwärts" durch ein 12-wöchiges Training

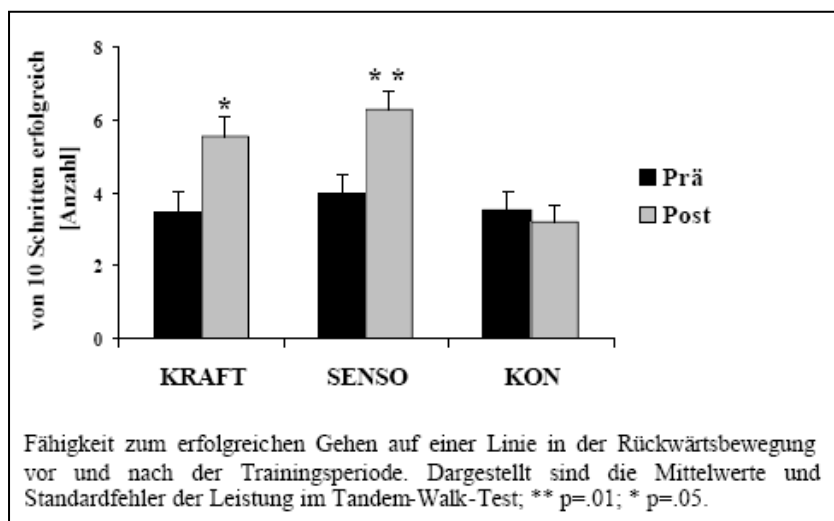


Abb. 3.4-16: Veränderung des Gleichgewicht-Parameters "Tandem-Walk-Test rückwärts" durch ein 12-wöchiges Training

(Abb. 3.4-14 bis 3.4-16 Quelle: Granacher 2003)

Die Ergebnisse in Zahlen:

		vor dem Training	nach dem Training	Differenz
Functional-Reach-Test	Krafttraining	41,5 ±0,8 cm	46,0 ±0,9 cm	+ 11 %
	Senso-Training	41,0 ±1,1 cm	44,8 ±0,8 cm	+ 9 %

Tandem-Walk-Test vorwärts	Krafttraining	5,9 ±0,5 Schritte	7,8 ±0,5 Schritte	+ 33 %
	Senso-Training	6,2 ±0,6 Schritte	7,7 ±0,5 Schritte	+ 24 %
Tandem-Walk-Test rückwärts	Krafttraining	3,5 ±0,6 Schritte	5,6 ±0,5 Schritte	+ 61 %
	Senso-Training	4,0 ±0,5 Schritte	6,3 ±0,5 Schritte	+ 57 %

Die Ergebnisse zeigen einerseits die deutliche Wirksamkeit des 12-wöchigen Trainings. Andererseits zeigen die Zahlenwerte und die Skalierung, dass diese Tests für die Messung von Veränderungen in kürzeren Trainingsphasen wenig geeignet sind:

- Beim Functional-Reach-Test wurde nach 12 Wochen Training eine Veränderung von 4-5 cm beobachtet. Dies entspricht einer mittleren Veränderung pro Woche um 0,3-0,4 cm, ein Erwartungswert der in Anbetracht der Messmethode unterhalb der Messgenauigkeit liegt.
- Beim Tandem-Walk-Test wurde nach dem 12-wöchigen Training eine Veränderung um rund 2 Schritte beobachtet, was darauf schließen lässt, dass bei deutlich kürzerem Training sich mit diesem Test Veränderungen nicht mehr verlässlich feststellen lassen.

Abgesehen von der Problematik einer geeigneten Messtechnik bleibt allerdings die Beobachtung, dass sich in dem Trainingsprogramm von Granacher das statische Gleichgewichtsvermögen der Probanden im Mittel pro Woche um 1 %, das dynamische Gleichgewichtsvermögen im Mittel pro Woche um bis zu 5 % verändert hat.

3.4.6 Erwartungswerte "Körpergewicht"

Die Körpergewichte der Probanden vor und nach den Trainingsphasen gehören zu den Basisdaten sportmedizinischer Untersuchungsdesigns.

Untersuchung	Anz. Probanden	Dauer des Trainings	Körpergewicht (kg)		
			Mittelwert vor dem Training	Mittelwert nach dem Training	Differenz
Stei	60	3 Wochen	85,1 ±12,8	83,5 ±11,5	-1,6 ±2,3
Granacher					
KRAFT	20	12 Wochen	76,8	76,5	-0,3
SENSO	20	12 Wochen	77,2	76,4	-0,8
Pilotstudie	1	3 Wochen	82	80	-2

Die Daten lassen darauf schließen, dass bei einem bewegungs-orientierten Training eine

Verringerung des Körpergewichtes
pro Woche um ca. bis zu 0,5 kg (0,6 %)

erwartet werden kann.

3.5 Messgenauigkeit, Reproduzierbarkeit

Die dargestellten, auf ein Training von 1 Woche zurückgerechneten Erwartungswerte der Leistungsdaten zeigen, dass die Differenzen "vorher - nachher" bei kurzen Trainingsphasen in der Größenordnung von nur wenigen Prozent liegen.

Diese Veränderungen sind einerseits - im Vergleich mit der altersabhängigen Degression der zugehörigen Normdaten - von erheblicher Bedeutung für die persönliche Fitness. Bei dem dargestellten Training der Sprungleistung würde z.B. ein Training von 3 Wochen die Leistung um rund 3 % verbessern und den Probanden in Bezug auf die Normdaten hinsichtlich seiner einschlägigen Fitness um 2 Jahre jünger machen.

Andererseits ergeben sich bei diesen kleinen Differenzen erhebliche Probleme bei der messtechnischen Erfassung von Trainingswirkungen weniger Wochen.

Aus den Messergebnissen der Sprungleistung (s. Abb. 3.4-13) ergibt sich z.B. eine Abweichung bei mehreren nacheinander durchgeführten Messungen von im Mittel rund ±5 % mit Maximalabweichungen bis zu ±10 % vom Mittelwert.

Die Ursachen hierfür liegen sowohl in der individuellen Varianz bei der Reproduktion der Erbringung von körperlichen Leistungen durch die Probanden, abhängig von Disposition, Konzentration, Motivation etc.. Sie liegen aber auch in der Sensibilität einiger Messgeräte / Messmethoden gegenüber Ungenauig-

keiten bei der Einstellung von Parametern (z.B. Leistungen auf dem Fahrradergometer) oder der Einhaltung von Verfahrensvorschriften (z.B. Dauer der Leistungsstufen auf dem Fahrradergometer).

Wirksame Methoden im Umgang mit dieser Art variierender Daten sind die Bildung von Mittelwerten über ausreichend große Datenmengen oder die Berechnung von Trendlinien bei Zeitreihen.

Bei der Bildung von Mittelwerten ist darauf zu achten, dass die Messwerte zuvor auf ihre Vergleichbarkeit geprüft und bei Bedarf normiert / transformiert werden. Sinnvolle Normierungen betreffen im vorliegenden Fall z.B. das Alter oder das Geschlecht der Probanden (über entsprechende Normdaten) und die Dauer bzw. die Intensität des Trainings (z.B. aus den Eigenschaften des Törns).

Eine wirkungsvolle Methode zur Kontrolle individueller Veränderungen durch ein gezieltes Training (z.B. einen Törn) ist die längerfristige vorher-nachher Überprüfung der Leistungsdaten durch Zeitreihen. Hierzu sollten sowohl vor als auch nach dem Training mindestens 3-5 Leistungsmessungen, z.B. im wöchentlichen oder monatlichen Abstand, durchgeführt werden. Der Vergleich der Vorher- mit der Nachher-Trendlinie ermöglicht eine deutlich präzisere Bestimmung der Trainingswirkungen, als einfache Vorher-/Nachher-Messungen.

3.6 Randbedingungen

Aus den Beobachtungen der Pilotstudie ergeben sich zwei Bereiche von Randbedingungen, die während der Feldstudie kontrolliert werden sollten.

3.6.1 Tagestemperatur

Es ist sportmedizinisch bekannt, dass bei hohen Außentemperaturen mit abnehmender Differenz zwischen Körper- und Umgebungstemperatur die Ableitung der im Körper bei der Energieerzeugung entstehenden Wärme behindert wird und die Leistungsfähigkeit des Körpers sinkt (s. Quellen).

Diese Leistungsminderung basiert vermutlich auf einer aus thermodynamischen Gründen verringerten Energieversorgung bei unverändertem Trainingszustand der Muskulatur und sollte nach einem dauerhaften Absinken der Umgebungstemperatur und einer mehrtägigen Anpassungszeit wieder verschwinden.

Aus den vorliegenden Untersuchungen zur Thermoregulation (s. Quellen) ergibt sich die Vermutung, dass Außentemperaturen ab ca. 28-30 °C spürbaren Einfluss auf die körperliche Leistung haben.

Die folgende Abbildung zeigt als Beispiel die Entwicklung der Tageshöchsttemperaturen (für Düsseldorf, Quelle: DWD) während des Verlaufes der Pilotstudie. Die rote Kurve beschreibt den gleitenden Mittelwert über 3 Tage, d.h. den Mittelwert der Höchsttemperaturen "heute", "gestern" und "vorgestern" als Index des physiologisch wahrgenommenen aktuellen Klimas.

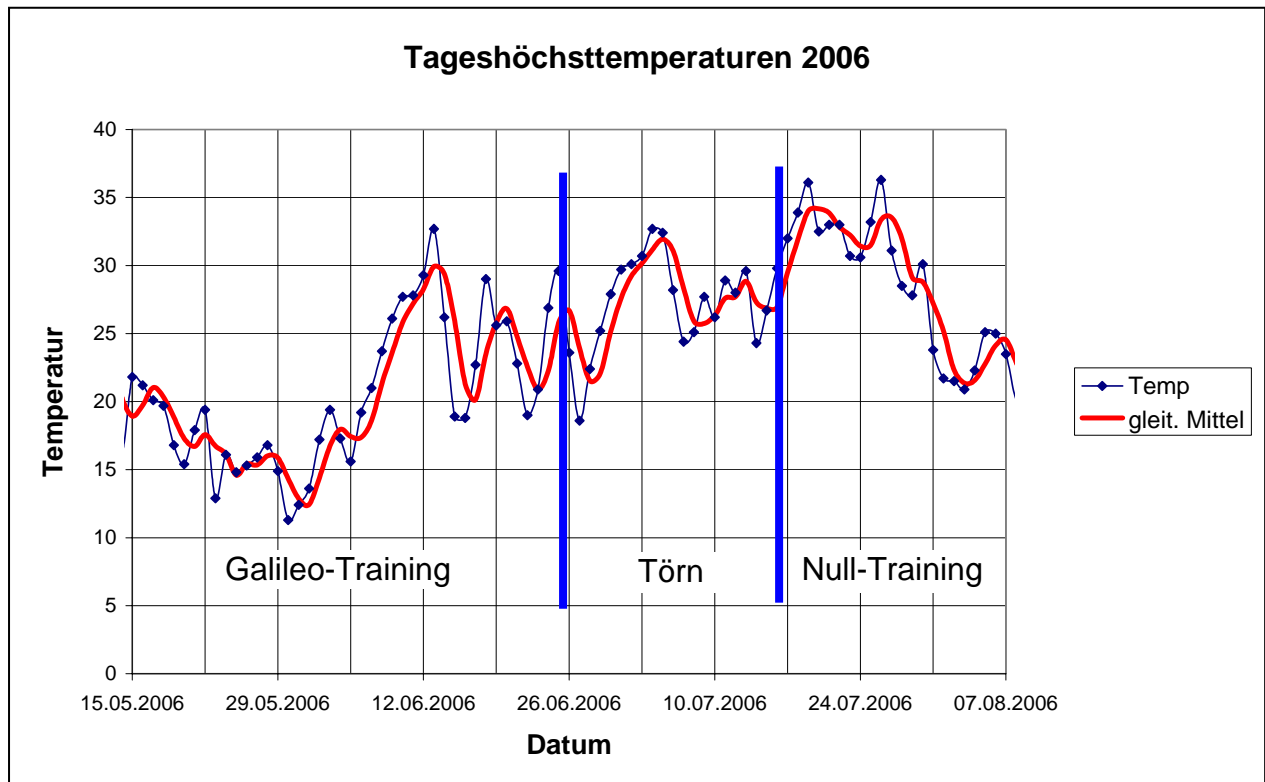


Abb. 3.6-1: Tageshöchsttemperaturen während der Pilotstudie 2006

Die Temperaturkurven zeigen, dass mit Beginn der Null-Trainings-Phase die Tageshöchsttemperaturen sprunghaft von im Mittel 27 °C für knapp zwei Wochen auf Werte um 35 °C anstiegen. Aus den vorliegenden Daten lässt sich zwar noch kein signifikanter Zusammenhang zwischen den gemessenen Leistungen und den Tagestemperaturen ableiten, es wird aber empfohlen, diesen möglichen Einfluss-Parameter zu beobachten.

3.6.2 Eigenschaften von Boot und Törn

Die folgenden Daten beziehen sich auf den Törn der Pilotstudie

Das Boot

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

Die Crew und der Törn

Der Törn bestand aus zwei Abschnitten:

Teil 1 (s. Abb. 3.6-2):

Zeitraum	27.6.2006 - 8.7.2006
Crew	Proband, m, 66 Jahre Ehefrau, w, 62 Jahre
Anzahl Tage	12 Tage
Anzahl sm	95 sm
Törngebiet	Niederlande: Süd-Friesland Ijsselmeer Markermeer

Teil 2 (s. Abb. 3.6-3):

Zeitraum	9.7.2006 - 15.7.2006
----------	----------------------

Crew	Proband, m, 66 Jahre Crewmitglied, m, 37 Jahre
Anzahl Tage	7 Tage
Anzahl sm	117 sm
Törngebiet	Niederlande: Süd-Friesland Ijsselmeer Watt bis Terschelling

Der Törn dauerte für den Probanden 19 Tage, es wurden insgesamt 221 sm, davon 76 sm unter Segeln zurückgelegt.

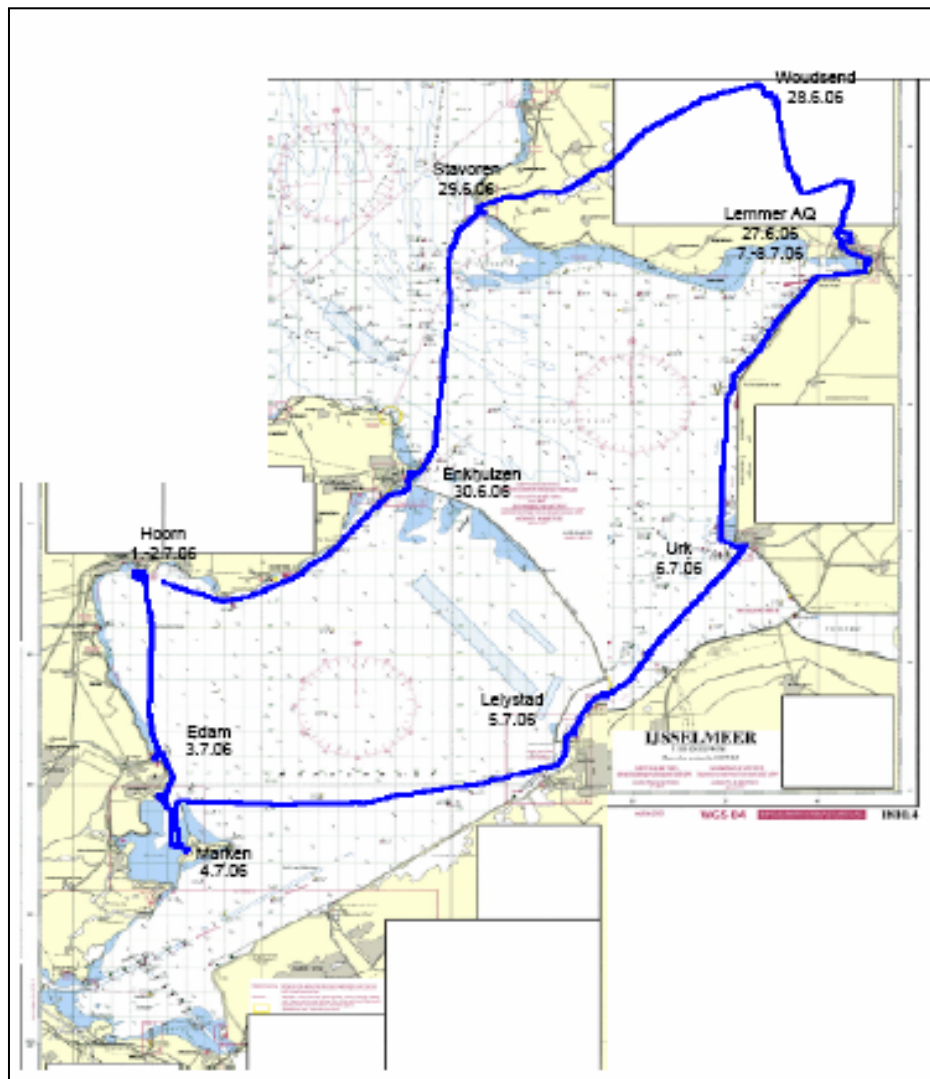


Abb. 3.6-2: Fahrtensegel-Törn Teil 1



Abb. 3.6-3: Fahrtensegel-Törn Teil 2

Die Törn-Parameter

Bei der Auswertung des Logbuches wurden zunächst alle Parameter pro Tag erfasst und über die Törndauer summiert, die möglicherweise als Trainingsimpulse in Frage kommen. In der Spalte "relevant" wurden anschließend diejenigen Parameter markiert, die sowohl hinsichtlich der Trainingsrelevanz eines Törns als auch hinsichtlich der Dokumentierbarkeit in

einem Logbuch als besonders zweckmäßig eingeschätzt werden (vergl. Kap. 4.2).

Parameter	Summen	relevant
Tage auf Tour	15	
Hafentage	3	
an Bord übernachtet	15	x
wenn ja: in einem Hafen, an einer Boje	15	
wenn ja: vor Anker	0	
Anzahl Anlegemanöver (unter Motor)	28	
Anzahl Schleusen	8	
Anzahl Stunden im Hafen (von Mitternacht bis Mitternacht)	344	
davon Anzahl Stunden Einkaufen, Besichtigungen etc.	10	
Anzahl Stunden vor Anker	2	
Anzahl Stunden in Fahrt	67	x
davon Anzahl Stunden unter Segeln (ggf. mitlaufender Motor)	27,5	x
davon Anzahl sm unter Segeln	73,5	x
davon Anzahl Stunden mit Wind ≥ 4 Bft	7,5	x
davon Anzahl Stunden mit Regen	0	x
davon Anzahl Stunden nur mit Vorsegel, Genua	20	
davon Anzahl Stunden nur mit Großsegel	0	
davon Anzahl Stunden mit Vor- und Großsegel	7,5	
davon Anzahl Stunden hoch am Wind, an der Kreuz	0	
davon Anzahl Stunden als Rudergänger	0,5	x
davon Anzahl Stunden Vorschiff, Mast, Schoten	24,5	x
davon Anzahl Stunden ohne Aufgabe als Gast	0	x
davon Anzahl Stunden nur unter Motor	39,5	x
davon Anzahl sm nur unter Motor	136	x
davon Anzahl Stunden mit Wind ≥ 4 Bft	0,5	
davon Anzahl Stunden mit Regen	0,5	
davon Anzahl Stunden als Rudergänger	13,5	
davon Anzahl Stunden Vorschiff, Mast, Schoten	26	
davon Anzahl Stunden ohne Aufgabe als Gast	0	
Anzahl Segelmanöver: Setzen Großsegel	1	
Anzahl Segelmanöver: Setzen Vorsegel	9	
Anzahl Segelmanöver: Reffen Großsegel	0	
Anzahl Segelmanöver: Reffen Vorsegel	0	
	0	
Summe Stunden an Bord	413	x
Summe Stunden unter Segeln	27,5	x
Summe Stunden nur unter Motor	39,5	x
Summe Stunden in Fahrt	67	x
Summe Anzahl sm	209,5	x
Anzahl Törntage	18	x

Anteil Zeit im Hafen	83,8%	
Anteil Zeit in Fahrt	16,2%	
Anteil Zeit Fahrt unter Segeln	41,0%	
Anteil Zeit Fahrt unter Motor	59,0%	
mittlere Geschwindigkeit unter Segeln (kn)	2,7	
mittlere Geschwindigkeit unter Motor (kn)	3,4	
mittlere Anzahl Stunden in Fahrt pro Tag auf Tour	4,5	
mittlere Anzahl sm pro Tag auf Tour	14,0	

4 Designempfehlungen

Aus der Diskussion der methodischen Gesichtspunkte und Probleme einer Feldstudie zum Einfluss des Fahrtensegelns auf die körperliche Leistungsfähigkeit der Probanden ergeben sich zwei spezielle Empfehlungen zum Design einer solchen Untersuchung:

4.1 Zeitreihen- und Kontrollgruppe

Die Untersuchung der Erwartungswerte von Leistungsveränderungen durch moderates mehrwöchiges Training hat das messtechnische Problem verdeutlicht, die relativ kleinen Veränderungsdaten aus der im Vergleich hierzu verhältnismäßig großen Bandbreite der Messunsicherheit heraus zu filtern.

Es wurde in Kap. 3.5 darauf hingewiesen, dass als geeignete Methoden zur Lösung dieses Problems Mittelwert-Bildungen über ausreichend große Probandenzahlen oder die Erhebung individueller Zeitreihen und deren Analyse mit Hilfe von Trendlinien in Frage kommen.

Sofern dies unter Aufwands-Gesichtspunkten möglich ist, wird empfohlen, die Leistungsuntersuchungen eines möglichst großen Anteiles der Fahrtensegel-Probanden nicht nur einmalig vor und nach dem Törn sondern als Zeitreihen mehrfach während der Saison sowohl vor als auch nach dem Törn zu erheben.

Der Vorteil eines solchen Verfahrens liegt nicht nur in der verbesserten Bestimmbarkeit individueller Veränderungen sondern auch in der automatischen Konstruktion einer "Kontrollgruppe" von Probanden, die innerhalb eines Zeitfensters nicht segeln im Vergleich zu denen, die in diesem Zeitfenster ihren Törn absolvieren. Diese "Kontrollgruppe" wäre wichtig, um z.B. die Auswirkungen der möglichen Einflussgröße "Tagesklima" zu kontrollieren oder um die Größenordnung des De-Trainings in der Zeit nach dem Törn zu überprüfen.

4.2 Logbuch

Aus den Überlegungen zum Einfluss von Boot und Törn auf die Trainingseffekte des Fahrtensegelns ergibt sich die Notwendigkeit, die aktivitäts-relevanten Parameter des Törns - soweit möglich in einer statistisch auswertbaren Form - mit Hilfe eines Logbuches zu erfassen.

Es werden neben den Daten zur Person folgende Informationsblöcke empfohlen:

Daten zum Schiff:

Name der Yacht:		Typ:	
Länge:	Breite:	Tiefgang:	
Genua, Segelfläche: Bedienung, Reffsystem:		Großsegel, Segelfläche: Bedienung, Reffsystem	
Fock, Segelfläche: Bedienung, Reffsystem		sonstige Segel:	
Motor Typ:		Leistung (PS / kW):	
Bugstrahlruder? Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/>		Autopilot? Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/>	

Daten zur den Crewmitgliedern:

Name, Vorname:	
Geburtsdatum:	Geschlecht: männlich <input type="radio"/> weiblich <input type="radio"/>
Segelscheine und -befähigungen:	

Funktionen an Bord (Mehrfachnennung sind üblich):

Skipper <input type="radio"/>	Rudergänger <input type="radio"/>	Vorschiff, Schoten <input type="radio"/>	Pantry <input type="radio"/>	Gast <input type="radio"/>
-------------------------------	-----------------------------------	--	------------------------------	----------------------------

Tägliches Logbuch:

Datum	
Anzahl Stunden an Bord	
abends an Bord übernachtet (ja=1, nein=0)	

Position / Ort / Hafen am Morgen	
Position / Ort / Hafen am Abend	

Anzahl Stunden in Fahrt	
-------------------------	--

davon Anzahl Stunden unter Segeln (ggf. mitlaufender Motor)	
davon Anzahl sm unter Segeln	

davon Anzahl Stunden nur unter Motor	
davon Anzahl sm nur unter Motor	

davon Anzahl Stunden mit Wind ≥ 4 Bft	
davon Anzahl Stunden mit Regen	

davon Anzahl Stunden mit Autopilot	
und / oder davon Anzahl Stunden als Rudergänger	
und / oder davon Anzahl Stunden Vorschiff, Mast, Schoten	
davon Anzahl Stunden ohne Aufgabe	

Bemerkungen:

Erläuterungen zu den Fragen:

Daten zum Schiff	die wichtigsten Daten der Yacht, mit der Sie den Törn gesegelt haben Segel, Bedienung, Reffsystem: z.B. Rollreff aus dem Cockpit, Lazyjack, Selbstwendefock etc. Bugstrahlruder bzw. Autopilot an Bord? Ja oder Nein bitte ankreuzen
Tagesdaten	sollten zweckmäßig jeden Abend eingetragen werden alle Zeitangaben in der Form hh oder hh:mm von Mitternacht bis Mitternacht
Anzahl Stunden an Bord	die Stunden pro Tag, die Sie "an Bord gewohnt haben", einschließlich Einkäufe, Ausflüge etc., während eines Törns meist 24 Stunden;

	Ausnahmen: An- und Abreisetag, sowie Tage, an denen Sie von einer "Landbasis" aus einige Stunden gesegelt sind und z.B. an Land übernachtet haben
Position / Ort / Hafen am Morgen Position / Ort / Hafen am Abend	Position oder Ort oder Hafen morgens vor dem Auslaufen (bzw. gegen 8 Uhr) und abends nach dem Einlaufen (bzw. gegen 20 Uhr)
Anzahl Stunden in Fahrt	an diesem Tag
davon Anz. Stunden unter Segeln davon Anz. sm unter Segeln	Zeit und Distanz (in Seemeilen) mit mindestens einem Segel (z.B. Genua und/oder Groß) zum Vortrieb, auch wenn der Motor (zur Sicherheit oder bei zu wenig Wind) mitgelaufen ist
davon Anz. Stunden nur unter Motor davon Anz. sm nur unter Motor	Zeit und Distanz ohne Segel nur mit Motor
davon Anz. Stunden mit Wind >=4 Bft	Zeit in Fahrt mit Windstärke 4 oder mehr
davon Anz. Stunden mit Regen	Zeit in Fahrt mit mehr oder weniger Niederschlag
davon Anz. Stunden mit Autopilot	Zeit in Fahrt mit eingeschaltetem Autopiloten
und / oder Anz. Stunden als Rudergänger	Zeit in Fahrt, in der Sie für das Ruder verantwortlich waren, unabhängig davon ob sie das Boot manuell oder per Autopilot gesteuert haben
und / oder Anz. Stunden Vorschiff, Mast, Schoten	Zeit in Fahrt, in der Sie z.B. für das Setzen der Segel oder die Bedienung der Schoten oder die Leinen auf dem Vorschiff verantwortlich waren, durchaus auch (z.B. bei Einhand) parallel zu der Aufgabe als Rudergänger
davon Anz. Stunden ohne Aufgabe	Zeit in Fahrt, in der andere an Bord die erforderlichen Arbeiten erledigt haben und Sie "einfach nur mitgefahren" sind
Bemerkungen	Was für Sie an diesem Tag wichtig war, z.B. besondere Belastungen, Seekrankheit o.ä.

5 Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Fit & Sail" zur Untersuchung der körperlichen und mentalen Leistungen und Belastungen älterer Segler auf Fahrtensegelbooten - einer Kooperation des Institutes für Sport und Sportwissenschaften der Universität Kiel, des Bundesverbandes Wassersportwirtschaft e.V. in Köln und des Institutes für Boots-Tourismus (IBoaT) in Bonn - soll in Feldstudien der grundsätzliche Einfluss des Fahrtensegelns auf die körperliche Leistungsfähigkeit älterer Probanden überprüft werden.

Für einen ersten Überblick über die Trainingswirkungen des Fahrtensegelns auf eine größere Probandengruppe sollen drei Fitness-Parameter betrachtet werden:

- Die Herz-Kreislauf-Ausdauer, gemessen mit Hilfe von Ruhe- und Belastungs-EKG auf einem Fahrradergometer einschließlich Laktatmessungen,
- die Sensomotorik, insbesondere die Fähigkeit, das Gleichgewicht zu halten, gemessen mit einem einfachen Gleichgewichtstest,
- die Kräfte ausgewählter Muskelgruppen, gemessen durch geeignete dynamische oder isometrische Krafttests.

Nach dem Untersuchungskonzept sollen diese Fitness-Parameter zusammen mit den gesundheitlichen Basisdaten und einer Anamnese pro Proband vor einem geplanten Segeltörn erhoben werden. Anschließend unternimmt der Proband seinen Törn, den er in einem speziellen Logbuch täglich dokumentiert. Kurzfristig nach dem Törn werden die Fitness-Parameter des Probanden erneut gemessen, um Änderungen festzustellen und ggf. mit den Basisdaten und den Törn-Parametern zu korrelieren.

Zur Vorbereitung dieser Untersuchungen wurden auf der Basis einer Pilotstudie 2006 sowie unter Verwendung sportmedizinisch vergleichbarer Trainings-Studien anderer Forschungsgruppen eine Reihe organisatorischer und methodischer Probleme untersucht.

Insbesondere wurde an Hand der vorliegenden Daten überprüft, mit welchen Erwartungswerten der Veränderung für die Parameter "Ausdauer", "Kraft", "Gleichgewichtsfähigkeit" und "Körpergewicht" bei einem moderaten Training von wenigen Wochen gerechnet werden kann.

Es zeigte sich, dass die Trainingswirkungen durchgängig in der Größenordnung von wenigen Prozent pro Woche liegen, mit einer erheblichen Bandbreite der individuellen Abweichungen.

Diese Veränderungen sind einerseits - im Vergleich mit der altersabhängigen Degression der zugehörigen Normdaten - von erheblicher Bedeutung für die persönliche Fitness. Ein moderates Training der unteren Extremitäten von z.B. 3 Wochen kann die Leistung um durchschnittlich rund 3 % verbessern und würde den Probanden in Bezug auf die Normdaten hinsichtlich seiner einschlägigen Fitness um rund 2 Jahre jünger machen.

Andererseits ergeben sich für diese kleinen Differenzen erhebliche Probleme bei der messtechnischen Erfassung. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass die Unterschiede der Messwerte bei wiederholten Messungen am gleichen Probanden je nach Messmethode 10 % und mehr betragen können. Die angemessene Behandlung dieser Schwierigkeit stellt zusätzliche Anforderungen an das Design der Probandenkollektive, an die Normierung der Daten und an die Messmethodik.

Als wirksame Verfahren im Umgang mit dieser Art variierender Daten bieten sich die Bildung von Mittelwerten über ausreichend große Datenmengen, die Berechnung von Trendlinien bei Zeitreihen und die Berechnung von Trainingsfunktionen an.

Bei der Bildung von Mittelwerten wäre darauf zu achten, dass die Messwerte auf ihre Vergleichbarkeit geprüft und bei Bedarf normiert / transformiert werden. Sinnvolle Normierungen betreffen im vorliegenden Fall z.B. das Alter oder das Geschlecht der Probanden (über entsprechende Normdaten) und die Dauer bzw. die Intensität des Trainings (z.B. aus den Eigenschaften des Törns).

Als wirkungsvolle Methode zur Kontrolle individueller Veränderungen durch ein gezieltes Training (z.B. einen Törn) wird die längerfristige vorher-nachher Überprüfung der Leistungsdaten durch Zeitreihen empfohlen. Hierzu sollten sowohl vor als auch nach dem Training mindestens 3-5 Leistungsmessungen, z.B. im wöchentlichen oder monatlichen Abstand, durchgeführt werden. Der Vergleich der Vorher- mit der Nachher-Trendlinie ermöglicht eine deutlich präzisere Bestimmung der Trainingswirkungen, als einfache Vorher-/Nachher-Messungen.

Zusätzlich böte die längerfristige regelmäßige Überprüfung der Daten einer größeren Probandengruppe - wenn möglich über eine ganze Saison - die Möglichkeit der Konstruktion einer "Kontrollgruppe" mit deren Hilfe sowohl "Randbedingungen" - wie z.B. der hypothetische Einfluss des Klimas auf die Leistungen - als auch Effekte des De-Training nach einem Törn behandelt werden könnten.

Ein weiteres Auswertungsverfahren wäre die Prüfung, ob sich aus den normierten individuellen Leistungs- und Veränderungsdaten der Probanden die Koeffizienten von Trainingsfunktionen in Form linearer Differentialgleichungen 1. Ordnung bestimmen lassen. Dieser Ansatz aus dem Methoden-Repertoire der Regelungstechnik wird in diesem Bericht im Detail beschrieben und bietet einige zusätzliche Optionen zur Interpretation und zur Prognose von Trainingswirkungen.

Zentrale "Randbedingungen" der geplanten Fitnessuntersuchungen vor und nach Fahrtensegeltörns sind die Parameter des Bootes und des Törns, die durch ein spezielles Logbuch erfasst werden sollen. In erster Näherung werden nach den Beobachtungen der Pilotstudie als besonders relevant die Dauer des Törns, die Fahrzeiten unter Segel und unter Motor, das Wetter sowie die Crewgröße und die Funktionen des Probanden an Bord eingeschätzt. Ergänzend sollen aber auch konstruktive Eigenschaften der Boote, z.B. die Bootsgröße und die Technik der Segelbedienung in die Korrelationen einbezogen werden.

Eine interessante Zusatzinformation aus den Logbüchern wären systematische Hinweise darauf, wie ältere Segler ihre Törns gestalten, z.B. typischen Boote und typische Crews, die Dauer von Törns, die Länge der täglichen Strecken, die Nutzungshäufigkeiten von Segel und Motor, die Dauer der Hafenaufenthalte usw..

6 Quellen

Literatur und Printmedien:

Bös, K. (Hg.), Handbuch Motorische Tests, Göttingen-Bern-Toronto-Seattle (2001)

Conzelmann, A., Entwicklung konditioneller Fähigkeiten im Erwachsenenalter, Schondorf (1997)

Eberspächer, H. (Hg.), Handlexikon Sportwissenschaft (1992)

Granacher, U., Gollhofer, A., Auswirkungen des Alterns auf die Schnellkraftfähigkeit und das Reflexverhalten, Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, Jg. 56, Nr. 3 (2005)

Granacher, U., Neuromuskuläre Leistungsfähigkeit im Alter (> 60 Jahre): Auswirkungen von Kraft- und sensomotorischem Training, Dissertation Universität Freiburg (2003)

Hollmann, W., Hettinger, T.: Sportmedizin-Arbeits- und Trainingsgrundlagen, 2. Aufl. Schattauer, Stuttgart - New York (1980)

Holstermann, U., Fit & Sail - Wassersport auch mit über 60?, in Skipper 2/2007

Hütte I Des Ingenieurs Taschenbuch (1955)

Immich, H., Medizinische Statistik, Stuttgart-New York (1974)

Koralewski, H.E., Energiehaushalt und Temperaturregulation, Skript Praktikum Bioinformatik SS 206, Institut für Physiologie Charite Campus Benjamin Franklin Berlin, 2006

Leonhard, W., Einführung in die Regelungstechnik, Braunschweig Frankfurt (1969)

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

Mell, W.-D., Projekt Fit & Sail - Pilotstudie: Vergleich der Wirkungen von Vibrationstraining und Fahrtensegeln auf die Sprungkraft, IBoAT-Report 3.2, Bonn (2006)

Mell, W.-D., Senioresegeln - Studie: Langzeitmessung Herz-Kreislaufbelastung Fahrtensegeln und Alltagsaktivitäten, IBoAT-Report 3.1, Bonn (2005)

Mell, W.-D., Untersuchung Senioresegeln, in Wassersportwirtschaft 4/2005

Meusel, H., Alterssport, in Eberspächer, H. (Hg.), Handlexikon Sportwissenschaft (1992)

Müller, M., Den Leuten den Stress nehmen, in Yacht 21/2006

Müller, M., Gesünder segeln, in Yacht 5/2006

Müncheberg, M.J., Länger segeln im Alter, Die Welt 6.1.2007

Nöcker, J., Die biologischen Grundlagen der Leistungssteigerung durch Training, Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport (1989).

- Nowacki, P. E., sportmedizinische Leistungsdiagnostik, in Eberspächer, H. (Hg.), Handlexikon Sportwissenschaft (1992)
- Riekert, H., Ermüdung, in Eberspächer, H. (Hg.), Handlexikon Sportwissenschaft (1992)
- Riekert, H., Siewers, M., Sportmedizinische Aspekte beim Segeln, Deutsches Ärzteblatt Jg. 96 Heft 9 (1999)
- Riekert, H., Sportmedizin und Umgebungsbedingungen, in Eberspächer, H. (Hg.), Handlexikon Sportwissenschaft (1992)
- Runge, M., Die Muskeln als Determinante des erfolgreichen Alterns, MedReport 13: (2003) 12 - 13
- Runge, M., Rehfeld, G., Resnicek, E., Balance Training and Exercise in Geriatric Patients, "J Musculoskel Neuron Interact 2000, 1 54 - 58"
- Runge, M., Rittweger, J., Russo, C.R., Schießl, H., Felsenberg, D., Is muscle power output a key factor in the age-related decline in physical performance ? A comparison of muscle cross section, chair rising test and jumping power, Clin Physiol Funct Imaging (2004) 24: 335 - 340
- Runge, M., Schießl, H., Rittweger, J., Klinische Diagnostik des Regelkreises Muskel-Knochen am Unterschenkel, Osteologie 11: (2002) 25 - 37
- Siewers, M., Riekert, H., Sportmedizinische Aspekte beim Windsurfen, Deutsches Ärzteblatt Jg. 98 Heft 1-2 (2001)
- Stein, P., Auswirkungen eines zusätzlichen ausdauer- und kraftorientierten Trainings während eines 3-wöchigen stationären Heilverfahrens bei Patienten mit einem chronisch degenerativen Wirbelsäulensyndrom, Dissertation Technische Universität München (2001)
- Tracht, J., Forschungsprojekt Fit & Sail, in Wassersportwirtschaft 2/2006
- Wasserman, K, Whipp, BJ, Koyl, SN, Beaver, WL: Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. J Appl Physiol 35 (1973) 236-243.
- Weineck, J., Optimales Training, Spitta Verlag, Balingen (2003)
- Weisser, B. Hochdruck und Sport: Was müssen ältere Menschen dabei beachten? *Druckpunkt, 1*, 30-32. (2001)
- Weisser, B., Mechling, H. Sportmedizinische Aspekte des Alterssports. *Motorik*, 25 (3), 93-102. (2002).
- Weisser, B., Moderate Segeltouren sind für Hypertoniker kein Problem, in Corifeo Newsletter 3/05 (2005)
- Weisser, B.. Sport senkt den Blutdruck – auch bei Senioren. *Münchener Medizinische Wochenschrift*, 143, 882. (2001)

Internet:

de.wikipedia.org/wiki/Thermodynamik

de.wikipedia.org/wiki/Thermoregulation

[de.wikipedia.org/wiki/Training_\(Sport\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Training_(Sport))

deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=964211246&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=964211246.pdf

www.bwvs.de/index.1024.1.html

www.dwd.de/de/FundE/Klima/KLIS/daten/online/nat/ausgabe_tageswerte.htm

www.freidok.uni-freiburg.de/volltexte/1194/pdf/Gesamt_Diss_PDF_neu.pdf

www.iboat.de/iboat/index.html#Fit&Sail

www.medizin.fu-berlin.de/klinphys/bioinfo/2_p-skripten/b4_0_inhalt.pdf

www.sport-training.de/pdf/skript-gesundheitssport.pdf

www.swissolympic.ch/PortalData/31/Resources//dokumente/spitzensport/sportwissenschaft/downloads/Heat_and_Exercise_d.pdf

www.uni-kiel.de/sportalt/psych/abschiedsvorlesung.pdf

www.zeitschrift-sportmedizin.de/images/Heft%200305/68-72.pdf

7 Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 3.1-1:	Parameterbestimmung der Trainingsfunktion: $p(t) = \text{Max} - T \Delta p / \Delta t$	12
Abb. 3.1-2:	Trainingsfunktion: $p(t) = \text{Max} * (1 - e^{-t/T})$	13
Abb. 3.4-1:	Veränderung des Ausdauer-Parameters "Wattleistung bei 2 mmol/l Laktat" durch ein 3-wöchiges Training	21
Abb. 3.4-2:	Veränderung des Ausdauer-Parameters "Herzfrequenz bei 2 mmol/l Laktat" durch ein 3-wöchiges Training	21
Abb. 3.4-3:	Veränderung des Ausdauer-Parameters "Wattleistung bei 4 mmol/l Laktat" durch ein 3-wöchiges Training	22
Abb. 3.4-4:	Veränderung des Ausdauer-Parameters "Herzfrequenz bei 4 mmol/l Laktat" durch ein 3-wöchiges Training	22
Abb. 3.4-5:	Veränderung der Laktat-Herzfrequenz-Kurve durch ein 3-wöchiges Training mit einer Probandengruppe im Alter von 40 - 60 Jahren.....	24
Abb. 3.4-6:	Pilotstudie, Fahrradergometrie: Laktat über Herzfrequenz des 66-jährigen Probanden	24
Abb. 3.4-7:	Veränderung des Kraft-Parameters "Extensor re., DMM" durch ein 3-öchiges Training	26
Abb. 3.4-8:	Veränderung des Kraft-Parameters "Extensor li., DMM" durch ein 3-öchiges Training	26
Abb. 3.4-9:	Veränderung des Kraft-Parameters "Flexor re., DMM" durch ein 3-wöchiges Training	26
Abb. 3.4-10:	Veränderung des Kraft-Parameters "Flexor li., DMM" durch ein 3-wöchiges Training	27
Abb. 3.4-11:	Veränderung des Kraft-Parameters "Maximalkraft der Beinextensoren" durch ein 12-wöchiges Training	28
Abb. 3.4-12:	Veränderung des Kraft-Parameters "Explosivkraft der Beinextensoren" durch ein 12-wöchiges Training	29
Abb. 3.4-13:	Pilotstudie: Veränderung der relativen Sprungleistung durch Vibrationstraining, einen Segeltörn und Null-Training.....	30
Abb. 3.4-14:	Veränderung des Gleichgewicht-Parameters "Functional-Reach-Test" durch ein 12-wöchiges Training	31
Abb. 3.4-15:	Veränderung des Gleichgewicht-Parameters "Tandem-Walk-Test vorwärts" durch ein 12-wöchiges Training.....	32
Abb. 3.4-16:	Veränderung des Gleichgewicht-Parameters "Tandem-Walk-Test rückwärts" durch ein 12-wöchiges Training.....	32
Abb. 3.6-1:	Tageshöchsttemperaturen während der Pilotstudie 2006	36
Abb. 3.6-2:	Fahrtensegel-Törn Teil 1	38
Abb. 3.6-3:	Fahrtensegel-Törn Teil 2	39

8 Haftungsausschluss und Kontakt

Irren ist menschlich, daher muss folgendes gesagt werden:

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

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

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

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

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