

Alters- und geschlechtsabhängige Referenzdaten der Leistungsfähigkeit von Wassersportlern bei Aktivitäten auf Motor- und Segelyachten - Folgerungen für den Bootsbau

Wolf-Dieter Mell, Julia Last, Burkhard Weisser

Projektbericht

Oktober 2012

ISSN 1867 - 8068

**Forschungsvereinigung
für die Sport- und Freizeitschifffahrt e.V. (FVSF)**

**Gunther-Plüschow-Strasse 8
50829 Köln**

Tel.: (+49) 221 - 59 57 10
Fax: (+49) 221 - 59 57 110
E-Mail: info@fvsf.de

FVSF-Forschungsbericht

Herausgeber: Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschifffahrt e.V. (FVSF)

Vertrieb: Wirtschafts- und Verwaltungsgesellschaft
der Sport- u. Freizeitschifffahrt (WVS GmbH)
Gunther-Plüschow-Strasse 8
50829 Köln

Preis: 10,00 € (inkl. MwSt.)
ISSN 1867 - 8068

© Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschifffahrt e.V. (FVSF)
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Herausgebers. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmung und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschifffahrt e.V. ist eine gemeinnützige Einrichtung des Bundesverbandes Wassersportwirtschaft e.V. mit der Aufgabe, wissenschaftliche Forschung zum Nutzen des Wassersports anzuregen und durchzuführen.

Inhalt

1	Vorbemerkungen und Dank	5
2	Das Forschungsprojekt	8
2.1	Hinweise	8
2.2	Probandenprofil, Repräsentativität	10
2.2.1	Sportliche Aktivität	10
2.2.2	Fitness PWC130	12
2.2.3	Hinweis zu den Trendlinien in den Graphiken:.....	15
3	Bandbreiten der körperlichen und sensorischen Leistungsfähigkeit	16
3.1	Ausdauerleistung, subjektive Anstrengung.....	16
3.1.1	Ausdauerleistung	16
3.1.2	Subjektive Anstrengung	20
3.2	Maximalkraft	24
3.2.1	Arme	25
3.2.2	Beine.....	27
3.2.3	Hand	32
3.3	Anthropometrie	37
3.3.1	Körpergröße.....	37
3.3.2	Körpergewicht, BMI.....	40
3.3.3	Greifweite im Stehen.....	44
3.3.3.1	Schulterhöhe, Armlänge, Greifweite seitwärts	45
3.3.3.2	Greifweite nach unten	49
3.3.3.3	Greifweite nach oben	51
3.3.4	Maximale Schrittweite	53
3.3.5	Maximal angehobene Fußhöhe	55
3.3.6	Abschätzung: Maximale Steighöhe freihändig	57
3.3.7	Optimale Sitzhöhe.....	60
3.4	Gleichgewicht	64
3.5	Treppengeometrie	69
3.6	Holen einer Schot	73
3.6.1	Holen per Hand	74
3.6.1.1	Zugleistung.....	74
3.6.1.2	Zugkraft.....	77
3.6.1.3	Seilgeschwindigkeit.....	79
3.6.2	Holen per Winsch	80
3.6.2.1	Zugleistung.....	80
3.6.2.2	Zugkraft.....	83
3.6.2.3	Seilgeschwindigkeit.....	85
3.6.2.4	Handkraft und Drehgeschwindigkeit an der Kurbel	86

3.7	Ergänzende Daten.....	87
3.7.1	Reaktionsgeschwindigkeit.....	87
3.7.1.1	Antwortzeit auf einem optischen Reiz	87
3.7.1.2	Antwortzeit auf einen akustischen Reiz	89
3.7.1.3	Multitasking	91
3.7.2	Bewegungswinkel des Kopfes, Blickfeld	92
3.7.2.1	Drehwinkel des Kopfes	92
3.7.2.2	Drehwinkel von Kopf und Oberkörper	94
3.7.2.3	Kippwinkel des Kopfes nach hinten	96
4	Stand des Angebotes – Eigenschaften moderner Segelyachten	99
5	Folgerungen für den Bootsbau.....	101
5.1	Konstruktive Hinweise	101
5.1.1	Sicheres Gehen und Arbeiten an Bord	101
5.1.2	Steighöhen und Schrittweiten	102
5.1.3	Treppen	104
5.1.4	Sitzen	104
5.1.5	Kräfte und Leistungen beim Holen von Leinen	105
5.1.6	Arm- und Handkraft beim Heben und Drehen	107
5.1.7	Blickfeld und Beweglichkeit.....	108
5.1.8	Reaktionszeiten, Stress	109
5.2	Ergänzende Bemerkung: Kinder an Bord	111
6	Zusammenfassung / Summary	112
6.1	Zusammenfassung	112
6.2	Summary	114
7	Quellen und Literaturhinweise.....	116
8	Haftungsausschluss und Kontakt.....	118

1 Vorbemerkungen und Dank

Die vorliegende Untersuchung basiert auf den beiden Forschungsprojekten "Fit & Sail" und "Strukturen im Bootsmarkt", die in den Jahren 2005-2009 vom Bundesverband Wassersportwirtschaft e.V. (BVWW) in Zusammenarbeit mit dem Institut für Boots-Tourismus (IBoaT) durchgeführt wurden.

Beide Projekte führen zusammengefasst u.a. zu folgenden Ergebnissen:

- Bei der Kundengruppe der älteren Wassersportler muss bei der Handhabung von Wassersportfahrzeugen mit Einschränkungen der körperlichen Leistungsfähigkeit gerechnet werden, die aber möglicherweise durch konstruktive Anpassungen an Bord kompensiert werden können.
- Die Altersgruppe der 20-40-Jährigen ist zwar langfristig die wichtigste Zielgruppe, die (wieder) für den aktiven Bootssport gewonnen werden muss, die Altersgruppe der über 60-Jährigen ist aber für die mittlere Zukunft voraussichtlich die größte und wichtigste Kundengruppe für Motor- und Segelyachten.
- In dieser Altersgruppe ab etwa 70 ist allerdings ein Abwanderungstrend aus dem aktiven Bootssport zu beobachten, der wahrscheinlich auch mit Überforderungsphänomenen bei der Handhabung der Boote in Zusammenhang steht.
- Könnte dieser Abwanderungstrend z.B. durch geeignete konstruktive Anpassungen der Leistungsanforderungen an Bord an die verfügbaren Kompetenzen dieser Altersgruppe um ca. 5-10 Jahre nach hinten verschoben werden, so würde hierdurch den Betroffenen nicht nur eine weitere Zeitspanne für die erfreuliche Ausübung ihres Hobbys ermöglicht sondern auch der Branche ein zusätzliches Zielgruppensegment mit erheblichem finanziellen Volumen erschlossen.

Eine wesentliche Folgerung aus den Fit&Sail-Untersuchungen war die Erkenntnis, dass die erforderlichen systematischen Daten über die Fähigkeiten der Bootsbenutzer bezogen auf Aktivitäten an Bord nicht verfügbar sind, die aber von den Bootsbauern benötigt werden, um ihre Produkte zielgruppengerecht konzipieren zu können.

Diesem Mangel soll mit der vorliegenden Untersuchung zumindest teilweise abgeholfen werden.

Das im Folgenden beschriebene Forschungsprojekt wurde als IGF-Vorhaben 16399 N der Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschifffahrt e.V. (FVSF) in Zusammenarbeit mit der Forschungsvereinigung Center of Maritime Technologies e.V. (CMT) über die AIF e.V. im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Der Bewilligungszeitraum für die Projektförderung lief vom 1.3.2010 bis zum 31.8.2012. Die Fördersumme betrug 188.478 €.

Die beiden durchführenden Forschungsstellen waren:

- Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschiffahrt e.V. (FVSF)
Gunther-Plüschow-Strasse 8
50829 Köln
Tel.: (+49) 221 - 59 57 10
Fax: (+49) 221 - 59 57 110
E-Mail: info@fvfsf.de

Institutsleiter:

Dipl.-Oec. Jürgen Tracht

Projektleiter:

Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell, E-Mail: mell@fvfsf.de

Die Forschungsvereinigung für die Sport- und Freizeitschiffahrt e.V.
ist eine Einrichtung des Bundesverbandes Wassersportwirtschaft e.V.
Gunther-Plüschow-Strasse 8
50829 Köln

- Universität zu Kiel
Institut für Sportwissenschaften
Abteilung Sportmedizin
Olshausenstr. 74
24118 Kiel
Tel.: (+49) 431 - 880 3775
Fax: (+49) 431 - 880-3783
E-Mail: issoffice@email.uni-kiel.de

Abteilungsleiter:

Prof. Dr. med. Burkhard Weisser, E-Mail: bweisser@email.uni-kiel.de

Projektleiterin:

Julia Last, MA, E-Mail: jlast@email.uni-kiel.de

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden an insgesamt 510 Probanden Daten zur körperlichen und sensomotorischen Leistungsfähigkeit und zur Anthropometrie erhoben und deren Auswirkungen auf die Kompetenzen zur Erledigung von Aktivitäten an Bord abgeleitet.

Diese umfangreichen Arbeiten wären nicht möglich gewesen ohne die Förderung und Unterstützung insbesondere durch die folgenden Institutionen und Personen, denen wir an dieser Stelle herzlich danken möchten:

- Bundesverband Wassersportwirtschaft e.V.
dessen Präsidium und Geschäftsstelle dieses Projekt initiiert und mit Zeit und Geld fachlich und organisatorisch kontinuierlich gefördert und unterstützt haben.
- Universität zu Kiel
deren Mitarbeiter und Studenten am Institut für Sportwissenschaften die umfangreichen Untersuchungen mit großem Einsatz an Zeit und wissenschaftlicher Initiative organisiert und durchgeführt haben.

- Das Center of Maritime Technologies e.V., die AiF e.V. (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V.) und das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, mit deren organisatorischer Unterstützung das Projektes aus dem Programm zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) finanziell gefördert wurde.
- Die Mitglieder des Projektbegleitenden Ausschusses, deren engagierte Hinweise, Rückfragen und Kommentare das Projekt inhaltlich motiviert und vorangebracht haben.
- Die Sponsoren aus der Wassersportwirtschaft, u.a. Yacht & Charterzentrum Heiligenhafen und HanseYachts AG Greifswald, die durch die Beistellung von Booten für Untersuchungen an Bord oder durch Überlassung von Bauteilen (zur Herstellung spezieller Testgeräte) das Projekt materiell gefördert haben.

2 Das Forschungsprojekt

2.1 Hinweise

Für die Auslegung der vielfältigen Bedienelemente an Bord einer Yacht müssen die Konstrukteure wissen, mit welchen Leistungsfähigkeiten der zukünftigen Nutzer sie rechnen können. Dies betrifft nicht nur die Körperkräfte sondern auch u.a. die Ausdauerleistung, die Gleichgewichtsfähigkeit und antropometrische Daten wie Greifweiten und Schrittweiten aber auch Nutzungsbeurteilungen z.B. von Treppengeometrien oder Sitzhöhen.

Die bisher im Serien-Bootsbau zu beobachtende Entwicklung der Standard-Bedientechnik lässt vermuten, dass konzipiert wird, was sich bei den Vorgängerversionen bewährt hat, im Zweifel etwas komfortabler und wenn möglich etwas kostengünstiger. Sonderausrüstungen gibt es auf Wunsch, vieles - z.B. Laufflächen, Handläufe, Niedergänge etc. - ist aber auf der fertigen Yacht unveränderbar.

Der Standardbenutzer, der mit dieser Standard-Bedientechnik problemlos zurecht kommt, ist typischer Weise der fitte männliche Mittvierziger.

Die tatsächliche Bandbreite der potentiellen Benutzer ist aber erheblich größer: Es erscheint zweckmäßig, bei der Konzeption von Yachten als Zielgruppenmerkmale auch einerseits die Veränderungen der Leistungsfähigkeit und der Bedienbarkeit der Ausrüstung an Bord mit dem Alter, andererseits aber auch die erheblichen Unterschiede zwischen Männern und Frauen zu berücksichtigen. Zusätzlich sollte die in vielen Leistungsbereichen erhebliche interindividuelle Bandbreite - also z.B. die großen Leistungsunterschiede innerhalb einer Gruppe gleichaltriger Männer (oder Frauen) - beachtet werden.

Das Ziel dieses Projektes ist es, hierzu Daten zu liefern.

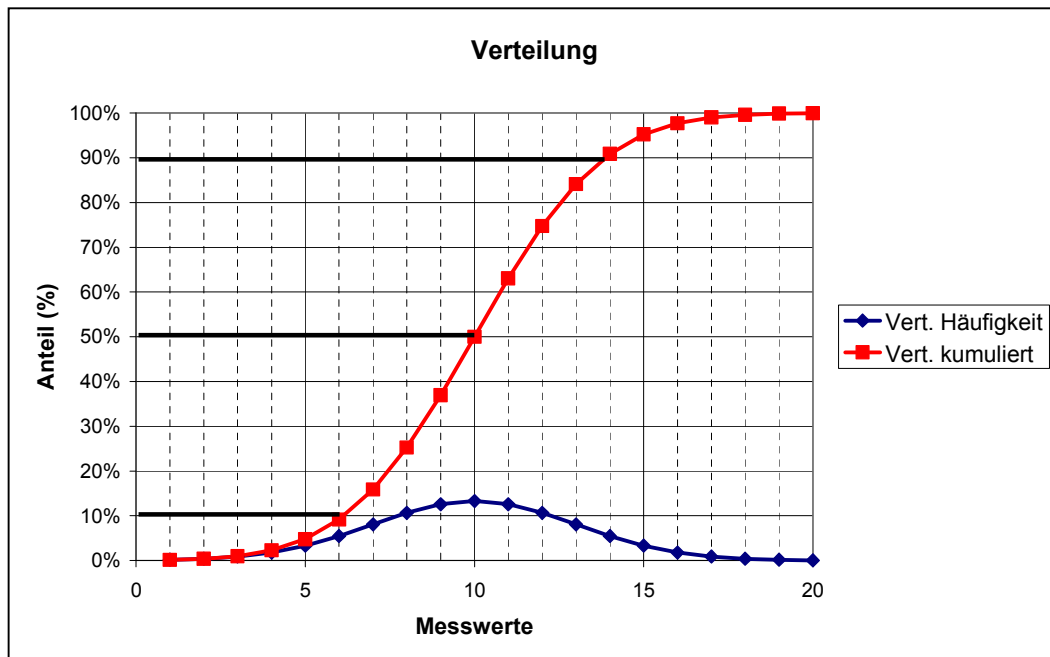
Die Darstellung der Messergebnisse für die einzelnen Untersuchungsbereiche ist i.d.R. wie folgt gegliedert:

Geschlecht: männlich (m) / weiblich (w)

Altersgruppen: 20-29 / 30-39 / 40-49 / 50-59 / 60-69 / 70-79 Jahre

Bandbreite der Daten pro Altersgruppe: 10% / 50% / 90%

Verfahren zur Bestimmung der Bandbreite:



Pro Proband liegt je ein Messwert vor. Für die Messwerte der Probanden einer Altersgruppe wird eine Häufigkeitsverteilung der Messwerte erzeugt und diese dann kumuliert.

Die 10%-Marke zeigt an, dass 10% der Probanden ein Messergebnis unter dieser Marke haben, 90% der Probanden haben größere Messergebnisse.

Die 90%-Marke zeigt an, dass 90% der Probanden ein Messergebnis unter dieser Marke haben, 10% der Probanden haben größere Messergebnisse.

Die 50%-Marke zeigt an, dass die Hälfte der Probanden ein Messergebnis unter diesem Wert hat, 50% der Probanden haben größere Messergebnisse.

Die Bandbreite 10% - 90% umfasst also die Messergebnisse von 80% der Probanden. Die 20% der Probanden mit besonders geringen oder besonders großen Ergebnissen werden ausgeblendet.

Hinweis 1: Da die Verteilung der Messergebnisse häufig nicht normalverteilt ist, zeigt auch die 50%-Marke häufig nicht auf den statistischen Mittelwert der Messwerte.

Hinweis 2: Die Verteilung der Ergebnisse pro Probandengruppe ist abhängig von den individuellen Gesundheits- und Fitness-Parametern, z.B. dem Umfang an sportlicher Aktivität (z.B.: Je höher der Anteil sportlicher Teilnehmer in einer Gruppe, desto höher der Anteil guter Leistungswerte). Diese Verteilung wirkt sich auf die Bandbreite (10%-Marke und 90%-Marke) nur geringfügig aus, beeinflusst jedoch stark die mittlere 50%-Marke.

In den Graphiken der Bandbreiten über die Altersgruppen werden neben den Ergebnispunkten jeweils die linearen Trendlinien der Altersentwicklung dargestellt, um die unterschiedlichen Teilnehmereigenschaften in den einzelnen Altersgruppen auszugleichen.

2.2 Probandenprofil, Repräsentativität

2.2.1 Sportliche Aktivität

In dem Untersuchungsprojekt wurden insgesamt 510 Probanden untersucht, 253 Männer und 257 Frauen.

Die Probanden wurden u.a. auch über den Umfang regelmäßiger sportlicher Aktivität befragt und danach als "sportlich aktiv" oder "sportlich inaktiv" kategorisiert. Wie nicht anders erwartet zeigte sich in den Detailauswertungen, dass "sportlich aktiv" in aller Regel deutlich mit besseren Fitness- und Leistungsergebnissen korreliert.

Bei den Männern wurden 57%, bei den Frauen 58% der Teilnehmer als "sportlich aktiv" eingestuft.

Probandenprofil

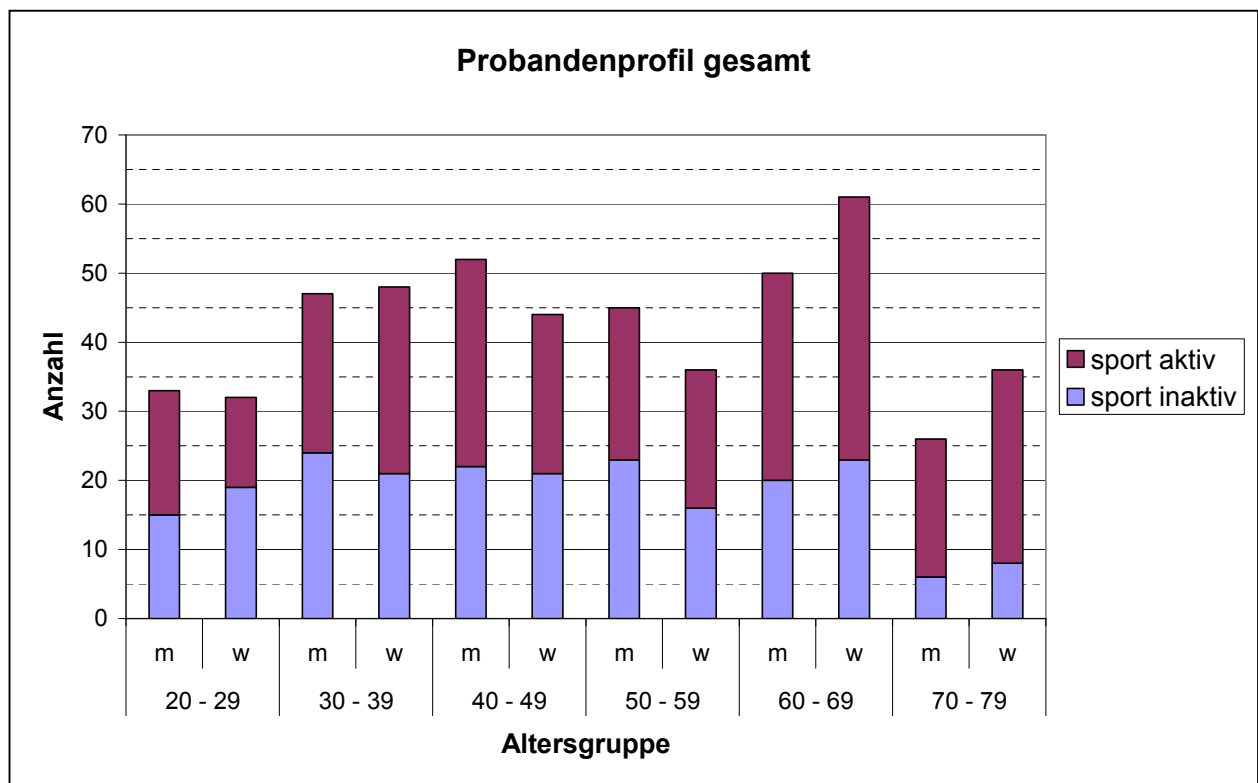
Lebensdauer (in Jahren)							
Anzahl	Geschlecht						
	m			w			Summe
Altersgruppe	sport aktiv	sport inaktiv	Summe	sport aktiv	sport inaktiv	Summe	
20 - 29	18	15	33	13	19	32	65
30 - 39	23	24	47	27	21	48	95
40 - 49	30	22	52	23	21	44	96
50 - 59	22	23	45	20	16	36	81
60 - 69	30	20	50	38	23	61	111
70 - 79	20	6	26	28	8	36	62
Summe	143	110	253	149	108	257	510

Die folgende Graphik zeigt für Männer (m) und Frauen (w) die Verteilung der sportlich aktiven / inaktiven Teilnehmer über die Altersgruppen.

Die einzelnen Altersgruppen sind für statistische Aussagen ausreichend groß besetzt: pro Altersgruppe mindestens 30 Mitglieder, Ausnahme die Altersgruppe 70-79 der Männer mit 26 Mitgliedern.

In fast allen Altersgruppen, insbesondere bei den 60-69 und 70-79-jährigen Senioren überwiegt der Anteil der sportlich Aktiven, z.T. deutlich. Bei den Männern waren die Altersgruppen 30-39 und 50-59, bei den Frauen nur die Altersgruppe 20-29 eher unsportlich.

Dies muss bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.



2.2.2 Fitness PWC130

Die Untersuchung der Fitness mit dem PWC130-Test bestätigt diese Folgerung:

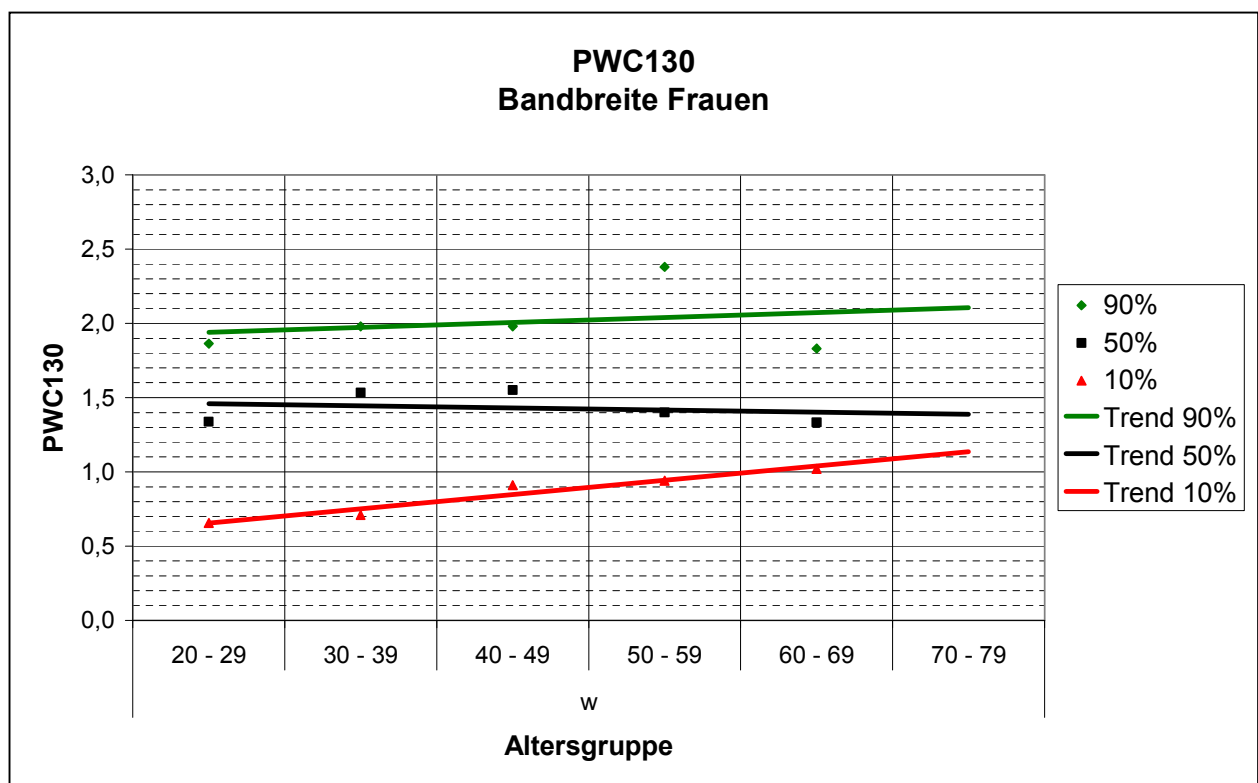
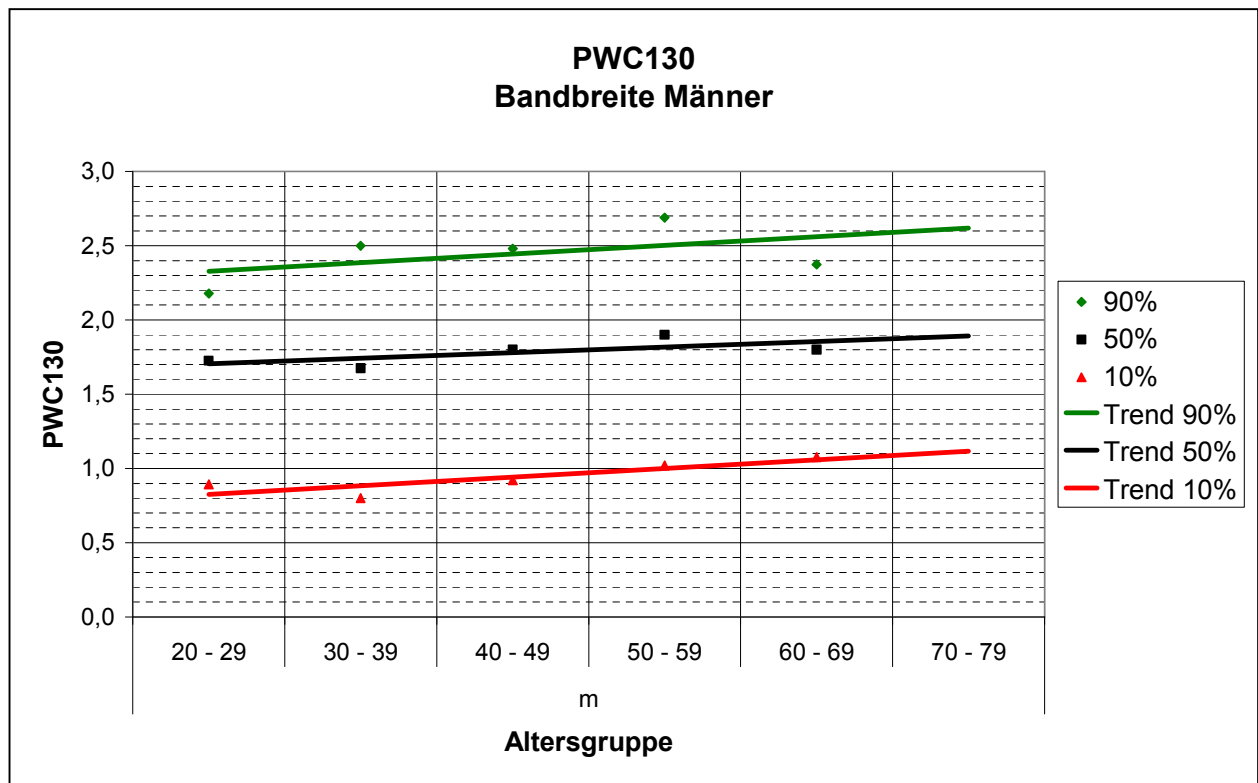
Probandenprofil

Anzahl Probanden PWC130	Geschlecht		
Altersgruppe	m	w	Gesamtergebnis
20 - 29	31	31	62
30 - 39	25	22	47
40 - 49	22	22	44
50 - 59	22	18	40
60 - 69	24	28	52
70 - 79	4	4	8
Gesamtergebnis	128	125	253

Ergebnisse

	PWC130 Bandbreite Männer					
	m					
Anteil	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	2,18	2,50	2,48	2,69	2,37	
50%	1,73	1,68	1,80	1,90	1,80	
10%	0,89	0,80	0,92	1,02	1,08	

	PWC130 Bandbreite Frauen					
	w					
Anteil	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	1,86	1,98	1,98	2,38	1,83	
50%	1,34	1,53	1,55	1,40	1,33	
10%	0,66	0,71	0,91	0,94	1,02	



Der PWC130 (Physical Working Capacity) ist die in Watt/kg angegebene mechanische Leistung eines Menschen bei einer definierten Herzfrequenz (hier 130 Schläge pro Minute), gemessen z.B. auf einem Fahrradergometer, geteilt durch das Körpergewicht. Sie macht Aussagen über das Dauerleistungsvermögen der jeweiligen Person.

Typische Varianten sind:

Für Personen < 30 Jahre: PWC170
 Für Personen 31 - 50 Jahren PWC150
 Für Personen > 50 Jahre PWC130

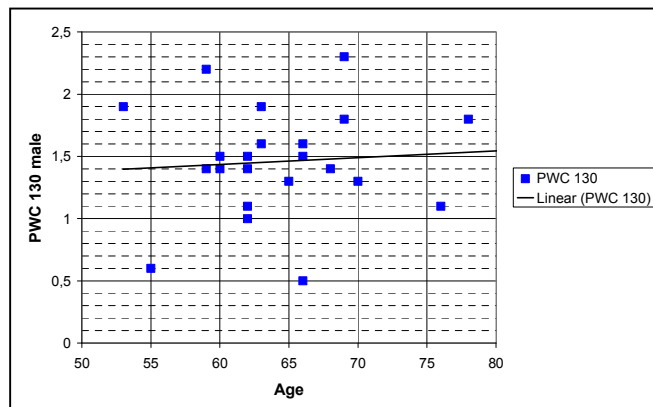
Der für PWC130 in der Literatur genannte "Normwert" für gesunde, untrainierte Personen ist altersunabhängig 1,5 für Männer und 1,3 für Frauen.

		<i>Bewertungsnormen (Watt / kg)</i>				
		-	Ø Norm	+	++	+++
PWC130	m	1,1	1,5	1,9	2,4	2,9
	w	1,0	1,3	1,6	2,0	2,5

(Quelle: Wikipedia PWC 130)

Die Mittelwerte unserer Probanden liegen mit ca. 1,8 für die älteren Männer und ca. 1,4 für die älteren Frauen über der Norm und zeigen, dass diese Probandengruppe im Mittel körperlich fitter war als der Durchschnitt der Bevölkerung.

Die Untersuchungen an 36 älteren männlichen Seglern im Rahmen des Projektes Fit&Sail ergaben für diese Probandengruppe einen durchschnittlichen Fitness PWC130 von ca. 1,5.



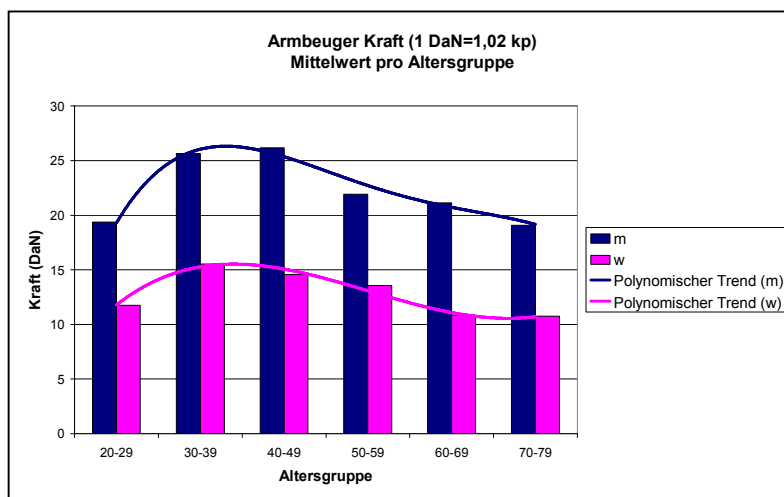
(Quelle: IBoat-Report 3.6)

Folgerung:

Die Probanden der vorliegenden Untersuchung sind im Mittel körperlich etwas leistungsfähiger als der Bevölkerungsdurchschnitt und die bisher untersuchten älteren Amateursegler. Die unteren und die oberen Leistungsgrenzen unserer Probandengruppe (Männer: 1,0 - 2,5 / Frauen: 0,9 - 2,0) liegen aber im repräsentativen Bereich.

2.2.3 Hinweis zu den Trendlinien in den Graphiken:

- Die linearen Trends dienen in diesen Auswertungen dazu, allgemeine "großräumige" Tendenzen aufzuzeigen und dabei messtechnisch bedingte Ungenauigkeiten (z.B. der unterschiedlichen Probandenprofile pro Altersgruppe) auszugleichen.
Lineare Trends - insbesondere der unteren und der oberen Leistungsgrenzen - sollen die Richtung und die Größenordnung einer Veränderung, z.B. der Leistungsfähigkeit mit dem Alter aber auch die Unterschiede zwischen den Geschlechtern verdeutlichen, machen aber keine Aussagen über die Details dieses Veränderungsprozesses von Altersgruppe zu Altersgruppe.
- Die folgende Graphik zeigt im Vergleich dazu die Veränderung der Leistung mit dem Alter (am Beispiel der Kraft des Armbeugers) anhand der Mittelwerte pro Altersgruppe und einer genaueren polynomischen Trendlinie und verdeutlicht das bekannte individuelle Phänomen des Alterns:

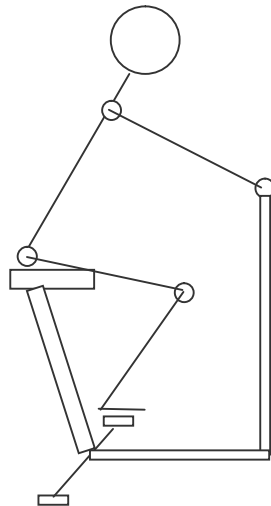


- Die maximale körperliche Leistungsfähigkeit wird etwa zwischen 30-40 erreicht.
- Ab etwa Mitte 40 beginnt ein ziemlich dramatischer Leistungsabfall bis etwa Ende 60, der ggf. durch ein verändertes Bewegungsverhalten mit dem Eintritt in den Ruhestand noch verschärft wird. Dies kann erhebliche psychische Auswirkungen auf das Selbstbewusstsein und das Selbstwertgefühl haben und führt u.a. dazu, dass viele Bootseigner ab etwa Mitte 60 ihr Boot "aus Altersgründen" aufgeben "solange sie das noch können".
- Ab etwa 70 verringert sich aber die Geschwindigkeit des altersbedingten Leistungsabfalls deutlich und wird damit individuell vorhersehbar und planbar (sofern der Körper einigermaßen gesund bleibt).
Wenn die Wassersportler bis zu diesem Zeitpunkt durchgehalten haben, werden sie ihre Boote und ihre Törns den (realistisch gesehen gar nicht so geringen) verbleibenden körperlichen und mentalen Möglichkeiten anpassen und können dann regelmäßig für viele weitere Jahre lustvoll ihr Boot auf dem Wasser bewegen.

3 Bandbreiten der körperlichen und sensorischen Leistungsfähigkeit

3.1 Ausdauerleistung, subjektive Anstrengung

3.1.1 Ausdauerleistung



Die Ausdauerleistung des Herz-Kreislaufsystems wurde mit dem Fahrradergometer gemessen. In unserer Untersuchung wurde hierbei bei etwa der Hälfte der Probanden neben der Herzfrequenz und der erbrachten Leistung auch regelmäßig der Laktatgehalt im Blut gemessen.

Die Laktatkonzentration im Blut steigt mit zunehmender Herzfrequenz und erbrachter Leistung, wird aber während der Anstrengung in begrenztem Maße wieder vom Körper abgebaut. Eine Laktatkonzentration von 4 mmol/l gilt als Standard-Grenzwert ("anaerobe Schwelle") für eine Dauerleistung, die über einen längeren Zeitraum durchgehalten werden kann. Höhere Anstrengungen mit höheren Laktatkonzentrationen führen relativ schnell zur Übersäuerung der Muskeln und als Folge zu Leistungseinbrüchen.

Die Leistung (in Watt) an der anaeroben Schwelle (Laktatkonzentration 4 mmol/l) ist damit ein guter Indikator für die individuelle Ausdauerleistung des Probanden.

Einheiten:

$$10 \text{ Watt (W)} = 1,02 \text{ kp m/s} = 10 \text{ N m/s} = 1 \text{ DaN m/s}$$

Beispiel:

100 Watt = Ein Gewicht (z.B. ein Segel) von rund 10 kg
mit einer Geschwindigkeit von durchschnittlich 1 m/s
über ein Fall hochziehen (Reibung vernachlässigt).

An dieser Untersuchung waren insgesamt 253 überwiegend sportlich aktive Probanden beteiligt, 129 männlich, 124 weiblich. Die Altersgruppe 70-79 war nur schwach besetzt.

Probandenprofil:

Anzahl von ANSW	Geschlecht		
Altersgruppe	m	w	Gesamtergebnis
20 - 29	33	31	64
30 - 39	25	21	46
40 - 49	22	23	45
50 - 59	22	18	40
60 - 69	23	27	50
70 - 79	4	4	8
Gesamtergebnis	129	124	253

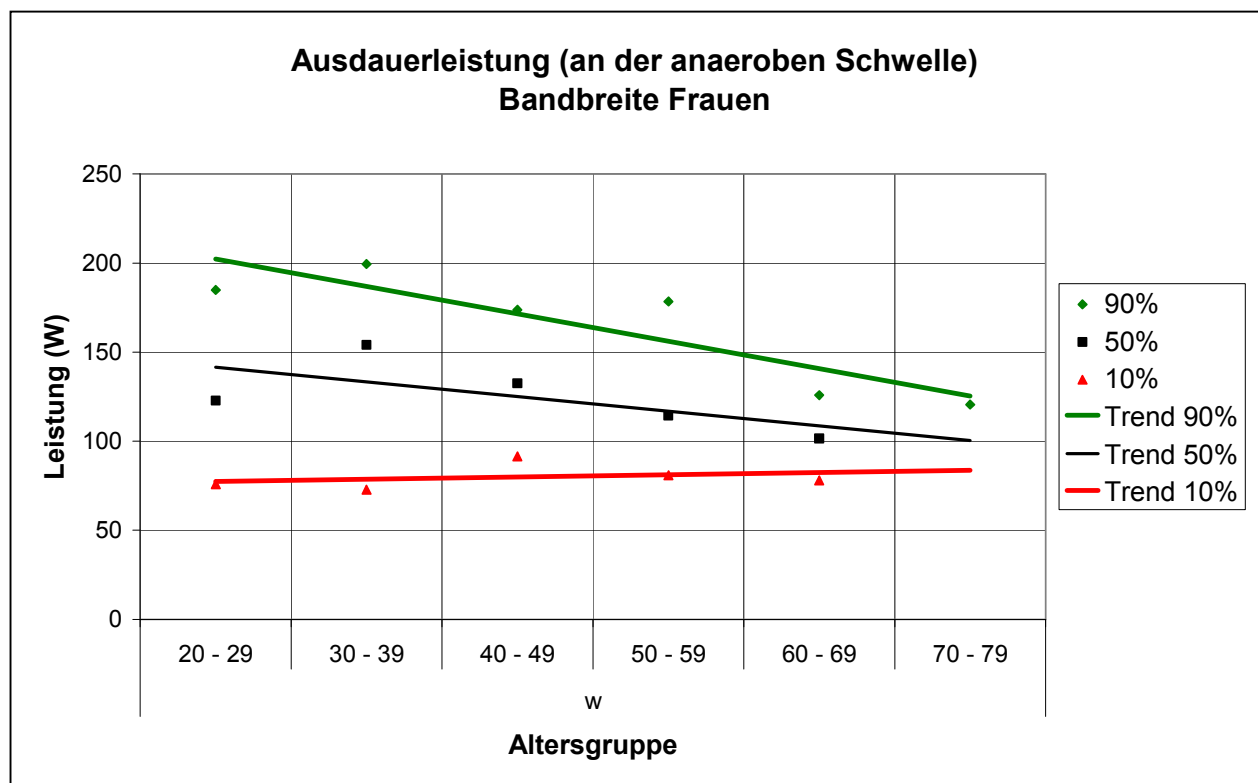
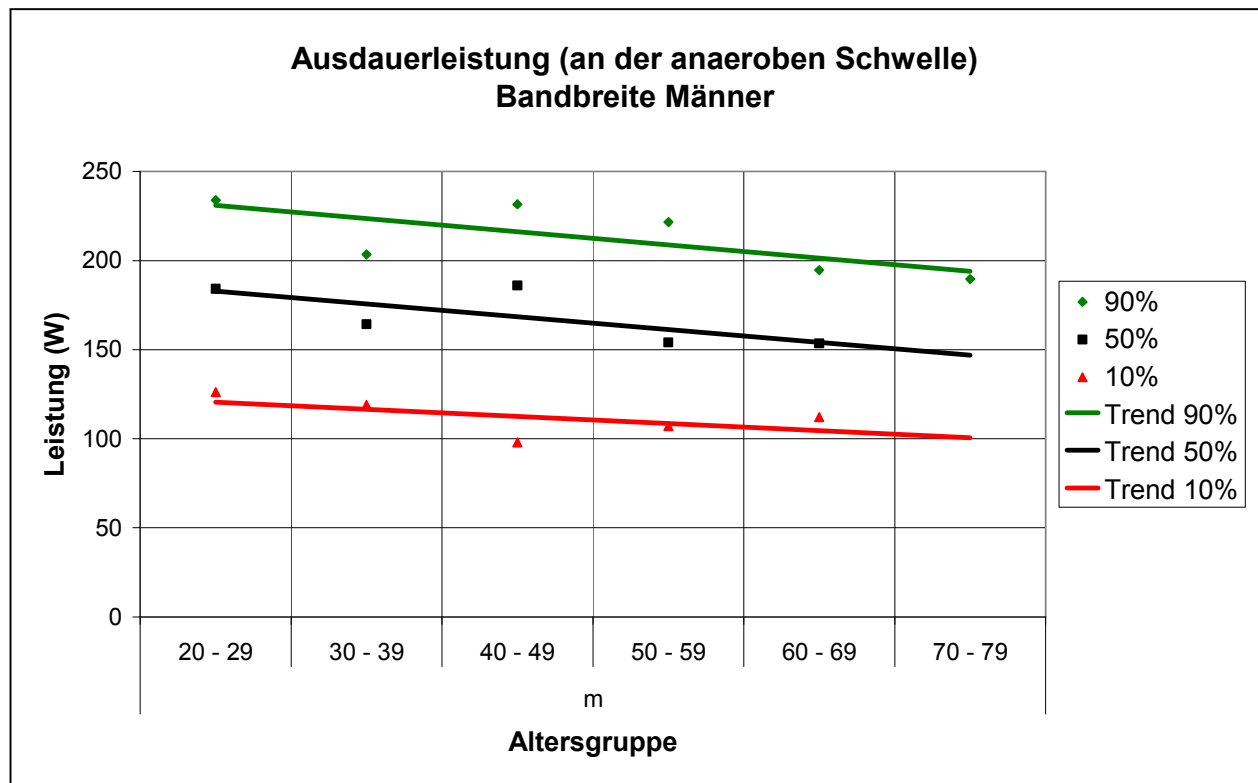
Ergebnisse:

Ausdauerleistung an der anaeroben Schwelle (W) Bandbreite Männer						
ANSW	m					
Anteil	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	233,95	203,50	231,60	221,60	194,70	189,60
50%	184,17	164,35	186,00	154,00	153,50	
10%	126,18	119,00	98,00	107,20	112,20	

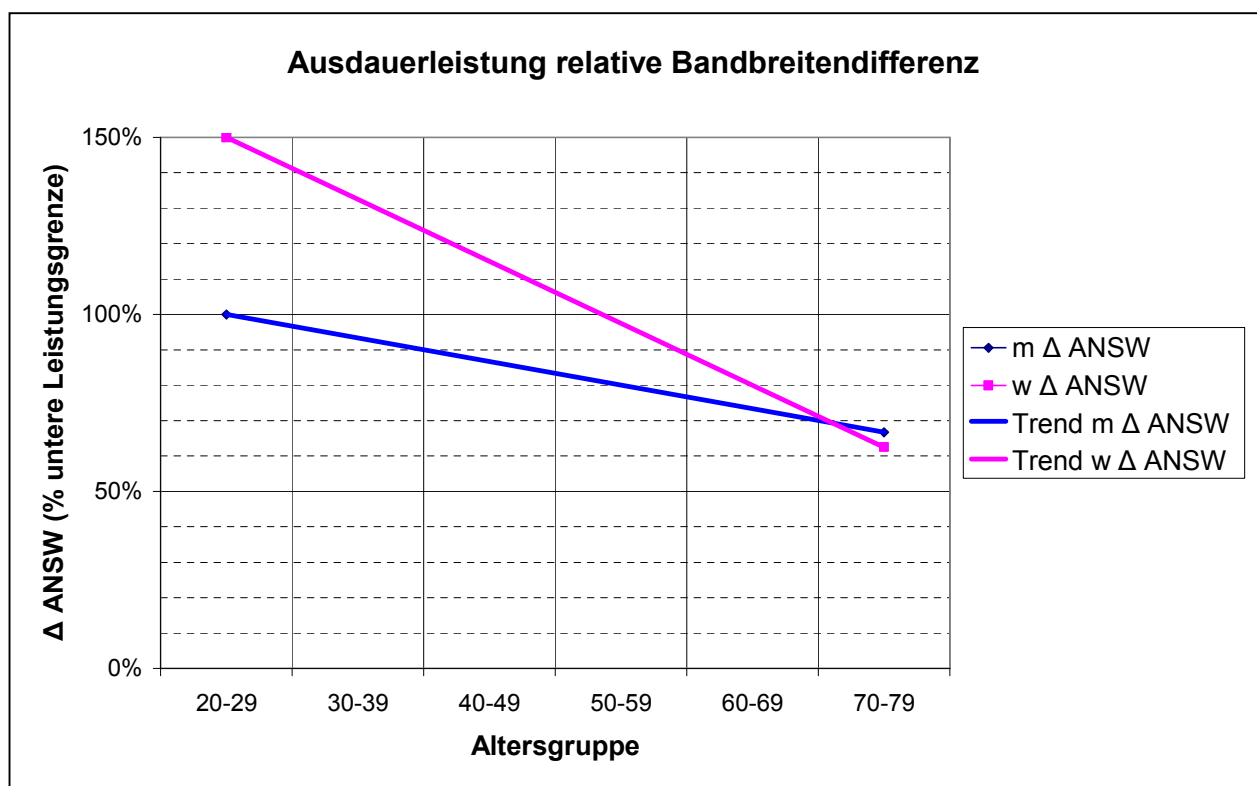
Ausdauerleistung an der anaeroben Schwelle (W) Bandbreite Frauen						
ANSW	w					
Anteil	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	184,90	199,40	173,80	178,40	125,90	120,60
50%	122,75	154,00	132,50	114,30	101,50	
10%	75,90	72,80	91,60	80,80	78,10	

Interpretation:

- Die untere Grenze der Ausdauerleistung völlig untrainierter "Couch-Potatoes " liegt
bei Männern bei etwa 110 W,
bei Frauen bei rund 80 W
- Die obere Grenze (90%) der Ausdauerleistung trainierter Amateursportler liegt im Mittel bei etwa der doppelten Leistung der unteren Grenze, sinkt aber deutlich mit dem Alter
bei Männern: Altersgruppe 20-29: rund 230 W,
Altersgruppe 70-79: rund 190 W,
bei Frauen: Altersgruppe 20-29: rund 200 W,
Altersgruppe 70-79: rund 120 W
- Im Mittel der Trends (Trend 50%) haben Frauen eine geringere Ausdauerleistung als Männer:
Altersgruppe 20-29: $140/180 = 78\%$
Altersgruppe 70-79: $100/150 = 67\%$



- Eine für durchschnittlich fitte ältere Damen konzipierte körperliche Dauerleistung an Bord sollte sich an einer Dauerleistung von ca. 100 W orientieren, auch wenn der durchschnittlich fitte ältere Herr rund 150 W und gut trainiert bis zu etwa 200 W leisten kann.
- Die Messungen der Kräfte und Leistungen bei der Handhabung von Leinen per Hand oder per Winsch unter realitätsnahen Bedingungen werden in Kap. 3.6 dargestellt.
- Die folgende Graphik zeigt die relative Bandbreitendifferenz - die Differenz Δ ANSW zwischen oberer und unterer Leistungsgrenze in Relation zur unteren Leistungsgrenze - und verdeutlicht den Altersgang der Trainierbarkeit von Ausdauerleistung:



- Während in jungen Jahren Männer ihre Ausdauerleistung durch sportlichen Lebenswandel verdoppeln und Frauen ihre Ausdauerleistung sogar um 150% steigern können, sinkt dieser Trainingseffekt mit dem Alter erheblich auf 60-70% der unteren Leistungsgrenze:

Dieser auch durch Training nicht aufzuhaltende Leistungsrückgang bei Männern um bis zu 1/3, bei Frauen sogar um bis zu 2/3 wird von älter werdenden sportlich aktiven Menschen insbesondere an Bord von Segelyachten sehr wohl frustriert wahrgenommen, wenn Tätigkeiten, die früher locker von der Hand gingen, plötzlich an die Leistungsgrenze führen.

Insbesondere bei sportlich aktiven Frauen könnte dieser subjektiv beunruhigend wahrgenommene erhebliche Leistungsrückgang mit zunehmendem Alter eine der Ursachen dafür sein, dass ältere Paare das gemeinsame aktive Segeln "aus Altersgründen" aufgeben.

3.1.2 Subjektive Anstrengung

Eine ergänzende Information über die subjektiv wahrgenommene Anstrengung bei der Erbringung einer körperlichen Leistung bietet die Befragung der Probanden mit Hilfe der Borg-Skala:

Die Probanden bewerten hierbei ihre aktuelle Anstrengung entsprechend folgender Tabelle:

Bewertung	Borg-Skala
	8
sehr leicht	9
	10
recht leicht	11
	12
etwas anstrengend	13
	14
anstrengend	15
	16
sehr anstrengend	17
	18

Diese Befragung wurde auch bei der Ausdauerleistungsmessung mit dem Fahrradergometer bei jedem Leistungsschritt durchgeführt.

Die folgende Tabelle und die anschließenden Graphiken zeigen die Bandbreiten der Ergebnisse für Ausdauerleistungen an der anaeroben Schwelle (Laktat 4 mmol/l) pro Alters- und Geschlechtsgruppe.

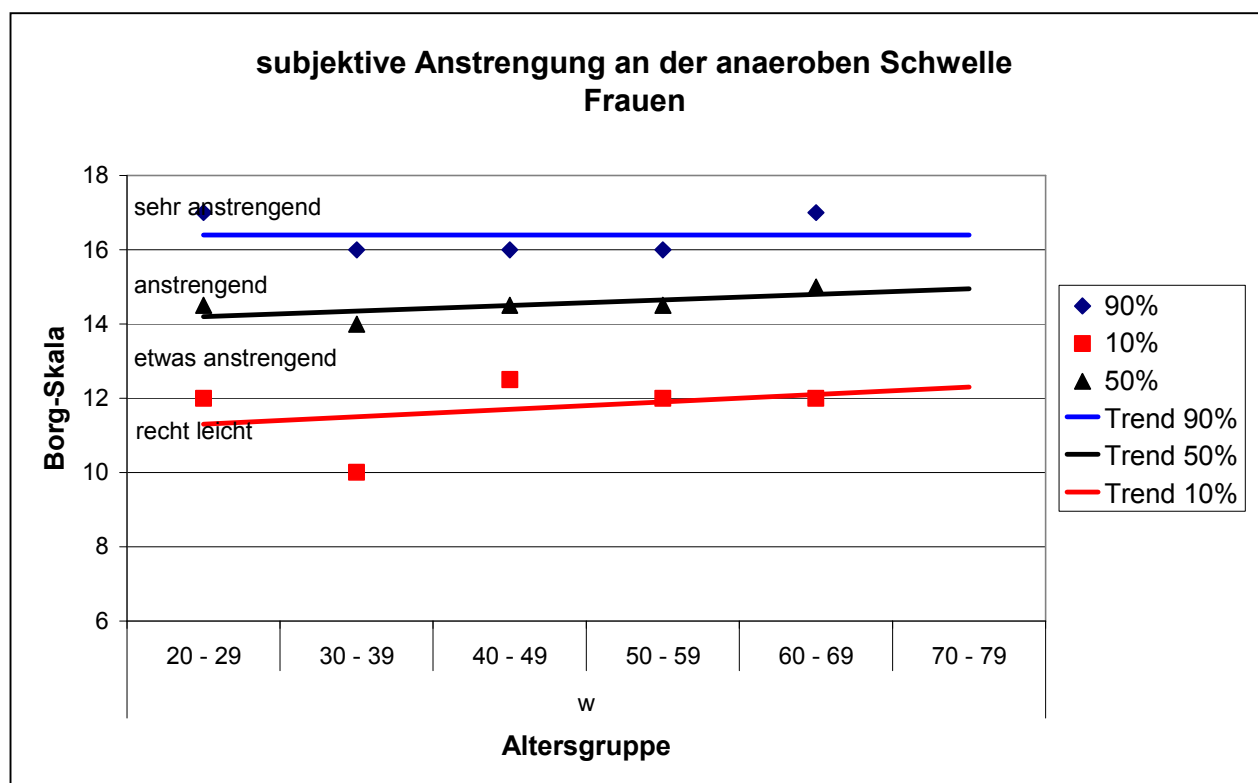
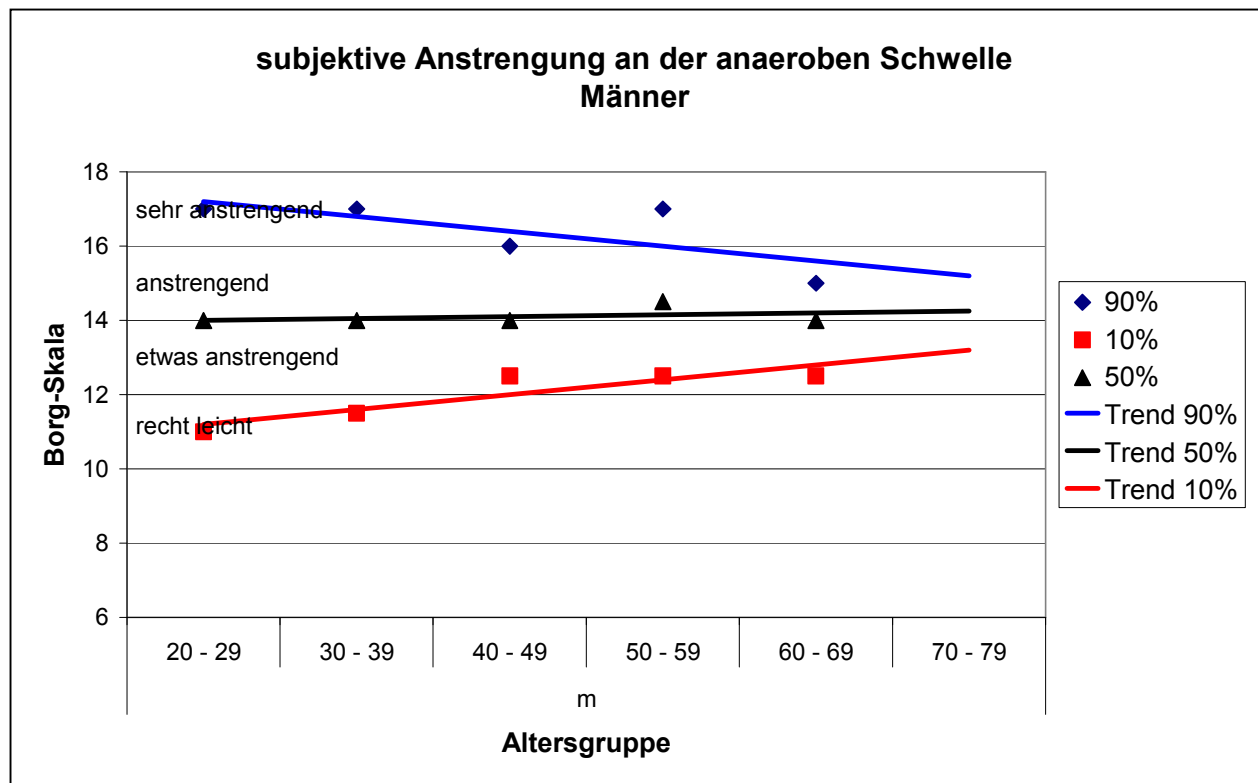
Ergebnisse

	Borg-Skala Ausdauerleistung an der anaeroben Schwelle Bandbreite Männer nach Altersgruppen					
	m					
Anteil	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	17,0	17,0	16,0	17,0	15,0	
10%	11,0	11,5	12,5	12,5	12,5	
50%	14,0	14,0	14,0	14,5	14,0	

	Borg-Skala Ausdauerleistung an der anaeroben Schwelle Bandbreite Frauen nach Altersgruppen					
	w					
Anteil	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	17	16	16	16	17	
10%	12	10	12,5	12	12	
50%	14,5	14	14,5	14,5	15	

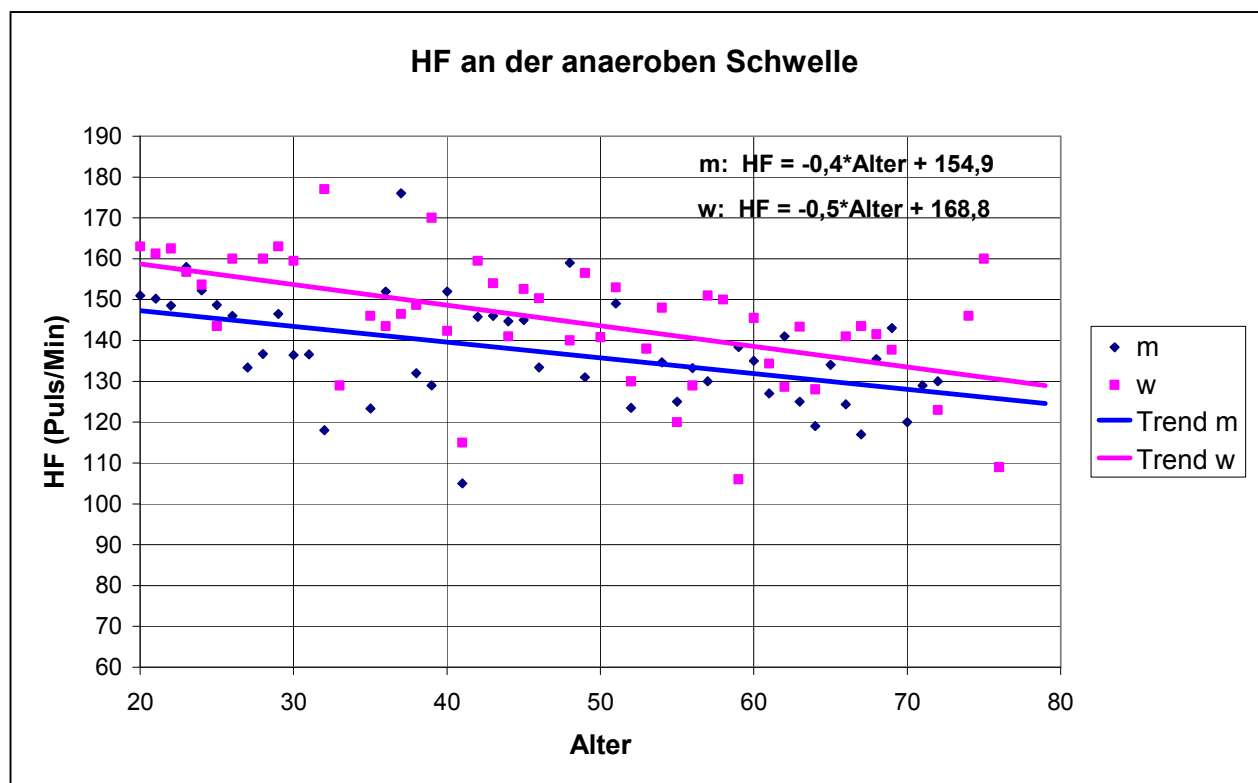
Interpretation:

- Die Trends zeigen, dass Ausdauerleistung an der anaeroben Schwelle durchgehend von Männern und Frauen im Bereich "etwas anstrengend" - "anstrengend" empfunden wird.
- Für immerhin die Hälfte der Probanden war diese Leistung "anstrengend" - "sehr anstrengend".
- Es gibt bei Männern und Frauen eine leichte Tendenz, Ausdauerleistung mit zunehmendem Alter als zunehmend anstrengender wahrzunehmen.
- Diese Ergebnisse sind in sofern von Bedeutung, als andererseits zu beobachten ist, dass mit zunehmendem Alter auch die Wassersportler dazu neigen, "anstrengende", die körperliche Ausdauer über einen längeren Zeitraum fordernde Tätigkeiten zu vermeiden (sofern es sich nicht um explizit sportliche Aktivitäten handelt).

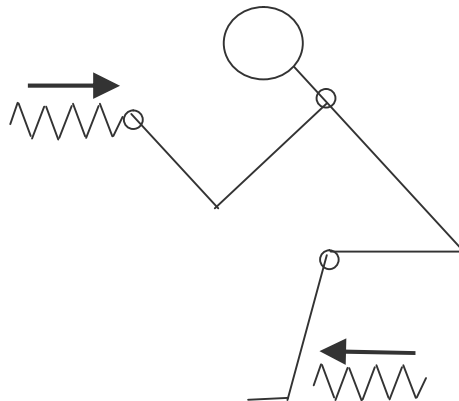


Die individuelle anaerobe Schwelle - also die obere Grenze der Dauerleistung - lässt sich anhand der folgenden Graphik mit einer Pulsuhr überschlägig kontrollieren:

- Die Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) an der anaeroben Schwelle sinkt mit zunehmendem Alter parallel zu der an dieser Schwelle erzielbaren Dauerleistung (in Watt) (s.o.).
- Während junge Männer bei einer Herzfrequenz von im Mittel 145 S/Min. im Mittel rund 180 Watt leisten, sinken diese Werte bei älteren Männern auf Frequenzen von rund 130 S/Min. und Leistungen um im Durchschnitt 150 Watt.
- Bei Frauen schlägt das Herz schneller:
In jungen Jahren an der anaeroben Schwelle mit etwa 155 S/Min. bei einer mittleren Leistung von 140 Watt, im höheren Alter mit rund 135 S/Min. bei einer Leistung von im Mittel etwa 110 Watt.



3.2 Maximalkraft



Die Maximalkräfte der Arm-, Bein und Handmuskulatur wurden isometrisch bestimmt, d.h. die Muskeln wurden in Ruhe maximal angespannt. Gemessen wurden links und rechts in jeweils 3 Durchgängen

- bei den Armbeugern, Armstreckern und Beinstreckern die maximalen Drehmomente (in Nm) und die zugehörigen Hebellängen (in cm) bezogen auf den Ellenbogen und das Kniegelenk. Die Messergebnisse wurden in die maximalen Zug- und Druckkräfte (in DaN) umgerechnet.
- die maximale Handschlusskraft, also die Kraft mit der die Faust zusammengedrückt wird (mit einem Handdynamometer in kg, umgerechnet in DaN).

In dieser Auswertung betrachtet wird jeweils das beste Ergebnis des Probanden pro Muskelgruppe, unabhängig davon ob es mit der rechten oder der linken Seite erreicht wurde.

3.2.1 Arme

In den Untersuchungen wurden die maximalen isometrischen Drehmomente der Armbeuger und der Armstrecker gemessen, also der Muskeln am Oberarm, die über das Ellenbogengelenk den Unterarm bewegen.

Im Folgenden dokumentiert werden die Ergebnisse für den Armbeuger, der z.B. an Bord maßgeblich daran beteiligt ist, Gewichte ohne Hüfteinsatz zu heben, (im Sitzen) Seile zu ziehen oder ohne Körpereinsatz eine schwergängige Tür zu öffnen.

Die Drehmomente wurden mit Hilfe der gleichfalls gemessenen Hebellänge (zwischen Ellenbogen und Hand) in die resultierenden Kräfte umgerechnet.

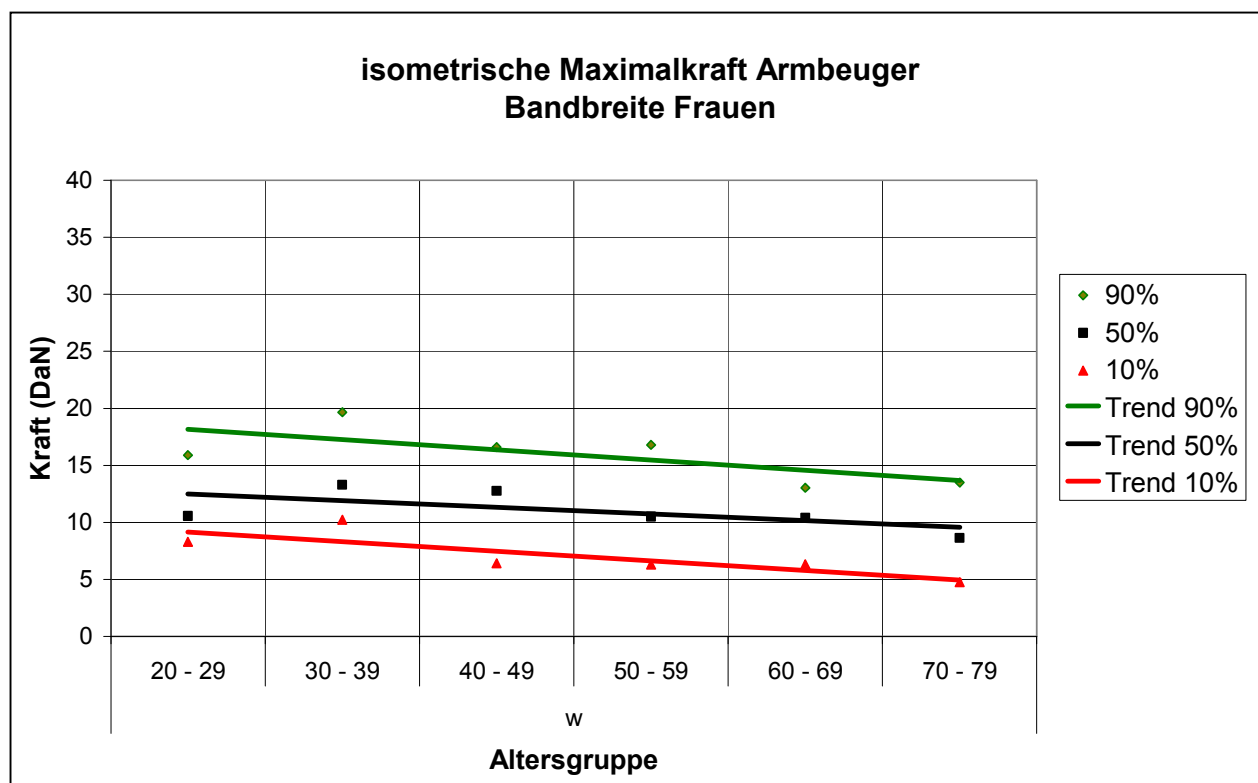
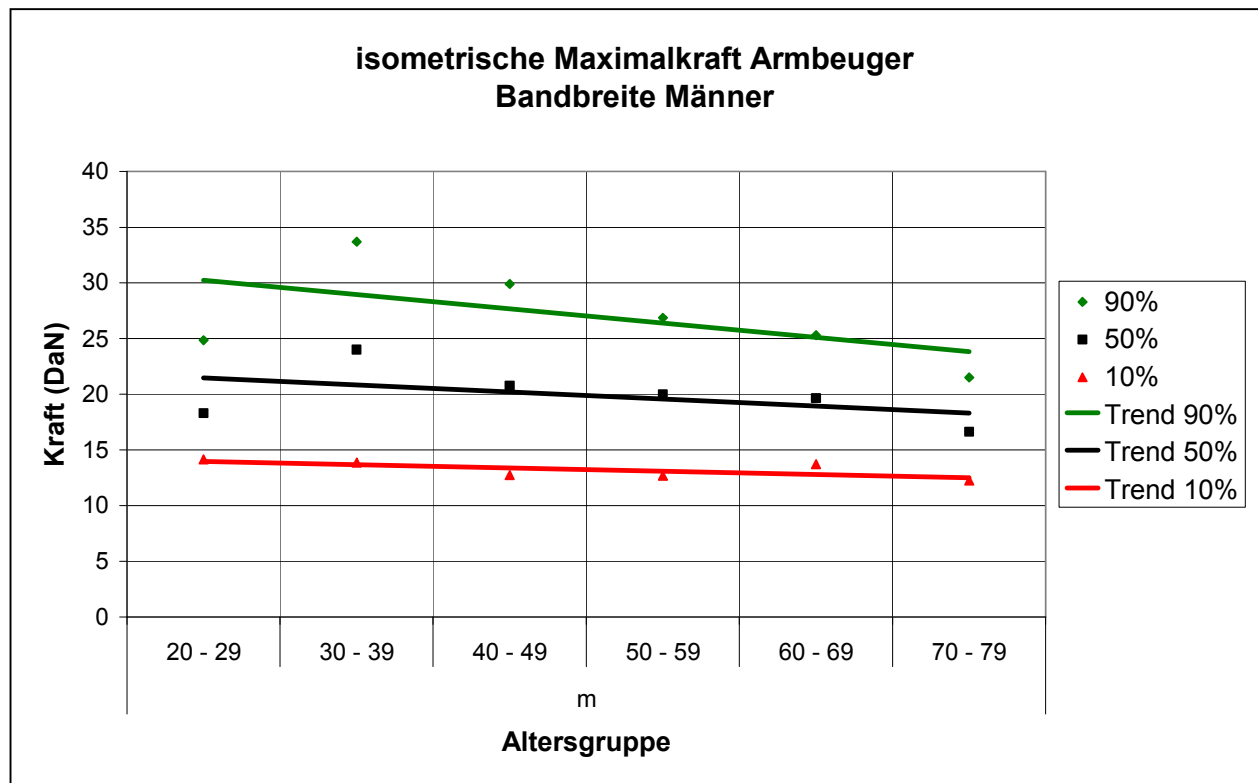
Probandenprofil

Anzahl von ABKmax (DaN)	Geschlecht		
Altersgruppe	m	w	Gesamtergebnis
20 - 29	33	32	65
30 - 39	47	48	95
40 - 49	52	44	96
50 - 59	45	36	81
60 - 69	50	61	111
70 - 79	26	36	62
Gesamtergebnis	253	257	510

Ergebnisse

ABKmax (DaN)	isometrische Maximalkraft Armbeuger (DaN) Bandbreite Männer					
	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	24,85	33,70	29,90	26,87	25,30	21,50
50%	18,30	24,00	20,75	20,00	19,64	16,63
10%	14,15	13,87	12,73	12,70	13,70	12,25

ABKmax (DaN)	isometrische Maximalkraft Armbeuger (DaN) Bandbreite Frauen					
	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	15,90	19,65	16,60	16,80	13,03	13,50
50%	10,56	13,29	12,75	10,50	10,42	8,63
10%	8,28	10,23	6,40	6,30	6,32	4,75



Interpretation der Trends:

- Die Maximalkraft des Armbeugers beträgt bei Männern im Mittel rund 20 DaN und ist bei Frauen im Mittel mit ca. 11 DaN nur etwa halb so groß.
- Der Altersrückgang sportlich aktiver Personen an der oberen Leistungsgrenze ist deutlich, aber nicht dramatisch:
 - bei Männern: Altersgruppe 20-29: rund 30 DaN
Altersgruppe 70-79: rund 24 DaN
 - bei Frauen: Altersgruppe 20-29: rund 18 DaN
Altersgruppe 70-79: rund 14 DaN

d.h.: sportliche Damen können durchaus kräftigere "Muckies" haben, als unsportliche Herren.
- Die untere Leistungsgrenze untrainierter älterer Herren liegt bei etwa 13 DaN, bei älteren Damen bei nur 5 DaN,
d.h.: Aufgaben wie das Öffnen schwergängige Türen (oder das Holen von Leinen, oder auch das Anheben eines großen Teepots vom Salontisch), die an Bord aufgrund beengter Verhältnisse nur mit den Armen erledigt werden können, sollten - mit Rücksicht auf die Frauen - weniger als 10 DaN Kraft erfordern.

3.2.2 Beine

Der Beinstrecker ist der Muskel am Oberschenkel, der den Unterschenkel über das Kniegelenk nach vorne zieht, oder bei fest aufgesetztem Fuß den Oberschenkel nach oben/vorne drückt. Dieser Muskel ist maßgeblich daran beteiligt, das Körpergewicht beim Aufstehen von einer Sitzfläche oder beim Steigen auf eine Stufe nach oben zu heben.

Auch bei dieser Untersuchung wurde das Drehmoment (in Nm) gemessen und mit Hilfe der gleichfalls gemessenen Hebellänge (zwischen Knie und Fußgelenk) in die resultierende Kraft umgerechnet.

Probandenprofil

Anzahl von BSKmax (DaN)	Geschlecht		
	m	w	Gesamtergebnis
Altersgruppe			
20 - 29	33	32	65
30 - 39	47	48	95
40 - 49	52	44	96
50 - 59	45	36	81
60 - 69	50	61	111
70 - 79	26	36	62
Gesamtergebnis	253	257	510

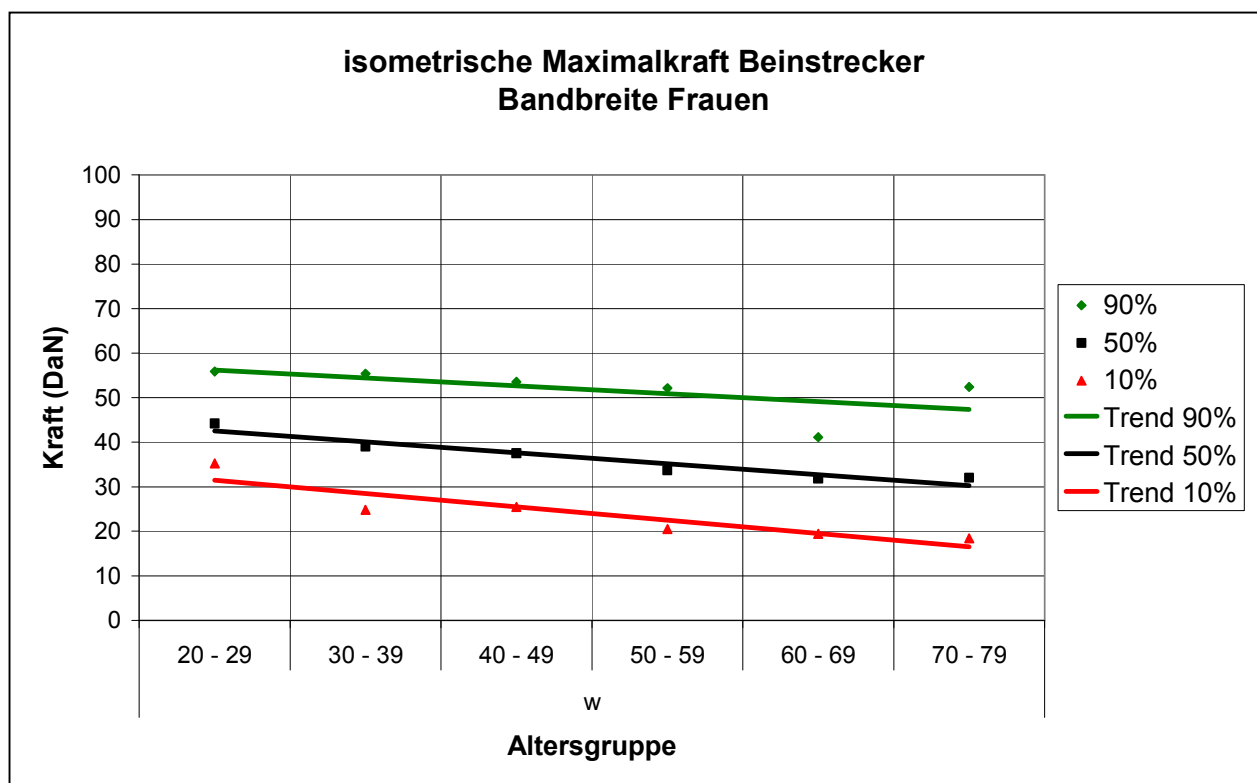
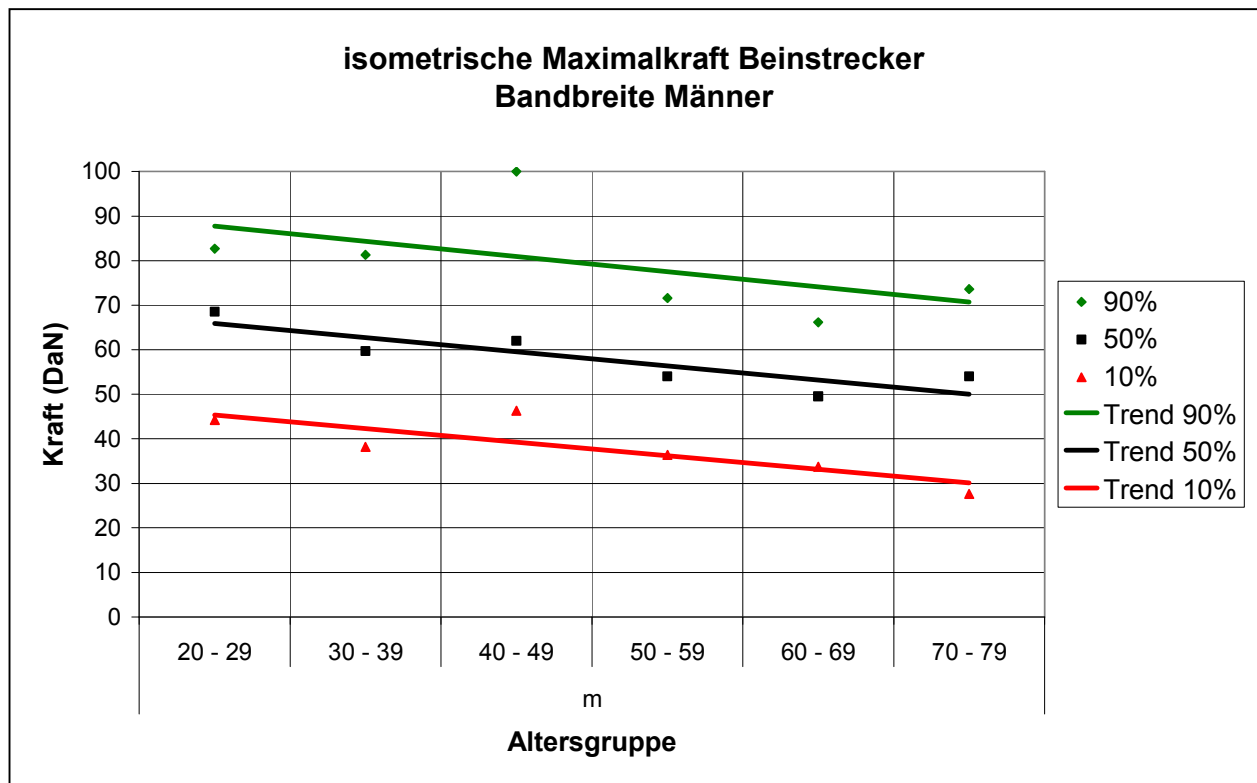
Ergebnisse

	isometrische Maximalkraft Beinstrecker (DaN) Bandbreite Männer					
BSKmax (DaN)	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	82,70	81,30	100,00	71,60	66,15	73,60
50%	68,50	59,67	62,00	54,00	49,50	54,00
10%	44,20	38,20	46,33	36,40	33,70	27,60

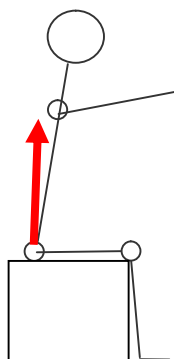
	isometrische Maximalkraft Beinstrecker (DaN) Bandbreite Frauen					
BSKmax (DaN)	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	55,90	55,40	53,53	52,17	41,10	52,40
50%	44,20	39,00	37,50	33,67	31,83	32,00
10%	35,20	24,80	25,47	20,50	19,45	18,40

Interpretation:

- Es zeigt sich auch bei dieser Muskelgruppe
 - ein deutlicher Leistungsrückgang mit dem Alter,
 - ein deutlicher Unterschied zwischen Männern und Frauen,
 - vor allem aber ein erheblicher interindividueller Unterschied zwischen sportlichen und unsportlichen Personen.
- Bei älteren Männern liegt die Bandbreite der Kraft des Beinstreckers zwischen 30 - 70 DaN ($\approx$ kp)
bei älteren Frauen zwischen 20 - 50 DaN



Eine für den Zweck der Untersuchung aussagefähigere Darstellung ist die Umrechnung der Beinstreckerkraft in das Verhältnis zum Körpergewicht und damit in die Fähigkeit, z.B. von einer Sitzfläche aufzustehen.



Um realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten, wurde das Verhältnis "Kraft des Beinstreckers / Körpergewicht" mit einem Faktor korrigiert, der u.a. die Unterstützung durch das Fußgelenk beim Aufstehen berücksichtigt.

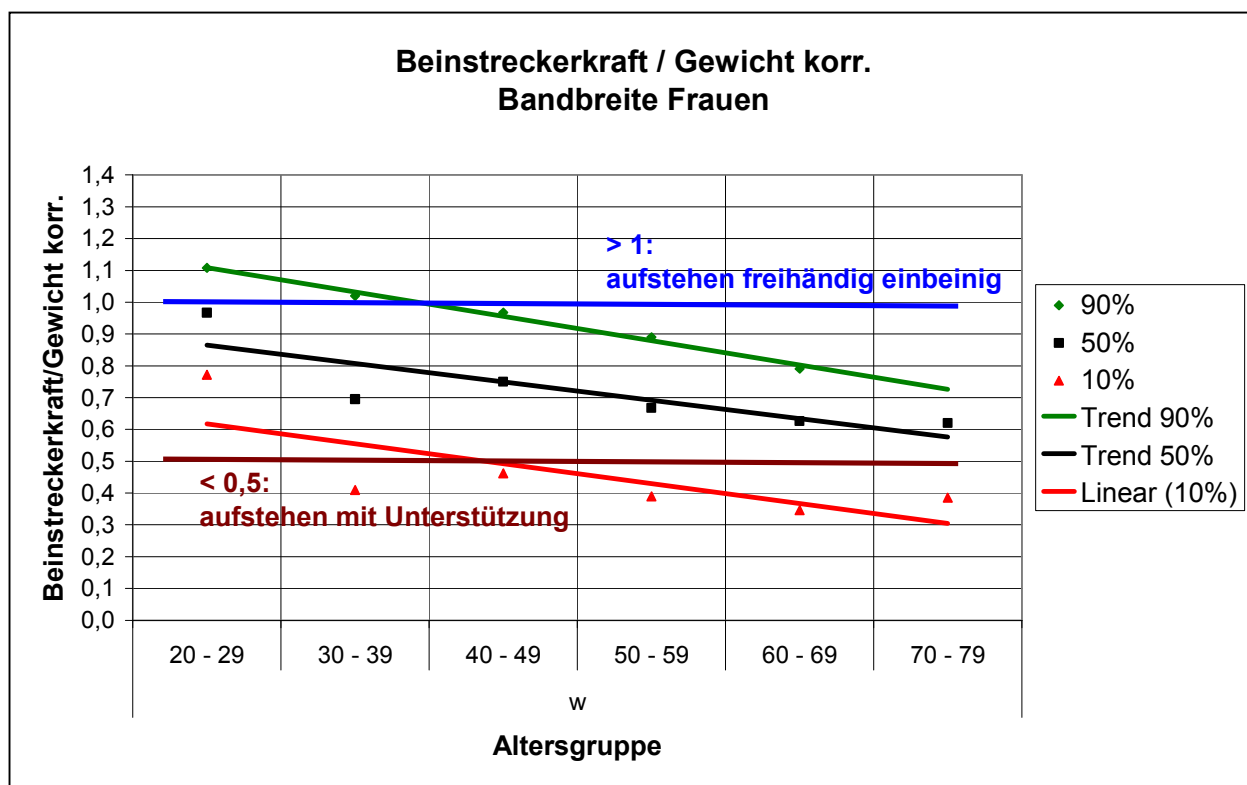
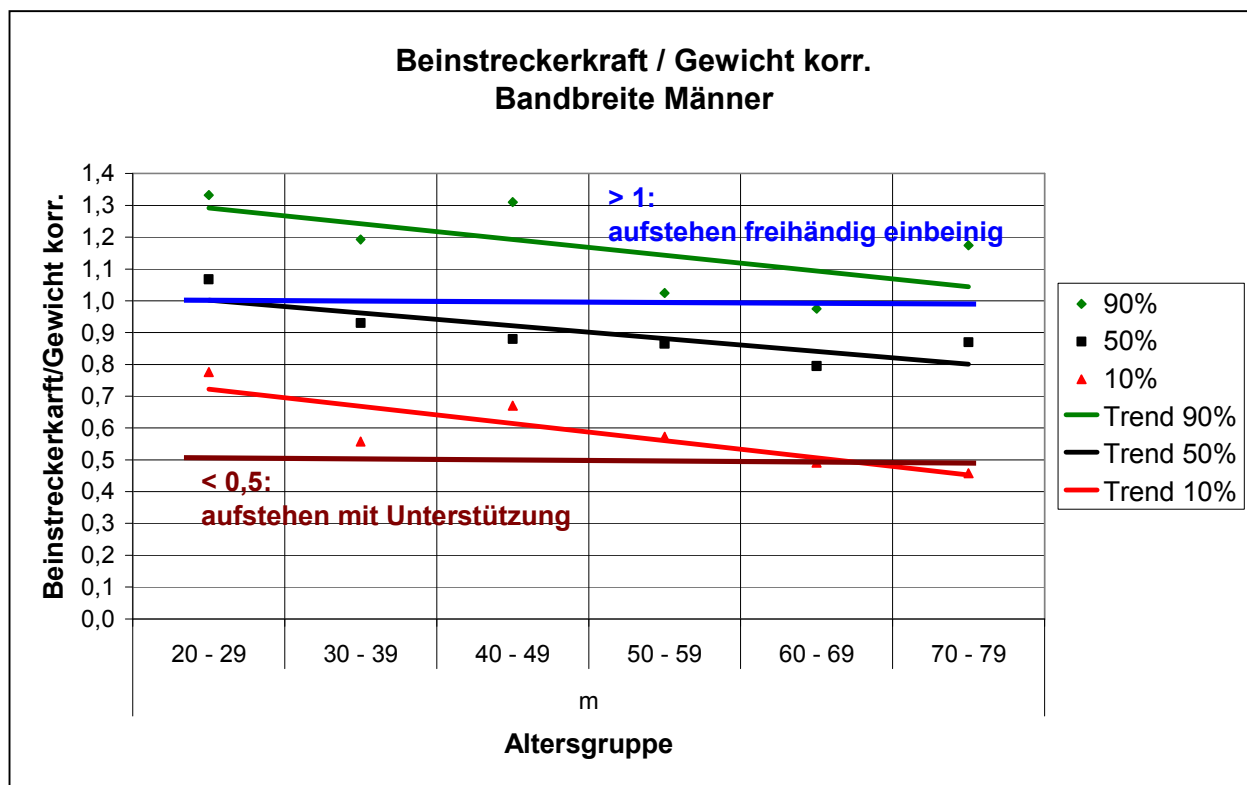
Ergebnisse

	Beinstreckerkraft / Körpergewicht korr Bandbreite Männer					
BSKmax/Gewicht korr	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	1,33	1,19	1,31	1,02	0,98	1,17
50%	1,07	0,93	0,88	0,87	0,80	0,87
10%	0,78	0,56	0,67	0,57	0,49	0,46

	Beinstreckerkraft / Körpergewicht korr Bandbreite Frauen					
BSKmax/Gewicht korr	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	1,11	1,02	0,97	0,89	0,79	
50%	0,97	0,70	0,75	0,67	0,63	0,62
10%	0,77	0,41	0,46	0,39	0,35	0,39

Die zusätzlichen Hilfslinien in den folgenden Graphiken bedeuten:

- ist das Verhältnis >1
dann ist der Proband in der Lage,
sich freihändig mit einem Bein von einem Stuhl zu erheben
- ist das Verhältnis <1 aber $> 0,5$
dann ist der Proband in der Lage,
sich freihändig aber mit Unterstützung beider Beine von einem Stuhl zu erheben
- ist das Verhältnis $<0,5$
dann ist der Proband nur noch in der Lage,
sich z.B. mit Armunterstützung von einem Stuhl zu erheben



Interpretation:

- Aufstehen aus dem Sitzen müssen durchschnittlich kräftige Männer und Frauen regelmäßig mit beiden Beinen (und benötigen dafür eine entsprechende Bewegungsfreiheit nach vorne).
- Insbesondere untrainierte Frauen in fortgeschrittenem Alter benötigen beim Aufstehen zusätzliche Unterstützung i.d.R. durch das Abstützen / Hochziehen mit den Armen und damit entsprechende Armlehnen, Haltegriffe oder einen robusten Tisch.
- Da auch untrainierte Männer in höherem Alter meist noch über ausreichend kräftige Beinmuskulatur verfügen, können sie häufig noch ohne Armunterstützung aufstehen und vermissen deshalb die auf Booten regelmäßig fehlenden soliden Armlehnen an den Sitzgelegenheiten nicht.
- Für sportliche Männer ist es ein amüsanter Fitnesstest zu prüfen, ob sie (noch) in der Lage sind, sich ohne Armunterstützung und mit nur einem Bein von einem Stuhl zu erheben.

3.2.3 Hand

Für die maximale Handschlusskraft, also die Kraft, mit der die Faust zusammengedrückt wird, sind die Unterarmmuskeln verantwortlich. Mit diesen Muskeln werden unter beengten Verhältnissen auch z.B. Schraubverschlüsse (z.B. von Gläsern und Flaschen) geöffnet, Drehventile bedient oder Schäkel (ohne Werkzeug) geöffnet.

Die Messung der Handschlusskraft erfolgte mit einem Dynamometer, gemessen wurde die Kraft in "kg" (= kp) und umgerechnet in DaN.

Probandenprofil

Anzahl von HKmax (DaN)	Geschlecht		
Altersgruppe	m	w	Gesamtergebnis
20 - 29	33	32	65
30 - 39	47	48	95
40 - 49	52	44	96
50 - 59	45	36	81
60 - 69	50	61	111
70 - 79	26	36	62
Gesamtergebnis	253	257	510

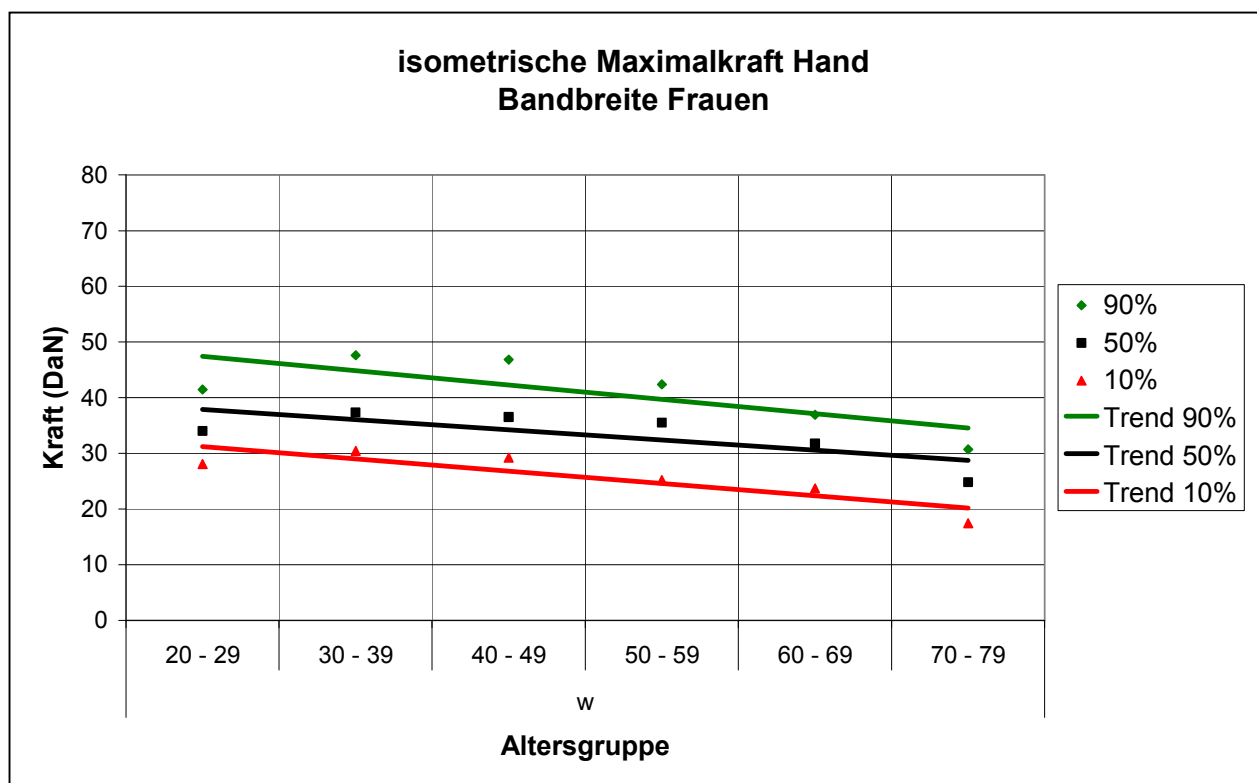
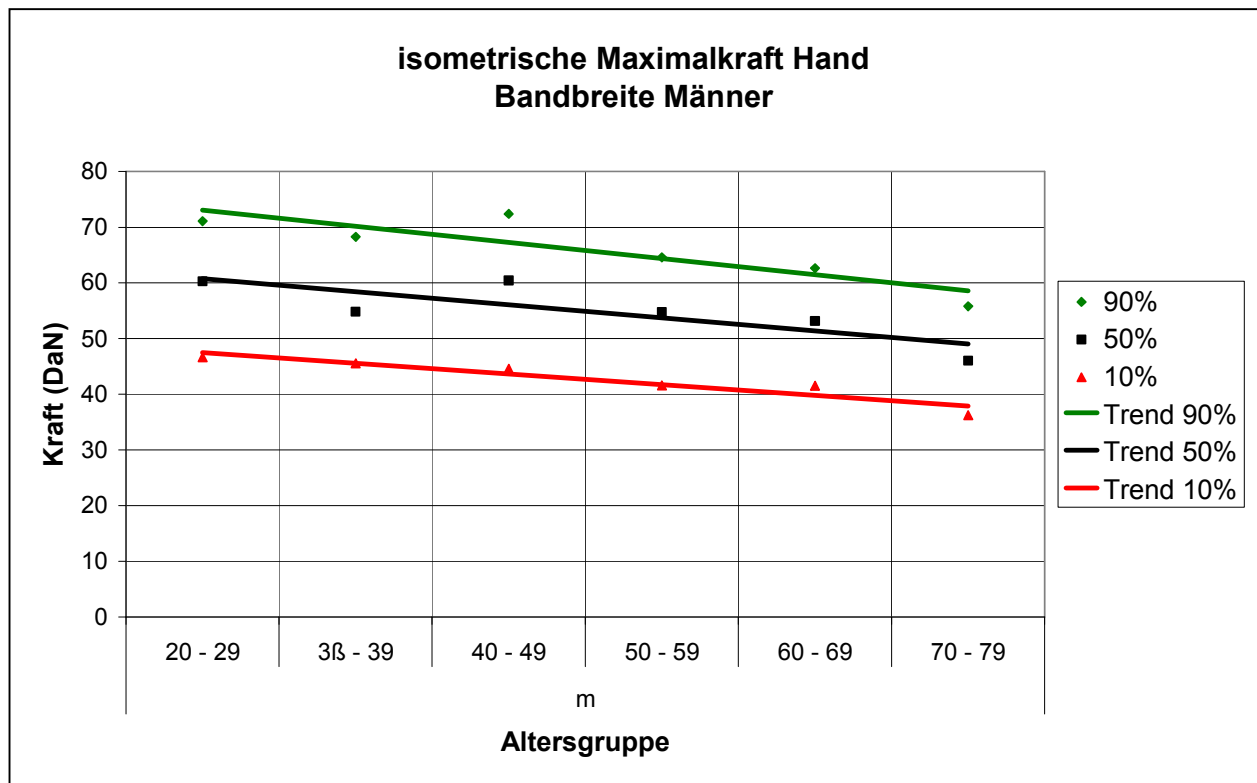
Ergebnisse

	maximale Handschlusskraft Bandbreite Männer					
HKmax (DaN)	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	71,10	68,30	72,40	64,60	62,65	55,80
50%	60,25	54,83	60,40	54,75	53,13	46,00
10%	46,65	45,54	44,60	41,60	41,50	36,20

	maximale Handschlusskraft Bandbreite Frauen					
HKmax (DaN)	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	41,45	47,60	46,80	42,40	36,90	30,70
50%	34,00	37,33	36,50	35,50	31,75	24,80
10%	28,10	30,40	29,20	25,20	23,70	17,40

Interpretation:

- Die Handkräfte von Männern und Frauen unterscheiden sich erheblich:
Männer im Mittel: rund 60 DaN
Frauen im Mittel: rund 35 DaN
- Der Altersgang und die interindividuelle Bandbreite sind deutlich, wirken sich aber bei Männern in der Praxis nicht so stark aus.
Bei untrainierten Frauen dagegen sinkt die Handkraft von rund 30 DaN in jungen Jahren um 1/3 auf rund 20 DaN im Alter, was in der Praxis die Nutzung von entsprechenden Bedienelementen an Bord erheblich einschränken kann.



Die Handschlusskraft korreliert sehr gut mit dem Drehmoment der Hand, welches z.B. beim Öffnen eines Marmeladenglases oder dem Drehen eines Ventils aufgewendet werden muss. Aus der Literatur zu diesem Thema ergeben sich - abhängig vom Durchmesser der Grifffläche - mittlere Umrechnungsfaktoren (s. u.a. Voigt 2008) z.B. für das vertikale oder horizontale Drehen z.B. eines kreisförmigen Griffs mit einem Durchmesser von 8,5 cm:

$$\begin{aligned} \text{Drehmoment (Nm) / Handschlusskraft (DaN)} &\approx 0,15 \\ \text{wirksame Hebelkraft der Hand / Handschlusskraft} &\approx 18\% \end{aligned}$$

mit dem die Ergebnisse der Handschlusskraft in dem folgenden Beispiel umgerechnet werden.

Sowohl die wirksame Hebelkraft der Hand als auch das wirksame Drehmoment verändern sich mit dem Durchmesser der Grifffläche.

Bei kleinen Griffflächen ($\varnothing < 10$ cm) verändert sich das wirksame Drehmoment in erster Näherung proportional mit dem Quadrat des Durchmessers (d.h.: Wird der Durchmesser der Grifffläche halbiert, so verringert sich das wirksame Drehmoment der Hand auf ca. 1/4).

Ergebnisse

	maximales Drehmoment der Hand (Grifffläche $\varnothing$ 8,5 cm) Bandbreite Männer					
Drehmoment Hand (Nm)	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	10,67	10,25	10,86	9,69	9,40	8,37
50%	9,04	8,23	9,06	8,21	7,97	6,90
10%	7,00	6,83	6,69	6,24	6,23	5,43

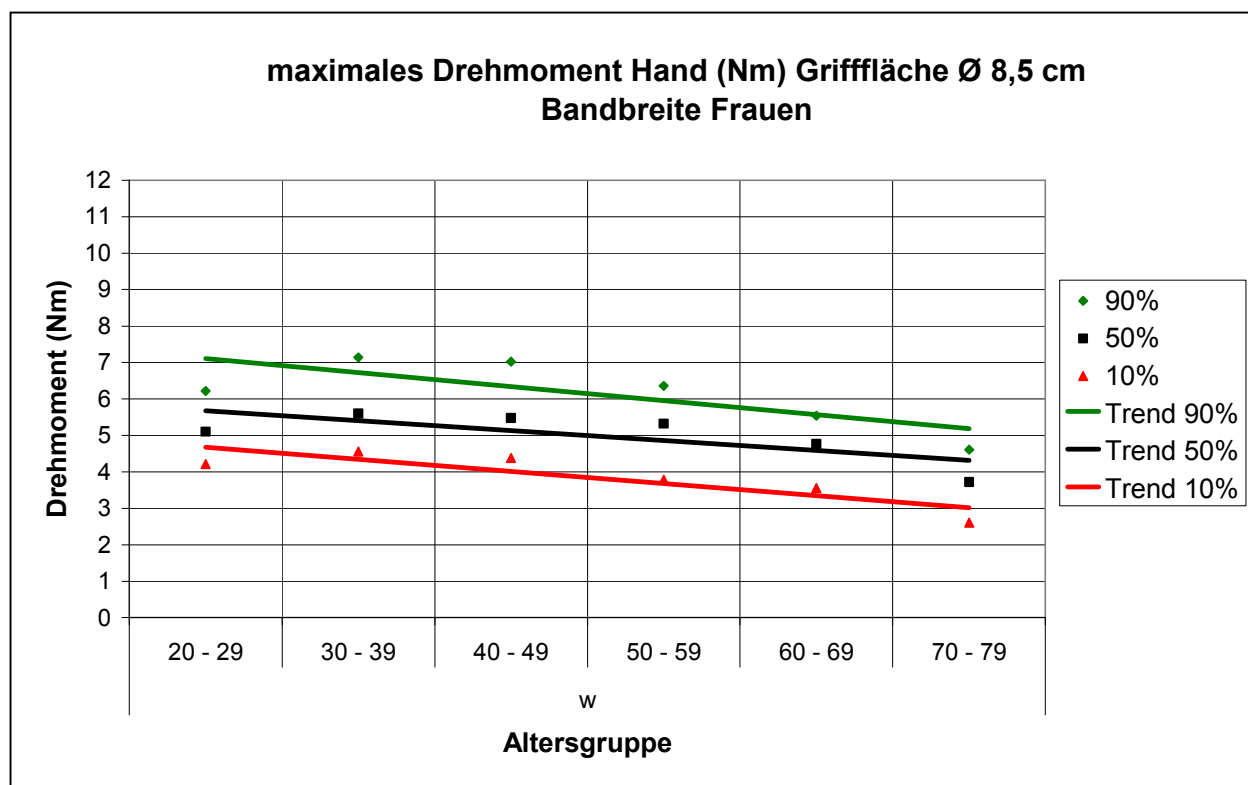
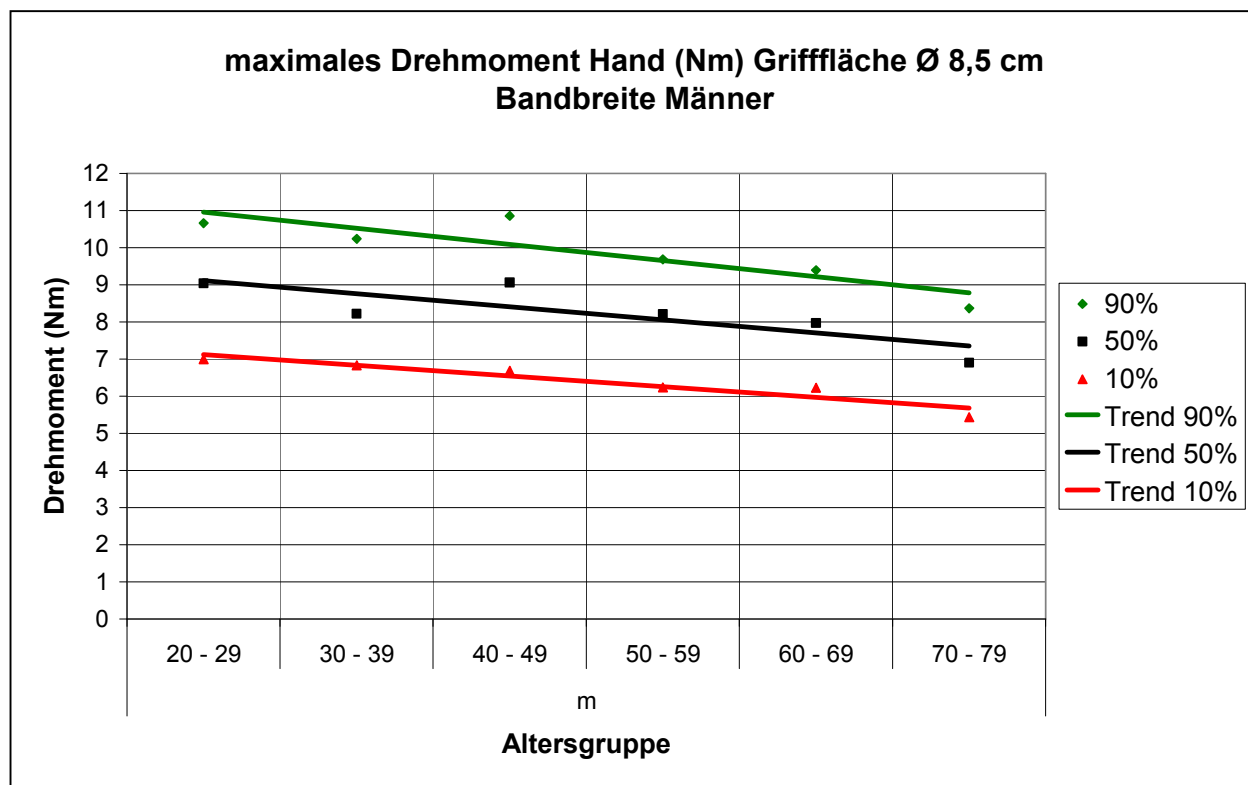
	maximales Drehmoment der Hand (Grifffläche $\varnothing$ 8,5 cm) Bandbreite Frauen					
Drehmoment Hand (Nm)	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	6,22	7,14	7,02	6,36	5,54	4,61
50%	5,10	5,60	5,48	5,33	4,76	3,72
10%	4,22	4,56	4,38	3,78	3,56	2,61

Zur Erinnerung: Umrechnung der Maßeinheiten:

$$1 \text{ Nm} = 10 \text{ DaN cm} \approx 10 \text{ Kp cm}$$

Interpretation der Drehmoment-Ergebnisse:

- Männer können bei einer Grifffläche von 8,5 cm Durchmesser mit einer Hand im Mittel ein Drehmoment von rund 8 Nm (≈ 80 Kp cm) aufbringen. Bei älteren und wenig trainierten Männern sinkt dieser Wert auf rund 6 Nm.
- Bei Frauen ist die Handkraft deutlich schwächer als bei Männern. Im Mittel schaffen sie bei einer Grifffläche von 8,5 cm Durchmesser maximal rund 5 Nm. Ältere und untrainierte Damen bringen es nur noch auf rund 3 Nm.



3.3 Anthropometrie

Unter der Kategorie "Anthropometrie" werden im Folgenden die Bandreiten von Körpermaßen dargestellt, soweit sie für die Konstruktion und das Design von Booten relevant sind.

Die Daten wurden überwiegend in eigenen Messreihen erhoben, z.T. aber auch mit den Ergebnissen anderer Anthropometrie-Studien abgeglichen oder aus diesen übernommen (s. u.a. . Greil et al. 2008).

3.3.1 Körpergröße

Die folgenden Tabellen und Graphiken zeigen die Bandbreiten der Körpergröße der männlichen und weiblichen Probanden:

Probandenprofil

Anzahl von Größe	Geschlecht		
Altersgruppe	m	w	Gesamtergebnis
20 - 29	33	32	65
30 - 39	47	48	95
40 - 49	52	44	96
50 - 59	45	36	81
60 - 69	50	61	111
70 - 79	26	36	62
Gesamtergebnis	253	257	510

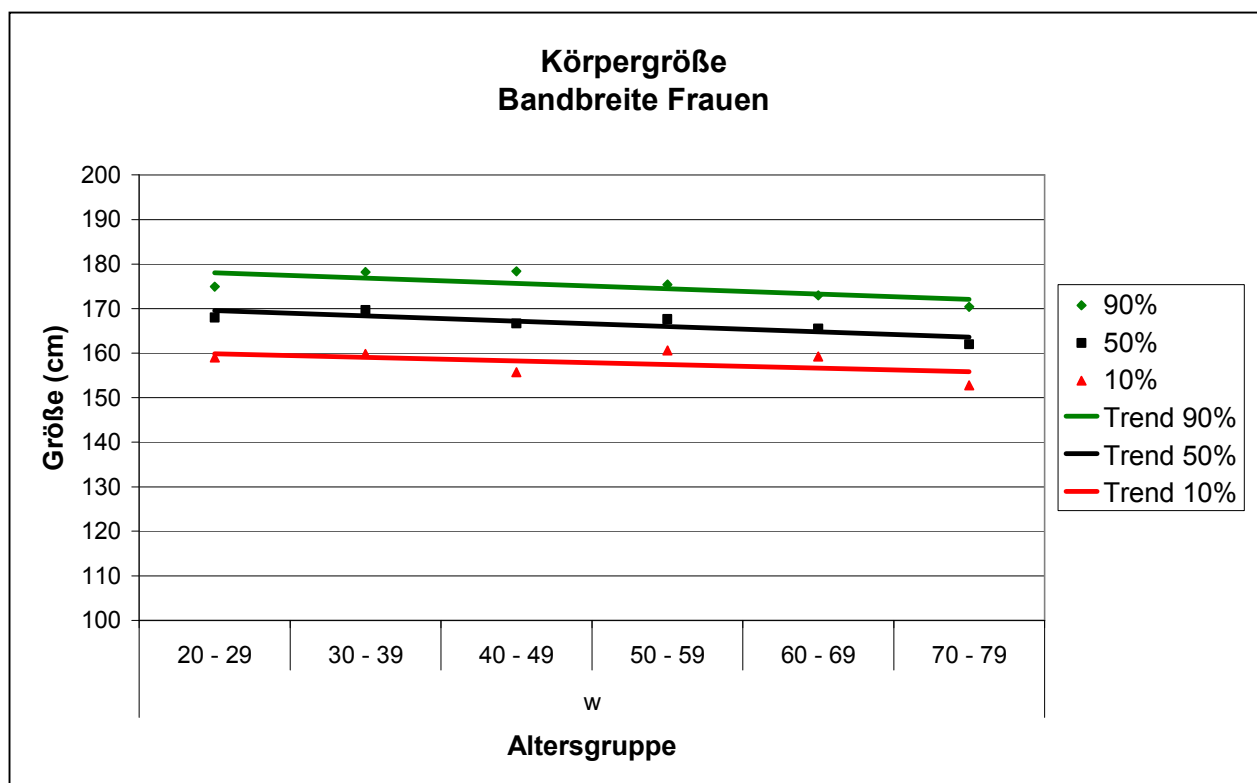
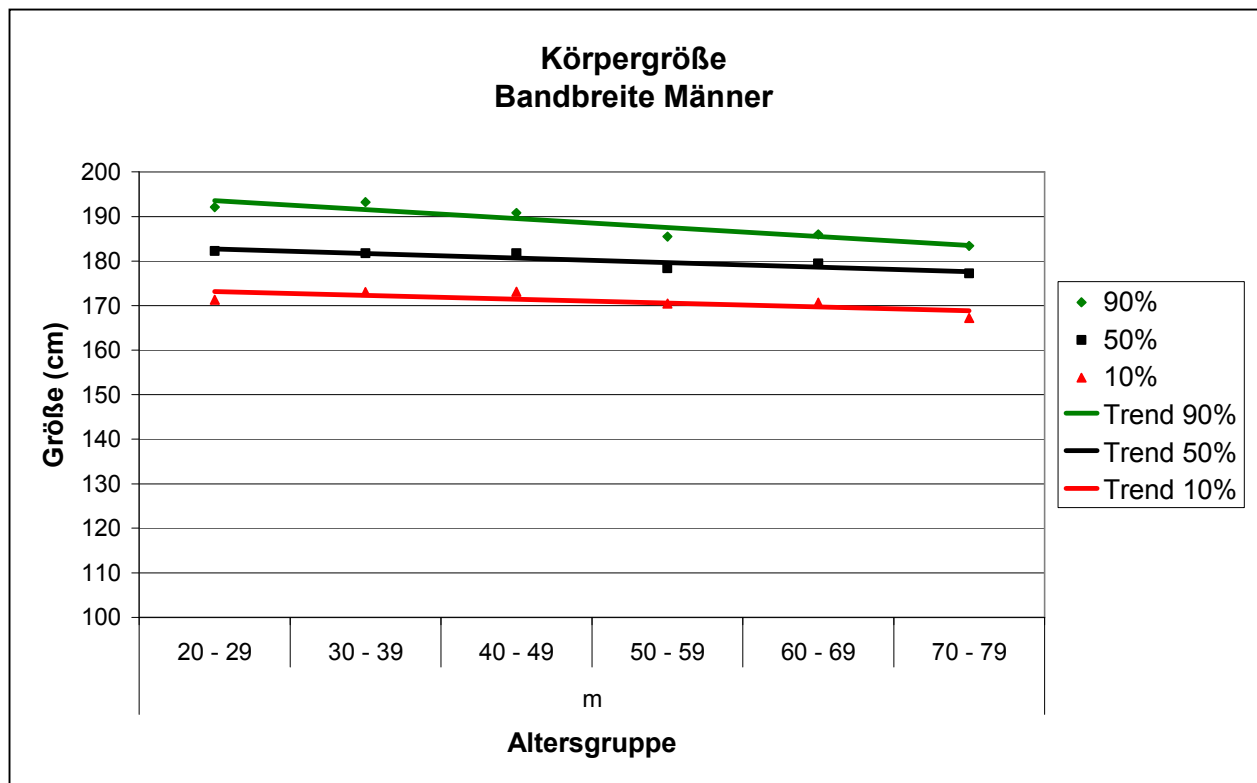
Ergebnisse

	Körpergröße (cm) Bandbreite Männer					
Größe (cm)	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	192,10	193,20	190,80	185,50	186,00	183,40
50%	182,25	181,75	181,75	178,38	179,43	177,25
10%	171,30	173,05	173,10	170,50	170,67	167,20

	Körpergröße (cm) Bandbreite Frauen					
Größe (cm)	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	174,93	178,20	178,40	175,40	172,95	170,40
50%	168,00	169,67	166,67	167,60	165,50	162,00
10%	159,05	159,80	155,70	160,60	159,22	152,80

Interpretation:

- Im Mittel sind in der Probandengruppe
die Männer um 1,80 m groß,
die Frauen um 1,67 m.
die Älteren sind im Mittel rund 5-6 cm kleiner als die Jungen
- Die gesamte Bandbreite über alle Altersgruppen beträgt
bei Männern: 1,92 - 1,67 m
bei Frauen: 1,78 - 1,52 m
- Man beachte:
rund die Hälfte der Männer sind größer als 1,80 m
rund die Hälfte der Frauen sind kleiner als 1,67 m



3.3.2 Körpergewicht, BMI

Das Körpergewicht ist für die Dimensionierung einer Vielzahl von Komponenten an Bord von Bedeutung.

Probandenprofil

Anzahl von Gewicht	Geschlecht		
Altersgruppe	m	w	Gesamtergebnis
20 - 29	33	32	65
30 - 39	47	48	95
40 - 49	52	44	96
50 - 59	45	36	81
60 - 69	50	61	111
70 - 79	26	36	62
Gesamtergebnis	253	257	510

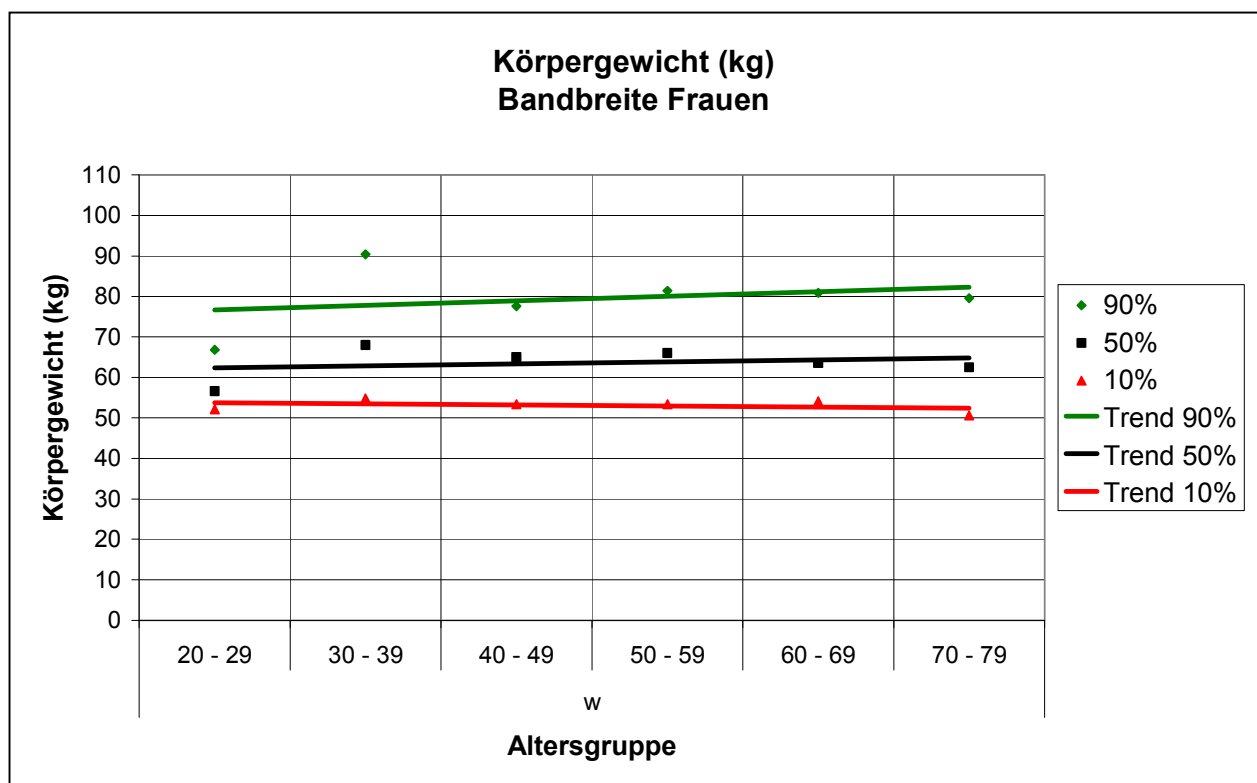
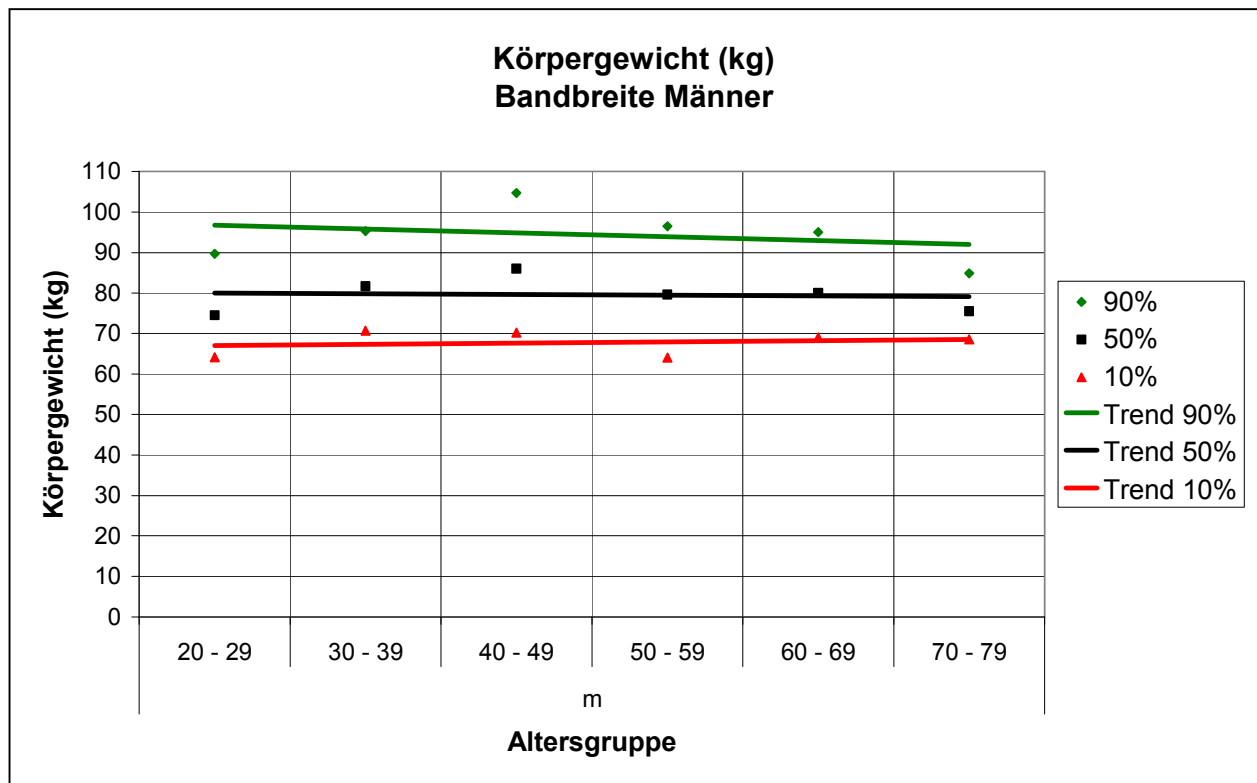
Ergebnisse

	Körpergewicht (kg) Bandbreite Männer					
Gewicht	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	89,70	95,30	104,73	96,50	95,00	84,87
50%	74,50	81,63	86,00	79,63	80,00	75,50
10%	64,15	70,70	70,20	64,00	69,00	68,60

	Körpergewicht (kg) Bandbreite Frauen					
Gewicht	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	66,80	90,40	77,60	81,40	80,90	79,57
50%	56,60	68,00	65,00	66,00	63,50	62,50
10%	52,10	54,80	53,40	53,40	54,05	50,60

Interpretation:

- Ein nennenswerter Altersgang ist bei den Körpergewichten von Männern und Frauen nicht festzustellen, mit 2 Ausnahmen:
 - bei den Männern ist die Altersgruppe 40-49 deutlich schwerer als die übrigen Altersgruppen
 - bei den Frauen sind die 30-39-Jährigen besonders korpulent.
- Das Durchschnittsgewicht der Männer liegt bei 80 kg, die obere Grenze liegt bei 95 kg.
- Frauen wiegen im Durchschnitt 64 kg, die obere Grenze ist ca. 80 kg, die untere Grenze rund 53 kg.



Der Body-Mass-Index (BMI) ist eine Maßzahl für die Bewertung des Körpergewichts eines Menschen in Relation zu seiner Körpergröße.

Der BMI wird wie folgt berechnet:

$$\text{BMI} = \text{Körpergewicht (kg)} / [\text{Körpergröße (m)}]^2$$

Das Normalgewicht bei Männern liegt im Intervall von 20 bis 25 kg/m², während es sich bei Frauen im Intervall von 19 bis 24 kg/m² befindet

Der BMI der Personen an Bord ist in so fern gestalterisch von Bedeutung, als ein deutlich erhöhter BMI auf Übergewicht und eingeschränkte Beweglichkeit verweist.

Ergebnisse

	BMI Bandbreite Männer					
BMI	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	24,95	26,92	30,40	29,50	29,00	27,88
50%	22,42	24,45	25,33	24,10	24,63	23,67
10%	20,26	20,70	22,03	21,13	21,33	21,93

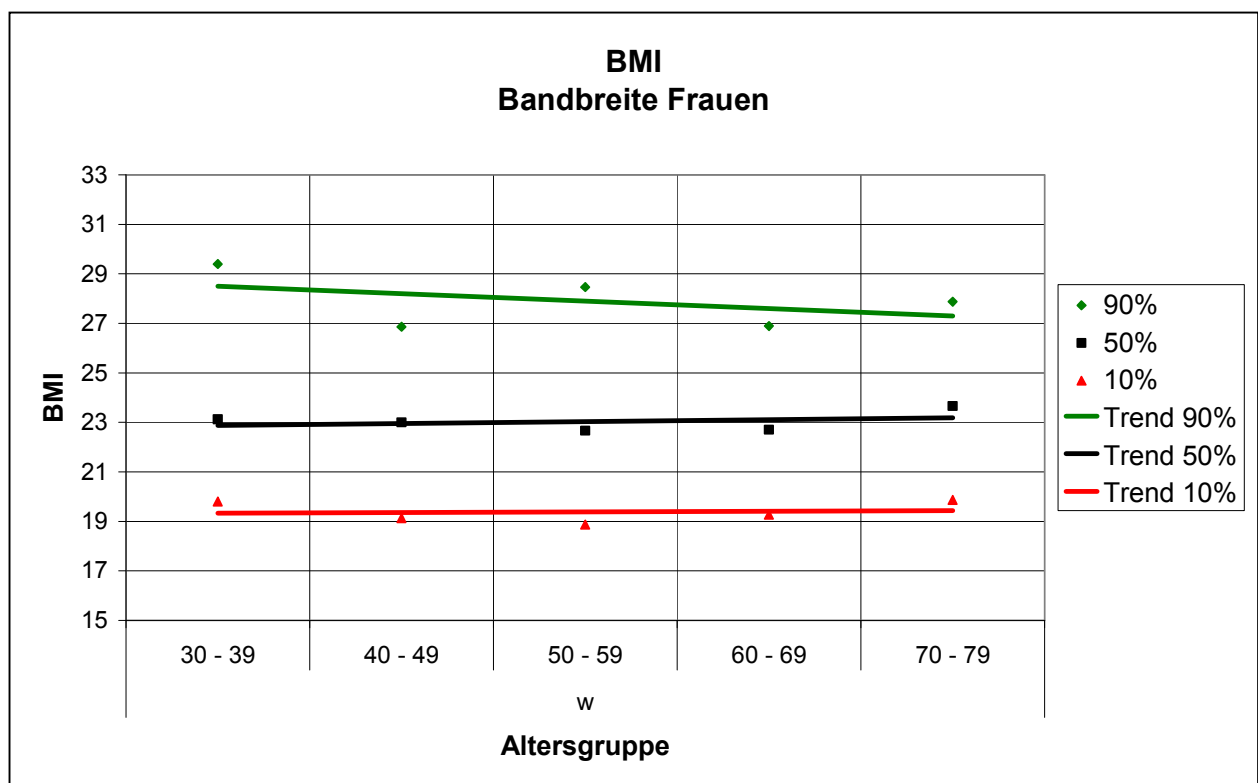
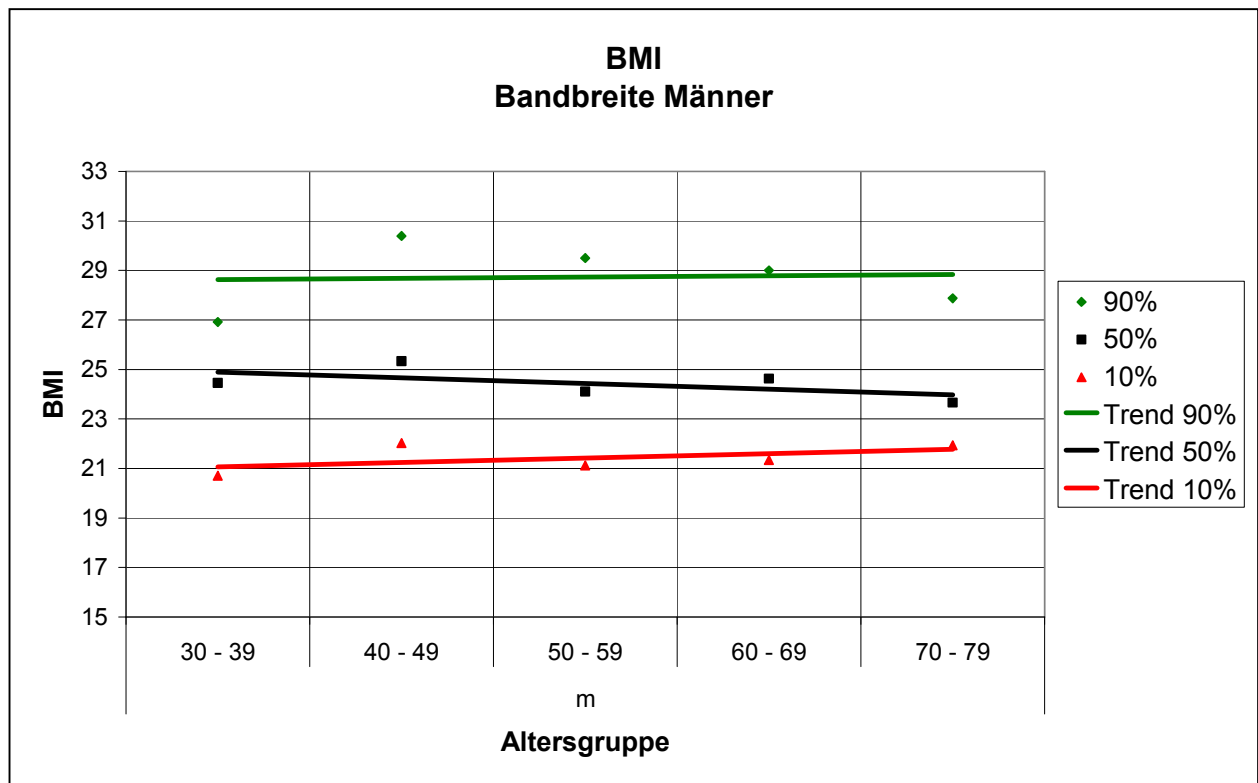
	BMI Bandbreite Frauen					
BMI	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	23,40	29,40	26,87	28,47	26,90	27,88
50%	20,20	23,13	23,00	22,67	22,70	23,67
10%	18,44	19,80	19,13	18,87	19,26	19,87

Interpretation:

- Der mittlere BMI beträgt
bei den Männern 24-25,
bei den Frauen 23
und liegt damit im Normalbereich.
- Allerdings:
Knapp die Hälfte der Männer und Frauen über 30
sind z.T. deutlich übergewichtig mit BMI-Werten von bis zu über 29
und damit wahrscheinlich auch in ihrer Beweglichkeit an Bord eingeschränkt.

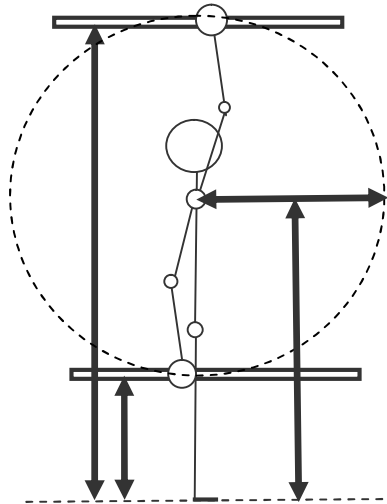
Hinweis:

- Die oberen Grenzwerte der Körpergewichte und des BMI in der Gesamtbevölkerung sind größer als die der vorliegenden Probandengruppe.
- Unsere Probanden sind deutlich "aktiver" und "beweglicher", als der Bevölkerungsdurchschnitt (was sich auch dadurch bestätigt, dass sie eigeninitiativ und freiwillig an der Untersuchung teilgenommen haben). Man kann davon ausgehen, dass sie darin aktiven Wassersportlern ähnlich sind.



3.3.3 Greifweite im Stehen

"Eine Hand für das Schiff, eine Hand für den Mann" besagt die alte Regel an Bord. Sie setzt voraus, dass in geeigneten Abständen von den Arbeits- und Laufflächen auch geeignete Haltepunkte verfügbar sind.



Die Reihenuntersuchungen von Greil et al (2008)

Greil, H., Voigt, A, Scheffler, C.: Optimierung der ergonomischen Eigenschaften von Produkten für ältere Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer - Anthropometrie, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Forschungsprojekt F 1299, Dortmund/Berlin/Dresden 2008

an einer Stichprobe von 100 Männern und 100 Frauen im Alter zwischen 50 und 70 Jahren und an einer Vergleichsstichprobe von 25 Männern und 25 Frauen im Alter zwischen 20 und 30 liefern hierzu geeignete Daten, die mit unseren Messungen zur Greifweite nach unten im Stehen abgeglichen werden können.

Anders als in unseren Auswertungen werden bei Greil nicht die 10% und 90% Perzentile sondern die 5% und 95% Perzentile dokumentiert. Dies hat aber auf die folgenden Ergebnisse und deren Interpretation keine wesentlichen Auswirkungen.

Die folgenden Daten des Kap. 3.3.3 zitiert aus Greil et al (2008).

3.3.3.1 Schulterhöhe, Armlänge, Greifweite seitwärts

Die Höhe des Schultergelenks über der Standfläche als die Drehachse des Armes und die Armlänge sind die Basisdaten für die Positionierung von Haltegriffen.

Schulterhöhe:

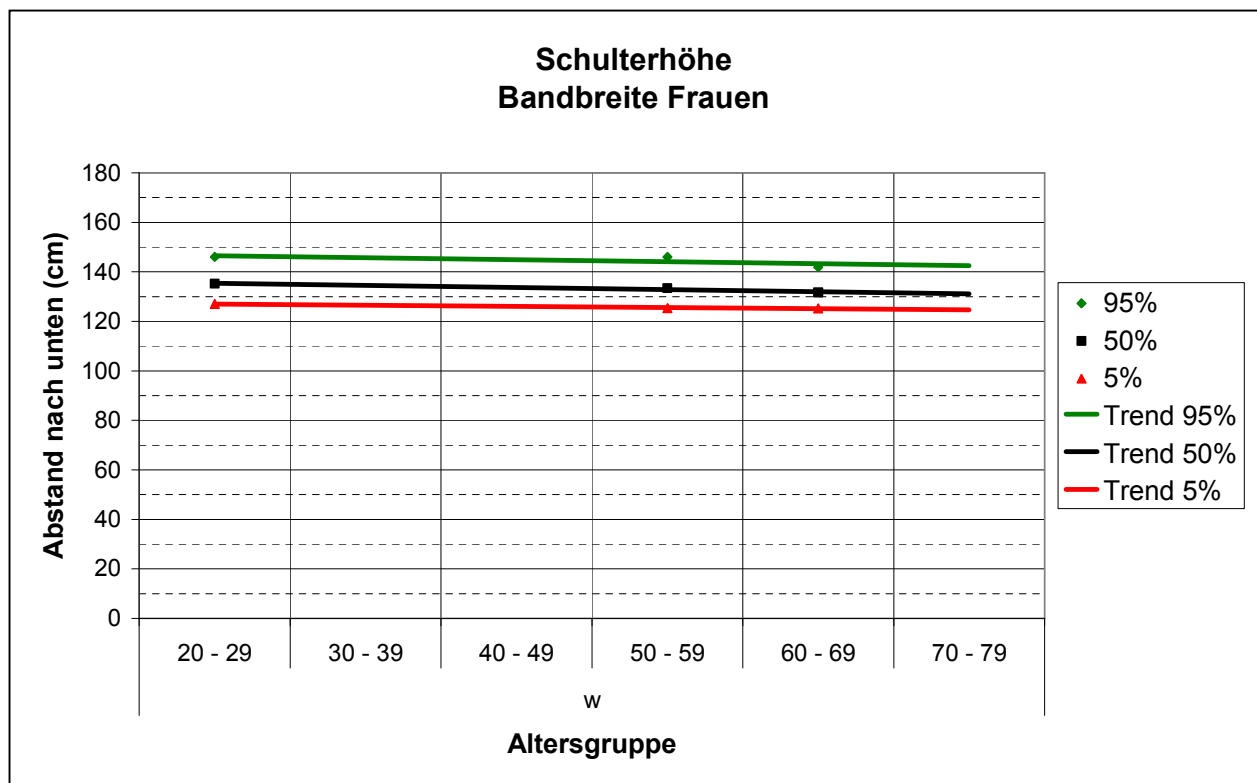
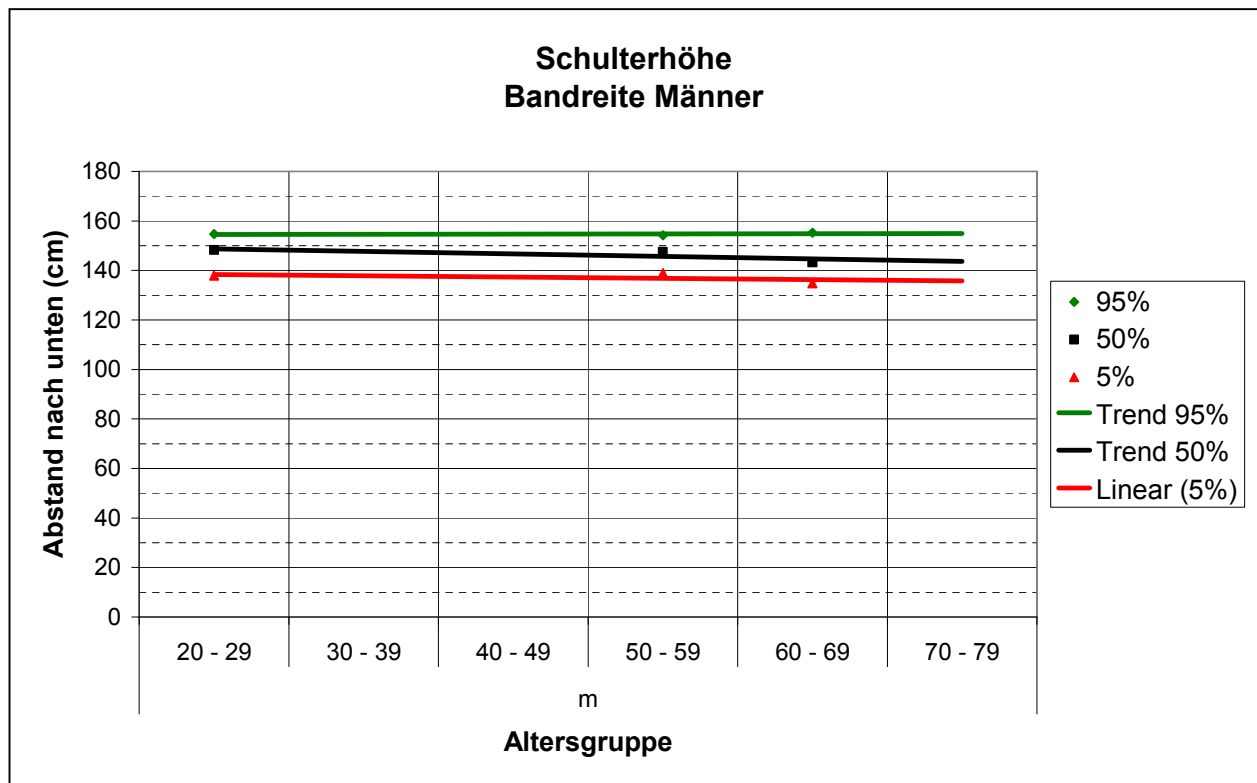
Ergebnisse

	Schulterhöhe (cm) Bandbreite Männer					
Schulterhöhe	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	154,7			154,2	155,3	
50%	148,3			147,5	143,3	
5%	137,9			138,9	134,8	

	Schulterhöhe (cm) Bandbreite Frauen					
Schulterhöhe	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	146,1			146,1	141,9	
50%	135,3			133,4	131,7	
5%	127,1			125,4	125,3	

Interpretation:

- Die durchschnittliche Schulterhöhe von Männern beträgt rund 145 cm mit einer Bandbreite von rund ± 10 cm.
- Die durchschnittliche Schulterhöhe von Frauen ist mit rund 133 cm 12 cm kürzer, ebenfalls mit einer Bandbreite von rund ± 10 cm.
- Die Veränderung dieses Parameters mit dem Alter ist gering.



Armlänge = Greifweite seitwärts:

Relevant ist die Armlänge vom Schultergelenk bis zur Mitte des Handtellers (als Greiffläche).

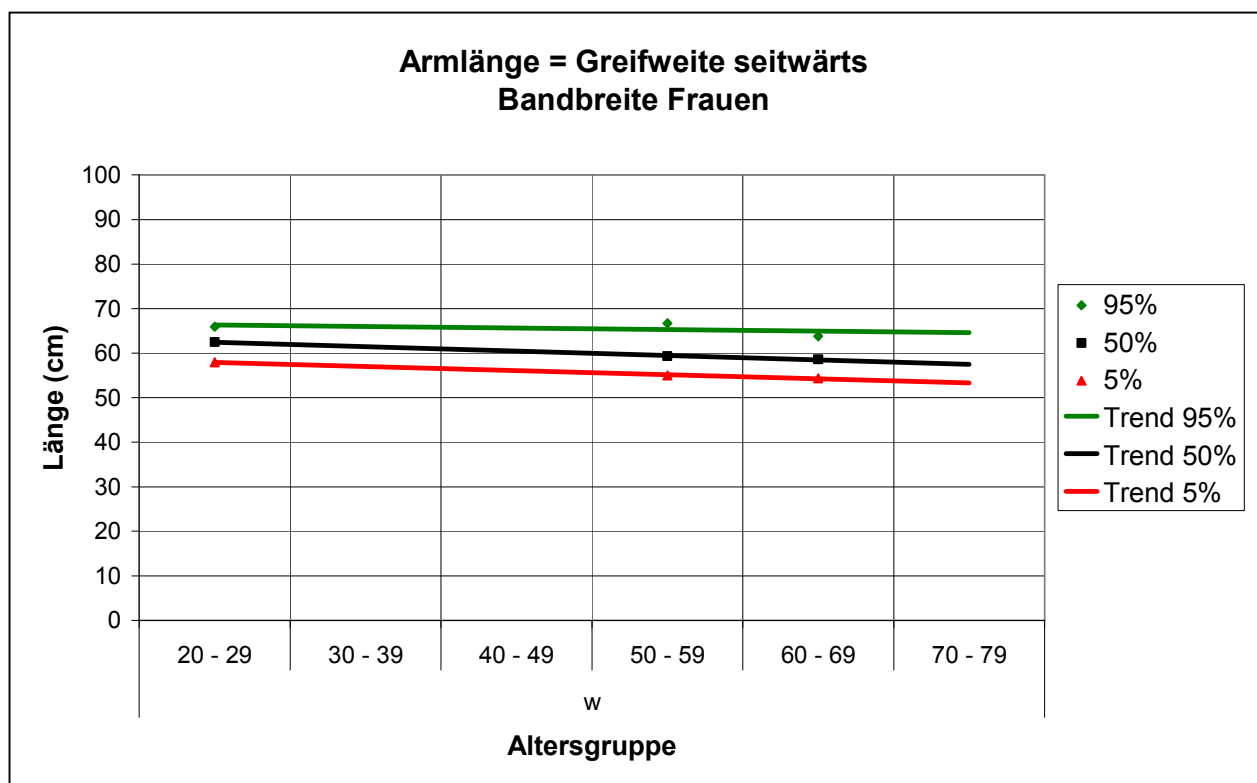
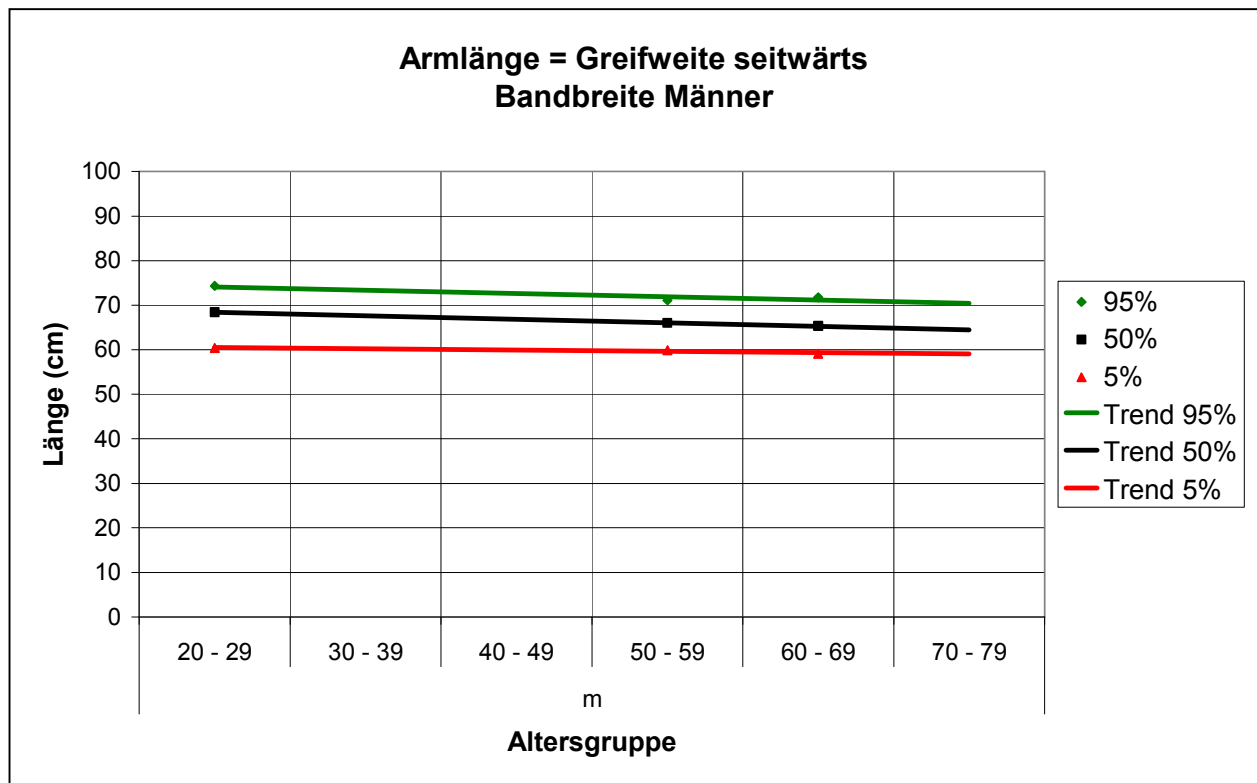
Ergebnisse

	Armlänge = Greifweite seitwärts (cm) Bandbreite Männer					
Armlänge	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	74,3			71,1	71,8	
50%	68,4			66,0	65,3	
5%	60,4			59,9	59,1	

	Armlänge = Greifweite seitwärts (cm) Bandbreite Frauen					
Armlänge	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	65,9			66,7	63,8	
50%	62,5			59,3	58,6	
5%	57,9			55,0	54,3	

Interpretation:

- Die Armlänge von Männern und damit die seitliche Greifweite beträgt im Durchschnitt etwa 66 cm mit einer Bandbreite von etwa ± 6 cm.
- Die Armlänge von Frauen ist ca. 6 cm kürzer als bei Männern beträgt im Durchschnitt etwa 60 cm mit einer Bandbreite von etwa ± 6 cm.
- Die Armlänge wird mit dem Alter etwas kürzer.



3.3.3.2 Greifweite nach unten

Die Bandbreiten der Greifweite nach unten werden anhand der Tabellen von Greil abgeschätzt, indem die Armlänge von der Schulterhöhe subtrahiert wird. Hierbei werden jeweils den großen Personen (Perzentil 95%) die Daten der langen Arme (Perzentil 95%) und den kleinen Personen (Perzentil 5%) die Daten der kurzen Arme (Perzentil 5%) zugeordnet.

Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit den Daten unserer eigenen Messungen zu den Greifweiten nach unten ergab, dass mit dieser Zuordnungsoption gut übereinstimmende Resultate erzielt werden.

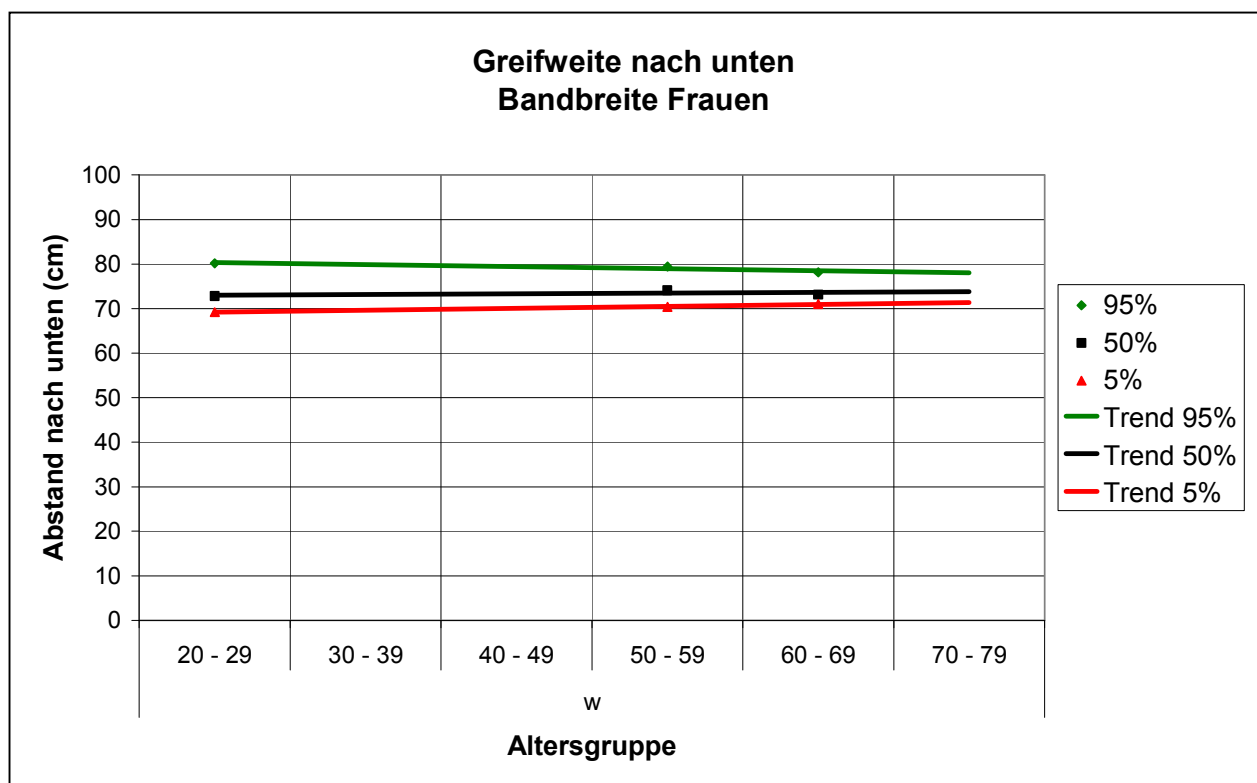
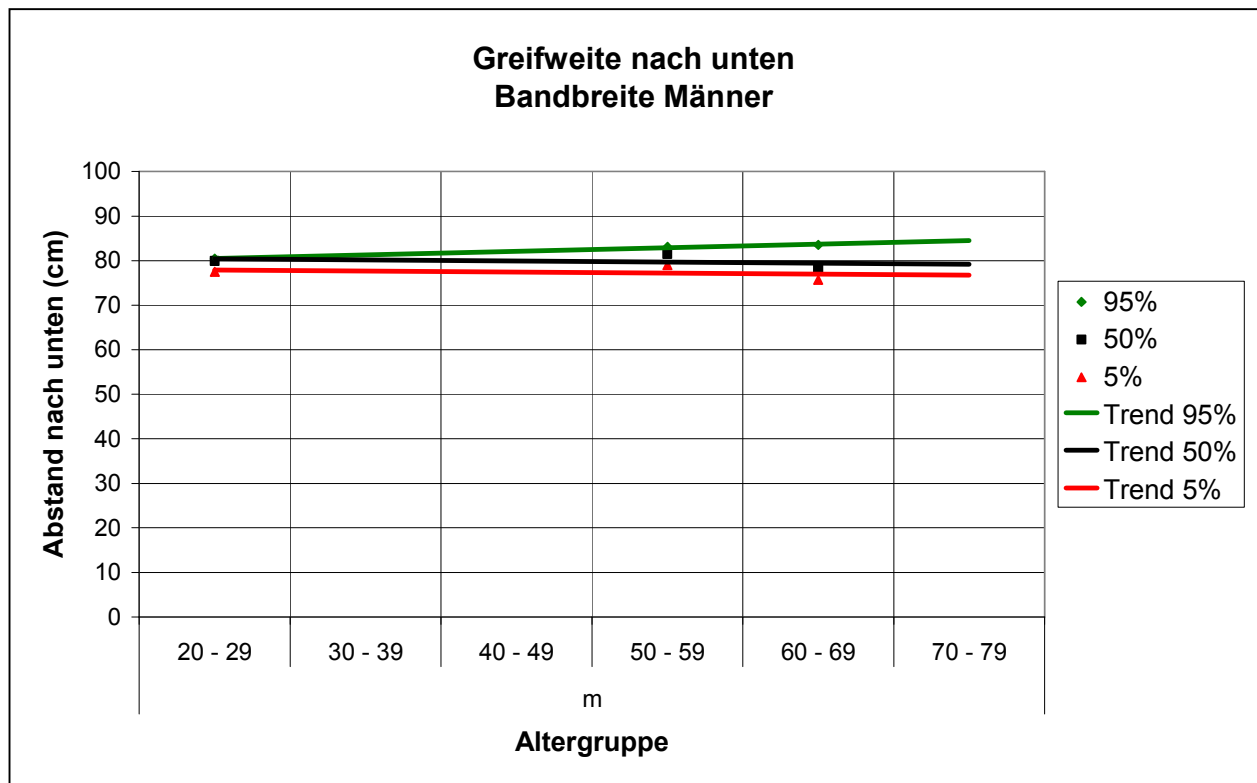
Ergebnisse

	Greifweite nach unten (cm) Bandbreite Männer					
Greifweite nach unten	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	80,4			83,1	83,5	
50%	79,9			81,5	78,0	
5%	77,5			79,0	75,7	

	Greifweite nach unten (cm) Bandbreite Frauen					
Greifweite nach unten	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	80,2			79,4	78,1	
50%	72,8			74,1	73,1	
5%	69,2			70,4	71,0	

Interpretation:

- Geht man davon aus, dass das Greifen nach unten mit aufrechtem Oberkörper aber ggf. leicht angewinkeltem Arm erfolgen soll, so ergeben die oberen Bandbreiten Hinweise auf die optimalen Konfigurationen:
 - Für die meisten Männer wäre eine Griffhöhe von etwa 83-84 cm optimal,
 - für die meisten Frauen eine Griffhöhe von etwa 80 cm



3.3.3.3 Greifweite nach oben

Die Greifweite nach oben ergibt sich aus den Daten von Greil durch Addition der Schulterhöhe und der Armlänge.

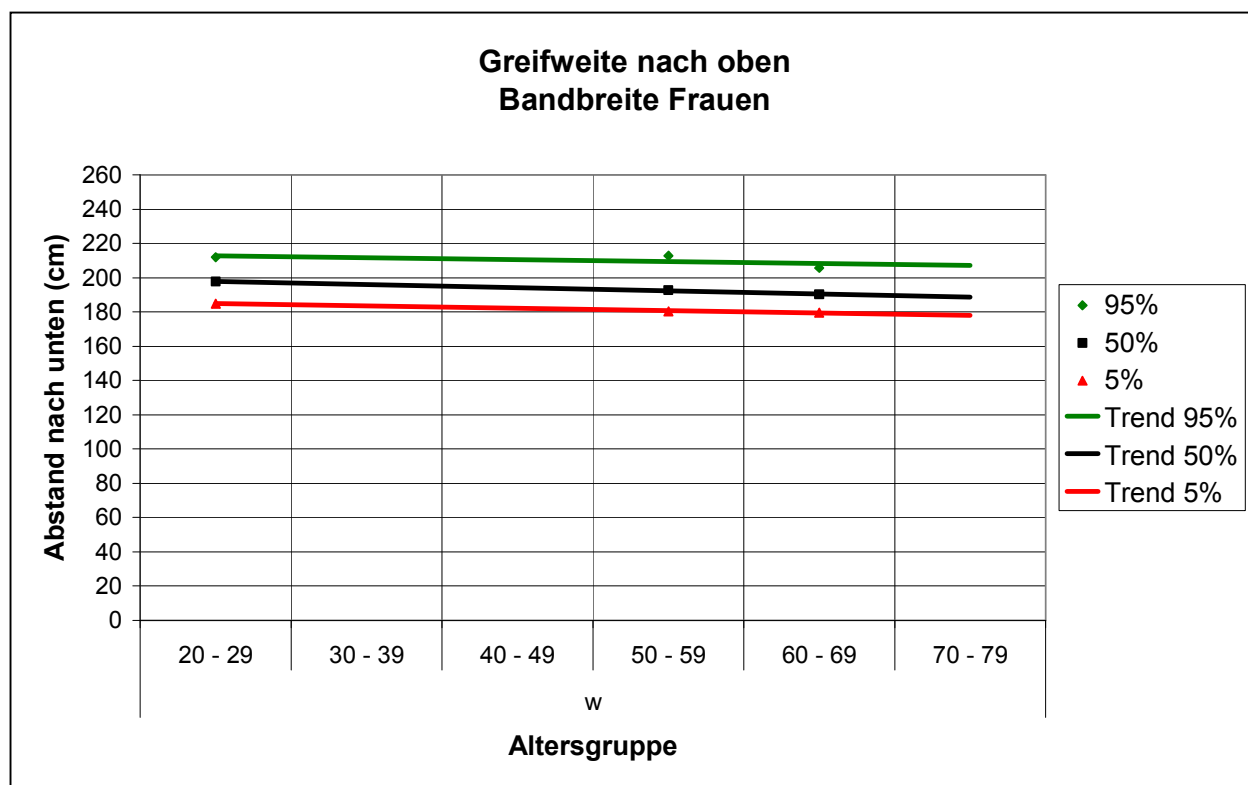
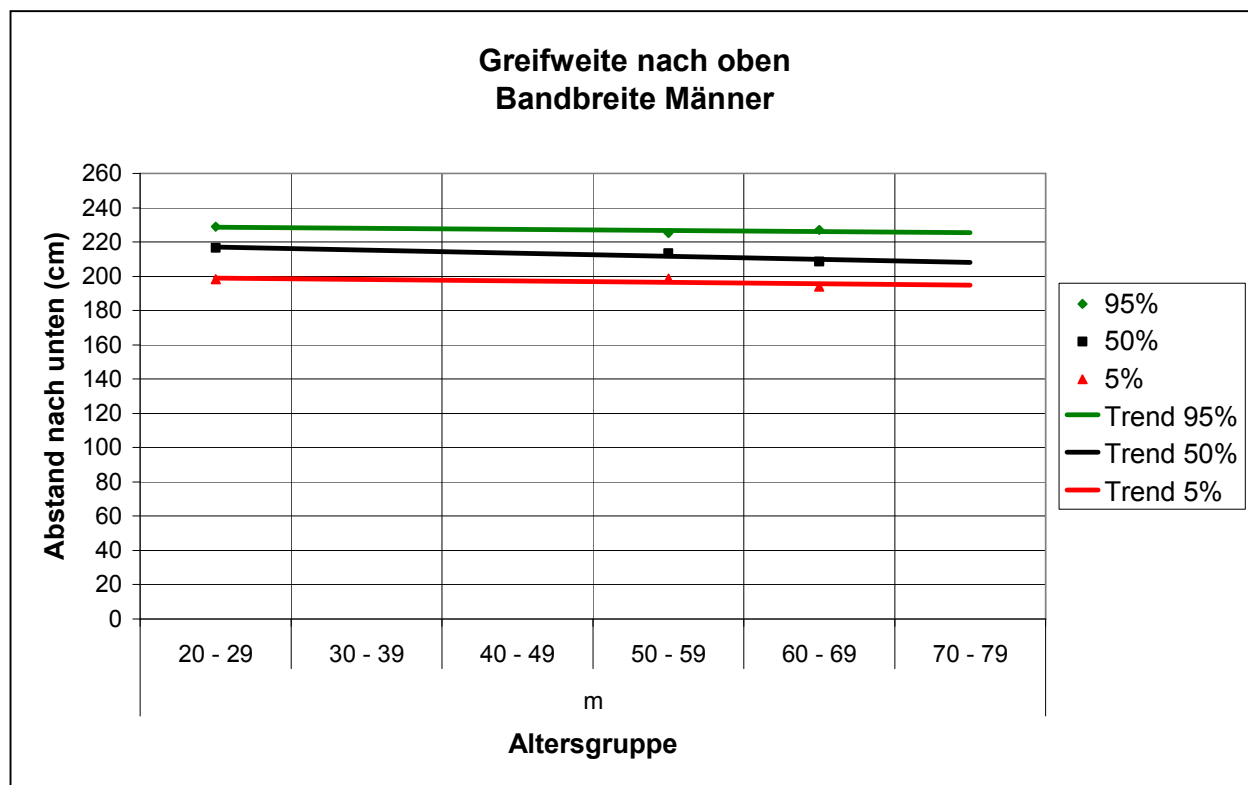
Ergebnisse

	Greifweite nach oben (cm) Bandbreite Männer					
Greifweite nach oben	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	229,0			225,3	227,1	
50%	216,7			213,5	208,6	
5%	198,3			198,8	193,9	

	Greifweite nach oben (cm) Bandbreite Frauen					
Greifweite nach oben	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	212,0			212,8	205,7	
50%	197,8			192,7	190,3	
5%	185,0			180,4	179,6	

Interpretation:

- Große Männer mit langen Armen können noch Griffe in 2,20 m Höhe erreichen.
- Für die meisten Männer (einschließlich der kleineren mit kürzeren Armen) wäre allerdings eine Griffhöhe von weniger als 2,00 m zweckmäßiger.
- Für die Mehrzahl der kleineren Frauen wäre dies allerdings noch zu hoch, sie benötigen Griffe in einer Höhe von ca. 1,80 m.



3.3.4 Maximale Schrittweite

Die maximale Schrittweite ist insbesondere für ältere Personen an Bord von Bedeutung, wenn diese z.B. beim Übersteigen von Bord an Land sich einen Sprung nicht mehr zutrauen.

Probandenprofil

Anzahl von MSWmax	Geschlecht		
Altersgruppe	m	w	Gesamtergebnis
20 - 29	33	32	65
30 - 39	47	48	95
40 - 49	52	44	96
50 - 59	45	36	81
60 - 69	50	61	111
70 - 79	26	36	62
Gesamtergebnis	253	257	510

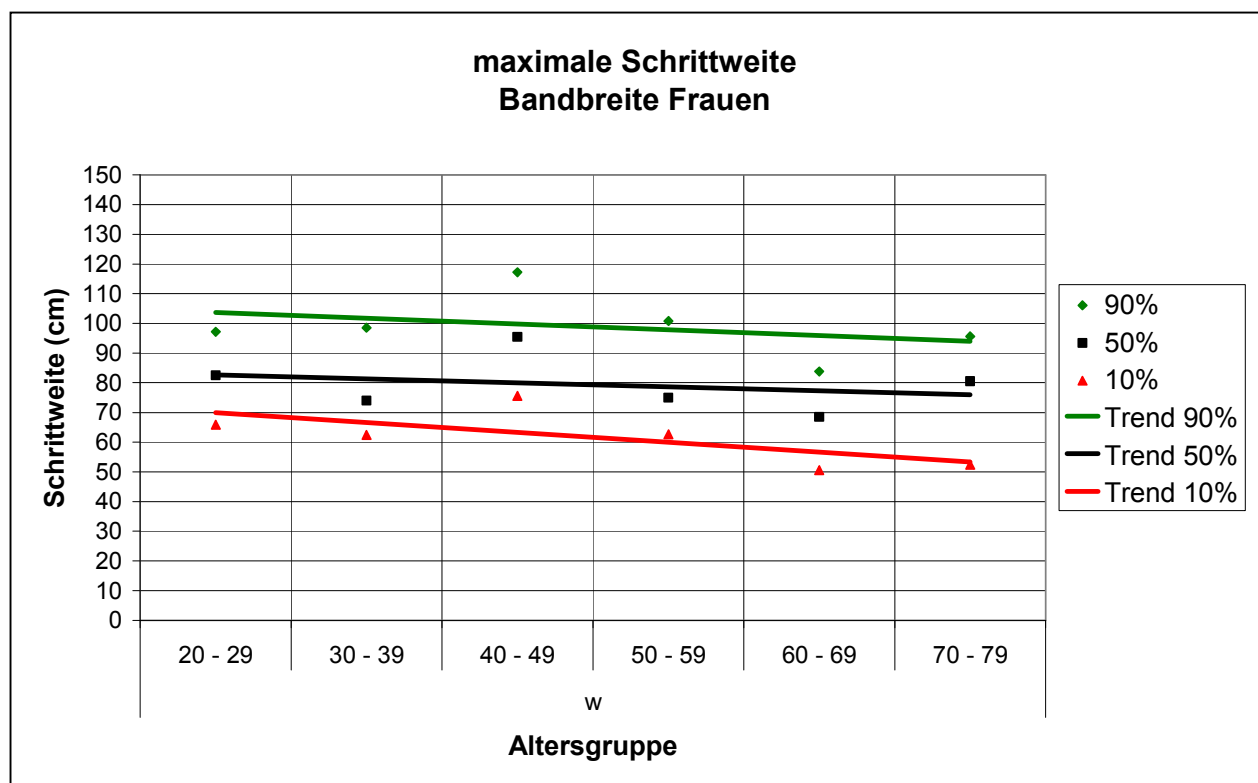
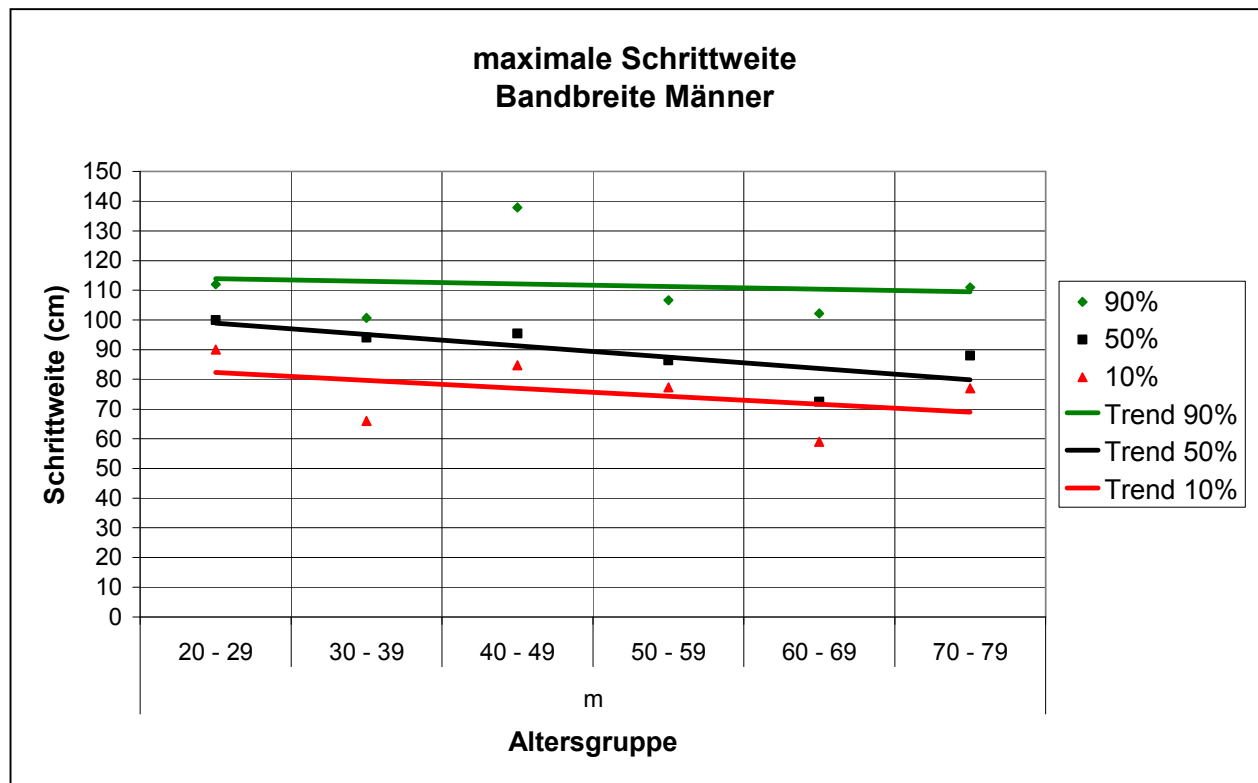
Ergebnis

	maximale Schrittweite (cm) Bandbreite Männer					
MSWmax	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	112,00	100,70	137,85	106,70	102,20	111,00
50%	100,00	94,00	95,50	86,50	72,50	88,00
10%	90,00	66,00	84,80	77,30	58,95	77,00

	maximale Schrittweite (cm) Bandbreite Frauen					
MSWmax	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	97,20	98,50	117,20	100,80	83,80	95,60
50%	82,50	74,00	95,50	75,00	68,50	80,50
10%	65,90	62,50	75,60	62,60	50,60	52,40

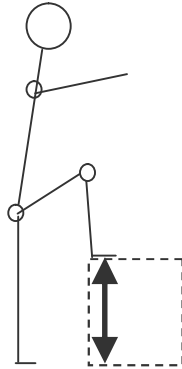
Interpretation:

- Die maximale Schrittweite hängt natürlich von der Körpergröße und der individuellen Beweglichkeit ab. Insbesondere die untere Grenze sinkt deutlich mit dem Alter.
- Untrainierte Männer schaffen im Alter noch Schrittweiten von 70-80 cm
- Untrainierten älteren Damen sollte man nicht mehr als 50-70 cm große Schritte zumuten.



3.3.5 Maximal angehobene Fußhöhe

Die bei maximal angehobenem Knie erreichbare Fußhöhe ist ein dominierender Parameter bei Steigen auf hohe Stufen. Er begrenzt z.B. die zulässige Höhendifferenz zwischen Steg und der erreichbaren Trittstufe auf dem Boot beim Übersteigen an Bord (mit Haltegriff an Bord).



Ergebnisse

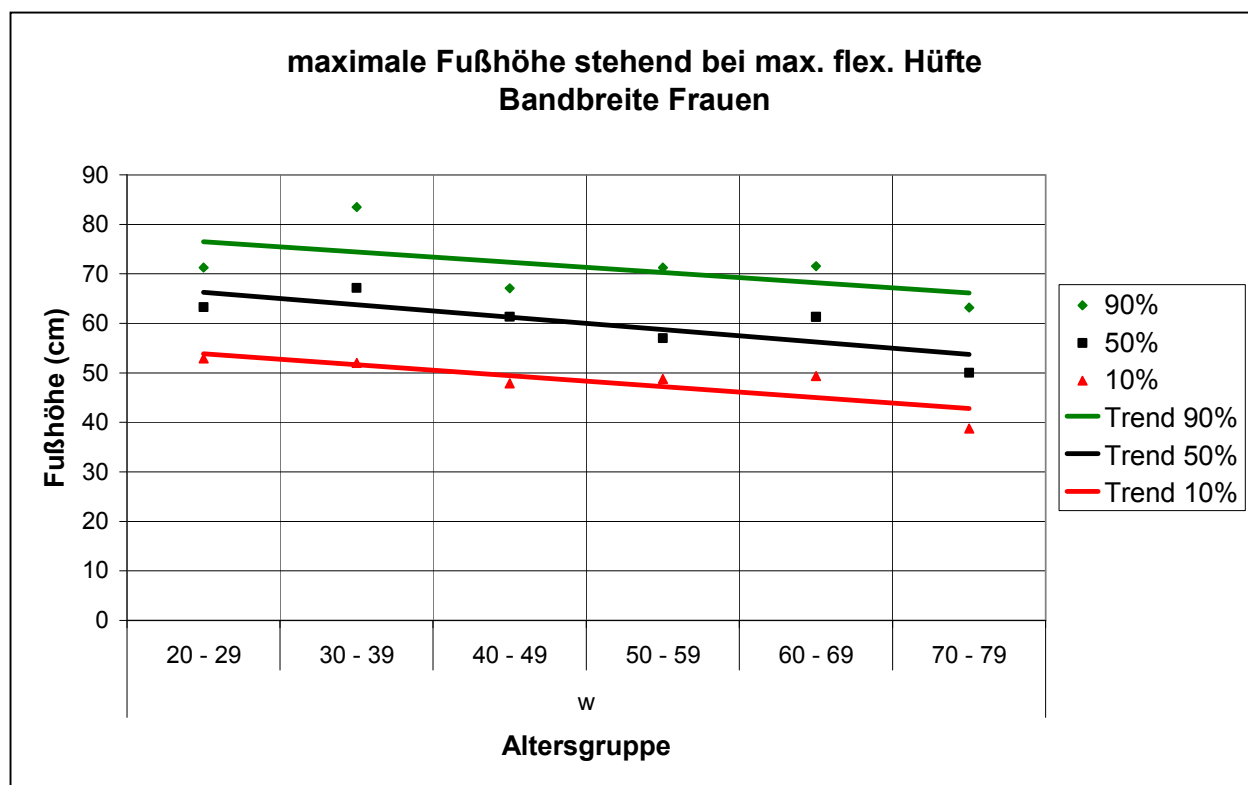
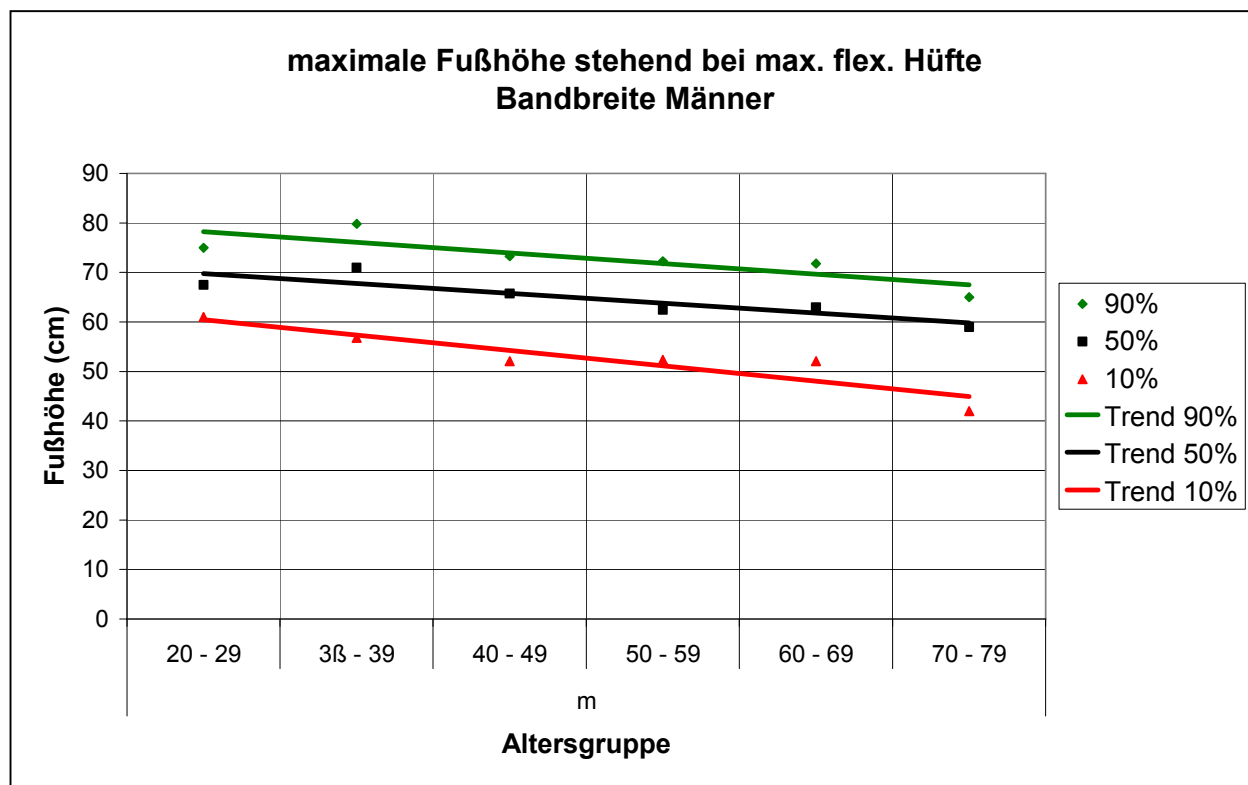
	Maximal angehobene Fußhöhe (cm) Bandbreite Männer					
FHmax	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	75,00	79,80	73,30	72,30	71,80	65,00
50%	67,50	71,00	65,75	62,50	63,00	59,00
10%	61,00	56,80	52,10	52,35	52,10	42,00

	Maximal angehobene Fußhöhe (cm) Bandbreite Frauen					
FHmax	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	71,30	83,50	67,10	71,30	71,60	63,20
50%	63,25	67,17	61,38	57,00	61,33	50,00
10%	52,90	52,00	47,90	48,80	49,40	38,80

Interpretation:

- Männer können ihre Fußsohle im Mittel noch ca. 60-70 cm anheben, bei körperlicher Unbeweglichkeit kann dieser Wert auf ca. 45 cm sinken.
- Frauen können ihren Fuß im Durchschnitt um rund 60 cm anheben, im Alter und mit zunehmender Unbeweglichkeit aber nur noch 40-50 cm.

Dies kann besonders bei den mittelgroßen Yachten ohne komfortablen Zugang oder ohne Gangway zu ernsten altersbedingten Behinderungen in den Häfen führen.

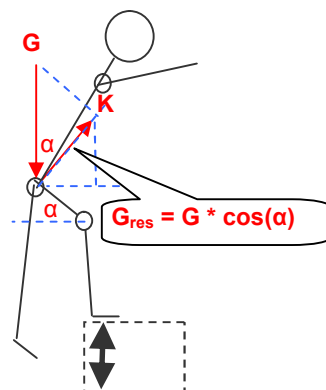


3.3.6 Abschätzung: Maximale Steighöhe freihändig

Die maximal freihändig zu bewältigende Steighöhe auf eine Stufe wird einerseits durch die maximale Fußhöhe begrenzt, hängt aber maßgeblich davon ab, bei welchem Kniewinkel der Beinstrecker in der Lage ist, das Körpergewicht anzuheben (s. auch Kap. 3.2.2, Maximalkraft des Beinstreckers):

Je steiler der Winkel zwischen Oberschenkel und Unterschenkel, desto geringer das Drehmoment und die Hebelkraft, die der Beinstrecker aufbringen muss, um das Körpergewicht über die Hüfte nach oben zu drücken.

Dieser mechanische Zusammenhang ist z.B. vom Legen eines Mastes an Bord bekannt, bei dem die Zugkraft an der Mastspitze mit zunehmender Steilheit des Mastes geringer wird.



Mit diesem Ansatz lässt sich der Winkel (α) zwischen Horizontale und Oberschenkel berechnen, bei dem das resultierende Körpergewicht ($G \cdot \cos(\alpha)$) der individuellen Hebelkraft des Beinstreckers (K) in Höhe des Hüftgelenks entspricht. Mit den ebenfalls individuell erhobenen Daten zur Bein- und Unterschenkellänge und einer Ergänzung für die Absprungunterstützung durch das Fußgelenk des anderen Beines kann damit die Höhe des Fußes auf der zu besteigenden Stufe abgeschätzt werden.

Methodischer Hinweis:

Die vorliegende Berechnung dient der Abschätzung der maximal freihändig zu besteigenden Stufenhöhe in erster Näherung. Dabei werden eine Reihe von Parametern der komplexen Geometrie und Dynamik des Steigens vernachlässigt oder durch pauschale Werte ersetzt. Insbesondere ist bekannt, dass das maximale Drehmoment des Beinstreckers sich mit dem Kniewinkel verändert. Die in der Literatur hierzu genannten Daten lassen allerdings den Schluss zu, dass in dem bei den vorliegenden Berechnungen ermittelte Winkelbereich von $\alpha = -10^\circ \dots +40^\circ$ diese Veränderungen vernachlässigt werden können.

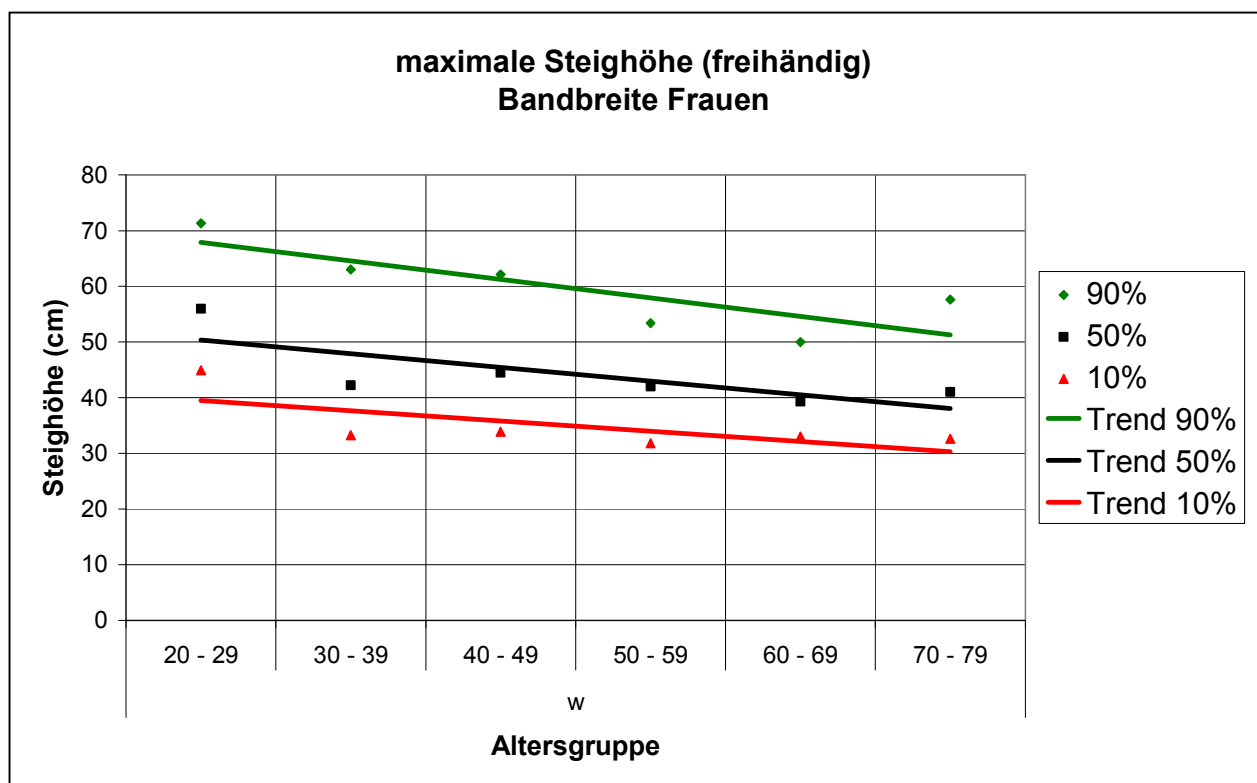
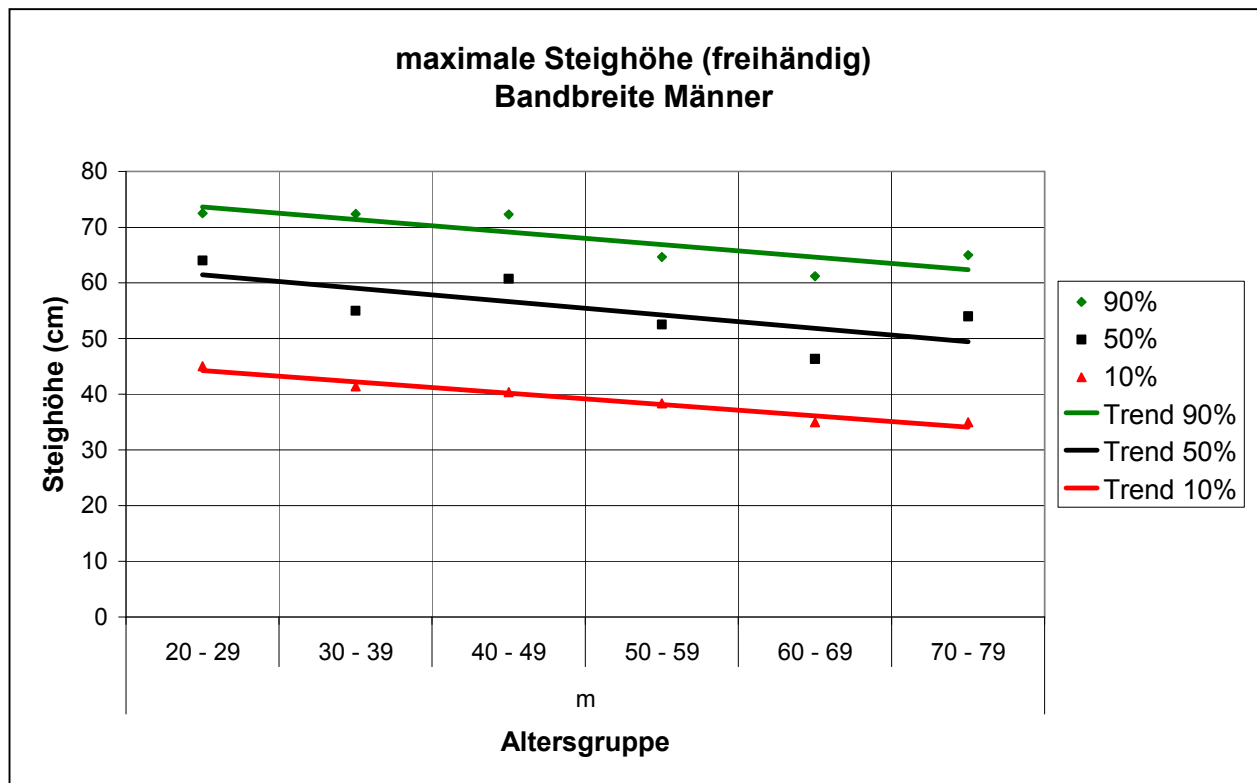
Ergebnisse

	Steighöhe freihändig (cm) Bandbreite Männer					
Steighöhe	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	72,50	72,40	72,30	64,65	61,20	65,00
50%	64,00	55,00	60,75	52,50	46,33	54,00
10%	45,00	41,40	40,40	38,35	34,95	35,00

	Steighöhe freihändig (cm) Bandbreite Frauen					
Steighöhe	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	71,30	63,00	62,10	53,40	50,00	57,60
50%	56,00	42,25	44,50	42,00	39,33	41,00
10%	44,90	33,25	33,90	31,80	33,00	32,60

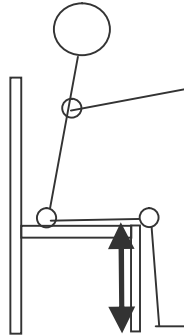
Interpretation:

- Im Durchschnitt können Männer auch im fortgeschrittenen Alter freihändig Stufen zwischen 50-60 cm bewältigen. Bei eingeschränkter körperlicher Leistungsfähigkeit kann dieser Wert aber auf 40 cm und weniger sinken.
- Bei Frauen ist die freihändige Steighöhe etwa 10 cm geringer als bei Männern und liegt bei 40-50 cm. Bei untrainierten Frauen bereiten gelegentlich bereits Steighöhen von 30-40 cm Probleme.
- Die freihändige Steighöhe ist insbesondere auf Segelyachten von Bedeutung, wenn vom Cockpit über die Cockpitbänke auf das Deck geklettert werden muss, um dort Aufgaben zu erledigen. Die üblichen Cockpitbänke mit einer Sitzhöhe um 45 cm können da für ältere Crews bereits zu Hindernissen werden, die nur noch mit Armunterstützung und geeigneten Haltegriffen überwunden werden können.



3.3.7 Optimale Sitzhöhe

Zur Ermittlung der optimalen Sitzhöhe wurden Männer und Frauen gebeten, das Hinsetzen und Aufstehen auf Sitzflächen unterschiedlicher Sitzhöhe anhand einer Skala zu bewerten.



Die getesteten Sitzhöhen betrugen:

38 / 42 / 46 / 50 / 54 cm

Die Mühe des Aufstehens und Hinsetzens wurde nach folgender Skala beurteilt:

- 5 sehr anstrengend
- 4 anstrengend
- 3 moderat
- 2 leicht
- 1 sehr leicht

Probandenprofil

Anzahl Stuhlhöhe	Geschlecht		
Altersgruppe	m	w	Gesamtergebnis
20-29	27,0	30,0	57,0
30-39	30,0	29,0	59,0
40-49	27,0	22,0	49,0
50-59	26,0	24,0	50,0
60-69	34,0	39,0	73,0
70-79	25,0	37,0	62,0
Gesamtergebnis	169,0	181,0	350,0

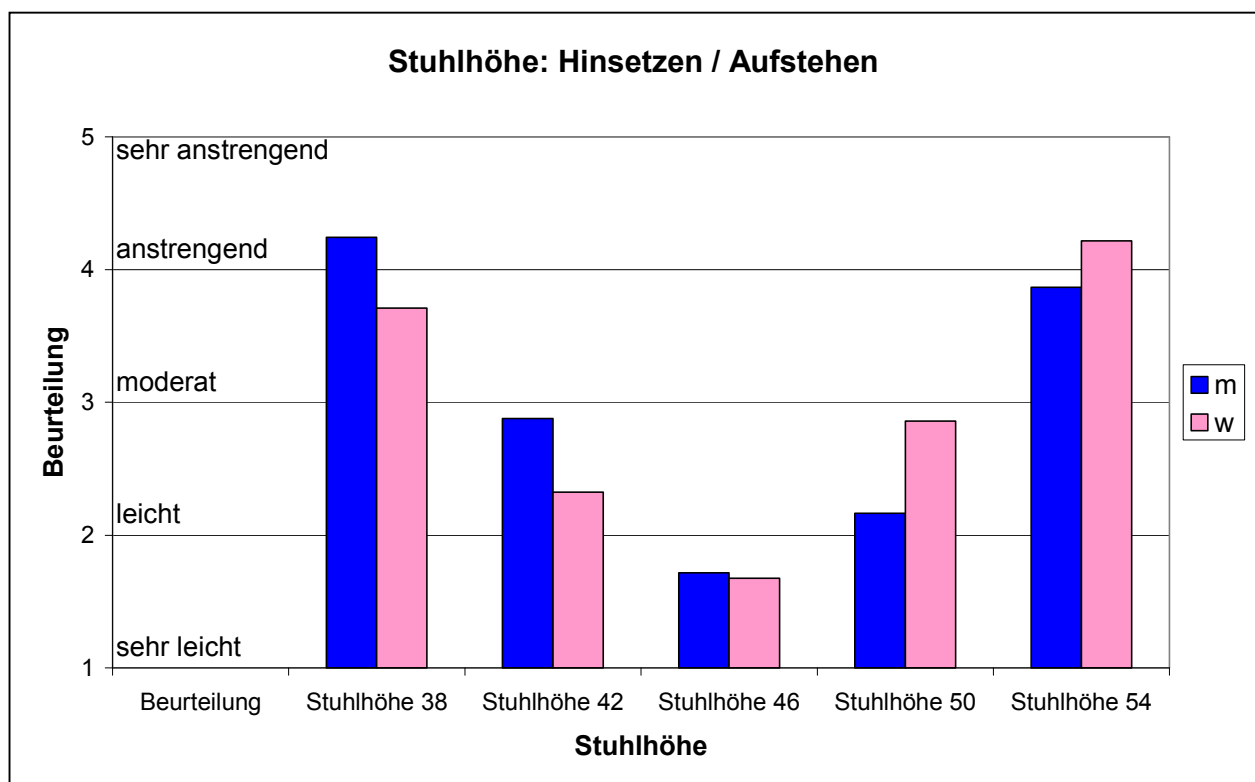
Ergebnisse

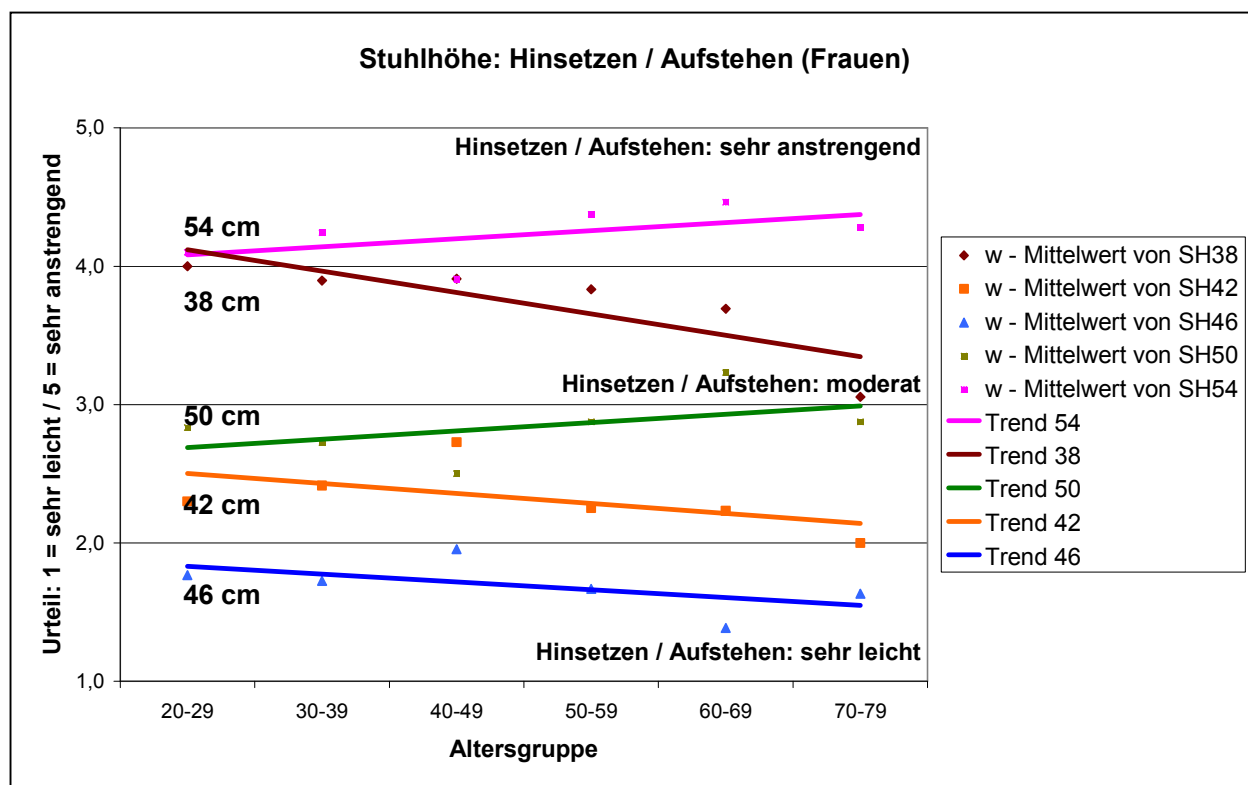
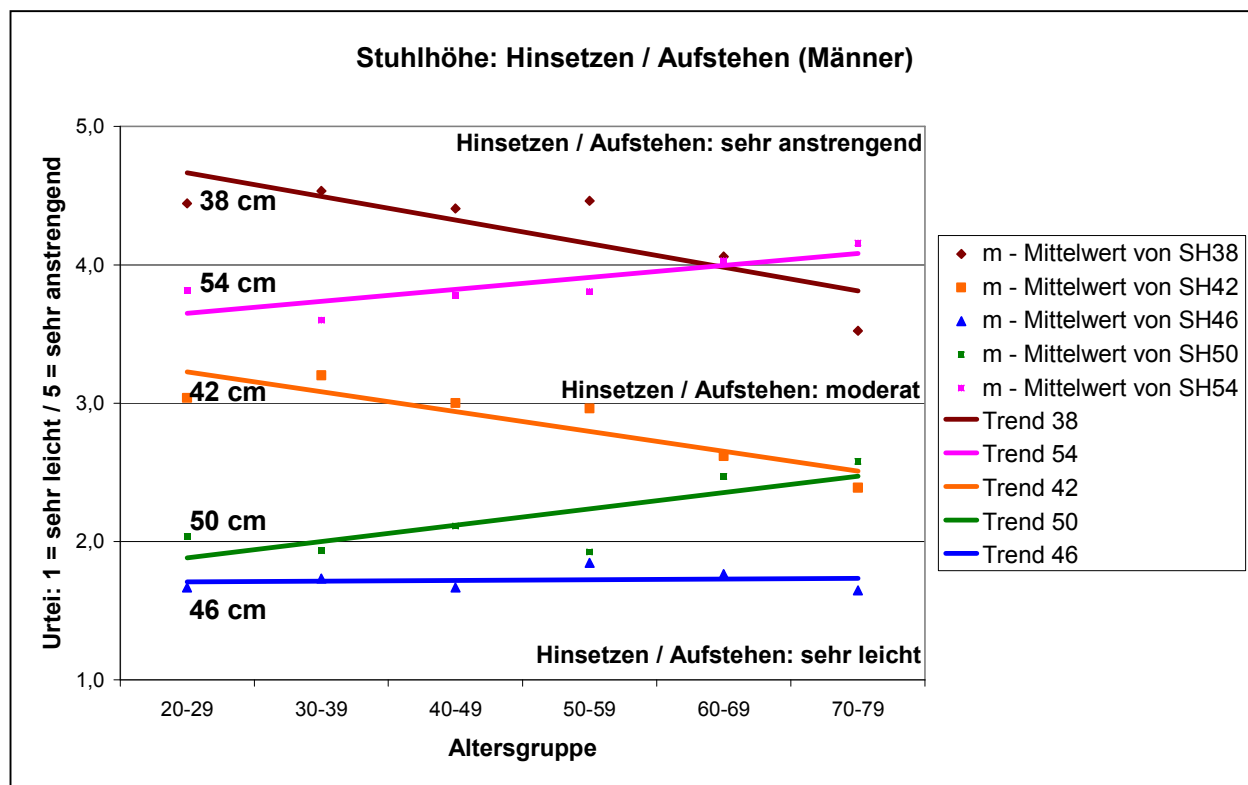
Altersgruppe	Bewertung der Stuhlhöhe				
	Männer				
	Mittelwert von SH38	Mittelwert von SH42	Mittelwert von SH46	Mittelwert von SH50	Mittelwert von SH54
20-29	4,4	3,0	1,7	2,0	3,8
30-39	4,5	3,2	1,7	1,9	3,6
40-49	4,4	3,0	1,7	2,1	3,8
50-59	4,5	3,0	1,8	1,9	3,8
60-69	4,1	2,6	1,8	2,5	4,0
70-79	3,5	2,4	1,6	2,6	4,2
Gesamtergebnis	4,3	2,9	1,7	2,2	3,9

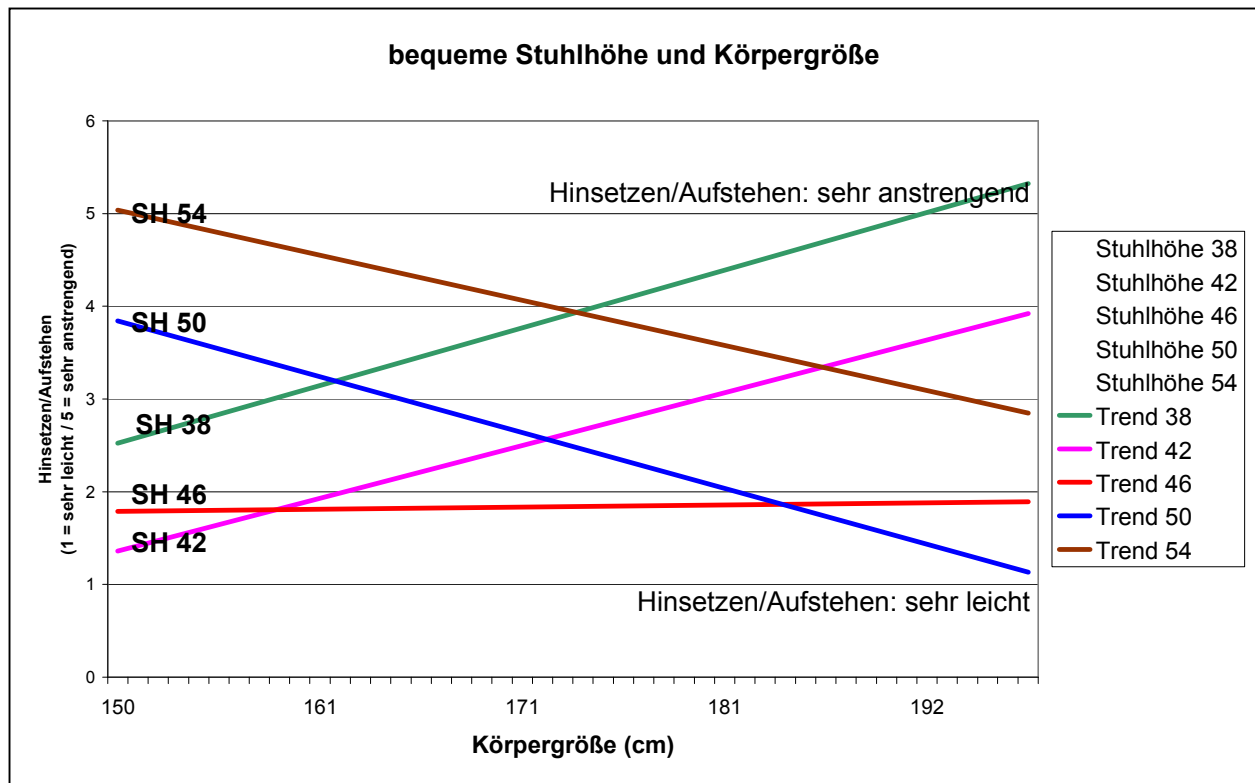
	Bewertung der Stuhlhöhe Frauen				
Altersgruppe	Mittelwert von SH38	Mittelwert von SH42	Mittelwert von SH46	Mittelwert von SH50	Mittelwert von SH54
20-29	4,0	2,3	1,8	2,8	4,1
30-39	3,9	2,4	1,7	2,7	4,2
40-49	3,9	2,7	2,0	2,5	3,9
50-59	3,8	2,3	1,7	2,9	4,4
60-69	3,7	2,2	1,4	3,2	4,5
70-79	3,1	2,0	1,6	2,9	4,3
Gesamtergebnis	3,7	2,3	1,7	2,9	4,2

Das Ergebnis zusammengefasst:

Es besteht Einvernehmen bei Männern und Frauen über alle Altersgruppen:
Die bequemste Sitzhöhe ist 46 cm.







Interpretation der Details:

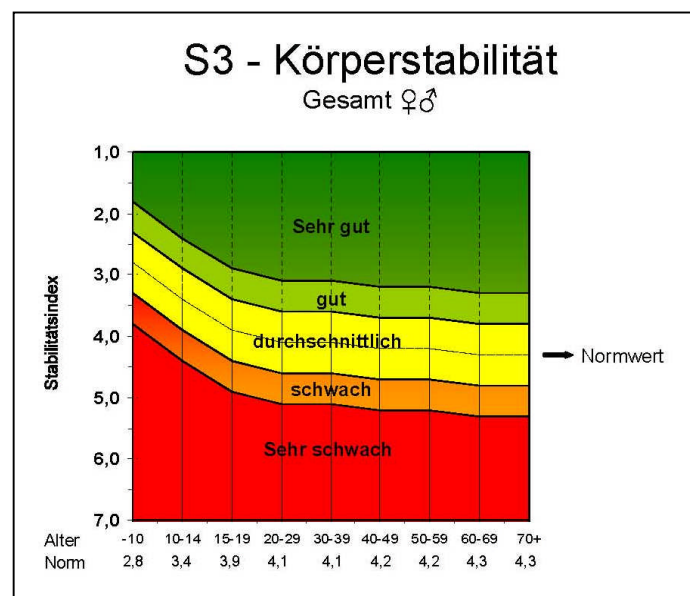
- Sowohl die hohen Stühle (54 cm) als auch die niedrigen Stühle (38 cm) werden von Männern und Frauen mit unterschiedlicher Gewichtung der Altersgruppen als unbequem "anstrengend" beurteilt.
- Selbstverständlich hängt die optimale Sitzhöhe auch von der Körpergröße ab:
 - 42 cm ist für kleine Personen < 160 cm Körpergröße
 - 50 cm ist für große Personen > 185 cm Körpergröße bequemer.

3.4 Gleichgewicht

Boote sind bewegliche Standflächen. Die Fähigkeit, dort das Gleichgewicht zu halten, spielt für die Personen an Bord eine herausragende Rolle.

Gemessen wurde diese Fähigkeit mit Hilfe einer einachsigen instabilen Standplatte an der Sensoren die Bewegungen des Probanden aufzeichneten, die dann von einer Software in einen "Stabilitätsindex" für die "links-rechts"-Stabilität und die "vor-zurück"-Stabilität umgerechnet wurden (Gerätetyp: MFT S3-Check).

Anhand umfangreicher Tests mit über 7.000 Probanden wurde für dieses System die folgende Normwert-Skala für den Stabilitätsindex entwickelt (s. Raschner et al 2008):



Der Normwert für eine durchschnittliche Stabilität der uns interessierenden Altersgruppe 20-80 liegt nach diesen Untersuchungen bei einem Stabilitätsindex von 4,1 - 4,3.

Unsere Ergebnisse:

Probandenprofil

Anzahl von LRSTB M	Geschlecht		
Altersgruppe	m	w	Gesamtergebnis
20 - 29	32	32	64
30 - 39	47	48	95
40 - 49	52	44	96
50 - 59	44	36	80
60 - 69	50	61	111
70 - 79	26	34	60
Gesamtergebnis	251	255	506

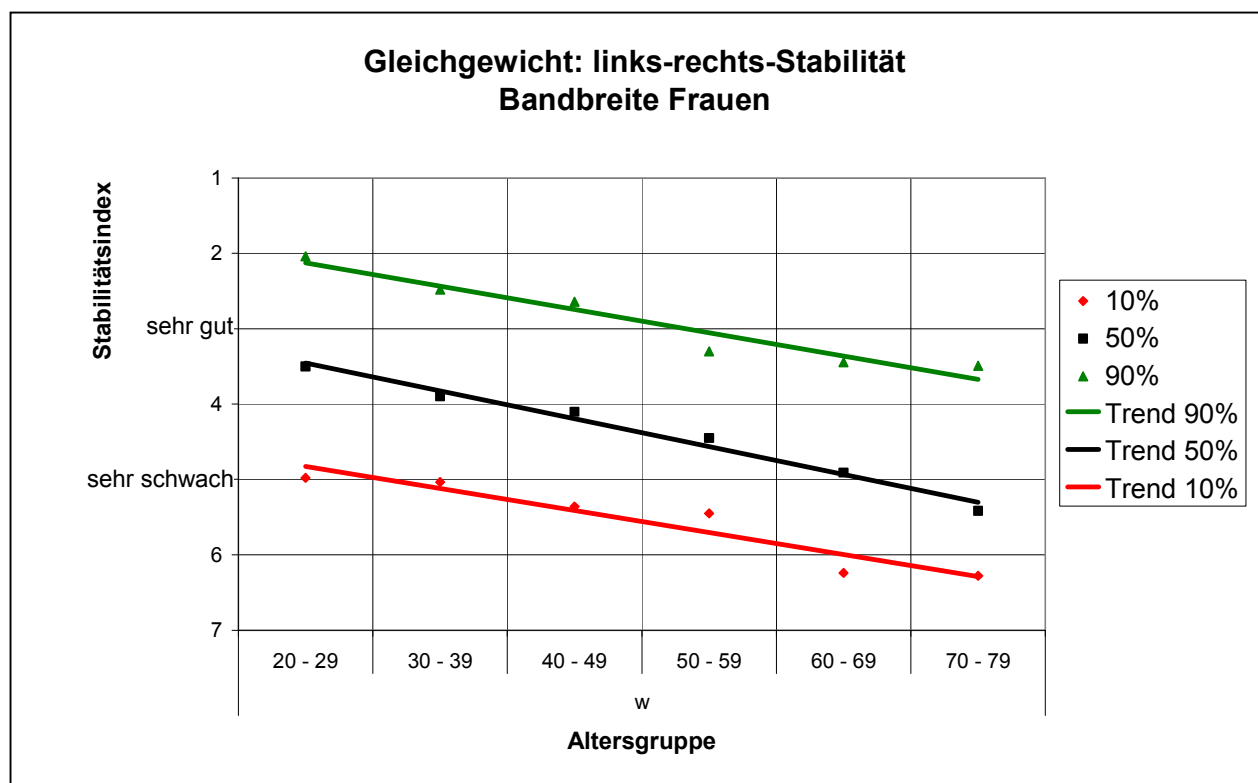
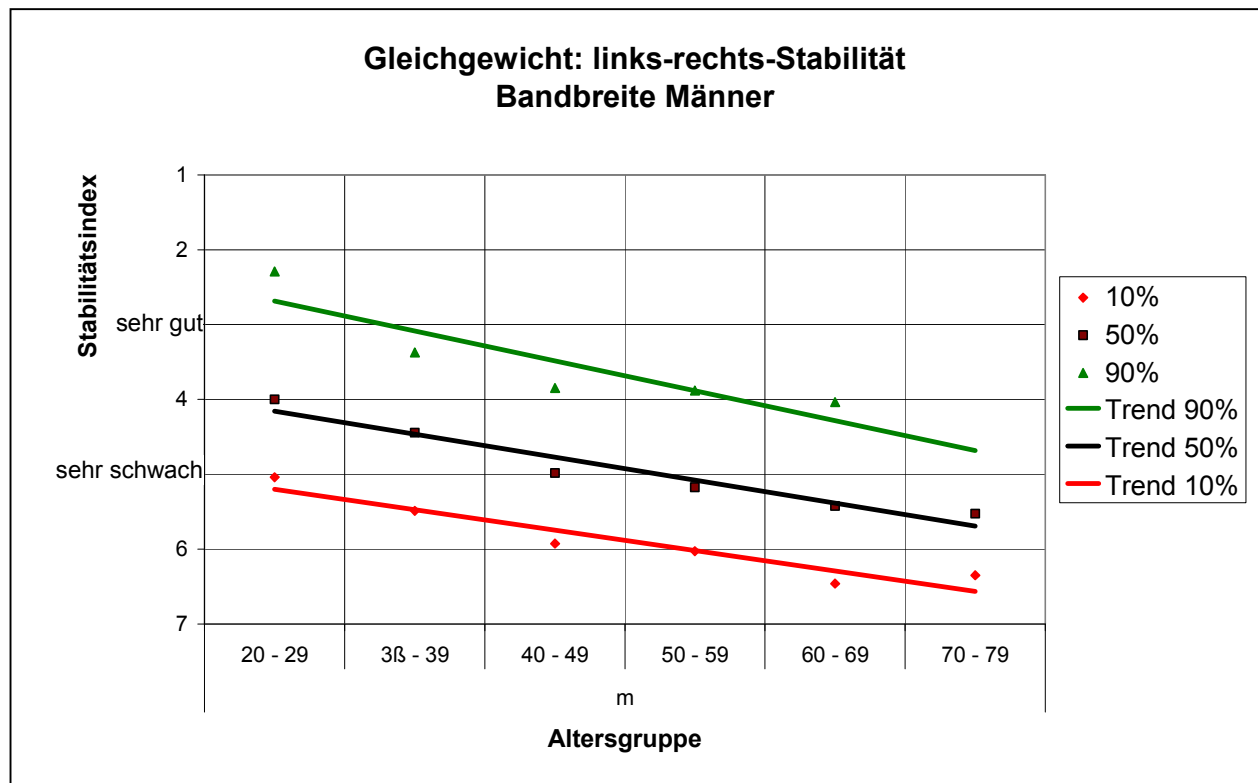
links-rechts-Stabilität**Ergebnisse**

	Stabilitätsindex links-rechts-Stabilität Bandbreite Männer					
LRSTB M	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	5,04	5,49	5,93	6,03	6,46	6,35
50%	4,00	4,44	4,98	5,18	5,43	5,53
10%	2,29	3,37	3,85	3,88	4,03	

	Stabilitätsindex links-rechts-Stabilität Bandbreite Frauen					
LRSTB M	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	4,98	5,03	5,36	5,45	6,24	6,28
50%	3,50	3,90	4,10	4,45	4,91	5,42
10%	2,04	2,48	2,64	3,30	3,44	3,49

Interpretation:

- Die Normwert-Skala geht davon aus, dass bis zu einem Index von "3" die Gleichgewichtsfähigkeit "sehr gut" und ab einem Index von "5" die Gleichgewichtsfähigkeit "sehr schwach" ist.
- Die Gleichgewichtsfähigkeit für die links-rechts-Stabilität - auf schwankenden Booten von besonderer Bedeutung - nimmt mit dem Alter deutlich ab und erreicht im Mittel bei Männern ab etwa 50 und bei Frauen etwa ab 60 die kritische Grenze "sehr schwach", wo u.a. Handläufe dringend benötigt werden.
- Die Gleichgewichtsfähigkeit ist gut trainierbar. Untrainierte Männer und Frauen haben ihr Leben lang auf schwankendem Untergrund Probleme, während gut trainierte Personen bis ins hohe Alter ausreichend sicher stehen können.



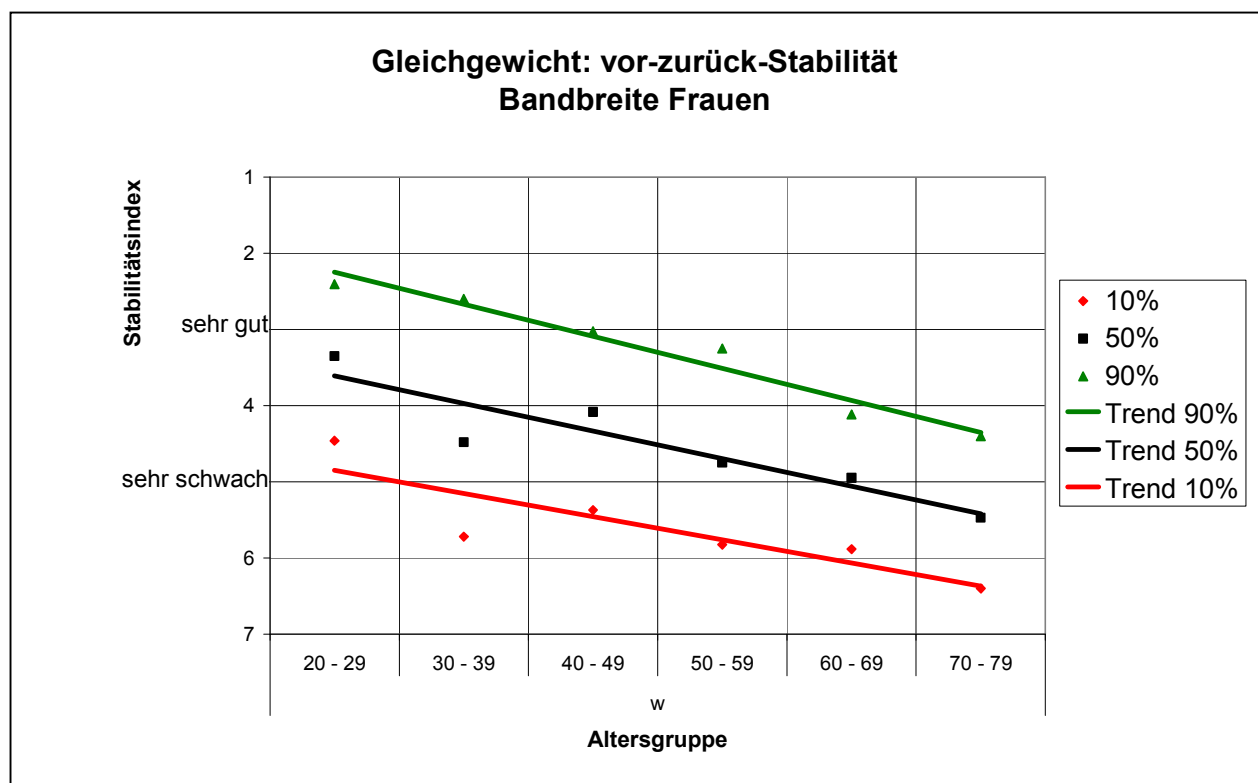
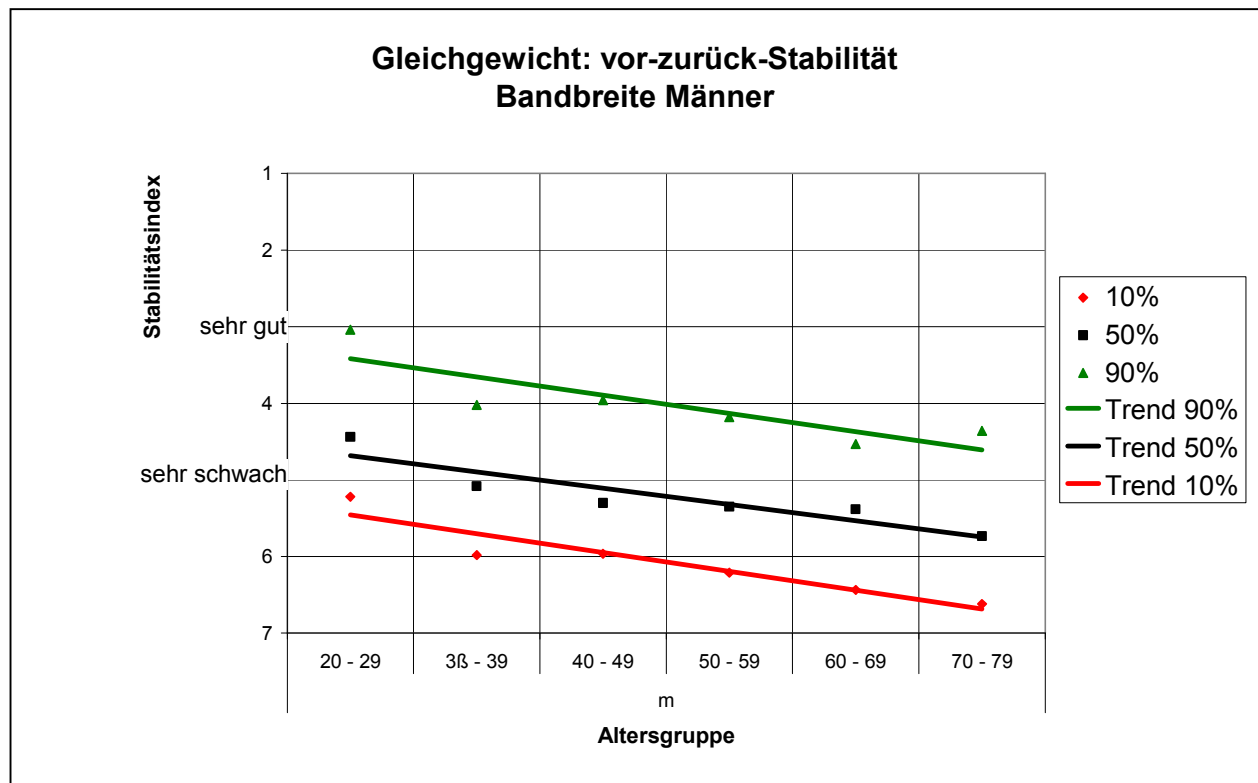
vor-zurück-Stabilität**Ergebnisse**

	Stabilitätsindex vor-zurück-Stabilität Bandbreite Männer					
VZSTAB M	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	5,22	5,98	5,96	6,21	6,44	6,62
50%	4,44	5,08	5,30	5,35	5,38	5,73
10%	3,04	4,02	3,96	4,18	4,53	4,36

	Stabilitätsindex vor-zurück-Stabilität Bandbreite Frauen					
VZSTAB M	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	4,46	5,72	5,37	5,83	5,89	6,40
50%	3,35	4,48	4,08	4,75	4,95	5,47
10%	2,41	2,60	3,02	3,25	4,12	4,40

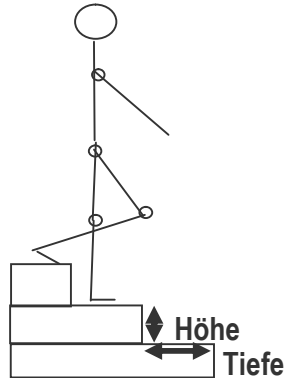
Interpretation:

- Bei der vor-zurück-Stabilität, die z.B. die Sicherheit bei Gehen und das Ausregeln beim Stolpern beurteilt, zeigen die Daten ebenfalls einen deutlichen Rückgang mit dem Alter und einen erheblichen Unterschied zwischen den Geschlechtern:
durchschnittlich trainierte Männer zeigen bereits ab 40 deutliche Stabilitäts-Defizite,
durchschnittlich trainierte Frauen gehen erheblich sicherer und kommen erst ab etwa 60 in den kritischen Bereich.
- Auch hier zeigt sich die gute Trainierbarkeit der Gleichgewichtsfähigkeit: Fitte Männer und Frauen haben bis ins hohe Alter mit dem sicheren Gehen keine Probleme, während untrainierte Personen bereits in jungen Jahren sturzgefährdet sind und frühzeitig Gehhilfen oder Handläufe benötigen.



3.5 Treppengeometrie

Für die optimale Treppengeometrie werden seit dem 17. Jahrhundert die von Francis Blondel 1683 veröffentlichten "Schrittmaßregeln" angewendet:



- Schrittmaßregel:
 $2 \cdot \text{Stufenhöhe} + \text{Stufentiefe} = \text{Schrittlänge (ca. 63 cm)}$
- bequeme Begehbarkeit:
 $\text{Stufentiefe} - \text{Stufenhöhe} = 12 \text{ cm}$
- sichere Begehbarkeit:
 $\text{Stufentiefe} + \text{Stufenhöhe} = 46 \text{ cm}$

Dies führt zu den heute im Wohnungsbau üblichen Treppenmaßen

Stufenhöhe: 17 cm
Stufentiefe: 29 cm
➔ Treppenwinkel: 30°

Im Bootsbau besteht das Problem, auf den engen Flächen Treppen und Niedergänge zu konstruieren, die einerseits möglichst wenig Grundfläche in Anspruch nehmen aber trotzdem noch problemlos begehbar sein sollen.

Um dies zu untersuchen, wurde eine Gruppe von Probanden gebeten, auf einer kurzen Treppenkonstruktion mit zwei Stufen zu beurteilen, welche Stufenhöhe und welche Stufentiefe beim Auf- und Absteigen von ihnen als "leicht" bis "anstrengend" bewertet werden.

Es wurden folgende Stufenmaße systematisch überprüft:

- Stufentiefe:
8 / 10 / 12 / 14 / 16 / 18 / 20 / 22 / 24 / 26 / 28 / 30 / 32 cm
- Stufenhöhe:
12 / 16 / 20 / 24 / 28 / 32 cm

Stufenhöhe und Stufentiefe wurden unterschiedlich bewertet:

- Bei der Stufenhöhe wurde die Mühe des Auf- und Absteigens nach folgender Skala beurteilt:
5 sehr anstrengend
4 anstrengend
3 moderat
2 leicht
1 sehr leicht
- Bei der Stufentiefe wurden pro Proband die beiden kürzesten Stufentiefen bestimmt, die folgende Beurteilung erfüllten:
gerade noch akzeptabel
optimal

Probandenprofil

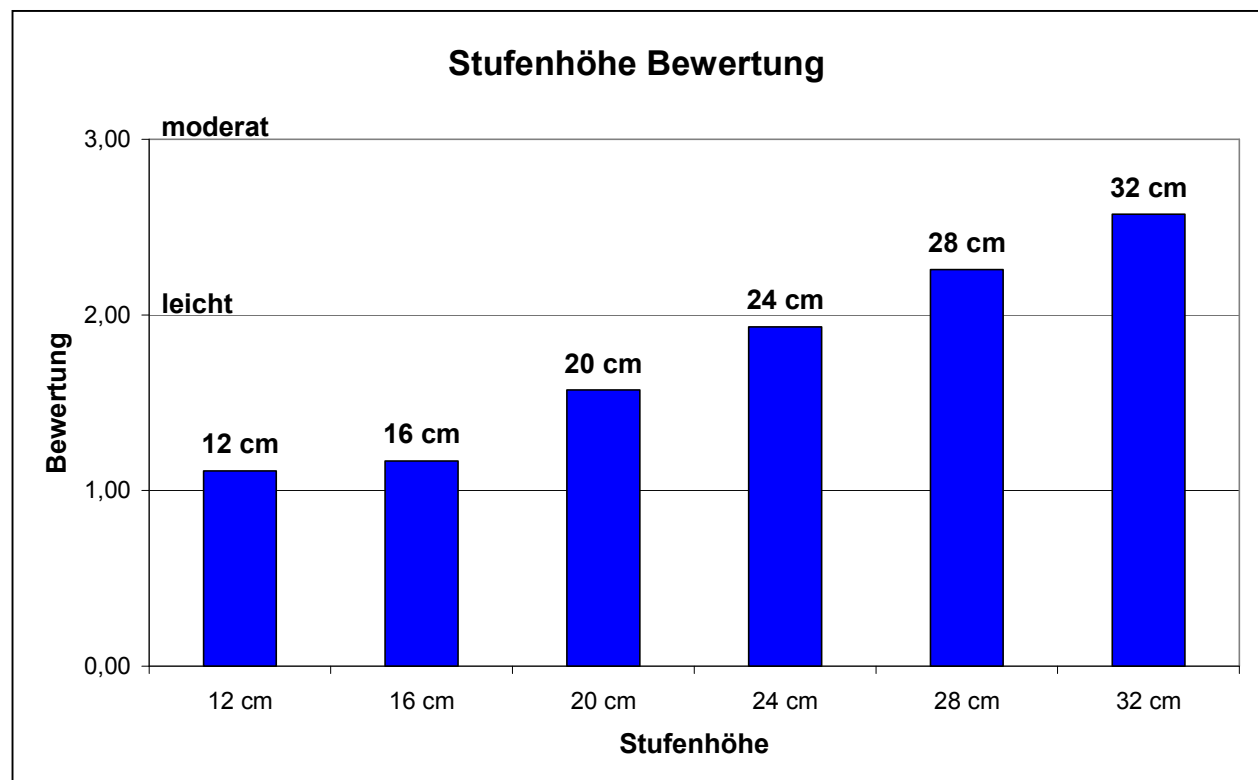
Anzahl	Geschl.		
Altersgruppe	m	w	Gesamtergebnis
20-29	14	3	17
30-39	12	4	16
40-49	6	7	13
50-59	6	7	13
60-69	10	5	15
70-79	10	5	15
Gesamtergebnis	58	31	89

Die Untersuchungen der Abhängigkeit der Beurteilungen von Alter und Geschlecht der Probanden ergaben keinen signifikanten Zusammenhang.

Stufenhöhe:

Mittelwert der Beurteilung

Stufenhöhe	Mittelwert
12 cm	1,11
16 cm	1,17
20 cm	1,57
24 cm	1,93
28 cm	2,26
32 cm	2,57



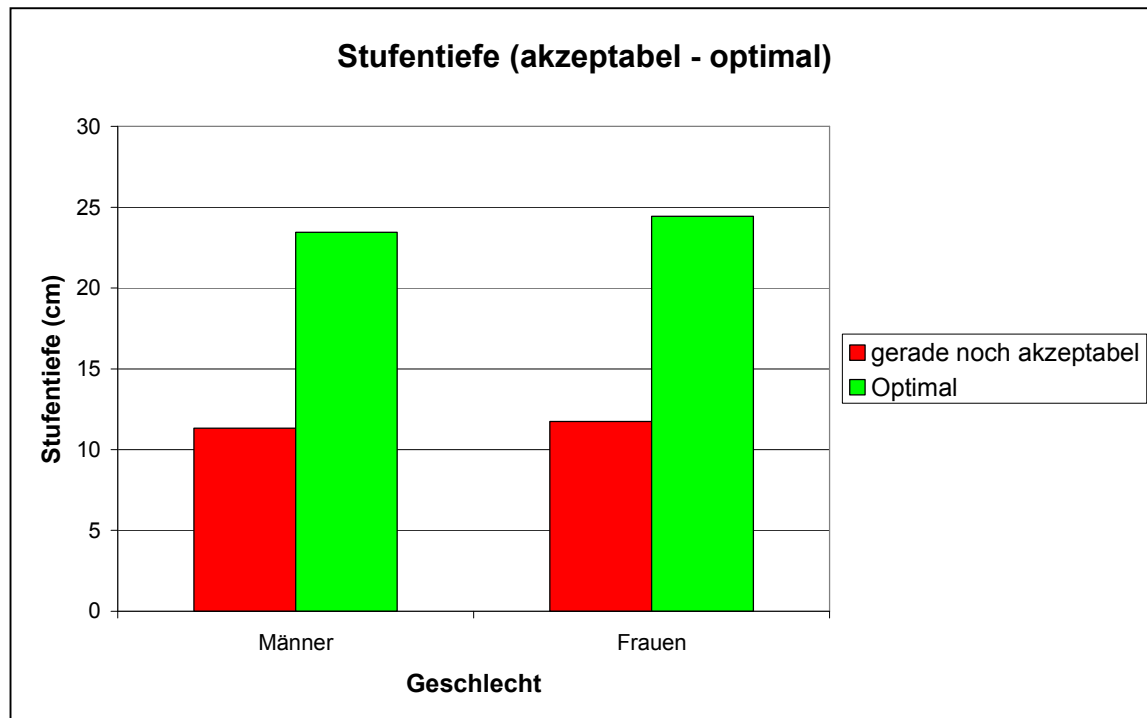
Interpretation:

- Unabhängig von Alter und Geschlecht werden Stufenhöhen < 32 cm im Mittelwert der Beurteilungen durch alle Probanden als "leicht" (bis "moderat") benutzbar beurteilt.

Stufentiefe:

Mittelwert der akzeptablen und der optimalen Stufentiefe

	Daten	
Geschlecht	gerade noch akzeptabel	Optimal
Männer	11,31	23,45
Frauen	11,74	24,45
Gesamtergebnis	11,53	23,97



Interpretation:

Ebenfalls unabhängig von Alter und Geschlecht:

- Eine Treppenstufe sollte tiefer als 12 cm sein, damit beim Absteigen mindestens der Fußballen aufgesetzt werden kann.
- Die optimale Stufentiefe beträgt rund 24 cm.

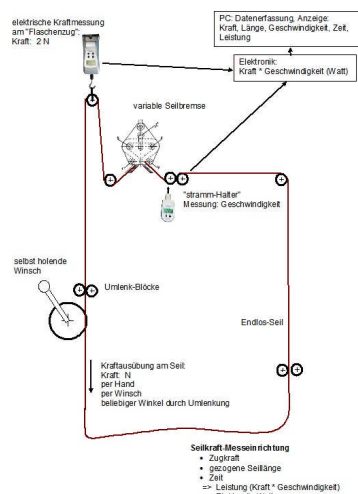
Folgerung: Treppenwinkel, "Schrittmaßdaten":

	Stufentiefe	Stufenhöhe	Treppenwinkel	2H+T "Schrittlänge"	T-H "bequem"	T+H "sicher"
Blondel	29	17	30°	63	12	46
akzeptabel	12	30	68°	72	-18	42
optimal	24	30	51°	84	-6	54

Steile Treppen (insbesondere mit hohen Stufen) sind nach den Schrittmaßregeln von Blondel zwar nicht "bequem", nach unseren Untersuchungen aber bei ausreichender Tiefe und zumutbarer Höhe durchaus "sicher" begehbar.

3.6 Holen einer Schot

Um die Kräfte und Leistungen beim Handhaben von Leinen an Bord (Schoten, Fallen, Ankerleinen etc.) realitätsnah zu untersuchen, wurde eine Seilzug-Messeinrichtung konstruiert und gebaut, mit der eine 60 m lange 12 mm Schot per Hand oder per selbst-holender Winsch geholt werden konnte.



Der Widerstand des Seiles wurde durch eine Seilbremse reguliert. Elektronisch gemessen und gespeichert wurden (im Takt von 0,1 Sekunde) die aktuelle Zugkraft (in DaN) und die Durchlaufgeschwindigkeit der Schot (in m/s). Berechnet wurden die aktuelle Leistung (in W), die Länge des gezogenen Seiles und die geleistete Arbeit.

Probandenprofil

	Geschlecht			
	m		w	
	Anzahl Seilmessung	davon Anzahl Kraft/Leistung	Anzahl Seilmessung	davon Anzahl Kraft/Leistung
Altersgruppe				
20-29	6		2	
30-39	5	3	4	4
40-49	3	3	6	6
50-59	3	3	4	3
60-69	5	5	5	4
70-79				
Gesamt	22	14	21	17

Insgesamt wurden an der Seilzug-Messeinrichtung 43 Probanden (22 Männer, 21 Frauen) im Alter von 20-69 untersucht.

Von diesen Probanden lagen für 31 Personen (14 Männer, 17 Frauen) auch die Untersuchungsergebnisse zur Ausdauerleistung und zur Maximalkraft vor.

Der Untersuchungsablauf an der Seilzug-Messeinrichtung verlief ähnlich wie die Untersuchungen auf dem Fahrradergometer: Bei allen Probanden wurden die Herzfrequenzen gemessen und dokumentiert, die Belastung (= der Widerstand des

Seiles) wurde über maximal 4 Belastungsstufen im Abstand von 2 Minuten erhöht, bis zu einer maximalen Herzfrequenz des Probanden von 150 Schlägen/Minute.

Aus den Messreihen der Probanden wurden folgende Zahlen für das Holen der Schot per Hand und per Wunsch extrahiert:

- mittlere maximale Leistung ($W = \text{Nm/s}$)
- mittlere maximale Seilkraft im Bereich maximaler Leistung (DaN)

Wegen der geringen Probandenzahl bei der Seilzuguntersuchung wurden diese Ergebnisse mit geeigneten physiologisch ähnlichen Messungen korreliert, für die sowohl Messergebnisse der Teilnehmer an der Seilzuguntersuchung als auch ein ausreichendes Datenvolumen der Altersgänge und der Bandbreiten vorlag, um entsprechende Abschätzungen für die Ergebnisse der Seilzuguntersuchungen berechnen zu können.

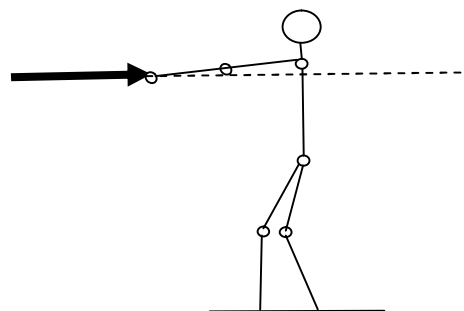
Die Leistung sowohl per Hand als auch per Wunsch wurde jeweils mit den Ergebnissen der Ausdauerleistung an der anaeroben Schwelle (s. Kap. 3.1.1) korreliert.

Die maximale Seilkraft sowohl per Hand als auch per Wunsch wurde jeweils mit den Ergebnissen der maximalen isometrischen Maximalkraft des Armbeugers (s. Kap. 3.2.1) korreliert.

Zusätzlich wurde durch Division der Leistung durch die Seilkraft die mittlere maximale Seilgeschwindigkeit ermittelt.

3.6.1 Holen per Hand

Das Seil wurde mit beiden Händen, maximal hoher Anstrengung und möglichst schnell gezogen.



3.6.1.1 Zugleistung

Die Korrelation der Zugleistung beim Holen einer Schot per Hand mit der auf dem Fahrradergometer gemessenen maximalen Ausdauerleistung ergab folgende Korrelationsfaktoren jeweils über alle Altersgruppen:

- Männer:
Seilzugleistung per Hand / Ausdauerleistung Fahrradergometer = 1,0
- Frauen:
Seilzugleistung per Hand / Ausdauerleistung Fahrradergometer = 0,6

Damit kann die Bandbreite der Zugleistungen über die Daten der Ausdauerleistung abgeschätzt werden:

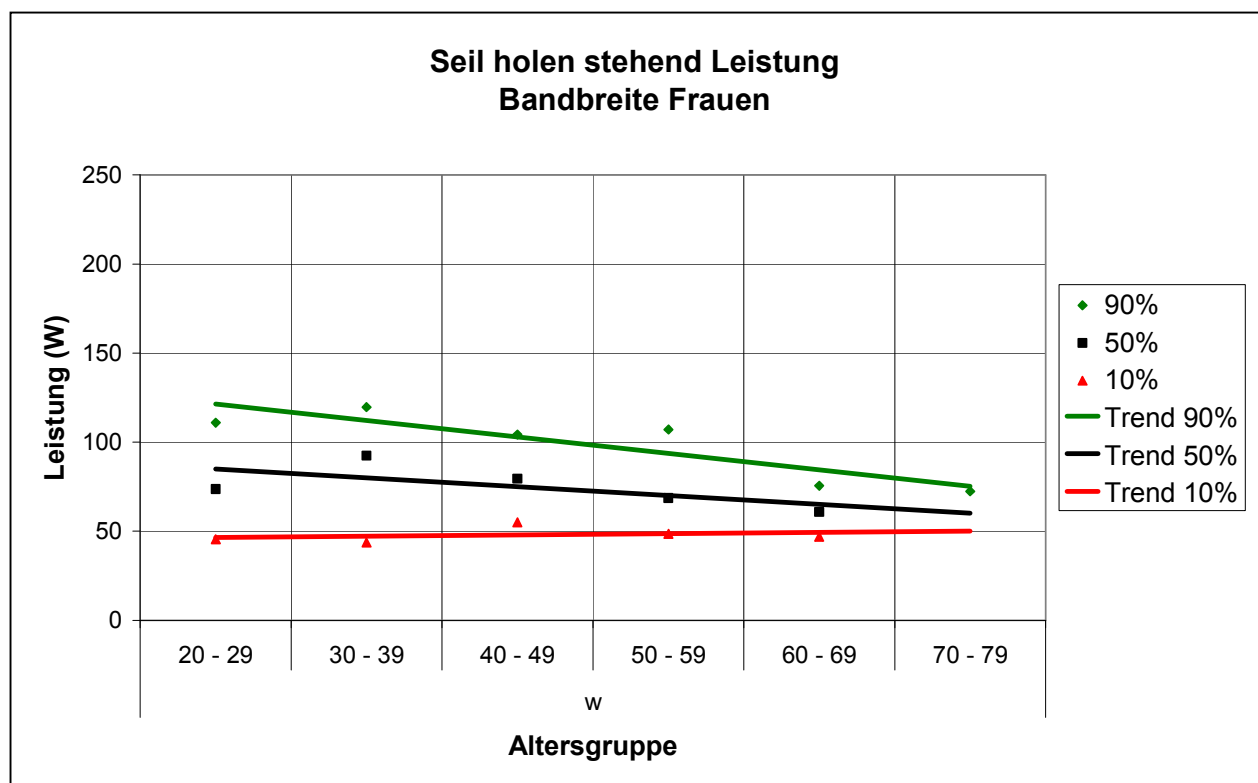
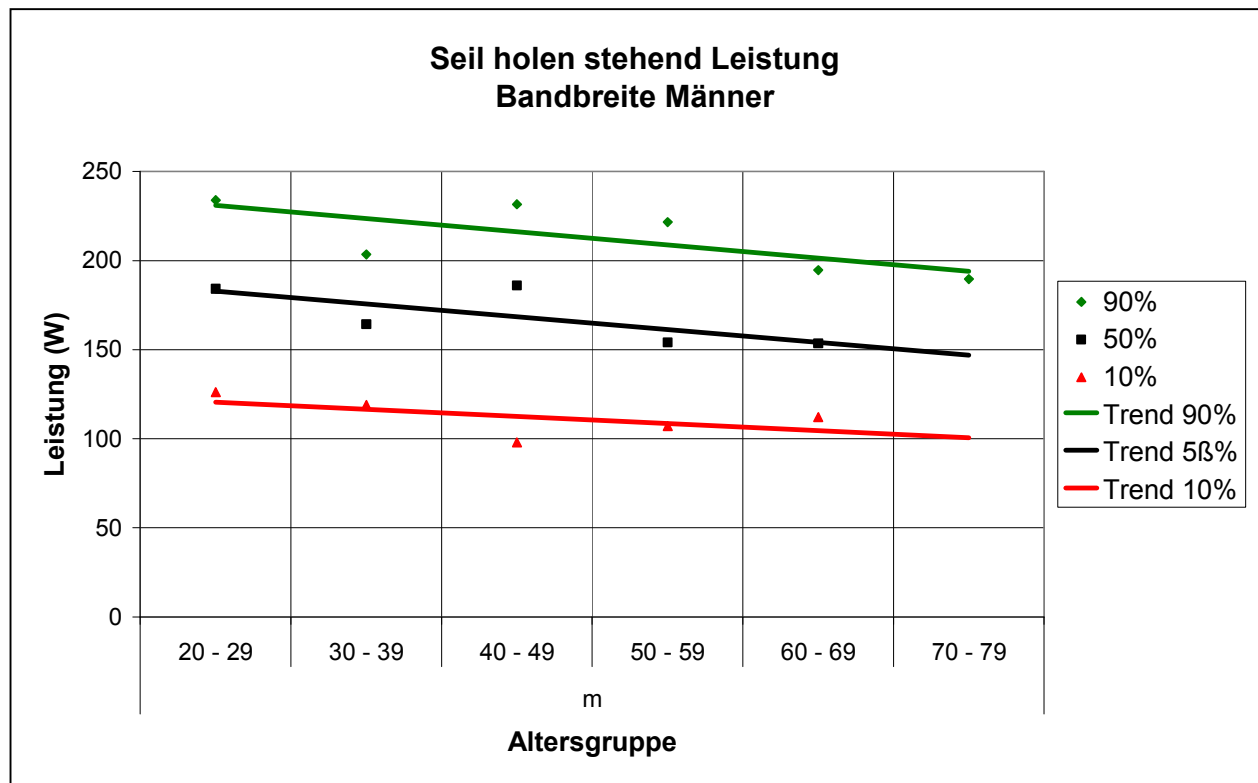
Ergebnisse

	Leistung Seil ziehen stehend beidhändig (W) Bandbreite Männer					
Seil Leistung	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	233,95	203,50	231,60	221,60	194,70	189,60
50%	184,17	164,35	186,00	154,00	153,50	
10%	126,18	119,00	98,00	107,20	112,20	

	Leistung Seil ziehen stehend beidhändig (W) Bandbreite Frauen					
Seil Leistung	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	110,94	119,64	104,28	107,04	75,54	72,36
50%	73,65	92,40	79,50	68,58	60,90	
10%	45,54	43,68	54,96	48,48	46,86	

Interpretation:

- Männer erbringen bei Ziehen von Seilen mit beiden Händen etwa die gleiche maximale Dauerleistung wie auf dem Fahrradergometer, im Mittel 150 - 180 Watt.
- Frauen leisten bei Ziehen von Seilen - wegen geringerer Körperkräfte, aber auch wegen anders trainierter Bewegungsabläufe der Arme - weniger als die Hälfte der Leistung von Männern, im Mittel 60 - 70 Watt.



3.6.1.2 Zugkraft

Die Korrelation der Seilzugkraft beim Holen einer Schot per Hand mit der isometrischen Maximalkraft des Armbeugers ergab folgende Korrelationsfaktoren jeweils über alle Altersgruppen:

- Männer und Frauen:
Seilzugkraft per Hand / Maximalkraft Armbeuger = 1,4

Damit kann die Bandbreite der Zugkraft über die Daten der Maximalkraft des Armbeugers abgeschätzt werden:

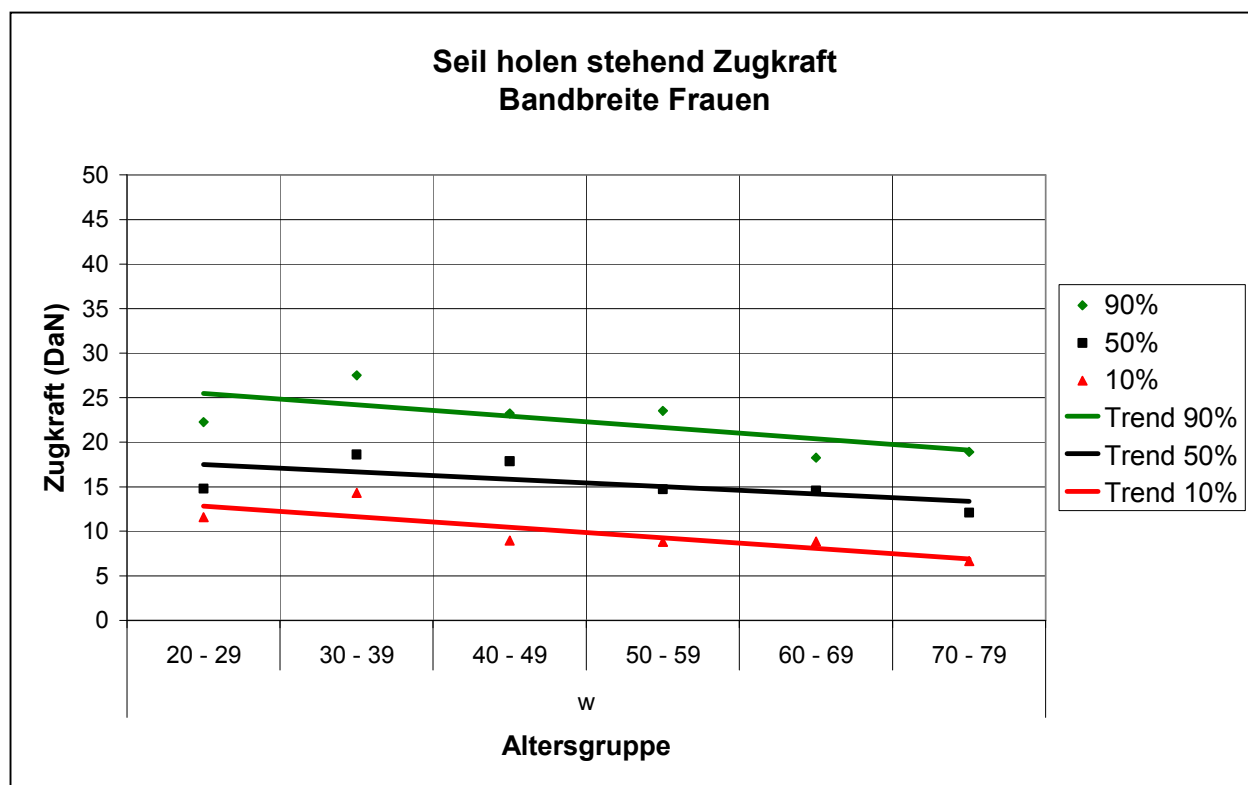
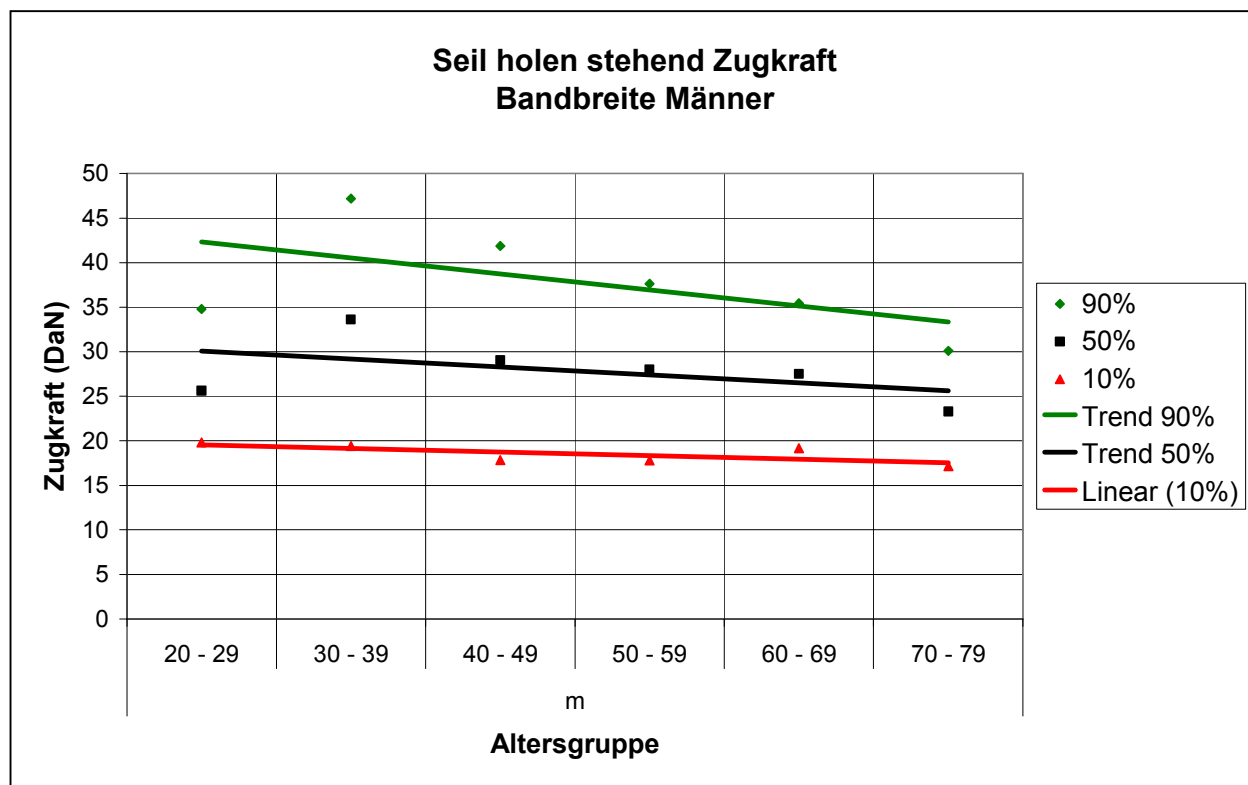
Ergebnisse

	Zugkraft Seil holen beidhändig (DaN) Bandbreite Männer					
Zugkraft Seil	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	34,79	47,18	41,86	37,61	35,42	30,10
50%	25,62	33,60	29,05	28,00	27,50	23,28
10%	19,81	19,41	17,83	17,78	19,18	17,15

	Zugkraft Seil holen beidhändig (DaN) Bandbreite Frauen					
Zugkraft Seil	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	22,26	27,51	23,24	23,52	18,25	18,90
50%	14,79	18,61	17,85	14,70	14,58	12,08
10%	11,59	14,33	8,96	8,82	8,84	6,65

Interpretation:

- Die Kraft, mit der ein Seil stehend geholt werden kann, nimmt mit dem Alter ab, aber nicht dramatisch. Der Altersrückgang ist bei sportlich Aktiven an der oberen Leistungsgrenze spürbarer als beim Durchschnitt und bei den Untrainierten.
- Männer können im Durchschnitt etwa 25-30 DaN ($\approx$ kp) im Stehen ziehen, Frauen im Mittel nur gut die Hälfte, etwa 15 DaN.
Das begrenzt die Fähigkeit, Segel per Hand zu setzen oder Anker auf zu holen.
- Hinweis:
Diese Kräfte beziehen sich auf das Holen eines Seiles mit der unten berechneten Geschwindigkeit. Der Grenzwert wird durch die maximale Leistung definiert. Wird langsamer gezogen, so kann auch mehr Kraft eingesetzt werden.



3.6.1.3 Seilgeschwindigkeit

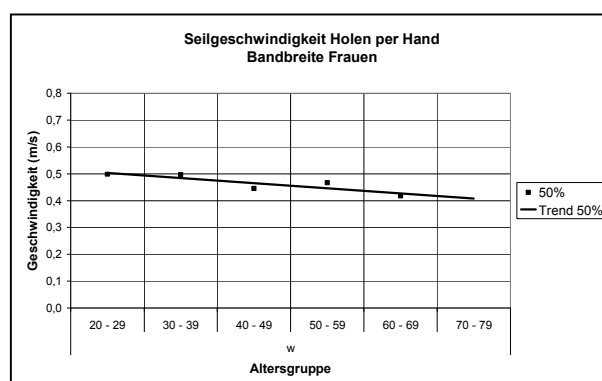
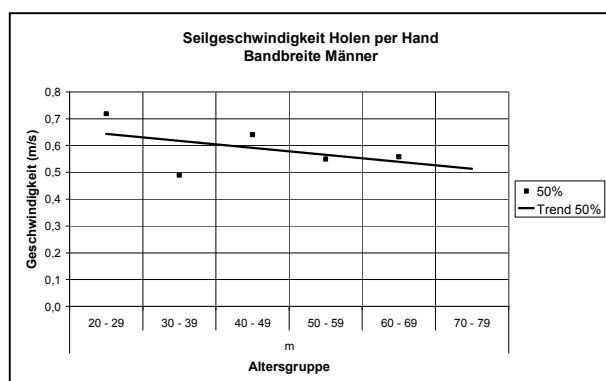
Die Seilgeschwindigkeit ergibt sich rechnerisch aus der Zugleistung dividiert durch die Zugkraft.

Es hat sich gezeigt, dass die Bandbreiten relativ dicht bei einander liegen, so dass im Folgenden nur der altersabhängige Mittelwert für die 50%-Daten dokumentiert wird.

Ergebnisse

	Seilgeschwindigkeit Holen per Hand (m/s) Männer					
Seil: Geschwindigkeit	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
50%	0,72	0,49	0,64	0,55	0,56	

	Seilgeschwindigkeit Holen per Hand (m/s) Frauen					
Seil: Geschwindigkeit	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
50%	0,50	0,50	0,45	0,47	0,42	

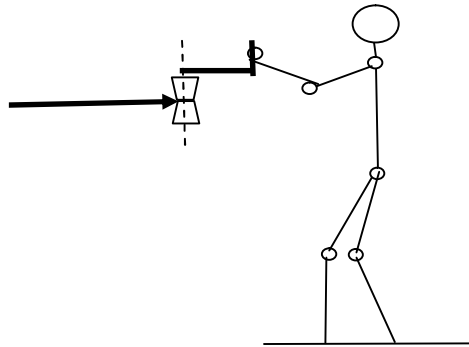


Interpretation:

- Die Geschwindigkeit, mit der eine belastete Schot oder ein Fall stehend per Hand geholt werden kann, wird durch die erforderliche Zugkraft begrenzt, hängt aber auch wesentlich von der physiologisch begrenzten Geschwindigkeit ab, mit der die Arme bei Holen und Nachgreifen bewegt werden können.
Die Geschwindigkeit verringert sich etwas mit dem Alter und liegt
bei Männern im Mittel bei 0,5-0,6 m/s
bei Frauen im Mittel bei 0,4-0,5 m/s.
- Hinweis:
Eine Seilzuggeschwindigkeit bei Männern von 0,5 m/s korrespondiert mit einer maximalen Zugkraft von 32 DaN und einer Leistung von 160 W.
Eine Seilzuggeschwindigkeit bei Frauen von 0,5 m/s korrespondiert mit einer maximalen Zugkraft von 18 DaN und einer Leistung von 90 W.

3.6.2 Holen per Winsch

Das Seil wurde per selbst-holender Winsch (1:10) durch horizontales Drehen der Winschkurbel mit beiden Händen bei maximal hoher Anstrengung und möglichst schnell geholt.



3.6.2.1 Zugleistung

Die Korrelation der Zugleistung beim Holen einer Schot per Winsch mit der auf dem Fahrradergometer gemessenen maximalen Ausdauerleistung ergab folgende Korrelationsfaktoren jeweils über alle Altersgruppen:

- Männer:
Seilzugleistung per Winsch / Ausdauerleistung Fahrradergometer = 0,71
- Frauen:
Seilzugleistung per Winsch / Ausdauerleistung Fahrradergometer = 0,56

Damit kann die Bandbreite der Zugleistungen über die Daten der Ausdauerleistung abgeschätzt werden:

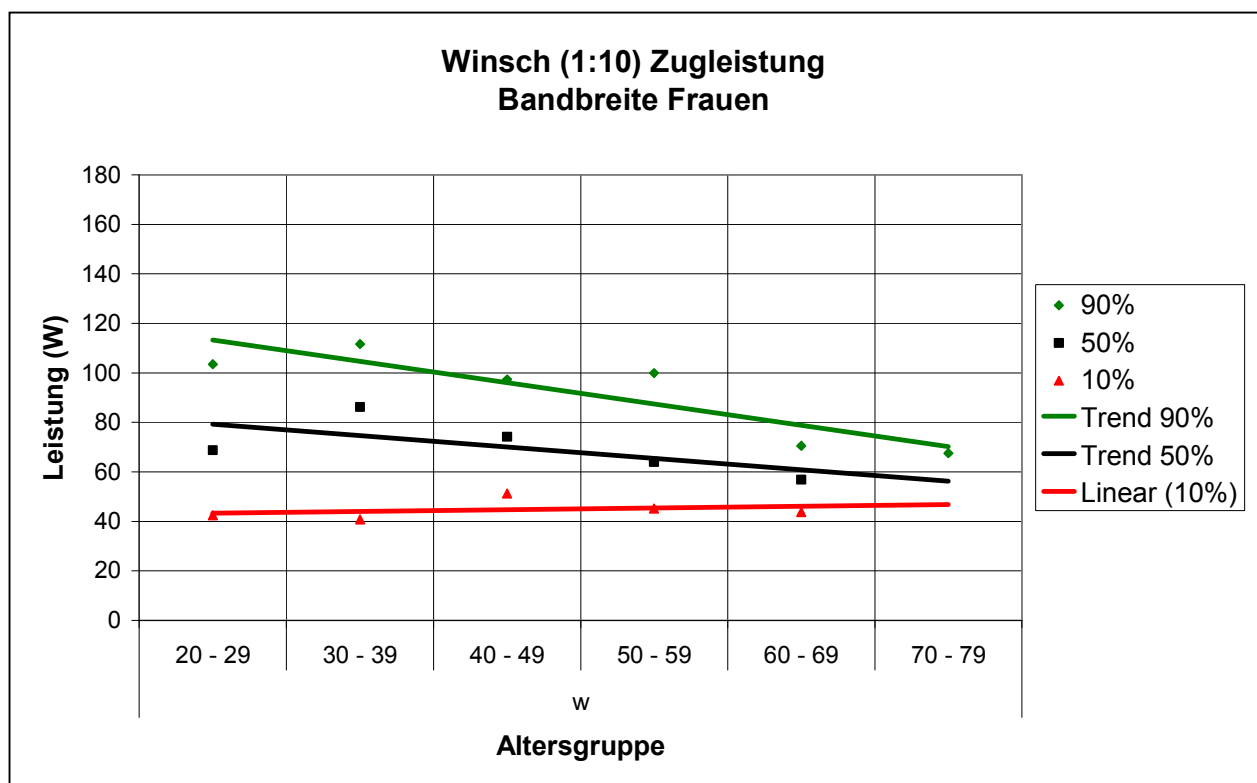
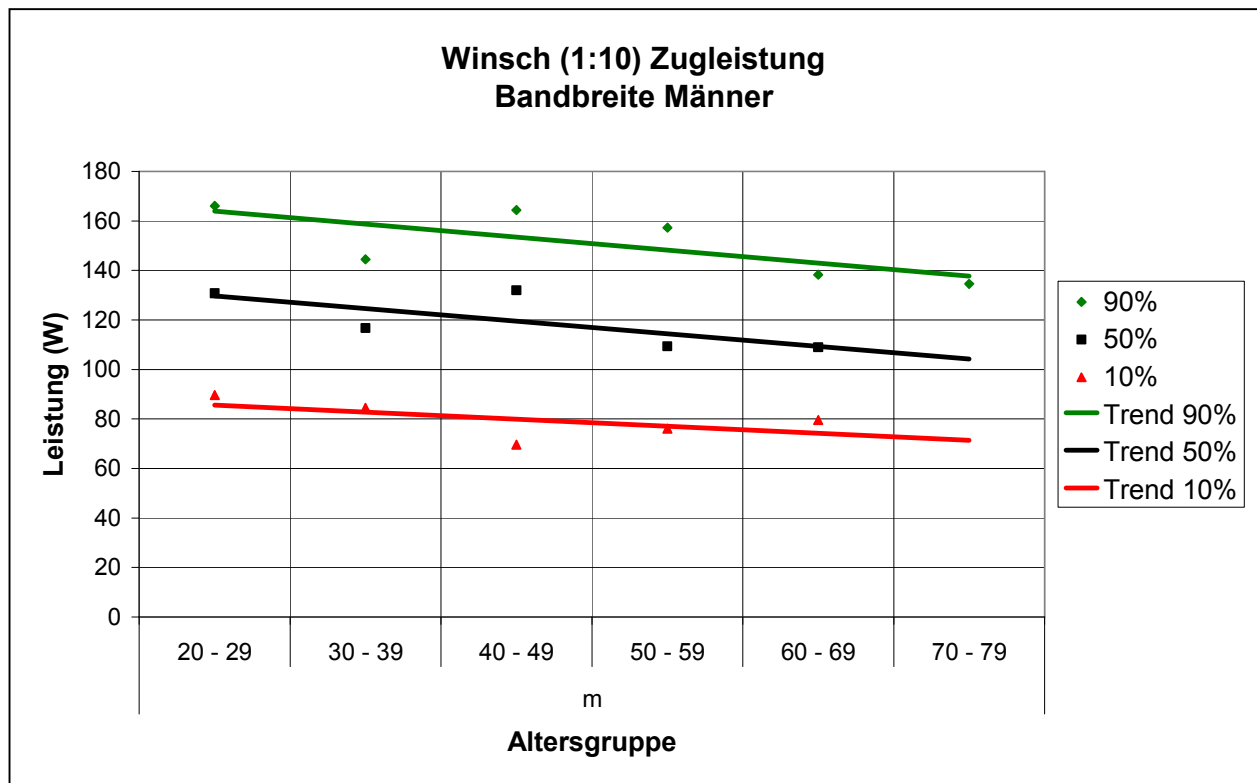
Ergebnisse

	Leistung Winsch (1:10) beidhändig (W) Bandbreite Männer					
Winsch 1:10 Leistung	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	166,10	144,49	164,44	157,34	138,24	134,62
50%	130,76	116,69	132,06	109,34	108,99	
10%	89,59	84,49	69,58	76,11	79,66	

	Leistung Winsch (1:10) beidhändig (W) Bandbreite Frauen					
Winsch 1:10 Leistung	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	103,54	111,66	97,33	99,90	70,50	67,54
50%	68,74	86,24	74,20	64,01	56,84	
10%	42,50	40,77	51,30	45,25	43,74	

Interpretation:

- Winschen verstärken die durch die Arme aufzuwendende Kraft, nicht aber die aufgebrachte Leistung (Kraft * Geschwindigkeit).
Die Korrelationsfaktoren von 0,71 bei Männern und 0,56 bei Frauen zeigen, dass sich durch die Reibungsverluste der Winsch aber vor allem durch die ergonomisch ungünstigere Krafteinleitung beim horizontalen Drehen der Kurbel mit den Armen der Wirkungsgrad gegenüber der Leistung auf einem Fahrradergometer um 60-70% verringert.
- Männer leisten an der Winsch im Mittel 100 - 130 W,
Frauen leisten an der Winsch im Mittel 60 - 80 W
- Interessant ist die große interindividuelle Bandbreite bei den Männern bis ins hohe Alter:
Trainierte alte Herren bringen noch bis zu 140 W auf die Kurbel während die Untrainierten in Alter nur noch die Hälfte, ca. 70 W schaffen.
- Bei untrainierten älteren Damen liegt die untere Leistungsgrenze bei etwa 50 W.



3.6.2.2 Zugkraft

Die Korrelation der Seilzugkraft beim Holen einer Schot per Wunsch mit der isometrischen Maximalkraft des Armbeugers ergab folgende Korrelationsfaktoren jeweils über alle Altersgruppen:

- Männer und Frauen:
Seilzugkraft per Hand / Maximalkraft Armbeuger = 2,5

Damit kann die Bandbreite der Zugkraft über die Daten der Maximalkraft des Armbeugers abgeschätzt werden:

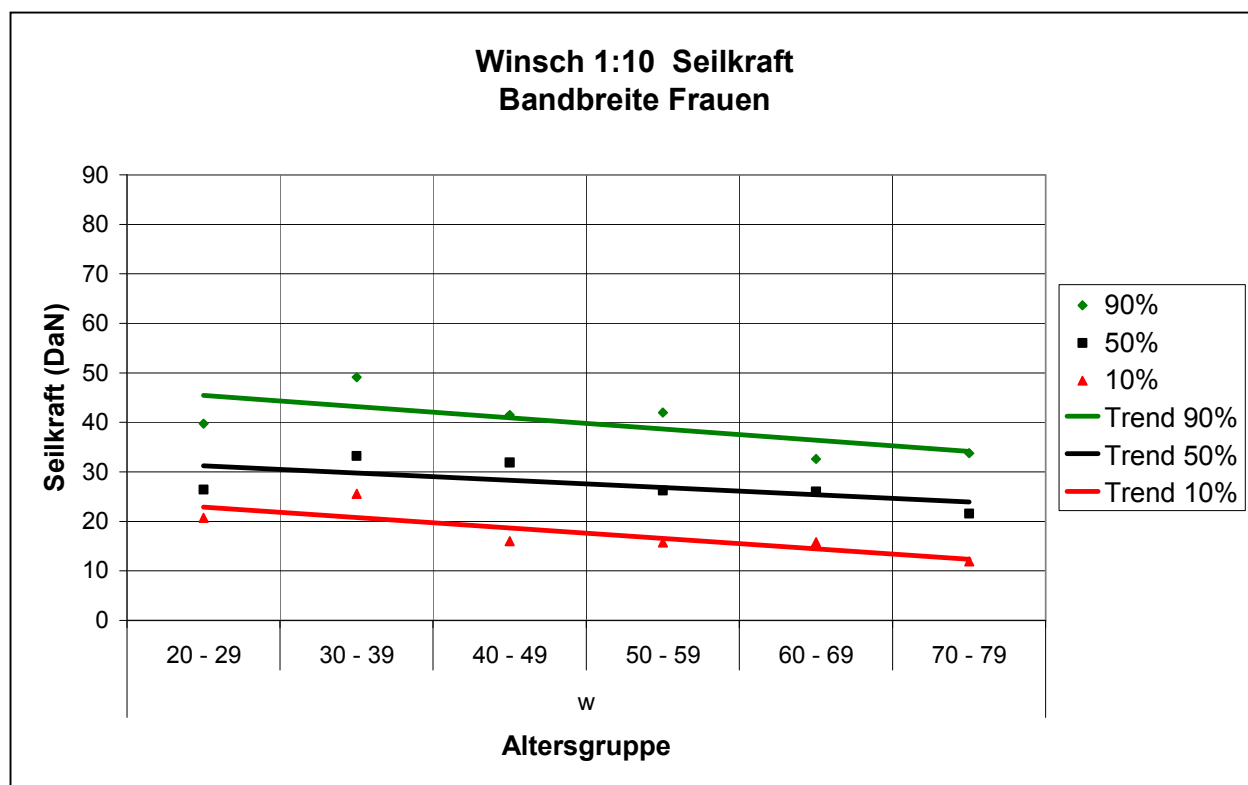
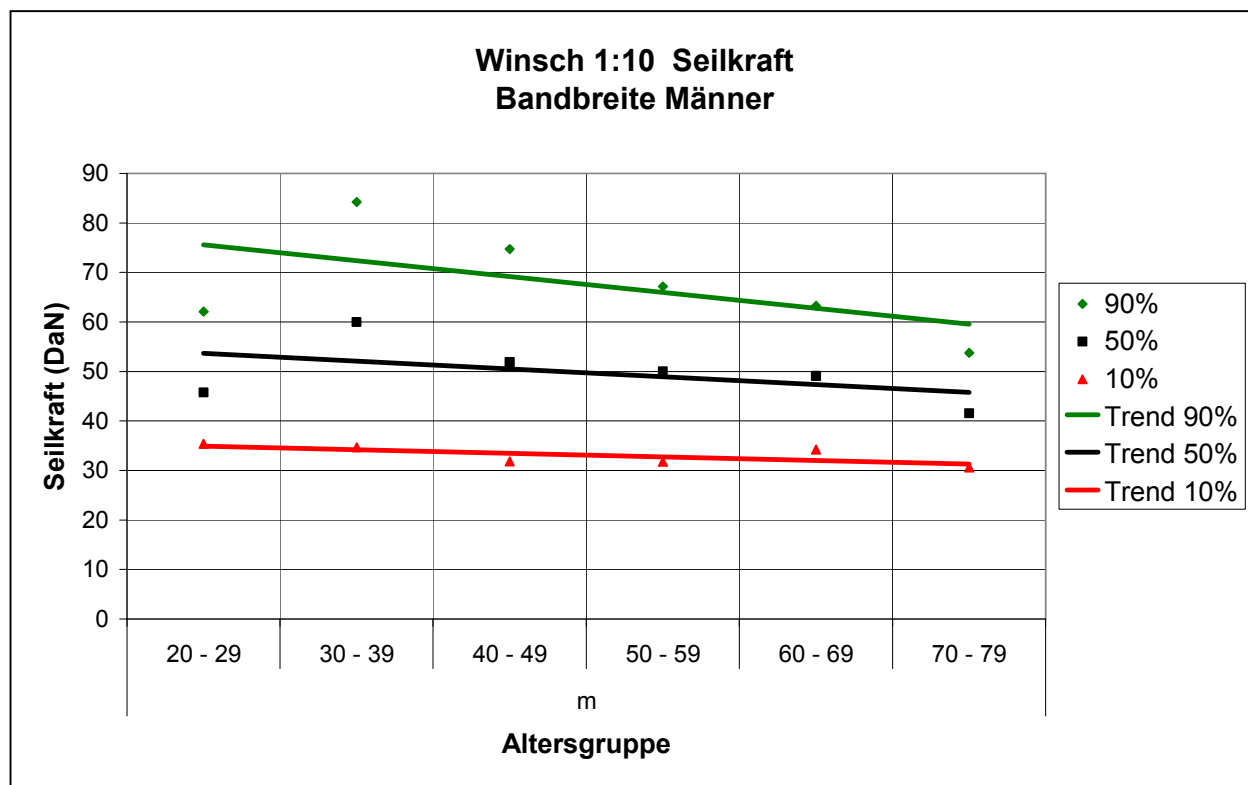
Ergebnisse

	Seilkraft Wunsch (1:10) (DaN) Bandbreite Männer					
Seilkraft Wunsch 1:10	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	62,13	84,25	74,75	67,17	63,25	53,75
50%	45,75	60,00	51,88	50,00	49,11	41,56
10%	35,38	34,67	31,83	31,75	34,25	30,63

	Seilkraft Wunsch (1:10) (DaN) Bandbreite Frauen					
Seilkraft Wunsch 1:10	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
90%	39,75	49,13	41,50	42,00	32,58	33,75
50%	26,41	33,23	31,88	26,25	26,04	21,56
10%	20,69	25,58	16,00	15,75	15,79	11,88

Interpretation:

- Mit einer Wunsch 1:10 bringen die Probanden knapp die doppelte Kraft auf das Seil wie gezogen per Hand.
Das ist deutlich weniger, als man bei einer Untersetzung von 1:10 zunächst erwarten würde und liegt im wesentlichen daran, dass die Krafteinleitung beim Drehen einer Kurbel ergonomisch wesentlich unökonomischer ist als beim Ziehen mit beiden Armen.
- Die Seilkraft mit einer solchen Wunsch liegt
bei Männern im Mittel bei rund 50 DaN, bei Frauen im Mittel bei rund 30 DaN.
- Die interindividuelle Bandbreite ist erheblich:
Bei älteren Männern: 30-50 DaN, bei älteren Frauen: 15-35 DaN.



3.6.2.3 Seilgeschwindigkeit

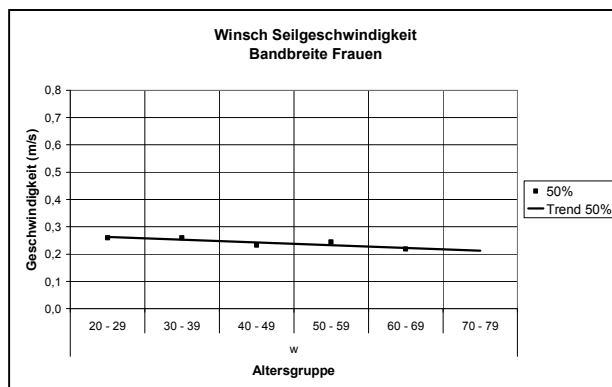
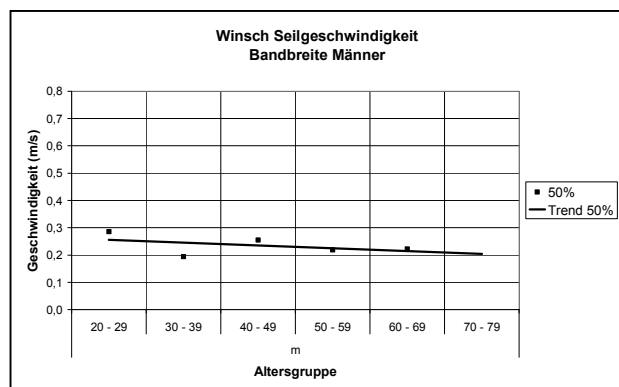
Die Seilgeschwindigkeit ergibt sich rechnerisch aus der Zugleistung dividiert durch die Seilkraft.

Auch hier liegen die Bandbreiten relativ dicht bei einander, so dass nur der altersabhängige Mittelwert für die 50%-Daten dokumentiert wird.

Ergebnisse

	Wunsch 1:10 Seilgeschwindigkeit Männer					
Wunsch 1:10 Geschwindigkeit	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
50%	0,29	0,19	0,25	0,22	0,22	

	Wunsch 1:10 Seilgeschwindigkeit Männer					
Wunsch 1:10 Leistung	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
50%	0,26	0,26	0,23	0,24	0,22	



Interpretation:

- Die Geschwindigkeit, mit der über eine Wunsch 1:10 das Seil bewegt wird, liegt bei Männern und Frauen bei 0,25 m/s.
Das ist rund die Hälfte der Zuggeschwindigkeit per Hand.
- Hinweis:
Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass Männer und Frauen die Wunschkurbeln etwa gleichschnell bedienen, sofern die aufgelegten Seilkräfte ihren (unterschiedlichen) Körperkräften entsprechen.

3.6.2.4 Handkraft und Drehgeschwindigkeit an der Kurbel

Aus den Daten der Zugkraft am Seil, der Seilgeschwindigkeit, der Winschübersetzung und der Kurbellänge ergeben sich folgende vom Bediener der Winsch aufgebrachte Leistungsdaten:

- Die mit den Händen an der Kurbel aufgewendete Kraft beträgt im Mittel
bei Männern rund 5 DaN,
bei Frauen rund 3 DaN.
- Bei einer Kurbellänge von 29 cm ergeben sich mittlere Drehmomente auf der Winsch von
bei Männern von rund 15 Nm,
bei Frauen von rund 9 Nm.
- Der Umfang des Winschkurbelweges beträgt bei einer Kurbellänge von 0,29 m rund 1,8 m. die Kurbel wird (Seilgeschwindigkeit 0,25 m/s, Winsch 1:10) mit rund 2,5 m/s bewegt. Dies ergibt eine
Drehgeschwindigkeit der Kurbel von rund 1,4 Umdrehungen/Sekunde

Diese Daten beziehen sich auf Anstrengungen an der Grenze der Ausdauerleistung und sollten bei der Berechnung zweckmäßiger Winschübersetzungen an Bord berücksichtigt werden.

3.7 Ergänzende Daten

In Ergänzung zu den in den vorangegangenen Kapiteln berichteten Ergebnissen zur körperlichen und sensorischen Leistungsfähigkeit und zur Anthropometrie der männlichen und weiblichen Altersgruppen, abgeleitet überwiegend aus den eigenen Untersuchungen, soll zusätzlich auf wichtige Ergebnisse aus Studien anderer Autoren hingewiesen werden, die für die Gestaltung von Booten von Belang sein könnten.

3.7.1 Reaktionsgeschwindigkeit

Die Reaktionsgeschwindigkeit der Akteure ist u.a. bei der Bedienung und Gestaltung der Technik an Bord eine wichtige Kategorie.

Aus den Datentabellen von Greil et al. (2008) (s. Kap. 3.3.3) werden hierzu Untersuchungsergebnisse zur Reaktionszeit zitiert:

3.7.1.1 Antwortzeit auf einem optischen Reiz

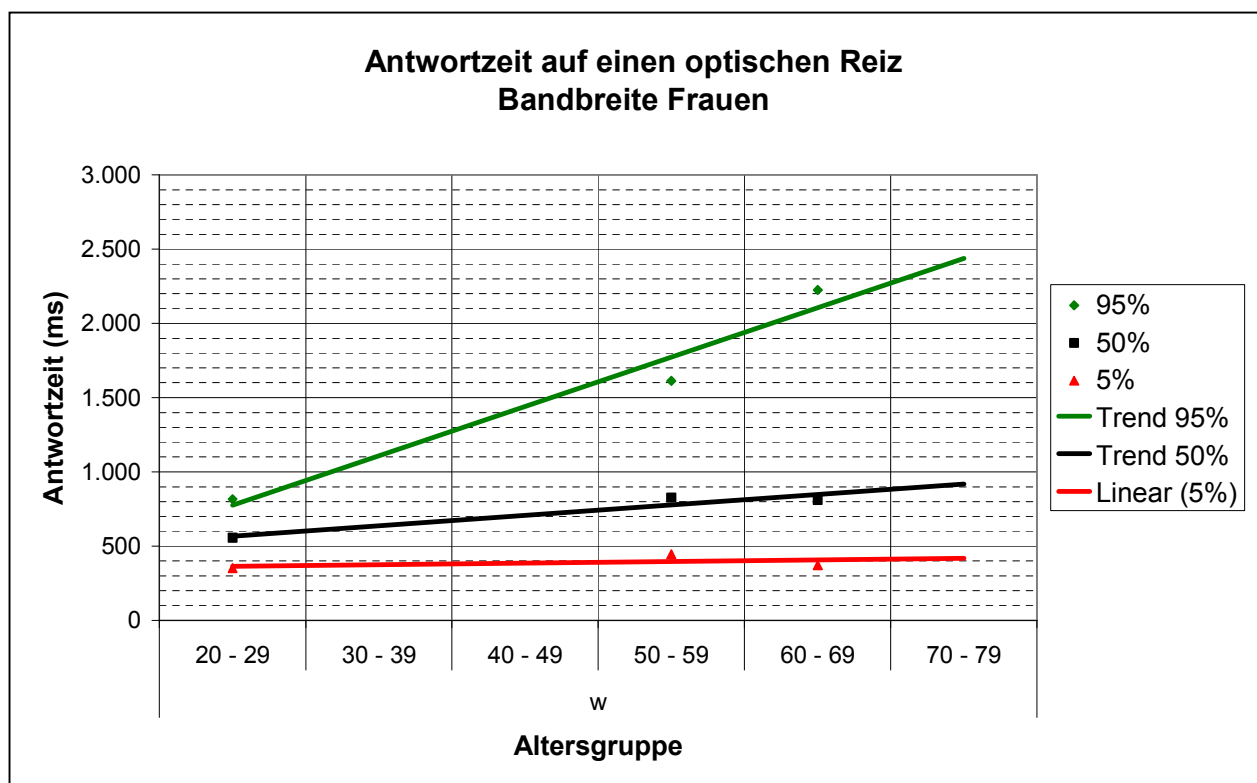
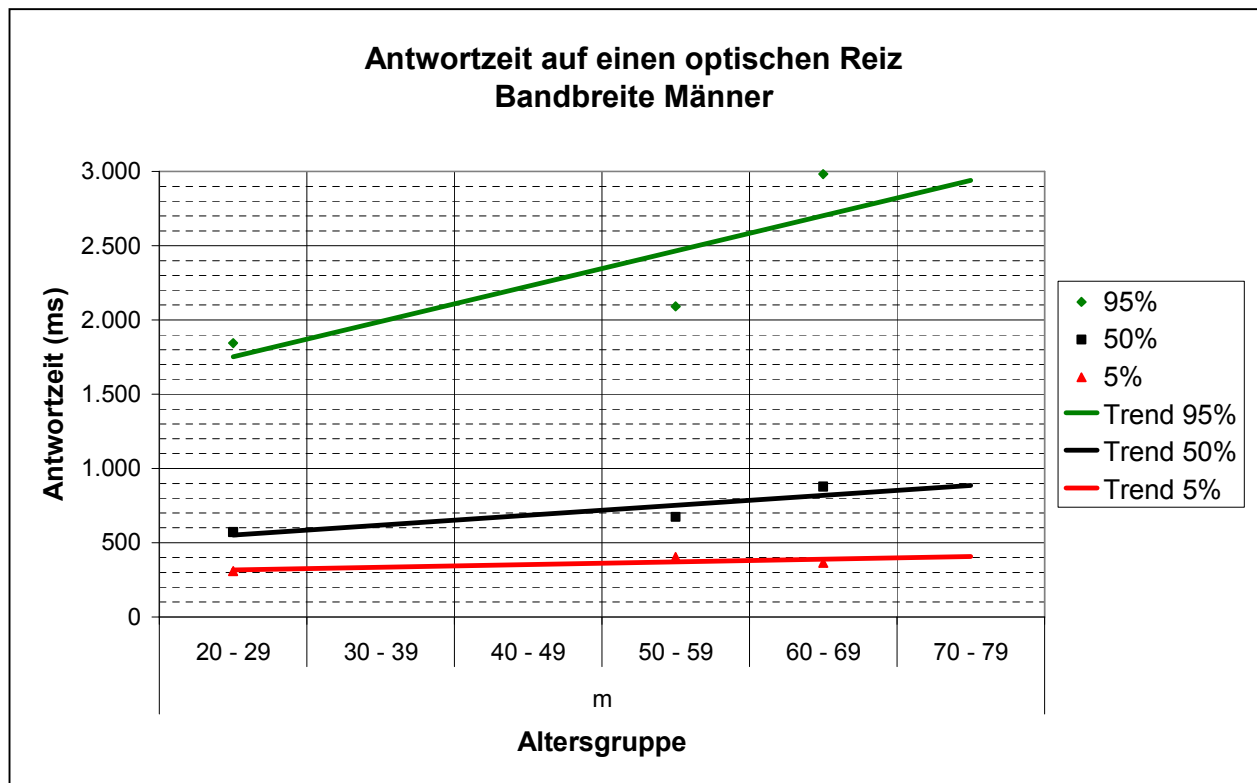
Ergebnisse

	Antwortzeit auf einem optischen Reiz Bandbreite Männer					
Antwortzeit (ms)	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	1845			2091	2983	
50%	571			674	878	
5%	309			405	364	

	Antwortzeit auf einem optischen Reiz Bandbreite Frauen					
Antwortzeit (ms)	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	816			1613	2225	
50%	555			828	811	
5%	352			445	372	

Interpretation:

- Die mittlere Antwortzeit auf einen einfachen optischen Reiz verlängert sich bei Männern und Frauen mit dem Alter von rund 0,6 auf 0,9 Sekunden.
- Diese durchschnittliche Veränderung mit dem Alter ist aber gering im Vergleich mit der großen interindividuellen Bandbreite, die bereits für die mittleren Jahrgänge bei Antwortzeiten zwischen 0,4 und über 2 Sekunden liegt.



3.7.1.2 Antwortzeit auf einen akustischen Reiz

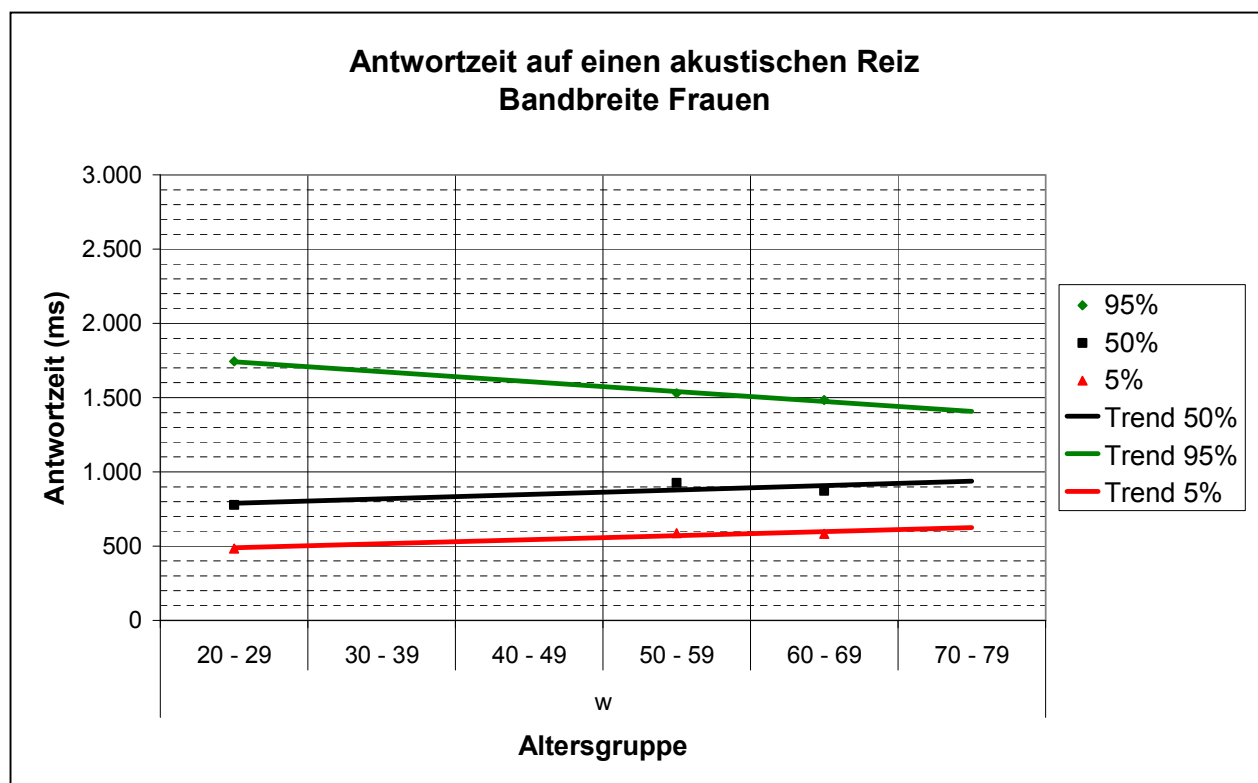
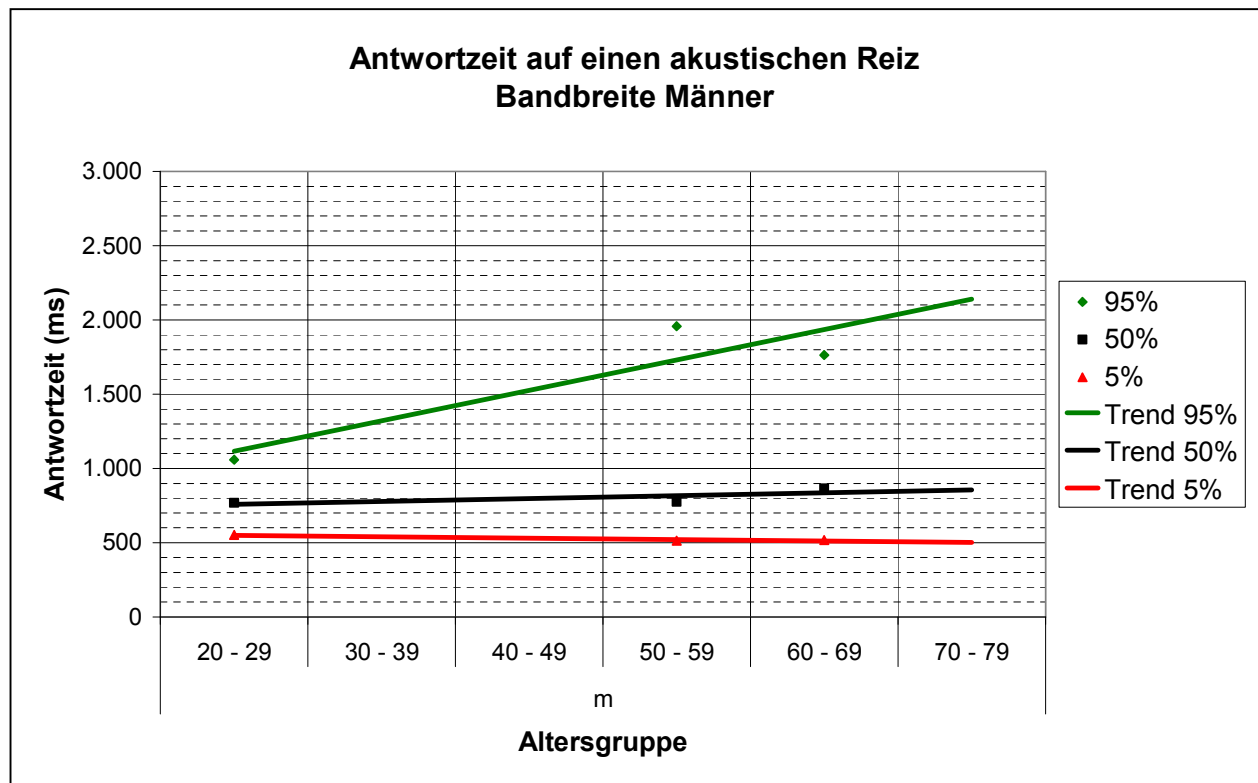
Ergebnisse

	Antwortzeit auf einem akustischen Reiz Bandbreite Männer					
Antwortzeit (ms)	m					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	1058			1958	1764	
50%	769			776,5	866	
5%	552			514	517	

	Antwortzeit auf einem akustischen Reiz Bandbreite Frauen					
Antwortzeit (ms)	w					
	20 - 29	30 - 39	40 - 49	50 - 59	60 - 69	70 - 79
95%	1745			1530	1484	
50%	777			926	873	
5%	484			588	583	

Interpretation:

- Die mittlere Antwortzeit auf einen einfachen akustischen Reiz beträgt im Bevölkerungsdurchschnitt rund 0,8 - 0,9 Sekunden und verlängert sich bei Männern und Frauen kaum mit dem Alter.
- Auch hier fällt die große interindividuelle Bandbreite auf, die bei Antwortzeiten auf akustische Reize zwischen 0,5 und über 1,5 Sekunden liegt.
- Die mittlere Antwortzeit auf akustische Reize ist etwa genau so groß wie die Antwortzeit auf optische Reize. Allerdings ist die altersbedingte Verlängerung der Antwortzeiten bei akustischen Reizen deutlich geringer als bei optischen Reizen.

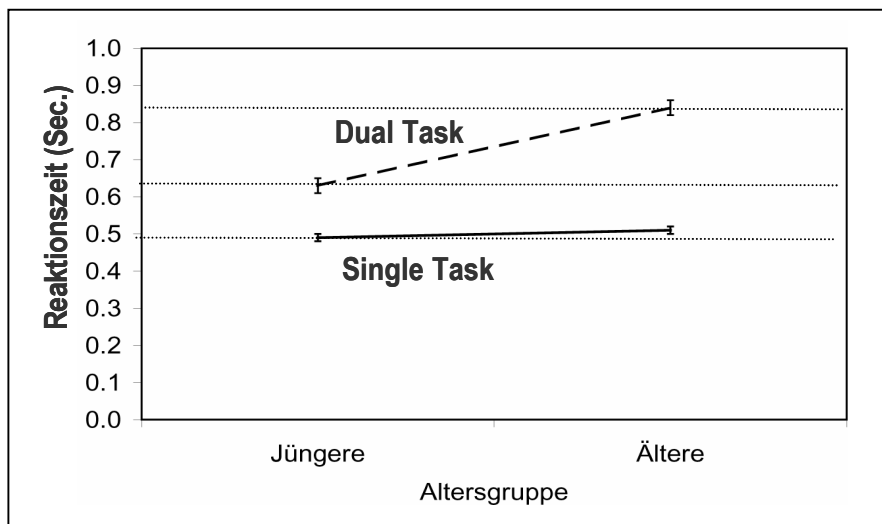


3.7.1.3 Multitasking

In den oben zitierten Untersuchungen von Greil et al. wird gezeigt, dass sich die Antwortzeiten auf einen einzelnen Reiz - eine "Single Task" - kaum mit dem Alter verändern.

Müssen gleichzeitig mehrere Informationsquellen konzentriert beobachtet und ausgewertet werden - "Multi Task" - so zeigt sich dagegen eine deutliche Altersabhängigkeit, wie viele Studien zeigen.

In dem Sammelband von Schlag, B. (Hrsg.): Band 3: Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter (Köln: TÜV Media GmbH, 2008. ISBN : 978-3-8249-1151-6) werden von Weller und Geertsema unter dem Thema "Werden ältere Fahrer durch die Fahraufgabe stärker beansprucht als jüngere?" u.a. Ergebnisse aus Messungen der Reaktionszeit für die gleichzeitige Bearbeitung von zwei Aufgaben - "Dual Task" - dargestellt:



Interpretation:

- Die Reaktionszeiten bei "Single Task" Aufgaben bestätigen die Ergebnisse von Greil et al. (s.o.): Die Antwortzeiten liegen im Bereich von 0,5 Sekunden und verändern sich nur unwesentlich mit dem Alter.
- Bei "Dual Task" Aufgaben steigen die Reaktionszeiten deutlich und zusätzlich mit dem Alter
 bei Jüngeren um rund 30%,
 bei Älteren aber bereits um rund 70%.
- Ursache ist eine altersabhängige Verlangsamung sowohl der Bearbeitungszeiten als auch der Umschaltvorgänge beim Multitasking.
- Mit zunehmender Anzahl der "Tasks" und wachsendem Zeitdruck führt dies (bei Älteren früher, bei Jüngeren später) zu "Multitasking-Overload" mit starken Stress-Reaktionen bis zum Zusammenbruch der systematischen Aufgabebearbeitung.
 An Bord als "Hektik" zu beobachten.

3.7.2 Bewegungswinkel des Kopfes, Blickfeld

Von den Steuerleuten an Bord wird eine rundum-Aufmerksamkeit nicht nur in Fahrtrichtung sondern auch seitwärts und nach hinten erwartet. Deswegen ist die Behinderung dieses 360°-Aufmerksamkeitssektors z.B. durch eine verminderte Beweglichkeit des Nackens und des Oberkörpers von erheblicher Bedeutung.

Hinzu kommt auf Segelyachten für den Steuermann die Aufgabe, durch Neigung des Kopfes nach hinten die Segel und den Verklicker im Auge zu behalten.

Die Größe des Blickfeldes hängt von folgenden Parametern ab:

- maximal wirksames Gesichtsfeld des unbewegten Kopfes mit bewegten Augäpfeln (s. Literatur):
horizontal nach rechts / links etwa $\pm 85^\circ$,
vertikal nach oben etwa 60° .
davon aber nur ein Blickwinkel von etwa $\pm 20^\circ$ in Kopfrichtung erkennbar scharf,
an den Blickfeldrändern wird nur Bewegung wahrgenommen,
D.h.: Zum scharfen Sehen jenseits von $\pm 20^\circ$ muss der Kopf bewegt werden.
- Bewegungswinkel des Kopfes bei starrem Oberkörper
- Bewegungswinkel von Kopf und Oberkörper

Aus den Datentabellen von Greil (s.o.) werden dazu in diesem Kapitel die altersabhängigen Bewegungswinkel des Kopfes übernommen:

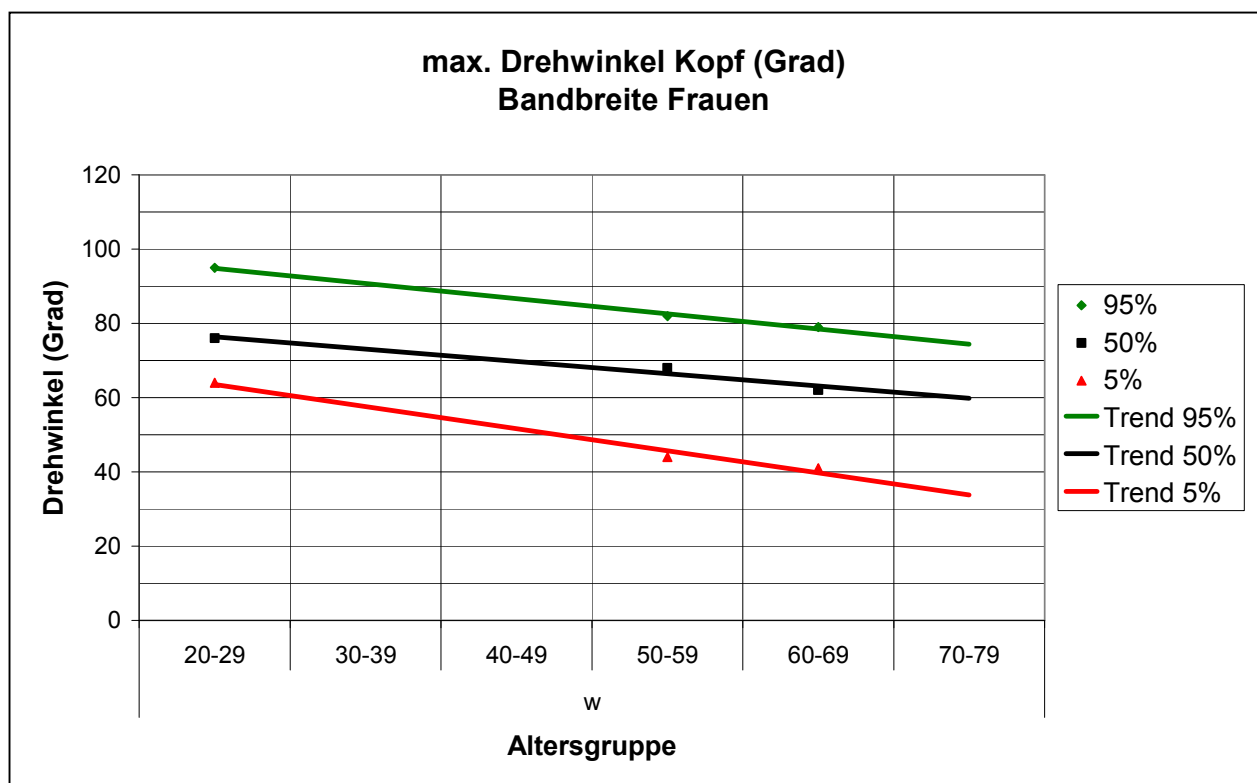
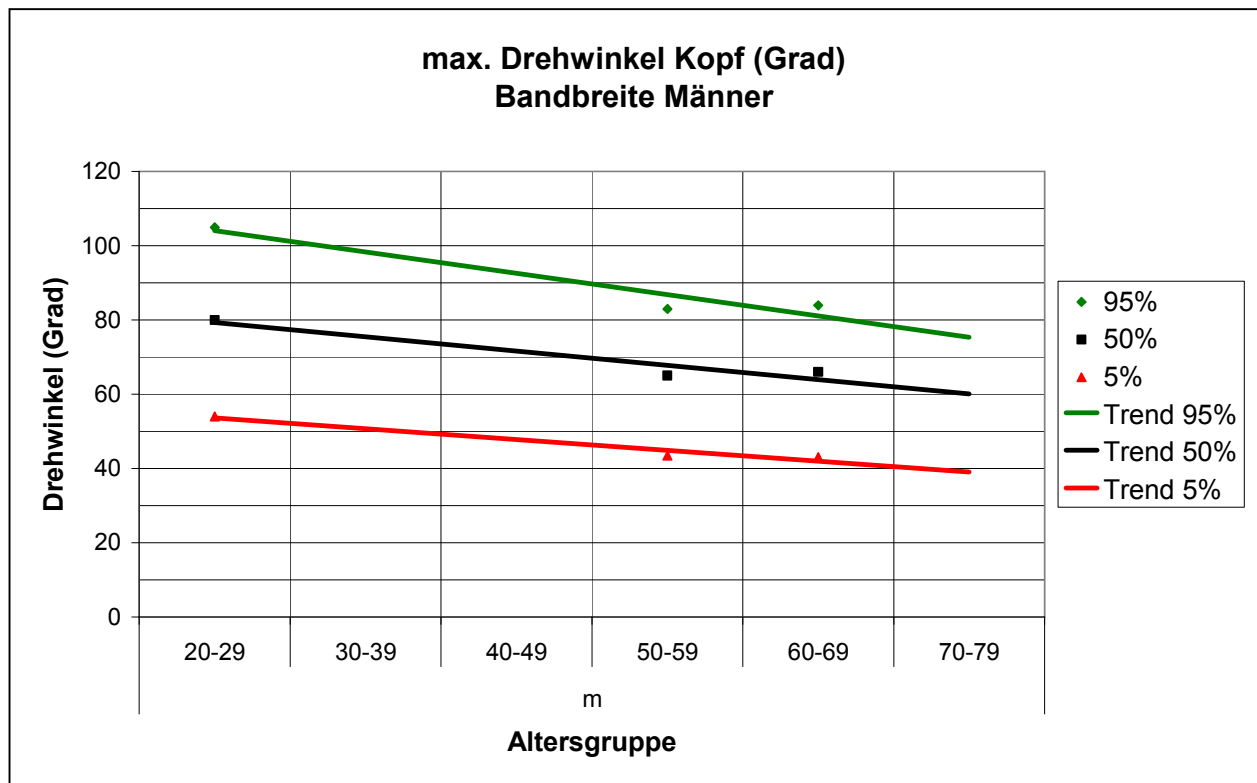
- maximaler Drehwinkel des Kopfes (nach rechts) (Grad)
- maximaler Drehwinkel von Kopf und Oberkörper (nach rechts) (Grad)
- maximaler Kippwinkel des Kopfes nach hinten (Grad)

3.7.2.1 Drehwinkel des Kopfes

Ergebnisse

	Kopfrotation (Grad) Bandbreite Männer					
Kopfrotation	m					
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
95%	105			83	84	
50%	80			65	66	
5%	54			43,5	43	

	Kopfrotation (Grad) Bandbreite Frauen					
Kopfrotation	w					
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
95%	95			82	79	
50%	76			68	62	
5%	64			44	41	



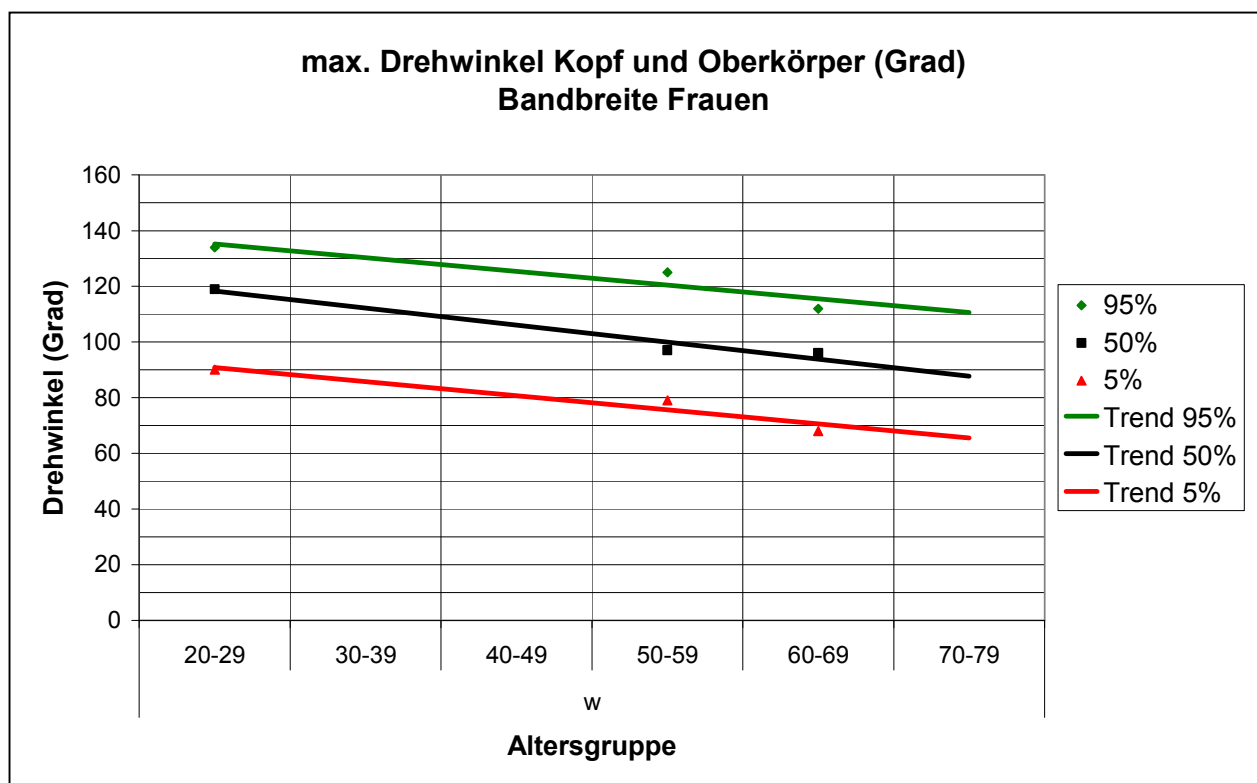
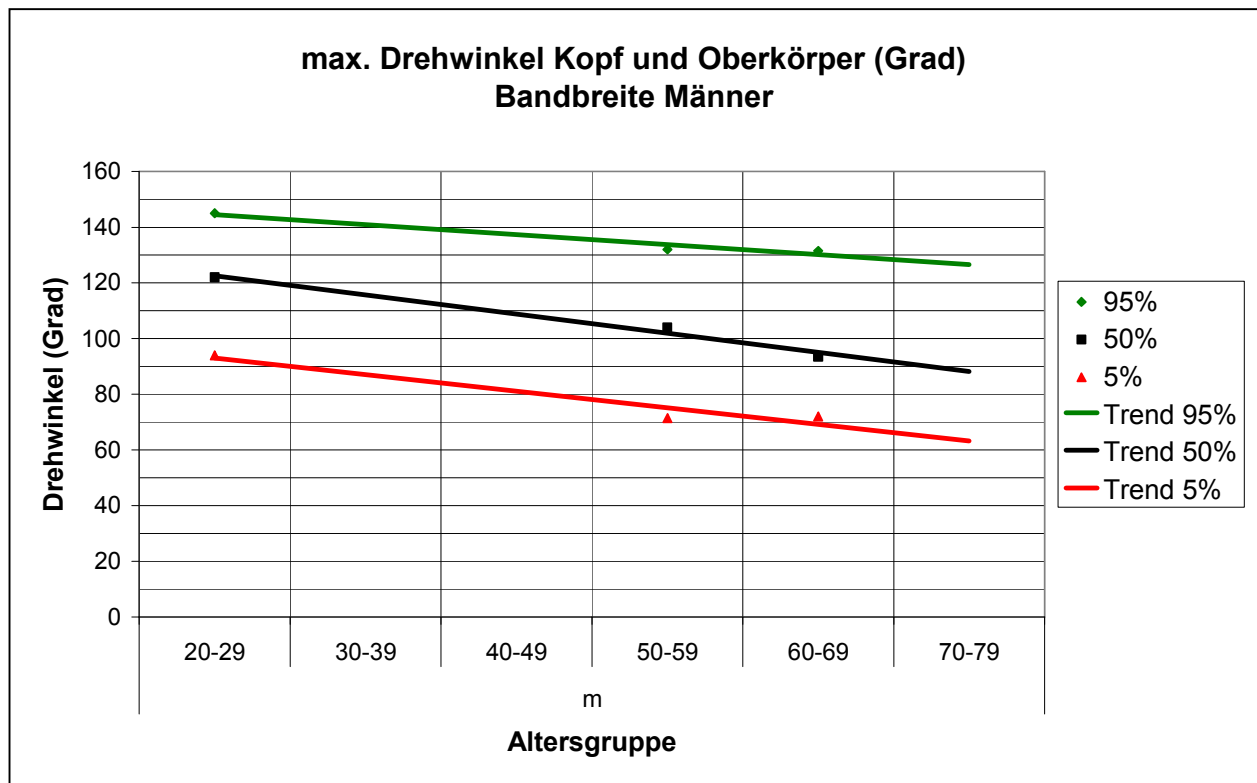
Interpretation:

- Bei dem maximalen Winkel, den der Kopf bei starrem Oberkörper nach rechts oder links gedreht werden kann, ist der Unterschied zwischen Männern und Frauen nur geringfügig.
- Mit dem Alter nimmt die Beweglichkeit der Nackenmuskulatur ab. Im Durchschnitt verringert sich der Drehwinkel um ca. 20° von etwa $\pm 80^\circ$ bei jungen auf rund $\pm 60^\circ$ bei älteren Menschen.
- Wichtig ist die große interindividuelle Bandbreite: während im Mittel trainierte bewegliche Menschen den Kopf um bis zu $\pm 90^\circ$ nach recht und links drehen können, können ganz untrainierte Personen ihren Kopf nur die Hälfte dieses Drehwinkels bewegen, im höheren Alter ggf. nur noch rund $\pm 40^\circ$.
- Addiert man zu den auch in höheren Alter von Männern und Frauen im Durchschnitt noch erreichten Drehwinkel des Kopfes von etwa $\pm 60^\circ$ den Blickwinkel von etwa $\pm 20^\circ$ durch die Bewegung der Augäpfel, so ergibt sich ein Blickfeld von insgesamt ca. $\pm 80^\circ$.

3.7.2.2 Drehwinkel von Kopf und Oberkörper**Ergebnisse**

	Kopf- und Oberkörperrotation (Grad) Bandbreite Männer					
Kopf- und Oberkörperrotation	m					
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
95%	145			132	131,5	
50%	122			104	93,5	
5%	94			71,5	72	

	Kopf- und Oberkörperrotation (Grad) Bandbreite Frauen					
Kopf- und Oberkörperrotation	w					
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
95%	134			125	112	
50%	119			97	96	
5%	90			79	68	



Interpretation:

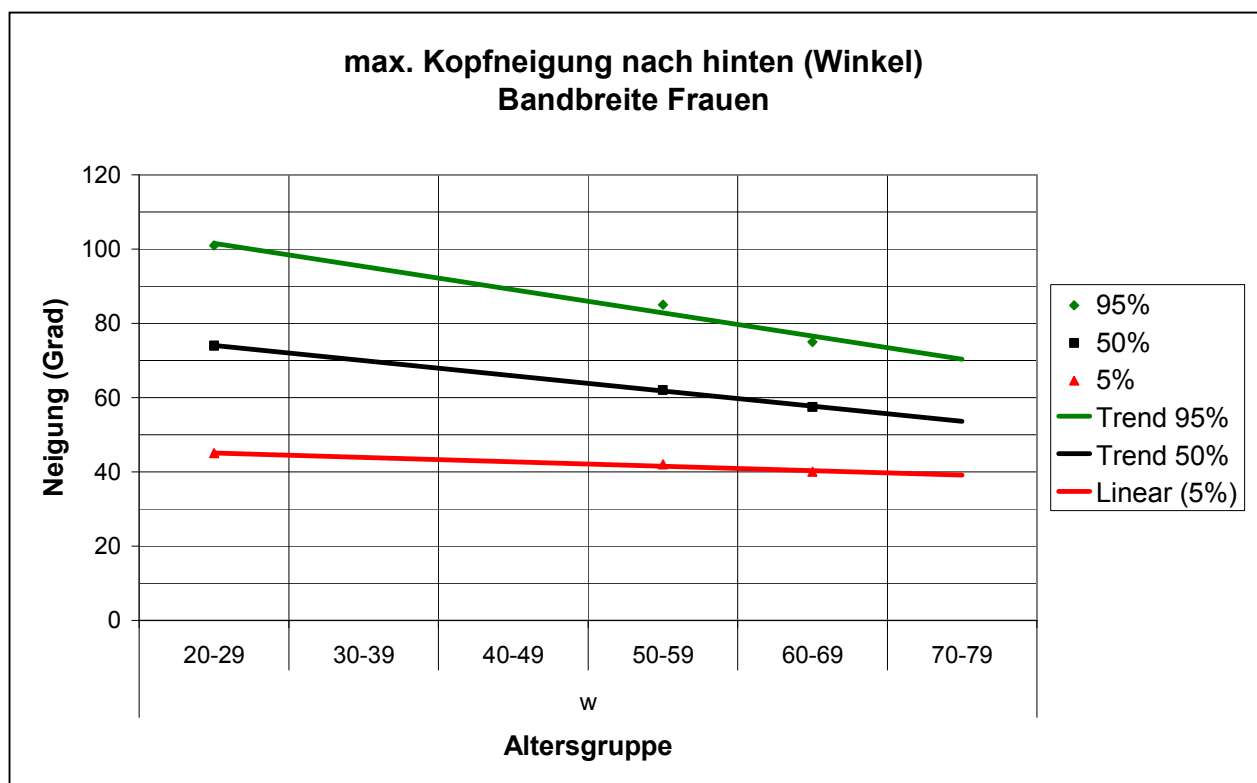
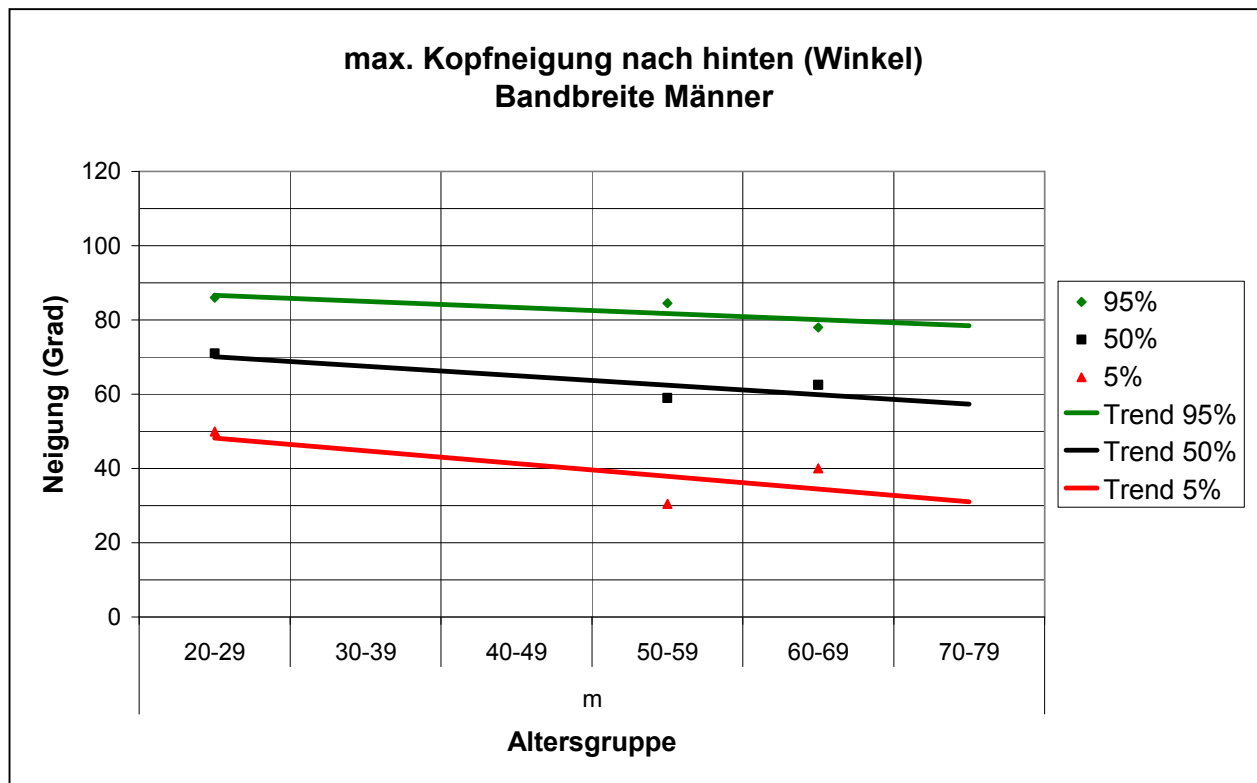
- Werden Kopf und Oberkörper (z.B. im Sitzen) nach rechts oder links gedreht, so kann die Richtung des Kopfes abhängig vom Alter im Mittel um $\pm 120^\circ$ (Junge) - $\pm 90^\circ$ (Ältere) verändert werden.
- Auch hier gibt es eine große interindividuelle Bandbreite von über 50° bei Männern und etwa 40° bei Frauen zwischen den hoch beweglichen und den unbeweglichen Personen.
- Addiert man den mittleren Bewegungswinkel bei Älteren von rund $\pm 90^\circ$ mit dem Blickwinkel von etwa $\pm 20^\circ$ durch die Bewegung der Augäpfel, so ergibt sich ein Blickfeld von insgesamt ca. $\pm 110^\circ$.
Bei geringer körperlicher Beweglichkeit (Bewegungswinkel bei Älteren rund $\pm 70^\circ$) reduziert sich das Blickfeld auf ca. $\pm 90^\circ$.
- Auch in diesem Fall: Um das restliche Blickfeld im Rücken kontrollieren zu können, muss man sich erheben und umdrehen oder einen Rückspiegel verwenden.

3.7.2.3 Kippwinkel des Kopfes nach hinten

Ergebnisse

	Kippwinkel des Kopfes nach hinten (Grad) Bandbreite Männer					
Kippwinkel des Kopfes nach hinten	m					
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
95%	86			84,5	78	
50%	71			59	62,5	
5%	50			30,5	40	

	Kippwinkel des Kopfes nach hinten (Grad) Bandbreite Frauen					
Kippwinkel des Kopfes nach hinten	w					
	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
95%	101			85	75	
50%	74			62	57,5	
5%	45			42	40	



Interpretation:

- Auch die Fähigkeit, den Kopf nach hinten zu neigen und nach oben zu sehen, nimmt mit dem Alter ab.
Bei Männern im Mittel von rund 70° in der Jugend auf rund 60° im Alter,
bei Frauen im Mittel von rund 70° in der Jugend auf rund 55° im Alter.
- Bei körperlich unbeweglichen Personen kann dieser Wert auf unter 40° sinken.
- Addiert man wieder den mittleren Kippwinkel bei Älteren von rund 60° mit dem Blickwinkel von etwa 20° durch die Bewegung der Augäpfel, so ergibt sich ein Blickfeld von insgesamt ca. 80° , also - wenn auch an den Rändern mit eingeschränkter Schärfe - fast senkrecht nach oben (sofern dieser Blickwinkel nicht durch den Mützenschirm eingeschränkt wird).

4 Stand des Angebotes – Eigenschaften moderner Segelyachten

Um mit den Empfehlungen zur Anpassung der Boote an die Kompetenzen der Zielgruppen nicht "offene Türen einzulaufen", wurde in 2011 eine Stichprobe von 20 modernen Segelyachten unterschiedlicher Hersteller und Größe in einer deutschen Charterbasis an der Ostsee hinsichtlich ihrer ergonomischen Eigenschaften untersucht.

In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Ergebnisse "von-bis" zusammengestellt. Die als problematisch eingeschätzten Beobachtungen sind rot gekennzeichnet.

Eigenschaft	von – bis (rot: problematisch)
Bootslängen	8,60 - 13,26 m
Höhe Cockpitbank	37 - 44 cm
Höhe Bank am Ruder	38 - 48 cm
Blickfeldeinschränkung durch die Sprayhood am Ruder stehend nach vorne auf den Bug Winkel rechts/links => Summe abgedeckter Blickwinkel	
Boote mit Mittelrad, Pinne	±30° ... ±40° => 60 ... 80°
Boote mit 2 Räder	-15° ... +45° => 60°
Position Motorhebel	Steuersäule / StB unten
Gehen Heck-Bug: max. Stufenhöhe	37 - 44 cm (Cockpitbank)
Gehen Heck-Bug: min. Trittbreite	20 - 39 cm
Gehen Heck-Bug: Handlauf	Reling
Relingshöhe	60 - 66 cm
An Bord gehen Tritthöhe über Wasser => über Steg 60 cm	
Seite Cockpit	98 - 123 cm => 38 - 63 cm
Heck (ohne abgesenkte Heckklappe)	34 - 112 cm => -26 - 52 cm
Bug (über Anker, Bugnase, Bugkorb)	112 - 177 cm => 52 - 117 cm
Steghöhen	65 - 86 - 94 cm
Salon Sofa Sitzhöhe	40 - 49 cm

Salon Handläufe	keine / rechts/links außen
WC Sitzhöhe	40 - 53 cm
Naßzelle Handläufe	überwiegend keine
Niedergang Anzahl Stufen	2 - 4
Niedergang Stufenhöhe	25 - 31 cm
Niedergang Stufentiefe (lotrecht)	8 - 20 cm
Niedergang Treppenwinkel	56 - 73°
"Handlauf", Geländer beim Hinuntergehen	überwiegend Lukrand

5 Folgerungen für den Bootsbau

Die dargestellten Beobachtungen verdeutlichen, dass bei der Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der Kunden an Bord von Wassersportfahrzeugen drei Parameter vorrangig beachtet werden müssen:

- die Veränderung der Leistungsfähigkeit mit dem Alter,
- die Leistungsunterschiede zwischen Männern und Frauen,
- die Bandbreite der Leistungsunterschiede zwischen den fitten, beweglichen, trainierten und den weniger fitten, unbeweglicheren sportlich wenig aktiven Personen.

Bei den folgenden Hinweisen wird davon ausgegangen, dass es zweckmäßig wäre, einer möglichst großen Gruppe die problemlose Nutzung zu ermöglichen und daher die Kompetenzen der jeweils Schwächsten als konstruktiven Maßstab zu verwenden - sofern hierdurch nicht andere Leistungskonfigurationen in der Nutzung behindert werden.

5.1 Konstruktive Hinweise

Die vorliegenden Daten erlauben Hinweise zu folgenden Kategorien:

- Sicheres Gehen und Arbeiten an Bord
- Steighöhen und Schrittweiten
- Treppen
- Sitzen
- Kräfte und Leistungen beim Holen von Leinen
- Arm- und Handkraft beim Heben und Drehen
- Beweglichkeit und Blickfeld
- Reaktionszeiten, Stress

5.1.1 Sicheres Gehen und Arbeiten an Bord

Die Ergebnisse zur Fähigkeit, das Gleichgewicht auf schwankendem Boden zu halten, zeigen, dass ab der mittleren Altersgruppe rund die Hälfte der potentiellen Nutzer - und dort vor allem die Männer - Handläufe dringend benötigen.

"Handläufe" bedeuten:

- an allen Orten auf oder unter Deck, an denen Personen sich aufhalten sollen, robuste, ergonomische Haltegriffe in Greifweite, die auch bei heftigen Schwankungen des Fahrzeuges die Ruckbelastung durch das Körpergewicht auch schwerer Personen sicher halten.

Dass darüber hinaus aus Sicherheitsgründen im Cockpit und an Deck ergonomisch positionierte Ösen und Laufleinen für das Einhängen der safety belts vorhanden sein sollten, muss an dieser Stelle nicht weiter behandelt werden.

Aus den antropometrischen Messungen ergeben sich für stehende oder gehende Personen folgende Grenzmaße für die Positionierung von Handläufen und Haltegriffen:

- Greifweite nach unten:
 optimal ca. 80 cm
 minimal ca. 70 cm
- Greifweite seitwärts:
 optimal ca. 50-60 cm
- Greifweite nach oben:
 optimal ca. 180 cm

Hinweise:

- Die typische Reling mit 60-66 cm Höhe wäre zwar von der Positionierung neben den typischen Laufflächen an Deck als Handlauf gut geeignet, ist aber i.d.R. deutlich zu niedrig. Darüber hinaus ist eine Reling mit Drahtdurchzug ergonomisch als Handlauf unzuweckmäßig, besser sind steife Rohre mit griffigem Durchmesser.
Es ist klar, dass bei Relingshöhen von 70-80 cm andere Probleme, z.B. das der einfachen Übersteigbarkeit gelöst werden müssten.
- Die wichtigsten Sicherheitslücken auf vielen aktuellen Serienbooten sind fehlende oder unzuweckmäßig positionierte Handläufe im Salon, in den Nasszellen und vor allem an den Niedergängen.
- Haltegriffe oder Stützflächen werden an Bord nicht nur bei Gehen und Stehen sondern u.a. auch bei Hinsetzen und Aufstehen von älteren Personen, vor allem in beengten Situationen, wo möglich in "voller Montur", z.B. in den Nasszellen benötigt.

5.1.2 Steighöhen und Schrittweiten

Beim Steigen auf hohe Stufen müssen zwei Fälle unterschieden werden:

- es befinden sich in geeigneter Greifweite Haltegriffe, an denen sich die Person festhalten und hochziehen kann.
in diesem Fall ist das limitierende Maß die Höhe, die der Fuß bei maximal angehobenem Knie angehoben werden kann.
- die Stufe soll freihändig bestiegen werden, für diesen Fall wurde die maximale Steighöhe freihändig abgeschätzt.

Das Grenzmaß für die maximal angehobene Fußhöhe - und damit z.B. für die maximale Höhe zwischen Steg und der untersten Stufe an Bord - beträgt für ältere Personen im Mittel 50-60 cm, kann aber bei unbeweglicheren Personen auf 40-50 cm

sinken.

Die noch freihändig zu bewältigende Stufenhöhe ist im Durchschnitt 10 cm niedriger (im Mittel auch bei älteren Personen rund 40-50 cm). Mit reduzierter körperlicher Beweglichkeit schaffen ältere Menschen aber freihändig nur noch hohe Stufen von rund 30-40 cm.

Ein gelegentlich dramatischer Akt bei Anlegemanövern ist das Übersteigen von Bord an Land, um dort Leinen zu belegen, wenn es dem Steuermann nicht gelingt, das Boot dicht, sicher und hinreichend lange an den Steg oder die Kaimauer heranzubringen. Dann ist für den Vorschiffsmann / -frau "Spring" angesagt, was von Männern und Frauen ab Mitte 60 mangels sportlicher Eignung häufig verweigert wird.

Um auch in gesetztem Alter noch sicher Übersteigen zu können, sind drei Voraussetzungen erforderlich:

- Der Überstieg muss mit einem (großen) Schritt erfolgen können. D.h. der Abstand von der Ausstiegsposition an Bord zum Zielort des Fußes an Land sollte (bei Frauen) je nach Kondition nicht mehr als 60 - 80 cm, bei weniger sportlichen Damen auch nur 50 cm betragen.
- Der Höhenunterschied zwischen Ausstiegsposition an Bord und Zielort an Land sollte bei Distanzen > 50 cm nicht größer als eine hohe Treppenstufe sein, < 30 cm.
- Der Übersteiger muss sich bis zur Verlagerung des Gewichtes auf den Fuß an Land an Bord sicher festhalten können, um das Manöver bei Bedarf abbrechen zu können.

Grundsätzlich gilt das Gesagte auch für das Übersteigen von Land an Bord, wobei hier aber meist der zeitliche Stress entfällt.

Hinweise:

- Die Stufenhöhen an Bord moderner Yachten - z.B. bei den Wegen vom Heck zum Bug - sind i.d.R. kein Problem, meist ist die Cockpitbank mit rund 45 cm Sitzhöhe die höchste Hürde und für höhere Deckshäuser gibt es Stufen oder Leitern.
- Das häufigste Problem sind die Übergänge zwischen Bord und Land: Insbesondere bei mittelgroßen hochbordigen Serienyachten fehlen regelmäßig Konzepte sowohl von vorne über den Bug, als auch seitwärts über die Bordwand oder über das Heck komfortabel übersteigen zu können. Der Übergang seitwärts wird oft zusätzlich durch dicke Fender verbreitert.
- Häufig realisiert sind Übergänge über eine tiefer gelegte, gelegentlich ausklappbare "Badeplattform" am Heck. Liegt diese aber sehr tief, so können Stufenprobleme an hohen Stegen auftreten. Gelegentlich zu beobachten zur Unterstützung des Übergangs seitwärts sind ausklappbare Leitern / Treppen, meist in Verbindung mit einer Relingspforte. Überwiegend unbefriedigend sind die Lösungen für den Übergang über den Bug, insbesondere, wenn dort auch der Anker offen liegt.

- Die bisher ergonomisch zweckmäßigste Lösung für die komfortable Verbindung von Bord und Land sind Gangways (selbstverständlich mit Handlauf!). Diese nützen allerdings noch nichts bei Anlegemanövern.

5.1.3 Treppen

Die Untersuchung der Beurteilung von akzeptablen Treppengeometrien erbrachte, dass nach wie vor die "Schrittmaßregel" von Blondel mit Stufenhöhen um 17 cm, Stufentiefen um 29 cm und damit einem Treppenwinkel von ca. 30° für alle Altersgruppen eine besonders komfortable Lösung darstellt.

Wenn allerdings steilere Treppen aus Platzgründen erforderlich sind, führen auch Treppengeometrien mit extremeren Maßen noch zu akzeptablen Bewertungen, wobei allerdings folgende Grenzmaße zu beachten sind:

- Die Stufentiefe ist für das sichere Auftreten wichtiger als die Stufenhöhe.
Grenzmaße:
akzeptabel: > 12 cm
optimal: > 24 cm
- Stufenhöhe:
Grenzmaß: < 30 cm
- Hieraus folgt:
Treppenwinkel < 50° sind noch mit guter Begehbarkeit realisierbar;
größere Treppenwinkel auf Kosten der Stufentiefe werden zunehmend unkomfortabel.
- Für die Sicherheit an Bord besonders wichtig:
Niedergänge und Treppen benötigen durchgehende Handläufe / Haltegriffe auf beiden Seiten.

5.1.4 Sitzen

Auf Booten wird die meiste Zeit gesessen.

Untersucht wurde die komfortable Sitzhöhe im Hinblick auf das Hinsetzen und Aufstehen bei ruhiger horizontaler Grundfläche.

Die Besonderheiten des komfortablen und sicheren Sitzens z.B. "auf der hohen Kante" bei Krängung bleiben hier unberücksichtigt.

Das grundsätzliche Ergebnis für Männer und Frauen aller Altersgruppen ist eindeutig:

- Die zweckmäßigste Sitzhöhe ist 46 cm,

auch wenn kleine Personen (< 160 cm Körpergröße) niedrigere Sitze und große Menschen (> 185 cm Körpergröße) etwas höhere Sitzflächen bequemer finden.

Hinweise:

- Die wichtigsten Sitzflächen auf Wasserportfahrzeugen sind die Cockpitbänke und der Steuerstand. Diese haben in vielen Fällen bereits ergonomisch akzeptable Maße.
- Für die Salonmöbel gelten eigene Komfort- und Designmaßstäbe. Aber auch hier und z.B. am Naviplatz sollte auf das komfortable Hinsetzen und Aufstehen geachtet werden.
- Etwas mehr Beachtung sollte den Sitzhöhen z.B. der Toiletten in den Nasszellen gewidmet werden: Gerade weil die Benutzung in einem engen Raum ohnehin mühsam ist, sollte die Sitzhöhe nicht nur an die Notwendigkeiten der Wasserlinie sondern auch an die Ergonomiebedürfnisse der Benutzer angepasst werden.

5.1.5 Kräfte und Leistungen beim Holen von Leinen

Die ermittelten Kräfte und Leistungen bei der Handhabung von Leinen stehen stellvertretend für die zahlreichen Aktivitäten an Bord, bei denen Massen per Leinenkraft in Bewegung gesetzt werden sollen.

Zu den Größenordnungen der Kraft- und Leistungsdaten folgende Hinweise:

- Die Leistungsdaten beziehen sich auf die Ausdauerleistung an der anaeroben Schwelle. D.h. diese Leistungen können über einen längeren Zeitraum (z.B. 5-10 Minuten) ohne Überlastungssymptome durchgehalten werden und werden von den Betroffenen mehrheitlich als "anstrengend aber noch zumutbar" eingestuft.
Kurzfristig können bei Bedarf deutlich höhere Leistungen erbracht werden, dies aber nur für wenige Minuten und mit deutlicher anschließender Erschöpfung.
Es ist unzweckmäßig, Leistungsanforderungen für Routineaufgaben (z.B. das Setzen von Segeln oder das Bedienen eines Ankers) konstruktiv oberhalb der Ausdauerleistung der Zielgruppenbenutzer zu konzipieren, da Menschen dazu neigen, solche Anforderungen zu vermeiden.
- Die ermittelten Kräfte zum Holen von Leinen per Hand oder an der Winskurbel wurden bei Leistungen an der anaeroben Schwelle ermittelt und beziehen sich darauf, dass die Leine tatsächlich mit akzeptabler Geschwindigkeit bewegt wird.
Beim Holen "mit letzter Kraft" und Seilgeschwindigkeiten nahe Null können kurzfristig erheblich höhere Kräfte aufgebracht werden.
Auch hier wird davon abgeraten, den erforderlichen Krafteinsatz an Taljen und Winschen - z.B. bei den konstruktiv berechneten Bedienungskräften für die Fallen und Schoten der Segel unter Routinebedingungen - höher anzusetzen, als es die Kunden auf die Dauer zu leisten bereit sind.

Für den Umgang mit Leinen an Bord per Hand oder per Winsch liefern die Untersuchungen drei Ergebnisse:

1. Die Leistungen

- beim Holen per Hand:
für untrainierte ältere Männer liegt der Leistungsbereich bei 110-150 Watt,
für ältere Damen bei rund 60 Watt.
- an der Winsch, wegen des schlechteren Wirkungsgrades geringer:
untrainierte ältere Männer leisten 80-100 Watt,
untrainierte ältere Damen 50-60 Watt.

2. Die Zugkräfte beim Holen per Hand

- ältere Herren erbringen stehend bei Holen Zugkräfte von etwa 25 DaN,
ältere Damen schaffen etwa 15 DaN.

Wohl gemerkt: Dies sind die wirksamen Kräfte z.B. beim Setzen von Segeln oder beim Holen eines Ankers. Muss ein Festmacher oder eine Schot per Hand einfach nur gehalten werden, können durchaus deutlich höhere Kräfte eingesetzt werden.

3. Kräfte und Drehgeschwindigkeit an der Winschkurbel

- Beim Holen von Leinen per Winsch an der Grenze der Ausdauerleistung wird die Winsch von Männern und Frauen mit einer Geschwindigkeit im Bereich von ca. 1,5 Umdrehungen/Sekunde gedreht.
- Dabei werden folgende mittleren Zugkräfte am Kurbelgriff erbracht:
Männer rund 5 DaN,
Frauen rund 3 DaN.

Auch hier sind selbstverständlich Drehzahl und Kraft an der Kurbel miteinander gekoppelt: Größere Kraft => geringere Drehzahl.

Nach unseren Ergebnissen sieht es so aus, dass die genannten Werte ein Optimum für zweckmäßige Winschbedienung darstellen, bei der über einen längeren Zeitraum angemessene Leistung ohne Überforderung erbracht werden kann.

Hinweis:

- Eine ergonomisch andere Situation an der Winsch ist das "Dichtholen" bereits stramm gesetzter Leinen (z.B. Fallen, Schoten):
Hier kann die Kurbel nicht mehr im Kreis gedreht werden, sie wird vielmehr per Ratsche auf eine optimale Drehmoment-Zugposition (quer zur Zugrichtung) gestellt und dann in kleinen Wegen mit voller Armkraft gezogen.

Die in diesem Fall an der Winskurbel erzielbaren Kräfte liegen
(bei selbstholenden Winschen, die mit beiden Händen gezogen werden
können, abzüglich der Reibungsverluste)
in der Größenordnung der Zugkräfte beim Holen per Hand im Stehen:
 bei Männern: um 25 DaN,
 bei Frauen: um 15 DaN.
mit Zugkräften auf der Leine entsprechend der Wünschübersetzung.

5.1.6 Arm- und Handkraft beim Heben und Drehen

Die Armkraft ist von Bedeutung, wenn an Bord "kleinräumig" u.a. schwergängige Türen und Schaps geöffnet werden sollen oder schwere Teile in Regalen gestaut werden.

Die Handkraft ist erforderlich, wenn u.a. Drehverschlüsse und Ventile bedient werden müssen.

Die gemessene isometrische Kraft des Armbeugers entspricht der Kraft, mit der der Unterarm bei aufgestütztem Ellenbogen gehoben werden kann.

Im Durchschnitt können auf diese Weise

Männer	rund 20 DaN
Frauen	rund 10 DaN

heben.

Bei älteren und untrainierten Personen sinken diese Werte

bei Männern auf	rund 12 DaN
bei Frauen auf	rund 5 DaN.

Das Drehmoment der Hand, mit dem z.B. Ventile und andere Drehverschlüsse "von oben" bedient werden, hängt vom Durchmesser der Drehfläche ab. Bei kleinen Griffflächen ($\varnothing < 10$ cm) verändert sich das wirksame Drehmoment in erster Näherung proportional mit dem Quadrat des Durchmessers
(d.h.: Wird der Durchmesser der Grifffläche halbiert, so verringert sich das wirksame Drehmoment der Hand auf ca. $1/4$).

Die berechneten Werte für eine Drehfläche von 8,5 cm Durchmesser:

ältere Männer im Mittel	rund 8 Nm
ältere Frauen im Mittel:	rund 4,5 Nm

Bei untrainierten Personen können diese Werte bis auf 5 Nm bei älteren Männern und 2,5 Nm bei älteren Damen sinken.

Die Drehmomente können mit werkstattüblichen Drehmoment-Messgeräten problemlos gemessen werden. Allerdings zeigen sich Probleme i.d.R. nicht auf Neubooten, sondern erst nach längerer Zeit und seltener Benutzung meist hervorgerufen durch Korrosion. Das Problem verschärft sich dann, wenn z.B. die Ventile zusätzlich schwer zugänglich sind.

Die gelegentlich berichteten Wassereinträge wegen nicht geschlossener Ventile beruhten in aller Regel darauf, dass diese Ventile nicht nur schwer erreichbar waren sondern auch im Laufe der Zeit durch Korrosion unbedienbar geworden waren.

5.1.7 Blickfeld und Beweglichkeit

Aus den Daten zur Beweglichkeit des Kopfes und dem Blickfeld ergibt sich, dass der sitzende Rudergänger durch Drehung des Kopfes nach rechts und links ("Schulterblick") einen

Sektor von etwa $\pm 90^\circ$ im Auge behalten kann.

Dreht er zusätzlich den Oberkörper, so vergrößert sich der Sektor nach beiden Seiten um etwa 30° .

Durch Beugen des Kopfes nach hinten kann der Rudergänger grundsätzlich auch die Segel und den Masttop kontrollieren.

... Wenn er denn bereit ist, Kopf und Oberkörper zu bewegen und wenn seine Kleidung und seine Kopfbedeckung die Beweglichkeit und das Blickfeld nicht zusätzlich einschränken.

Untersuchungen aus dem Kraftfahrzeugbereich belegen, dass mit zunehmendem Alter der Fahrer der "Schulterblick" mit Drehung des Kopfes und der Schultern seitwärts durch den Blick in den Rückspiegel ersetzt wird.

Im Kraftfahrzeugbereich wird dieses Verhalten durch trickreich konstruierte und positionierte Rückspiegel kompensiert, die mit geringer Kopfbewegung ein möglichst großes Blickfeld zur Seite und nach hinten ermöglichen.

Im Nahbereich wird der Kontrollsektor zusätzlich durch Abstandssensoren, Kameras und automatische Umgebungsanalyse unterstützt. Dies wäre auch im Bootsbereich ein interessantes Thema, kann aber an dieser Stelle nicht weiter ausgeführt werden.

Auf Yachten wird der Blick nach oben inzwischen durch Windrichtungsanzeigen auf Monitore im Blickwinkel des Rudergängers unterstützt.

Für den Blick zurück gibt es in den Cockpits bisher nur selten brauchbare Lösungen. Ob hierzu Spiegel oder Kameras (oder andere Techniken) sinnvoll eingesetzt werden können, sollte untersucht werden.

Ein bei den Untersuchungen realer Yachten beobachtetes Problem (s. Kap. 4) ist die Behinderung des Blicksektors durch Aufbauten und durch Sprayhoods:

Insbesondere Sprayhoods mit Fenstern aus transparenter Folie neigen mit dem Alter und bei feuchter Witterung dazu, die Sicht nach vorne erheblich zu behindern.

Eine zweckmäßige Lösung sind starre Scheiben mit Scheibenwischern zumindest im unteren Sichtbereich des Rudergängers. Die Alternativen sind das Wegklappen der Sprayhood während der Fahrt oder eine exponierte und anstrengende Arbeitsposition für den Rudergänger bei Wind und Wetter.

5.1.8 Reaktionszeiten, Stress

Die vielfachen Untersuchungen zur Veränderung der Reaktionszeiten (auf optische oder akustische Reize) mit dem Alter zeigen, dass die Reaktionen zwar mit dem Alter langsamer werden, dieser Rückgang aber vergleichsweise unbedeutend in Relation zu der großen interindividuellen Bandbreite ist. Sofern also z.B. die Wahrnehmung oder die Verarbeitung der Reize nicht durch gesundheitliche Probleme deutlich eingeschränkt wird, sind nach dem Stand der Kenntnisse die "normalen" altersbedingten Veränderungen kein sicherheits-relevantes Thema.

Allerdings:

Mit zunehmendem Alter steigt die Empfindlichkeit für die Überlastung durch "Multitasking", also die Anforderung, für mehrere parallel eingehende Informationen adäquate Reaktionsentscheidungen zu treffen und diese körperlich umzusetzen. Das typische Beispiel im Wassersport sind Hafenmanöver unter erschwerten Bedingungen (Wind, Strömung etc.).

Die beiden bekannten Lösungsoptionen für "Multitasking-Overload" (unabhängig vom Lebensalter) sind:

a. Training:

Die Informationsverarbeitungsvorgänge und die zugehörigen körperlichen Reaktionen werden so oft wiederholt, bis sie zu weitgehend unbewusst ablaufenden automatisierten Reflexen verarbeitet worden sind (typische Beispiele: Radfahren, Autofahren).

Hinweis:

Leider werden antrainierte Reflexe auch wieder verlernt, wenn sie nicht abgerufen werden. Die Vergessensrate der Reflexe korreliert (ähnlich wie die Kondition beim Fitnesstraining) mit der Intensität und der Zeitdauer des Trainings zum Erwerb der Kompetenzen: Je weniger Training, desto schneller wieder vergessen.

Das Problem von Amateur-Wassersportlern: Während der wenigen Urlaubswochen an Bord werden komplexe Bootsmanöver nur selten geübt und "Mann-über-Bord" oder Starkwind auf engen Fahrwassern im Pulk vor geschlossenen Brücken kommen ja auch nur selten vor.

b. Reduktion der "Tasks":

Durch Vorverarbeitung und Zusammenfassung der einlaufenden Informationen und / oder durch Zusammenfassung und Vereinfachung der erforderlichen Reaktionen wird die Komplexität der Entscheidungsvorgänge reduziert.

Typische Beispiele an Bord sind für die Informationszusammenfassung z.B. die elektronischen Plotter mit Seekarte, GPS-Position, AIS und geplanter Route, auf denen eine Vielzahl von Informationen gebündelt dargestellt wird.

Beispiele für die Vereinfachung der Reaktionen sind u.a. die Zusammenfassung der Hebel und Tasten für die Motorsteuerung und die Querstrahlssysteme (sofern vorhanden) in einem mehrachsigen Joystick (s. u.a. "ComfoDrive" aus dem Projekt "Fit & Sail") aber auch die Selbstwendefock, die selbstholende Winsch oder vor vielen Jahren die Entwicklung der Einhebel-

Motorfernbedienung an Stelle der getrennten Bedienung von Getriebe und Gashebel.

Hinweis:

"Der Mensch ist ein Gewohnheitstier", d.h. auch Wassersportler neigen dazu, lieber das mühsam gelernte (gelegentlich zur "Tradition" verklarte) weiter anzuwenden, als auf neue Bedientechniken umzusteigen. Die Klientel für innovative Lösungen sind daher nicht die trainierten "Salzbuckel" sondern die eher untrainierten "Urlaubssegler" und die "Neueinsteiger". Das ist aber nicht nur im Wassersport zu beobachten.

Thema Stress:

Stress (präziser: Distress als unangenehm und unerwünscht wahrgenommener Stress, im Gegensatz zu Eustress, dem positiv wahrgenommenen Stress bei gewollten und erwünschten Anforderungen) ist eine mentale Belastungsform und entsteht, wenn Individuen unter Zeitdruck mit Anforderungen konfrontiert werden, denen sie nicht ausweichen können und die sie mit den ihnen zur Verfügung stehenden Handlungsoptionen voraussichtlich nicht zufriedenstellend bewältigen können.

Starker Stress bewirkt einen "Tunnelblick" und kann die Entscheidungsfähigkeit erheblich einschränken.

(Mentaler) Stress hat deutliche körperliche Symptome, u.a. eine mit dem Stressniveau steigende Herzfrequenz, und wird von den Gestressten als eben so belastend wahrgenommen, wie körperliche Anstrengung mit gleicher Herzfrequenz (s. Borg-Skala Kap. 1 und Forschungsprojekt "Fit & Sail").

Ein typischer Stressfaktor ist "Multitasking-Overload".

Es gibt - auch an Bord - zwei Strategien, um mit dem Stress umzugehen:

- Stressprävention:
setzt darauf, u.a. durch Informationsbeschaffung zu vermeiden, in potentielle Überforderungssituationen zu geraten.
Die Wetterberichte sind im Wassersport ein typisches Instrument.
- Handlungsoptionen verbessern:
setzt darauf, durch Antizipation potentieller Probleme (oder in Aufarbeitung eigener Erfahrungen) die zur erfolgreichen Bearbeitung erforderlichen Handlungsoptionen vorzubereiten.
Typisches Beispiel im Wassersport ist die breite Diskussion über die erforderliche Sicherheitstechnik an Bord.
In diese Kategorie der Stressvermeidung gehören aber auch z.B. Maßnahmen zur Vereinfachung der Navigation und der Manövrierfähigkeit oder zur Erhöhung der technischen Zuverlässigkeit der Systeme an Bord.

Stressbelastungen werden mit zunehmendem Alter als deutlich lästiger empfunden, als in jungen Jahren. Dies führt im Wassersportbereich dazu, dass bei älteren Bootseignern das Interesse an Sicherheitsausrüstung, an technischer Unterstützung und an Assistenzsystemen deutlich größer ist, als bei den jungen Eignern.

5.2 Ergänzende Bemerkung: Kinder an Bord

Abschließend einige Stichworte zum Problem "Kinder an Bord":

- Es gibt bisher keine Untersuchungen zu diesem Thema für den Bootsbau. Einschlägige Erfahrungen können aber aus den Konzepten für Kindergärten und modernen Grundschulen übernommen werden.
- Berücksichtigt werden müssen die unterschiedliche Bedürfnisse der Altersgruppen
 - Kleinkinder,
 - „Kindergartenkinder“,
 - „Schulkinder“,
 - Heranwachsende
 - etc..
- Insbesondere kleine Kinder haben ein geringes Gefahren-Bewusstsein.
- Kinder neigen zu spontanen Aktivitäten, Neugier, Abenteuerlust.
- Kinder haben (im Gegensatz zu älteren Menschen) einen hohen Bewegungsdrang.
- Konstruktiv zu beachten ist die geringe Körpergröße
=> Reling, Stufen, Handläufe, Sitzplätze etc..
- Vor allem für kleine Kinder sind auch an Bord ausreichend große gesicherte (Boden-)Spielflächen vorzusehen.
- etc.

6 Zusammenfassung / Summary

6.1 Zusammenfassung

In dem vorliegenden Forschungsprojekt wurden systematische Messungen zur zielgruppenorientierten "Zumutbarkeit" von Belastungen an Bord von Yachten durchgeführt.

Es wurden auf der Basis von sportmedizinischen Reihenuntersuchungen an insgesamt 510 Probanden Daten mit den alters- und geschlechtsabhängigen Leistungsbandbreiten für folgende Belastungsarten an Bord ermittelt.

- Gleichgewichtsfähigkeit im Zusammenhang mit den Anforderungen an Handläufe
(Bezug: Messungen der Greifweiten, antropometrische Daten zu den Greifradien, Hinweise zum Problem "Religshöhe"),
- maximale Steighöhen (freihändig / mit Haltegriff) auf hohe Stufen oder u.a. vom Steg an Bord
(Bezug: Messungen der Fußhöhe bei maximaler Hüftflexion, der Kraft des Beinstreckers und des Körpergewichtes, Berechnung der Kraftgeometrie beim Steigen auf eine Stufe),
- Seil holen stehend: optimale Zugkraft (Setzen von Segeln, Holen von Schoten, Bedienen von Festmachern, Handhabung von Ankerleinen)
(Bezug: Messungen an der Seilzug-Messstation, Auswertung der Zeitreihen des Zugverhaltens, Korrelation mit den Messungen zur Maximalkraft des Armbeugers),
- Seil holen per Winsch: Seilkraft und Ausdauerleistung, Handkraft an der Winschkurbel
(Bezug: Messungen an der Seilzug-Messstation, Auswertung der Zeitreihen des Zugverhaltens, Korrelationen mit den Messungen zur Maximalkraft des Armbeugers und Ergebnissen der Fahrradergometrie),
- Arm- und Handkraft beim "kleinräumigen" Heben und Ziehen sowie beim Drehen von Schraubverschlüssen und Ventilen
(Bezug: Messungen der Maximalkräfte von Armbeuger und Handkraft),
- maximale Schrittweiten u.a. im Hinblick auf die Übergänge von Bord zum Steg
(Bezug: antropometrische Messungen),
- tolerierte Stufenhöhen und Stufentiefen bei Niedergängen und Treppen an Bord
(Bezug: Untersuchungen an einer speziellen Messstation zur Treppengeometrie),
- optimale Sitzhöhen im Hinblick auf die Gestaltung von Sitzflächen an Bord
(Bezug: Untersuchungen an einer speziellen Messstation zur Sitzhöhe),
- maximale Ausdauerleistung an der "anaeroben Schwelle" als allgemeine Kenngröße der Geschlechts- und Altersabhängigkeit von Leistungsparametern
(Bezug: Messungen am Fahrradergometer),

- subjektive Wahrnehmung der Anstrengung u.a. bei Leistungen an der "anaeroben Schwelle" mit Hilfe der "Borg-Skala" als Kenngröße der tolerierten Maximalleistungen
(Bezug: Messungen am Fahrradergometer).

Aus Fremdstudien wurden ergänzende Daten zu folgenden Sachverhalten verarbeitet:

- Antropometrische Messreihen für Aussagen zu den zweckmäßigen Greifradien,
- Untersuchungen zur Reaktionsgeschwindigkeit und zum Multitasking im Hinblick u.a. auf die Stressproblematik an Bord,
- Daten zum Blickfeld und zum Bewegungswinkel von Kopf und Oberkörper im Zusammenhang mit dem erforderlichen Aufmerksamkeitsradius des Steuermanns.

Der Umfang und die Qualität der Daten ermöglichen die Bestimmung von Bandbreiten und Durchschnittswerten der alters- und geschlechtsabhängigen Erwartungswerte mit einer ausreichend hohen Wahrscheinlichkeit und damit die Qualifizierung dieser Ergebnisse als "Normdaten".

Der vorliegende Projektbericht soll die umfangreichen Ergebnisse und deren statistische Analysen mit dem Ziel aufbreiten und zusammenfassen, konkrete Folgerungen für den zielgruppenorientierten Bootsbau zu ermöglichen.

Die Darstellung konzentriert sich deshalb auf die Präsentation und Interpretation der statistisch geglätteten alters- und geschlechtsabhängigen Bandbreiten der ermittelten Leistungsmerkmale. Auf eine detaillierte Darstellung der einzelnen Untersuchungen wird an dieser Stelle verzichtet und auf die entsprechenden Projektberichte des Institutes für Sportwissenschaften der Universität Kiel verwiesen.

6.2 Summary

The research project entailed taking systematic measurements regarding target group-oriented "reasonableness" of loads on board yachts.

Sports medicine screening tests were carried out on altogether 510 test persons to provide data with age- and gender-related capability ranges for the following types of load encountered on board.

- Balancing capability related to the requirements for handrails
(reference: measuring grabbing ranges, anthropometric data for grabbing radii, information regarding the problem of "railing height")
- Maximum climbing height (no-hands/with handle) onto high steps or e.g. from the gangway when coming on board
(reference: measuring the foot height with maximum hip flexion, strength of the leg extensor and of the bodyweight, calculation of the strength geometry on climbing onto a step),
- Hauling a rope when standing: optimum tensile force (setting the sails, hauling the sheets, operating the hawsers, handling anchor lines)
(reference: measurements at the rope pull measuring station, evaluating the time series for pulling behaviour, correlating the measurements for maximum strength of the arm flexor),
- Hauling a rope with a winch: rope strength and endurance capability, hand strength at the winch crank
(reference: measurements at the rope pull measuring station, evaluating the time series for pulling behaviour, correlating the measurements for maximum strength of the arm flexor and bicycle ergometer results),
- Arm and hand strength for lifting and pulling in confined spaces and for turning screw caps and valves
(reference: measuring the maximum strengths of arm flexor and hand strength),
- Maximum step widths also for stepping over from on board to the gangway
(reference: anthropometric measurements),
- Tolerated step heights and step depths for companion ways and stairs on board
(reference: studies at a special measuring station for stair geometry),
- Optimum sitting heights with regard to designing sitting surfaces on board
(reference: studies at a special measuring station for sitting height),
- Maximum endurance capability at the anaerobic limit as general parameter for gender- and age-dependence of capability parameters
(reference: bicycle ergometer measurements),
- Subjective perception of the effort required including capability at the anaerobic limit using the "Borg Scale" as parameter for tolerated maximum capability
(reference: bicycle ergometer measurements).

Supplementary data were obtained from third-party studies and used in the following contexts:

- Anthropometric measurements for statements about appropriate grabbing radii,
- Studies on the speed of reaction and on multi-tasking with regard to stress-related problems on board,
- Data about the field of vision and movement angle of head and upper body in the context of the necessary radius of attention of the helmsman.

The scope and quality of data permit a definition of the ranges and average means for the age- and gender-dependent expectancy values with adequately high probability so that these results can be qualified as "standard data".

This project report intends to process and summarise the comprehensive results and their statistical analysis in order to facilitate concrete conclusions for target group-oriented boat building.

The depiction therefore concentrates on presenting and interpreting the statistically smoothed age- and gender-related ranges of the ascertained capability attributes. Detailed presentation of the individual studies is waived at this particular point, with reference made to the corresponding project reports from the Institute for Sport Sciences at the University of Kiel.

7 Quellen und Literaturhinweise

Baur, J., Bös, K., Conzelmann, A., Singer, R. (Hrsg.): Handbuch Motorische Entwicklung, 2. Auflage,, Hofmann-Verlag, Schondorf, 2009

Bruder, R.: Vorlesungsumdruck Ergonomisches Gestalten für Industrial Design, Universität GH Essen, Fachbereich 4, 2010

Greil, H., Voigt, A., Scheffler, C.: Optimierung der ergonomischen Eigenschaften von Produkten für ältere Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer - Anthropometrie, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin Forschungsprojekt F 1299, Dortmund/Berlin/Dresden 2008

<http://de.wikipedia.org/wiki/Augenbewegung>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Blickwinkel#Augen>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Gesichtsfeld>

http://de.wikipedia.org/wiki/Physical_Working_Capacity

http://www.mft-company.com/pdf/Wissenschaftliche_Studien.pdf

Mell, W.-D., Sauer I., Weisser B.: Projekt Fit & Sail - Projektbericht: Ergebnisse der Belastungsuntersuchungen älterer Segler an Bord von Fahrtensegelyachten, IBoaT-Report 3.6 (2009)

Mell, W.-D.: Strukturen im Bootsmarkt, FVSF-Forschungsbericht Nr. 1 (2008)

Raschner, C, et al.: S3-Check - Evaluierung und Normwerteerhebung eines Tests zur Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit und Körperstabilität, Sportverletzung - Sportschaden, 22 (2), 2008

Schlag, B. (Hrsg.): Band 3: Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter, Köln: TÜV Media GmbH, 2008. ISBN : 978-3-8249-1151-6

Voigt, A: Körperbau, Gelenkbeweglichkeit und Handkräfte Erwachsener im Generationenvergleich, Dissertation Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Potsdam, 2008

Examensarbeiten im Rahmen des Projektes

Barisic B.: Bewertung von Treppenstufenhöhe und Treppenstufentiefe durch 20- bis 80-jährige Probanden, Examensarbeit, Institut für Sport- und Sportwissenschaften Universität Kiel, 2011

Billker, K. M.: Quantitative Erfassung der Gleichgewichtsfähigkeit von 30-40-Jährigen und 60-70-Jährigen im Vergleich, Examensarbeit, Institut für Sport- und Sportwissenschaften Universität Kiel, 2010

Grossmann, D.: Kraft in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht bei 20- bis 70-Jährigen, Bachelorarbeit, Institut für Sport- und Sportwissenschaften Universität Kiel, 2011

Jacobsen, F.: Leistungsuntersuchungen an einer Seilzugmesseinrichtung, Examensarbeit, Institut für Sport- und Sportwissenschaften Universität Kiel, 2011

Jensen, H.: Sportliche Aktive und Inaktive 60-70-Jährige: Ein Vergleich motorischer Fähigkeiten, Examensarbeit, Institut für Sportwissenschaft, Uni Kiel, 2011

Pöhlmann, S.: Ein Vergleich der isometrischen Maximalkraft und der Gleichgewichtsfähigkeit bei 60-70-Jährigen Sportlern und Nichtsportlern, Examensarbeit, Institut für Sportwissenschaft, Uni Kiel, 2011

Stoffers, Vincent: Die Entwicklung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Alter – sportlich Aktive und Inaktive zwischen 20 und 70 Jahren, Examensarbeit, Institut für Sportwissenschaft, Uni Kiel, 2011

Löhrke, J.P.: Sportliche Aktive und Inaktive 50-60-Jährige: Ein Vergleich motorischer Fähigkeiten, Examensarbeit, Institut für Sportwissenschaft, Uni Kiel, 2011

Mittner, J.: Ein Vergleich der isometrischen Maximalkraft und der Gleichgewichtsfähigkeit bei 30-40-Jährigen Sportlern und Nichtsportlern, Examensarbeit, Institut für Sportwissenschaft, Uni Kiel, 2011

Petersen, M.: Ein vergleich der isometrischen Maximalkraft bei 40-50-jährigen Sportlern und Nichtsportlern, Examensarbeit, Institut für Sport- und Sportwissenschaften Universität Kiel, 2011

Pollmann, J.: Ein Vergleich der isometrischen Maximalkraft und der Gleichgewichtsfähigkeit bei 60-70-jährigen Sportlern und Nichtsportlern, Examensarbeit, Institut für Sport- und Sportwissenschaften Universität Kiel, 2011

Rathje, Ch.: Ein Vergleich aktiver und passiver Hüftflexionswinkel von 30-30-Jährigen und 60-70-Jährigen, Examensarbeit, Institut für Sport- und Sportwissenschaften Universität Kiel, 2010

8 Haftungsausschluss und Kontakt

Irren ist menschlich, daher muss folgendes gesagt werden:

Die in dieser Untersuchung dargestellten Daten und Informationen wurden mit größter Sorgfalt erhoben, analysiert und ausgewertet. Dennoch ist es möglich, dass bei der Erhebung der Daten, den Berechnungen und 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 dieser Untersuchung entstehen, ablehnen.

Bei Hinweisen und Fragen zu dieser Studie bitten wir um formlose Kontaktaufnahme:

- Forschungsvereinigung für die
Sport- und Freizeitschiffahrt e.V. (FVSF)
Gunther-Plüschow-Strasse 8
50829 Köln
Tel.: (+49) 221 - 59 57 10
Fax: (+49) 221 - 59 57 110
E-Mail: info@fvsf.de

Autor:

Dipl.-Ing. Dr. Wolf-Dieter Mell, E-Mail: mell@fvsf.de

- Universität zu Kiel
Institut für Sportwissenschaften
Sportmedizin
Olshausenstr. 74
24118 Kiel
Tel.: (+49) 431 - 880 3775
Fax: (+49) 431 - 880-3783
E-Mail: issoffice@email.uni-kiel.de

Autoren:

Prof. Dr. med. Burkhard Weisser, E-Mail: bweisser@email.uni-kiel.de

Julia Last, MA, E-Mail: jlast@email.uni-kiel.de