



Trainerweiterbildung Hannover, Jan. 2019

1. Zur Wirkung des dominanten Außenarmzuges auf die Innenhebel- und Stemmbrettkraft im Riemenrudern
2. Asymmetrie der Rudertechnik beim Skullen
3. Asymmetrie der Stemmbrettkraft beim Ergometerrudern
4. Asymmetrie der Beinkraft im Krafttest

Mattes, K., Wolff, S., Reischmann, M. & Schaffert, N.

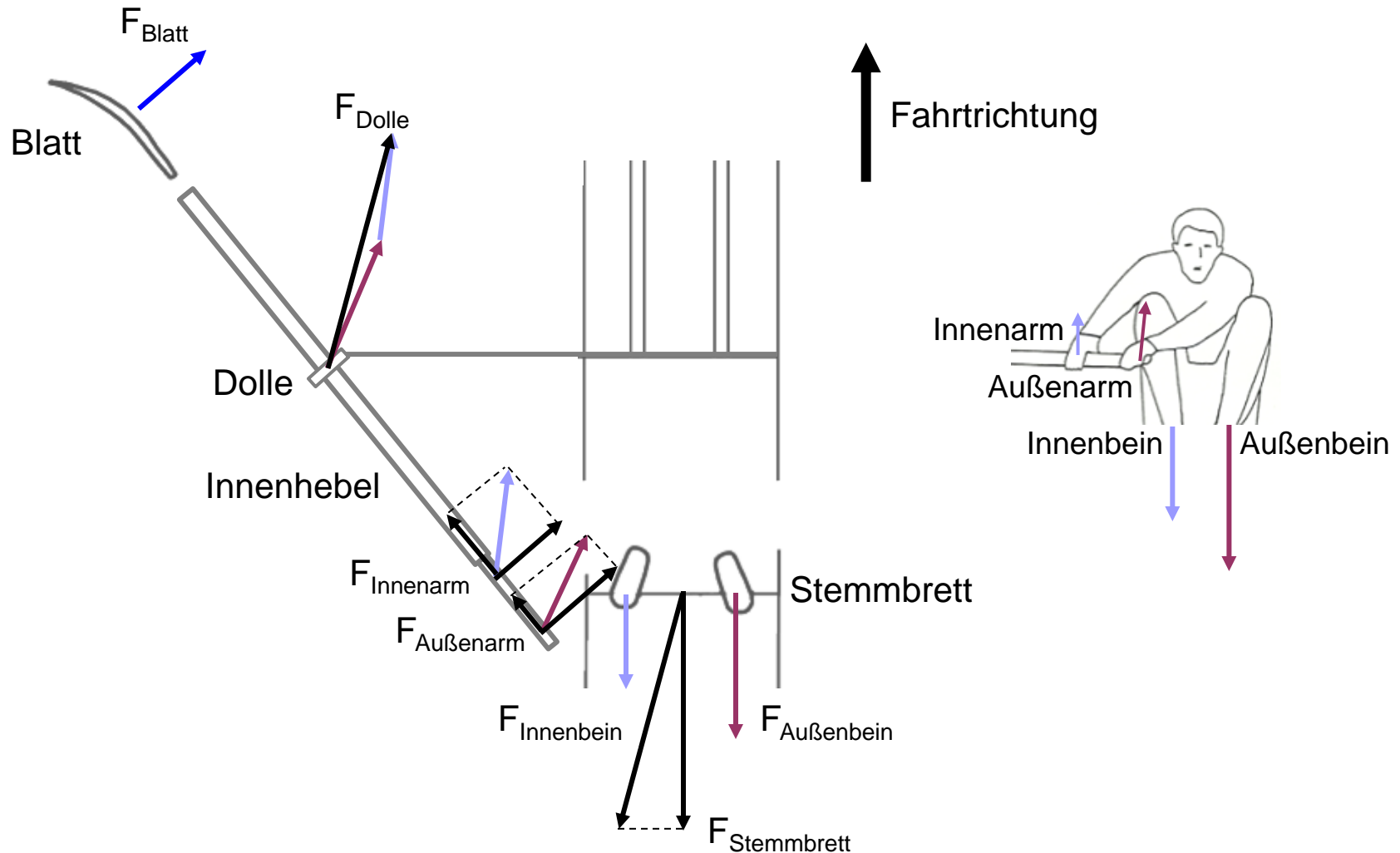
Zur Wirkung des dominanten Außenarmzuges auf die Innenhebel- und Stembrettkraft im Riemenrudern



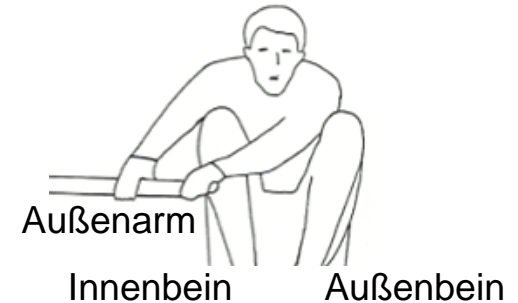
Mattes, K., Manzer, S., Reischmann, M. & Schaffert, N.

Gefördert durch:

Kräftespiel beim Riemenrudern

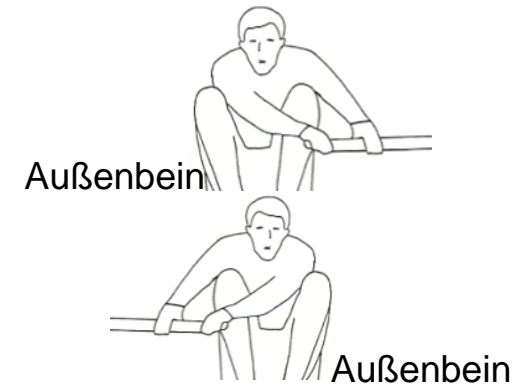
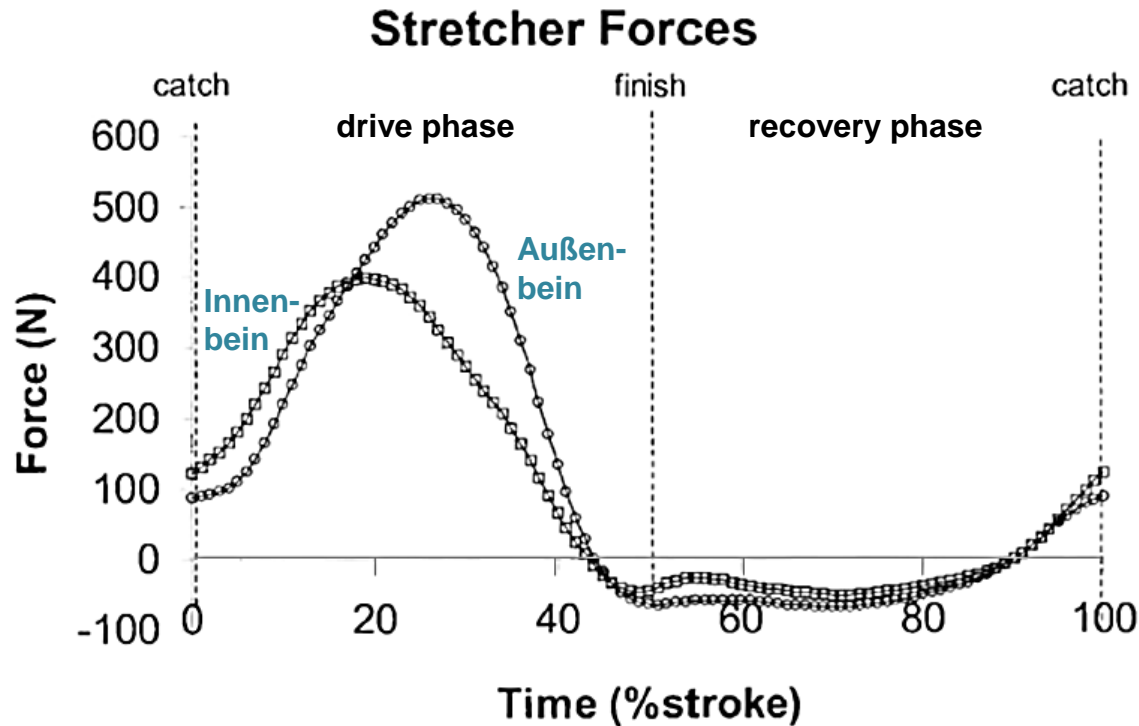


Forschungsfragen



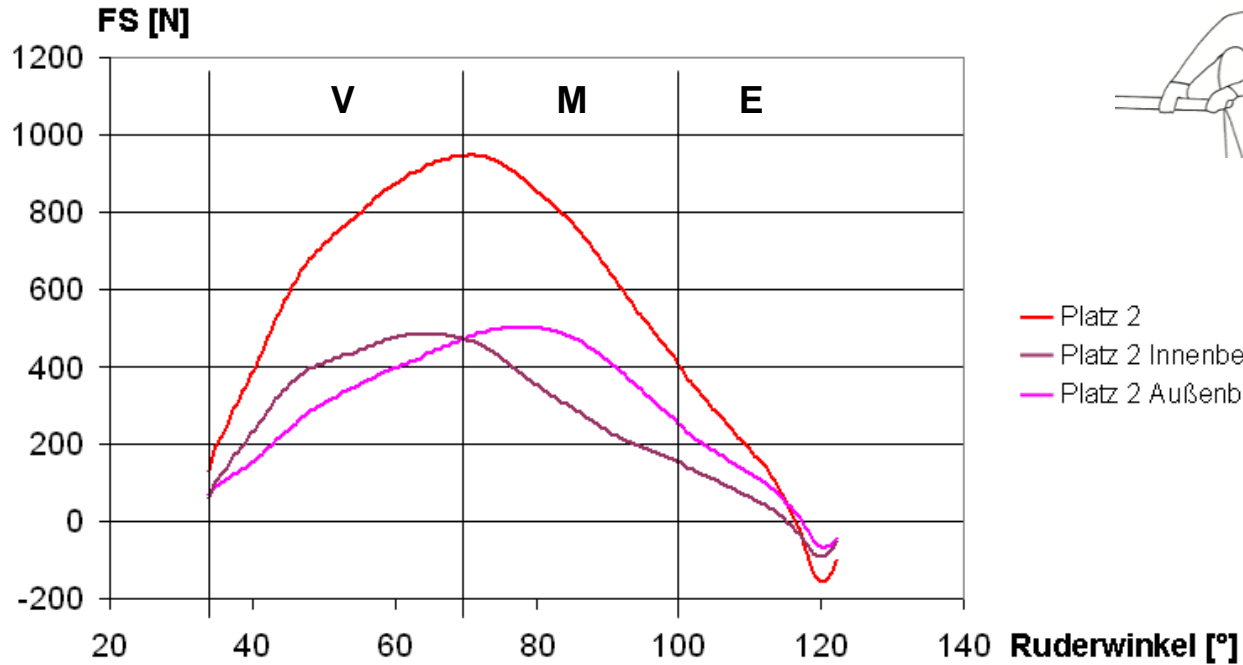
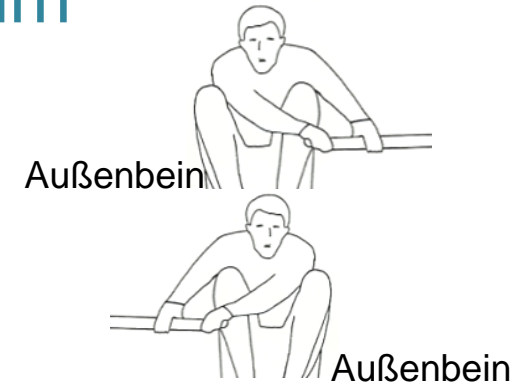
1. Welche Asymmetrie der Stemmbrettkraft besteht beim Riemenrudern?
2. Analyse der Außenarmkraft und Längskraft, des Zugrichtungswinkels am IH und deren Wirkung auf die Stemmbrettkraft
3. Welchen Einfluss nimmt der dominante Außenarmzug auf die Ruderleistung und Asymmetrie der Stemmbrettkraft?
4. Welche Kraftasymmetrien bestehen beim Riemen und Skullen in Abhängigkeit von der Bootsseite und im Vergleich zu einer Normalstichprobe?
5. Welche Beinasymmetrien zeigen Riemenruderer beim symmetrischen Ergometerrudern in Abhängigkeit von der Bootsseite?

Asymmetrie der Stembrettkraft beim Riemenrudern



Australische Eliteruderer, Riemenzweier ohne (N = 10)

Asymmetrie der Stemmbrettkraft beim Riemenrudern



Bootsseite	F_{SD} [%]	F_{SV} [%]	F_{SM} [%]	F_{SE} [%]
Außenbein	51	45	59	66
Innenbein	49	55	41	34
F_s [N]	620	699	698	208

Studiendesign und Stichprobe



Studiendesign

- Feldtest im Riemenvierer ohne (8 Boote)

Übersicht über die Stichprobe, $N = 29$

Leistungs- klasse	Anzahl	Körperhöhe [cm]	Körpermasse [kg]	Präferenzdominanz			
				Händigkeit		Füßigkeit	
				rechts	links	rechts	links
Junioren	9	191 ± 3	82,4 ± 7,0	7	2	8	1
Leichtgewicht	12	184 ± 5	74,9 ± 1,7	10	2	10	2
Männer	8	189 ± 7	85,7 ± 10,8	7	1	7	1

A-D Kaderathleten des Deutschen Ruderverbands bzw. der Landesruderverbände Hamburg und Niedersachsen

Testverfahren



Schlagfrequenzstufen-Test

- Schlagfrequenz 20, 24, 28, 32 Schl./min, jeweils 15 Schläge mit 5 Schlägen Übergang

Test der Bewegungsvariante des dominanten Außenarmzuges

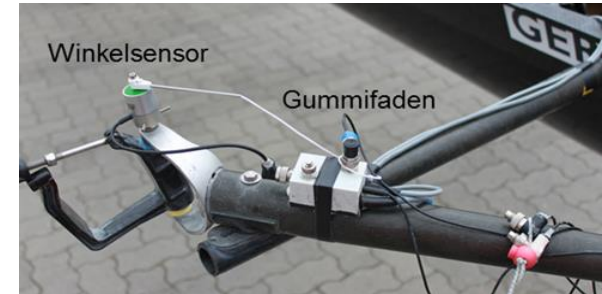
- Schlagfrequenz 20 Schl./min, jeweils 15 Schläge mit 5 Schlägen Übergang
 - Baseline
 - zweimal dominanter Außenarmzug

Messsysteme im Rennboot



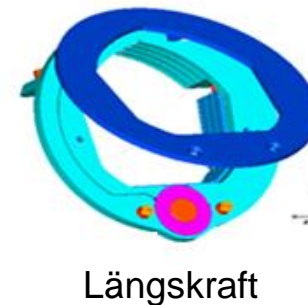
Mobiles Messsystem 2012 (Institut FES)

- Ruderwinkel ($\pm 0,1^\circ$)
- Innenhebelkraft ($\pm 0,25$ N)
- Messfrequenz 50 Hz



Erweiterung des mobilen Messsystems 2012

- Außenarmkraft ($\pm 1,5$ %)
- Längskraft ($\pm 1,5$ %)
- Stembrettkraft für Innen- und Außenbein ($\pm 0,25$ N)



Mathematisch-statistische Auswertung

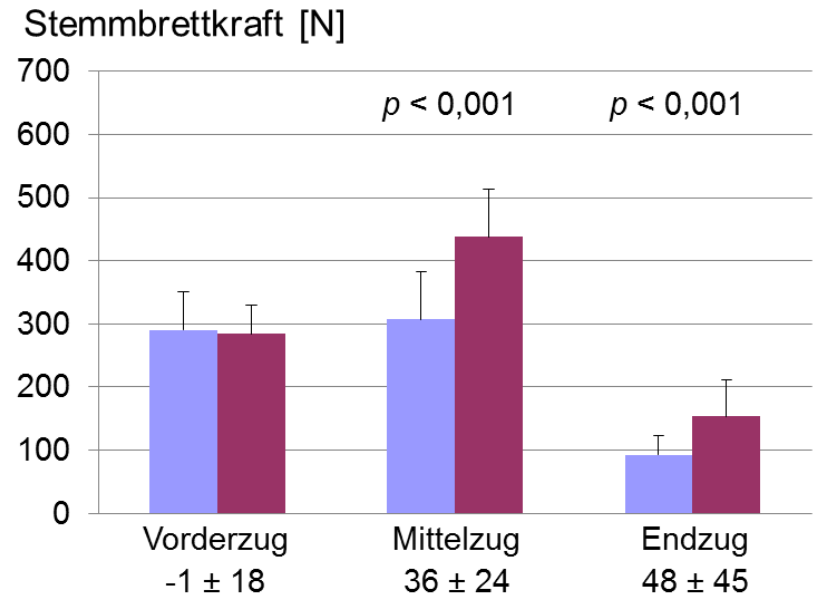
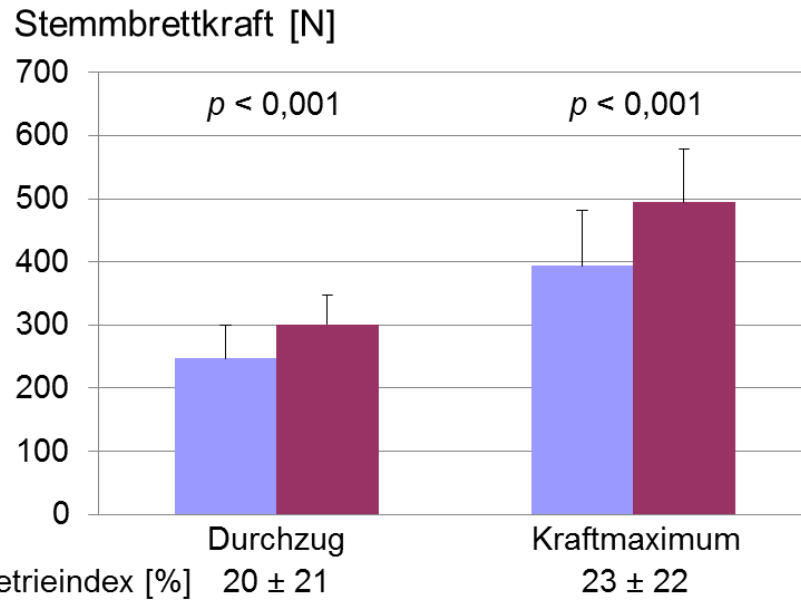


- **Symmetrieindex (SI)** zur Bestimmung des Grads der Asymmetrie zwischen Innen- und Außenbein mittels

$$SI = \frac{(x_1 - x_2)}{0,5(x_1 + x_2)} \cdot 100\% \text{ (Robinson, Herzog \& Nigg, 1987)}$$

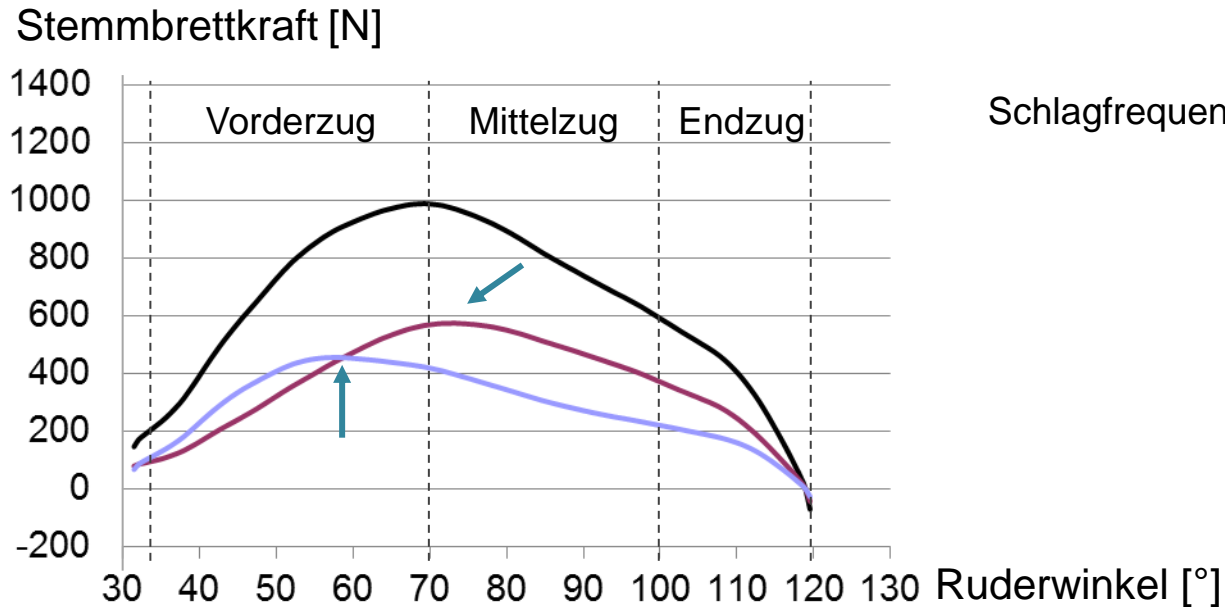
- x_1 = Außenbein
- x_2 = Innenbein
- **Varianzanalysen mit Messwiederholung** nach dem allgemeinen linearen Modell (SPSS Version 20.0)

Asymmetrie der Stemmbrettkraft von Innen- und Außenbein, $N = 29$



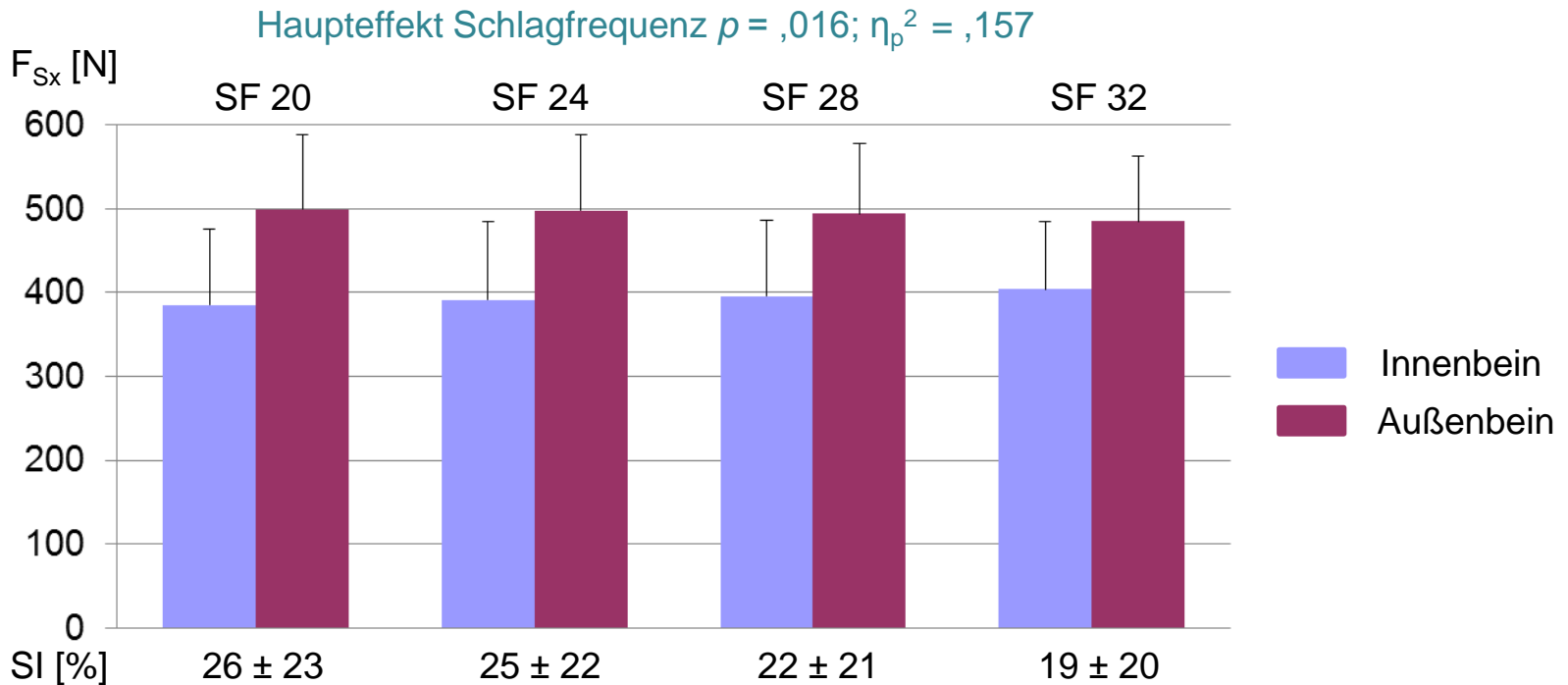
- Außenbein mit höherer mittlerer und maximaler Stemmbrettkraft unabhängig von der Bootsseite und Leistungsklasse
- hoher Symmetrieindex der Stemmbrettkraft (20 ± 21 %)

Asymmetrie der Stemmbrettkraft von Innen- und Außenbein, $N = 29$



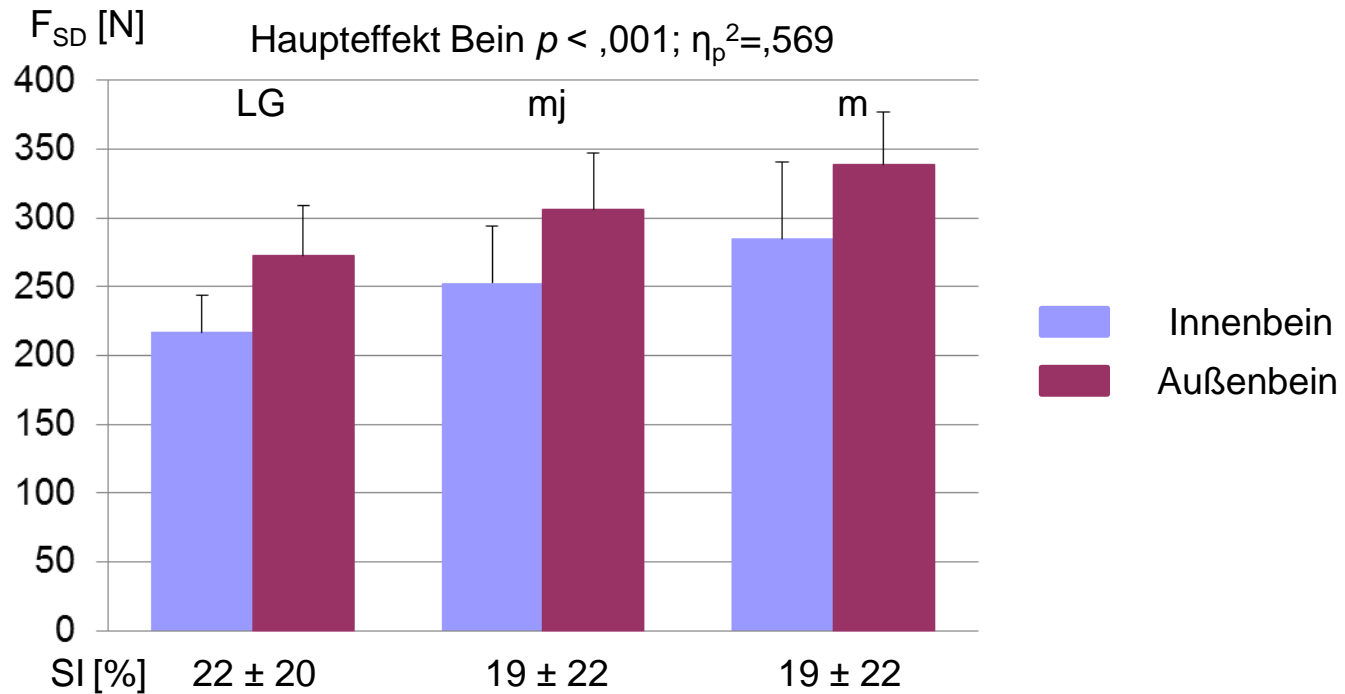
- Außenbein späteres Kraftmaximum
- Wechsel in der Dominanz der Stemmbrettkraft im Vorderzug
- hoher Symmetrieindex = 18,2 % (Durchzug)

Einfluss der Schlagfrequenz auf die Asymmetrie der Stembrettkraft, $N = 29$



- Die Schlagfrequenz verringert die Asymmetrie der Stembrettkraft.

Einfluss der Leistungsklasse auf die Asymmetrie der Stembrettkraft, $N = 29$

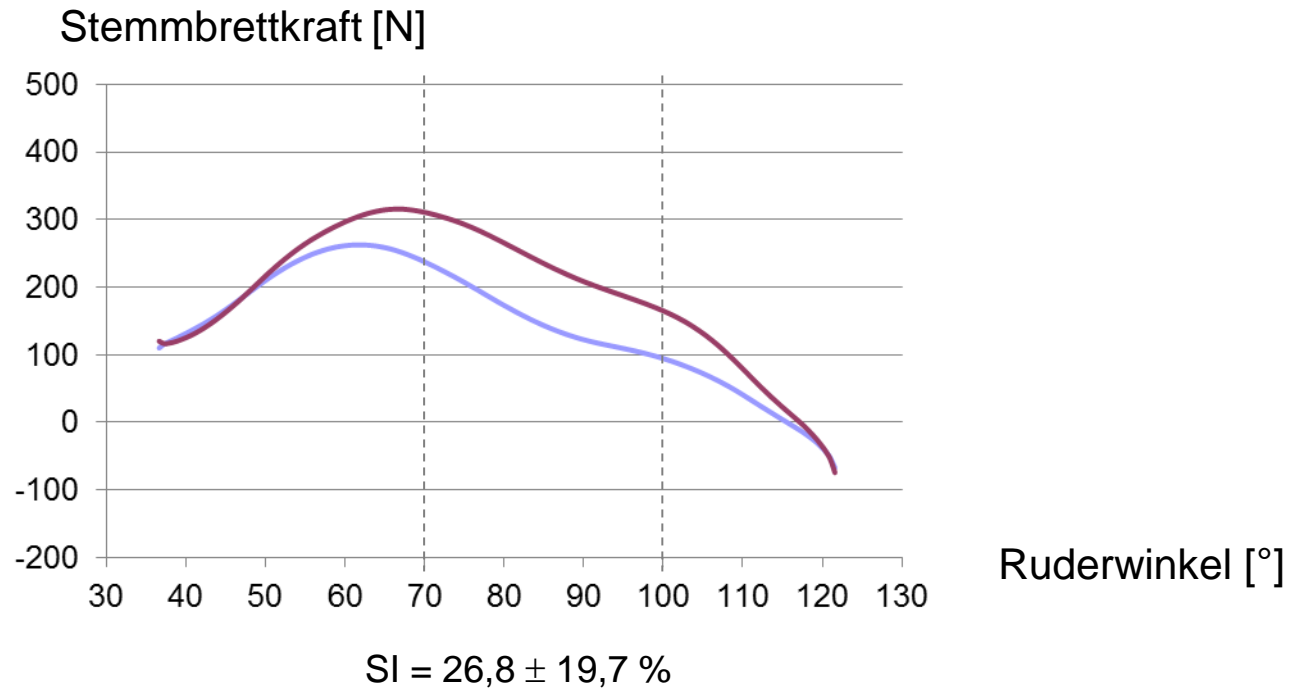


- Die Asymmetrie tritt in allen Leistungsklassen auf.

Einfluss der Leistungsklasse auf die Asymmetrie der Stemmbrettkraft



Juniorinnen 8+, UWV 2018, $N = 16$
2000-m-Rennen

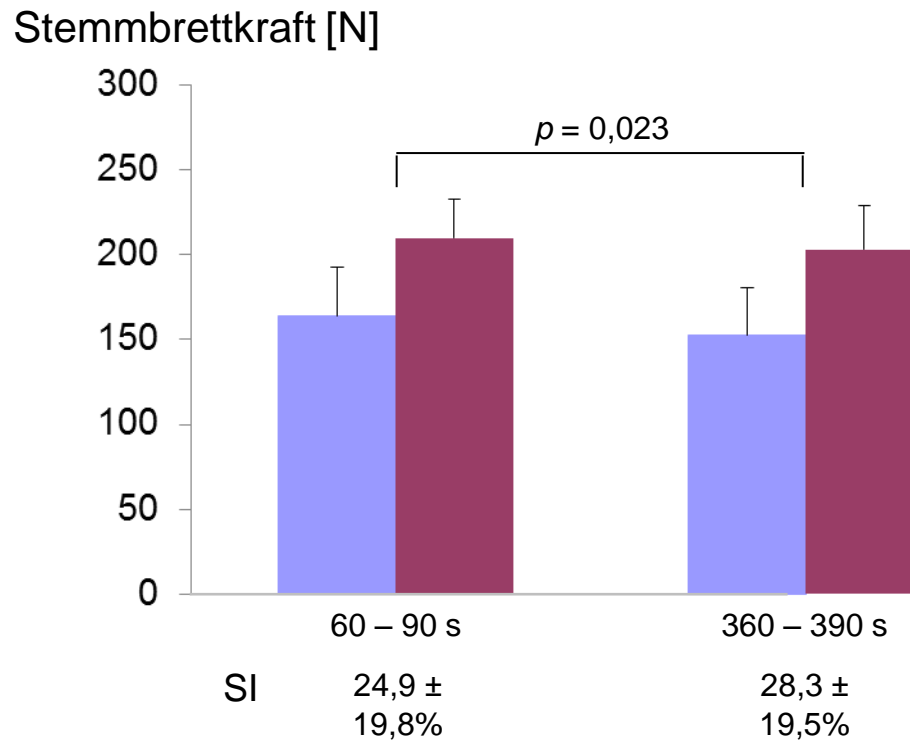


- Geringe Nutzung der Stembrettkraft des Innenbeins besonders im Mittelzug

Einfluss der Ermüdung auf die Asymmetrie der Stemmbrettkraft



Juniorinnen 8+, UWV 2018, $N = 16$
2000-m-Rennen

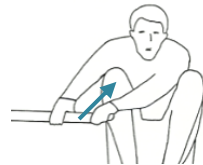
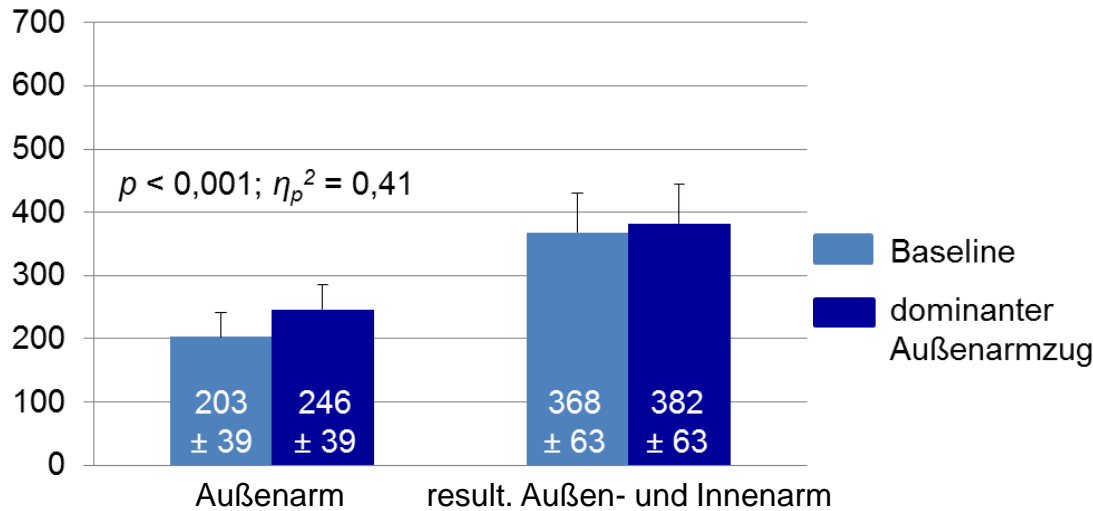


- Ermüdung beeinflusst die Asymmetrie der Stemmbrettkraft.

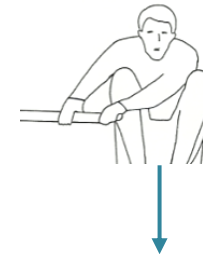
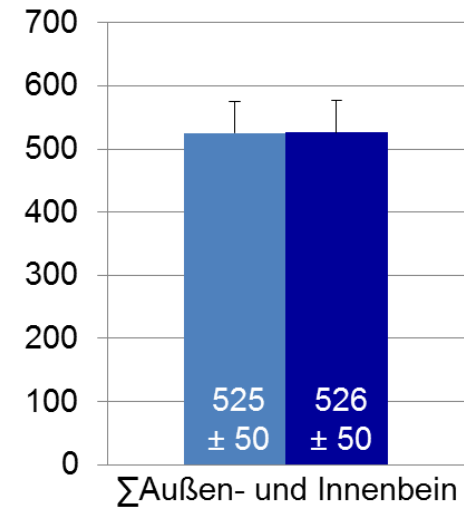
Einfluss des dominanten Außenarmzuges, $N = 29$



Innenhebelkraft [N]



Stemmbrettkraft [N]



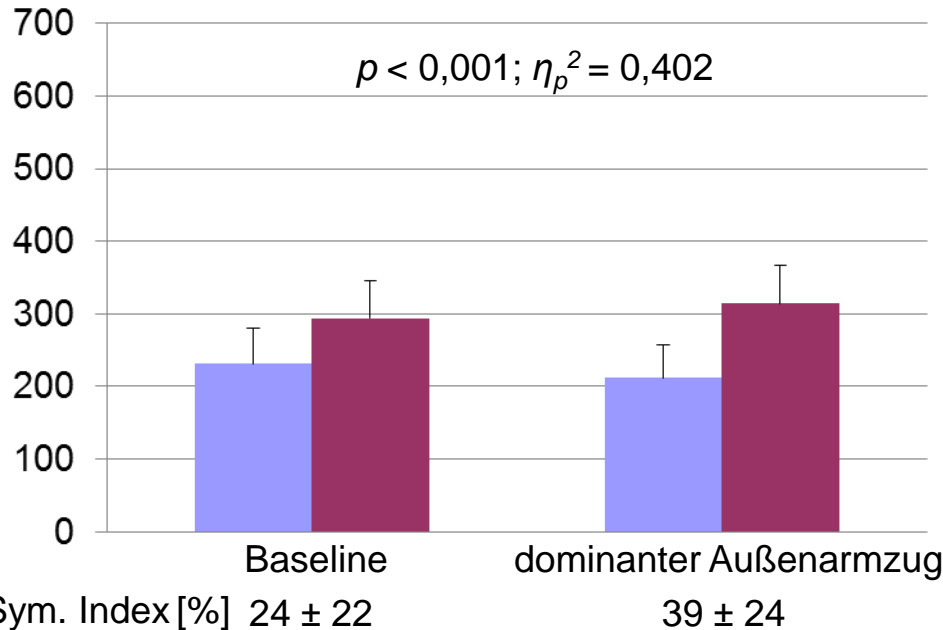
Der dominante Außenarmzug

- steigert die resultierende Innenhebelkraft und das wirksame Drehmoment
- bei gleicher Σ Stemmbrettkraft.

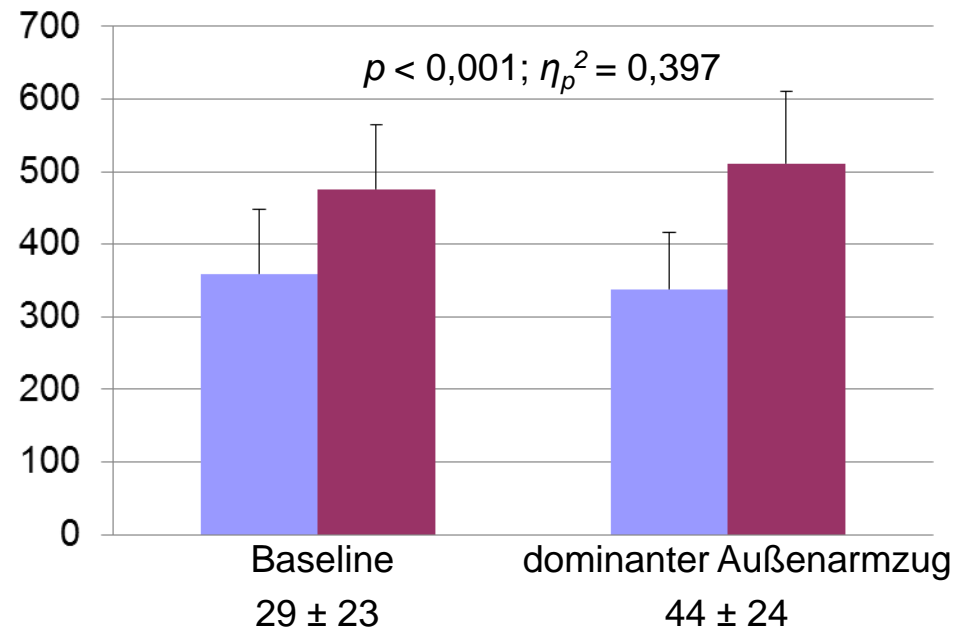
Einfluss des dominanten Außenarmzuges, $N = 29$



Mittlere Stemmbrettkraft [N]



Maximale Stemmbrettkraft [N]



Der dominante Außenarmzug erhöht die Asymmetrie der Stemmbrettkraft.

Asymmetrie der Stemmbrettkraft beim Riemenrudern



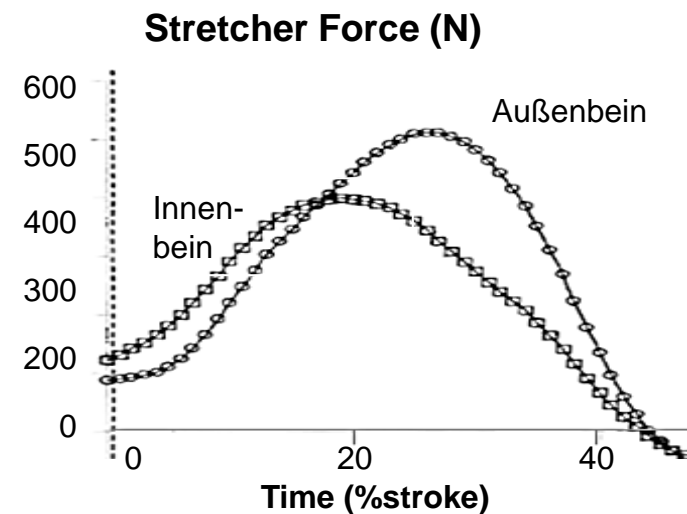
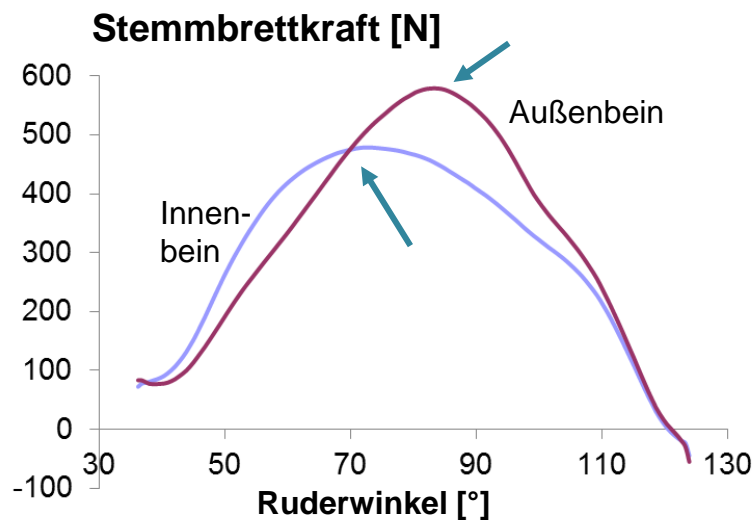
Charakteristische Asymmetrie von Innen- und Außenbein

- Außenbein mit höherem Mittelwert und Peak
- Innenbein mit früherem Peak

Ursachen der Asymmetrie

- Rudergeometrie
- unterschiedliche Hebellänge von Innen- und Außenarm

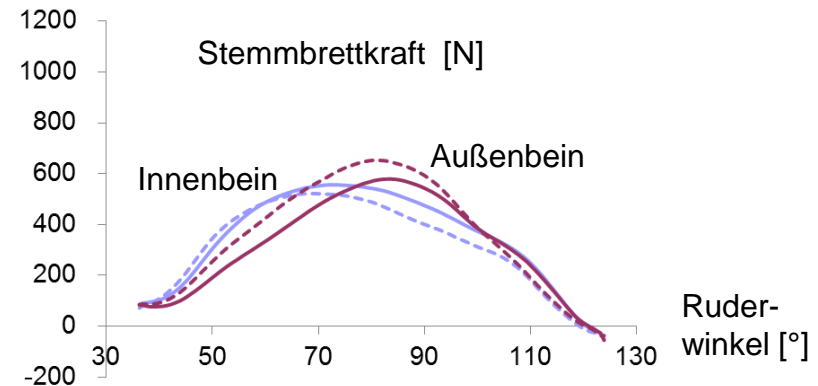
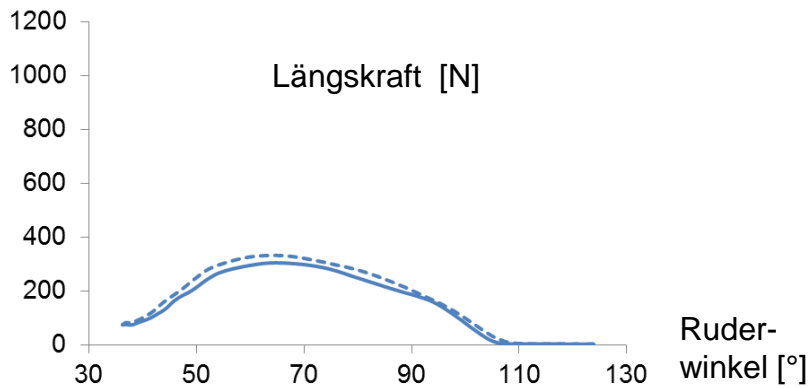
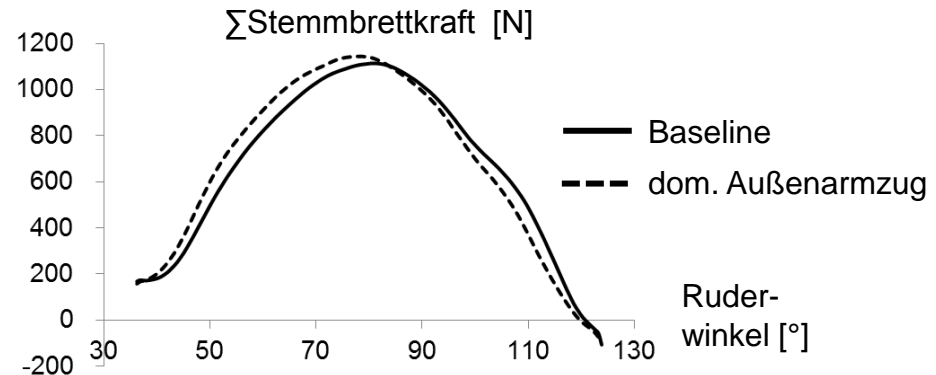
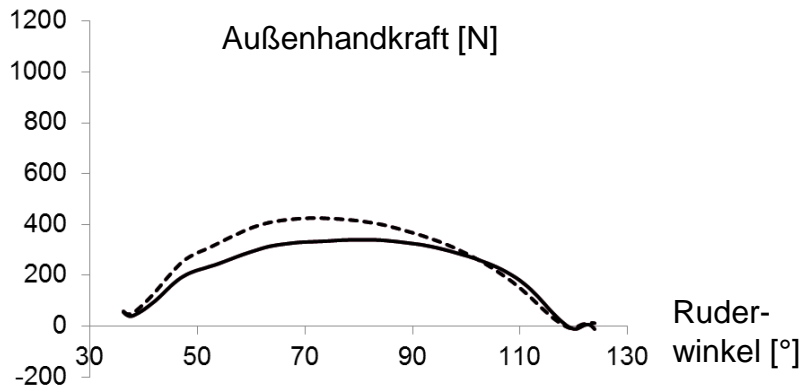
Übereinstimmung mit Ergebnissen aus dem Zweier ohne (Smith & Draper, 2002)



Wirkung des dominanten Außenarmzuges Riemenrudern



- Erhöhung des wirksamen Drehmomentes am Innenhebel bei vergleichbarer Σ Stembrettkraft
- Steigerung der Asymmetrie der Stembrettkraft
- Steigerung der Längskraft am Innenhebel



Folgerungen zur Außenarmkraft

Außenhand vergrößert das Drehmoment am Innenhebel

- zieht am längeren Hebel
- verfügt über die günstigere Zugrichtung im Vorderzug
- reduziert die Stembrettkraft im Vorderzug

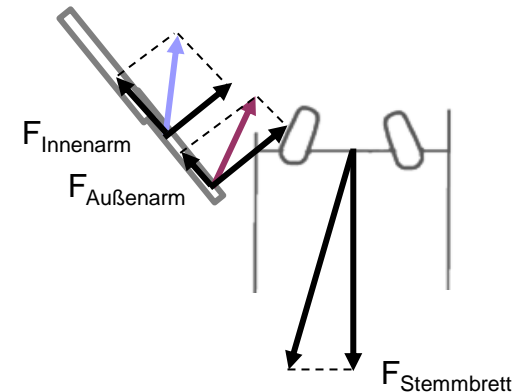
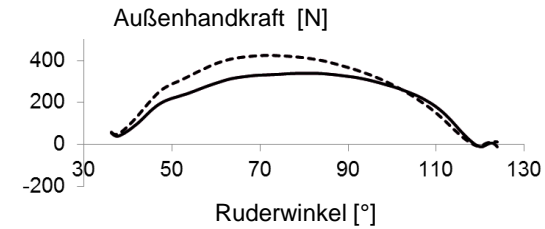
Konsequenzen

- Griffbreite minimieren
- dominanter Einsatz des Außenarmes im Vorderzug
- tangentialer Krafteinsatz
- Eindrehen der Außenschulter

dominanter Außenarmzug steigert die

- Vortriebswirksamkeit durch Erhöhung des Drehmoments am Innenhebel bei gleicher oder reduzierter Stembrettkraft
- Asymmetrie der Innenhebel- und Stembrettkraft

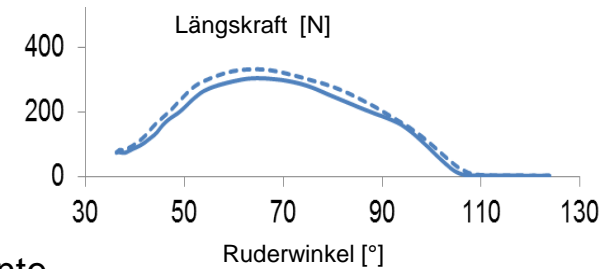
Seitenkonkordanz von Innenhebel- und Stembrettkraft



Folgerungen zur Längskraft

Längskraft (statische Verlustkraft) bis ca. 100° Ruderwinkel

- Vorderzug
 - Große Abweichung des Zugrichtungswinkels von der Tangente
 - höchste statische Längskraft, trotz größerer Innenhebelkraft im Mittelzug
- Mittelzug
 - Annäherung des Zugrichtungswinkels an den optimalen Bereich von 90°
- Einflussgrößen
 - Eine weite Ruderwinkelvorlage sowie steile Kraftanstiege, ein frühes Kraftmaximum und hohe Kraftwerte im Vorderzug (Vorderzugbetonung) provozieren eine hohe Längskraft, einen ungünstigen Zugrichtungswinkel sowie eine hohe Stemmbrettkraft des Innenbeins.
 - Falsche Stemmbretteinstellungen mit zu weiter Ruderwinkelvorlage steigern die Längskraft mit geringerem Zugrichtungswinkel am Innenhebel.
 - Vorderzug: fehlender Fünffingerkontakt, ungenügendes Eindrehen, horizontal abgewinkeltes Handgelenk



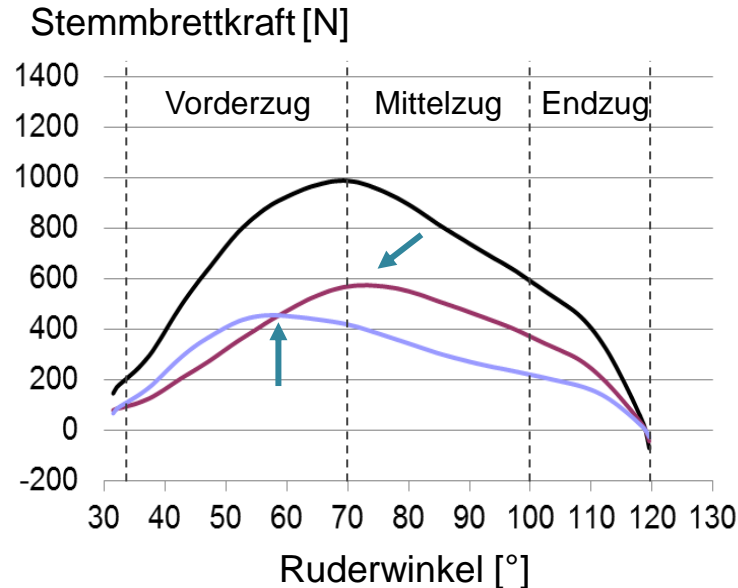
- Mittelzug: vertikal abgewinkeltes Handgelenk



Folgerungen zur Stemmbrettkraft



Charakteristische Asymmetrie der Stemmbrettkraft



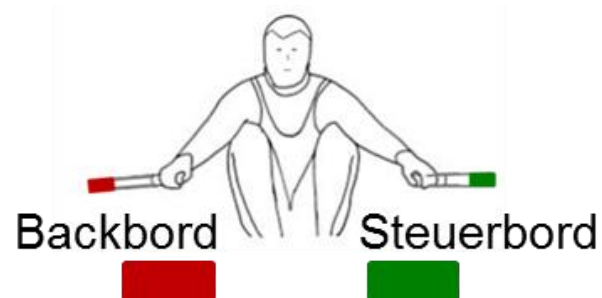
Verletzungsprävention

- Überlastungen des Außenbeins vermeiden.
- muskuläre Vorbereitung bei Wechsel der Bootsseite

Leistungsdiagnostik

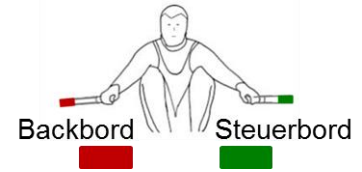
- Erfassung der Stemmbrettkraft von Innen- und Außenbein
- Rückschluß auf Einsatz von Innen- und Außenarm

Studie zur Asymmetrie des Ruderwinkels und der Innehebelkraft beim Skullen

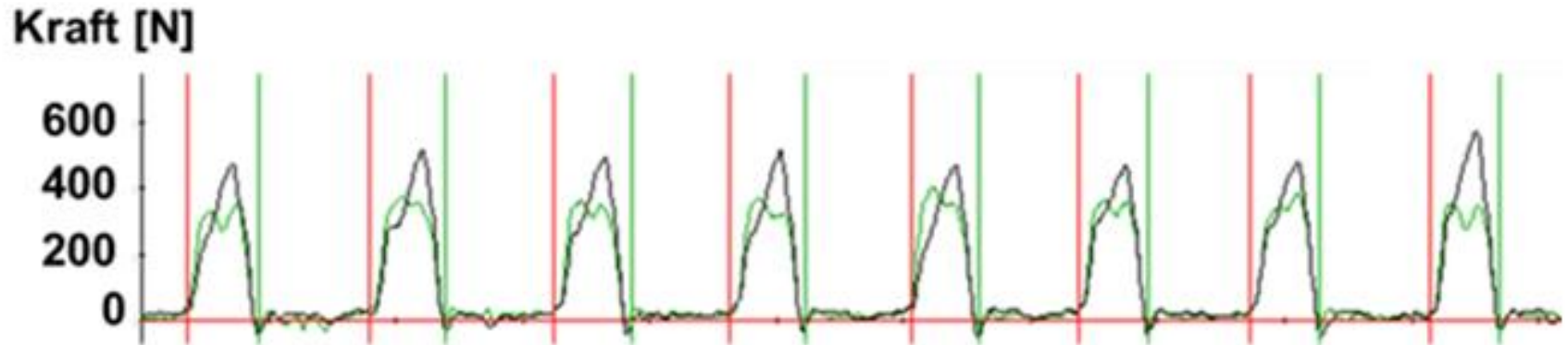


Mattes, K. & Manzer, S.

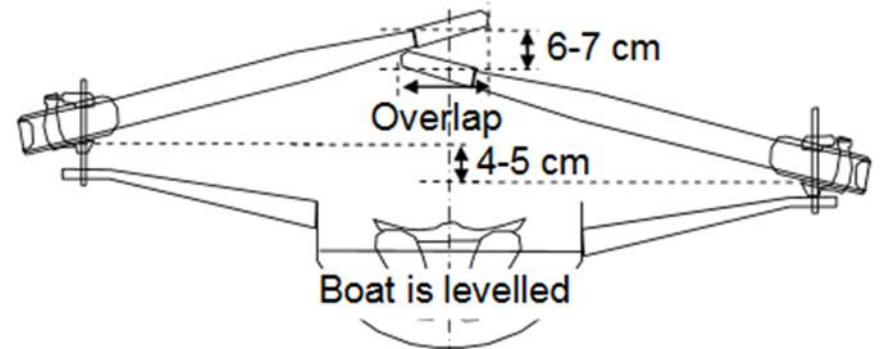
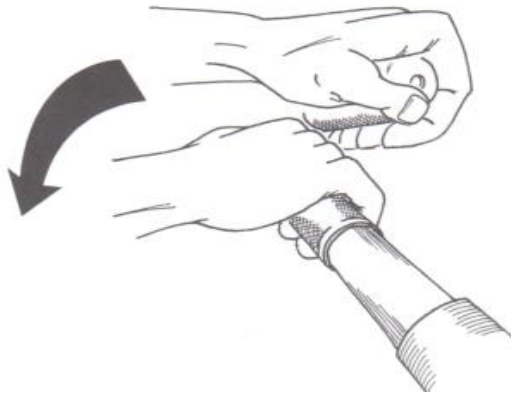
Asymmetrie rudertechnischer Kennwerte im Skullen



- Welche Asymmetrie besteht beim Skullen?
- Welchen Einfluss übt Seitenwind auf die Asymmetrie beim Skullen aus?



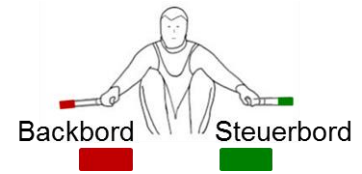
Handführung und Overlap



- Rechte Hand zieht vor und unter der linken Hand

- lange Innenhebel beim Skullen bedingen Überlappen im Mittelzug
- unterschiedliche Dollenhöhe
- verbindliche Handführung, rechte Hand näher am Körper und unter linker Hand

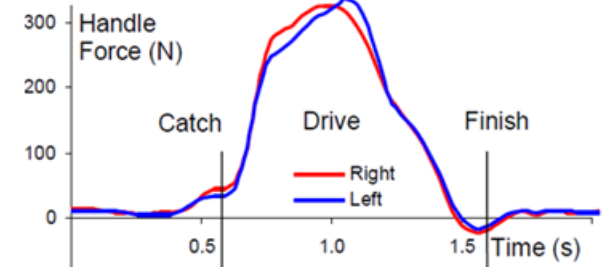
Asymmetrie rudertechnischer Kennwerte im Skullen



Innenhebelbewegung und -kraft

in Abhängigkeit von der Handführung ($N = 1$)

- größere Schlagweite auf Steuerbord
- asymmetrischer Verlauf der Innenhebelkraft und -geschwindigkeit (Kleshnev, 2011)

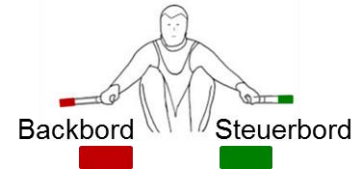


Dollenkraft, unsystematische Unterschiede zwischen Back- und Steuerbord ($N = 12$; $N = 3$) (Draper, 2006; Loschner & Smith, 2000)

Stemmbrettkraft

- höher auf Steuerbord (12 - 18 %) (Draper, 2006)
- unsystematische Unterschiede der Stemmbrettkraft zwischen Back- und Steuerbord im Skiff ($N = 4$) (Baca et al., 2007)

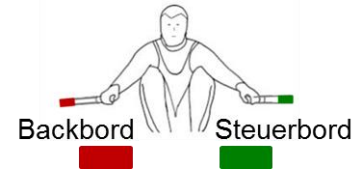
Stichproben im Überblick



Bootsklasse	Leistungs- klasse	Anzahl	Körper- höhe [cm]	Körper- masse [kg]	Präferenzdominanz			
					Händigkeit		Füßigkeit	
					rechts	links	rechts	links
4x	Juniorinnen	32	176 ± 5	68,4 ± 7,3	-	-	-	-
	Junioren	24	191 ± 4	85,0 ± 7,6	-	-	-	-
	U23	8	192 ± 4	91,1 ± 8,2	-	-	-	-
	Männer	8	194 ± 4	91,6 ± 5,8	-	-	-	-
1x	Männer	12	184 ± 5	74,4 ± 8,5	10	2	9	3

A-D Kaderathleten des Deutschen Ruderverbands bzw. der Landesruderverbände Hamburg und Niedersachsen

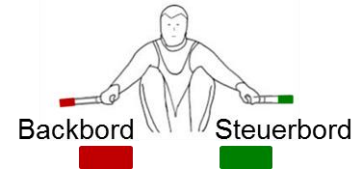
Testverfahren im Rennboot



Skullen (Doppelvierer), N=72

- Retrospektive Analyse von Schlagfrequenzstufen 20, 24, 28, 32 Schl./min, jeweils 15 Schläge

Mathematisch-statistische Auswertung

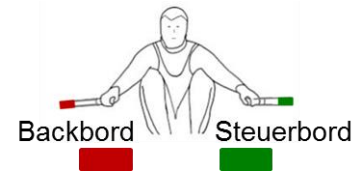


- **Symmetrieindex (SI)** zur Bestimmung des Grads der Asymmetrie zwischen linker und rechter Körperseite mittels

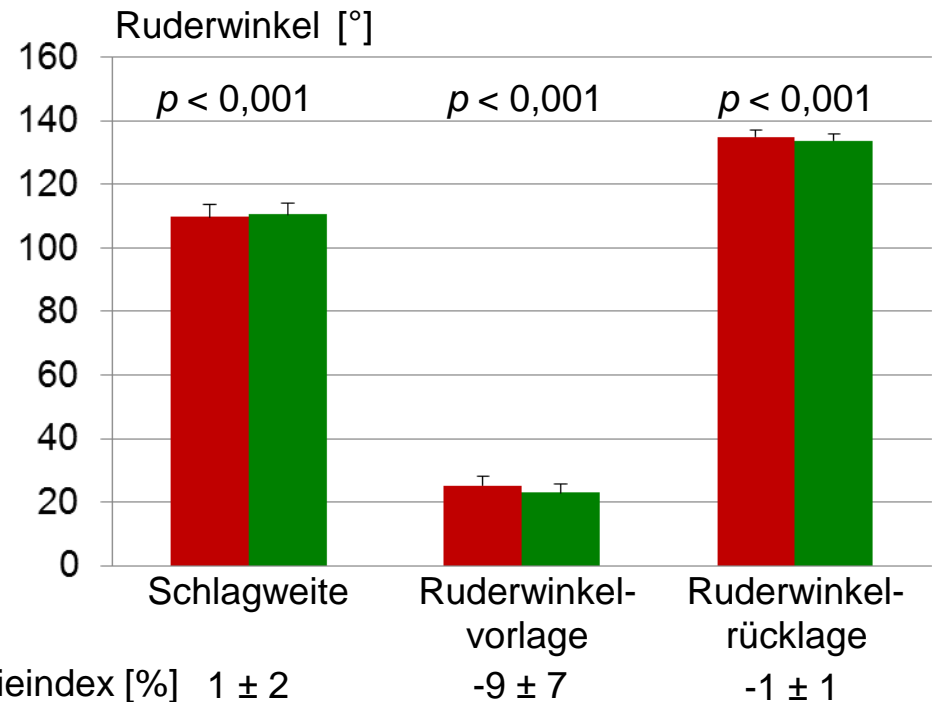
$$SI = \frac{(x_1 - x_2)}{0,5(x_1 + x_2)} \cdot 100\% \text{ (Robinson, Herzog \& Nigg, 1987)}$$

- x_1 = Steuerbord
- x_2 = Backbord
- **Varianzanalysen mit Messwiederholung** nach dem allgemeinen linearen Modell (SPSS Version 20.0)
 - Maß der Effektstärke partielles Eta-Quadrat (η_p^2)

Asymmetrie rudertechnischer Kennwerte im Skullboot, $N = 72$



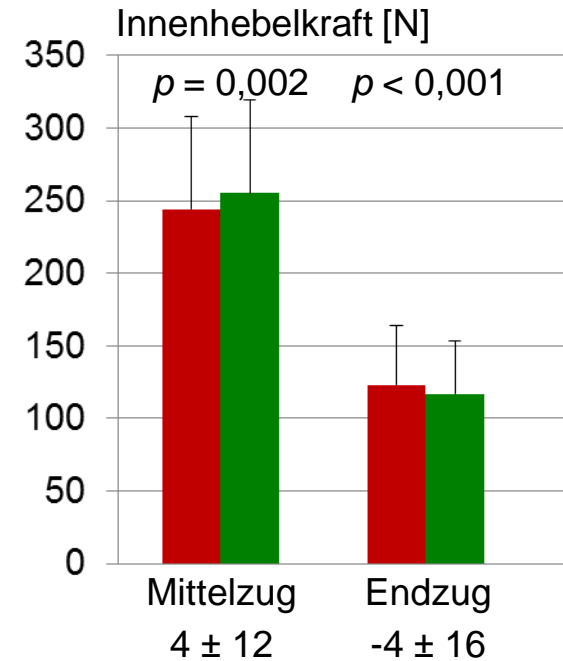
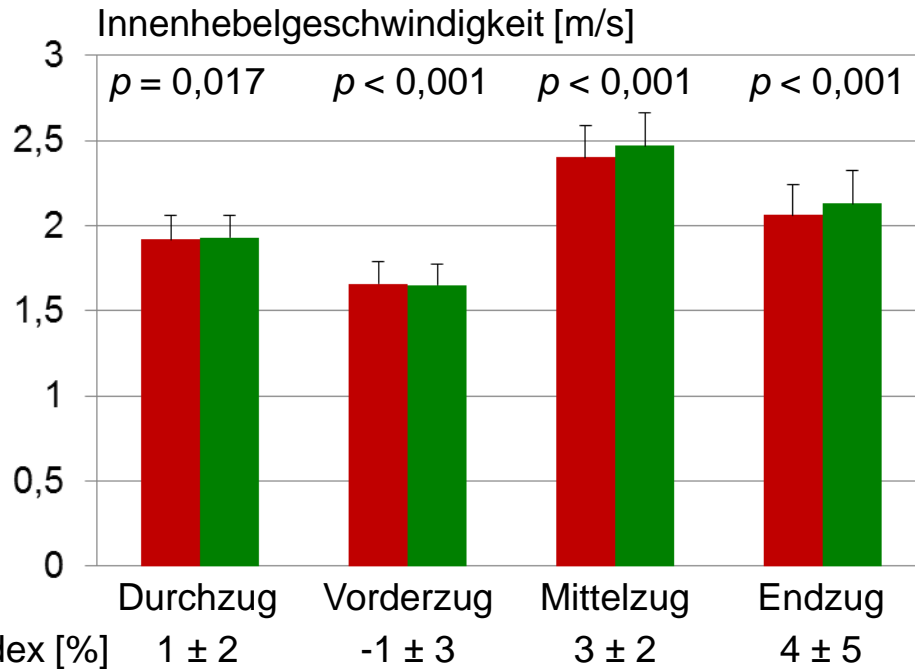
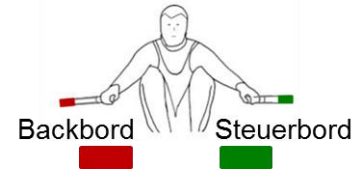
Backbord Steuerbord



Steuerbord

- größere Schlagweite
- weitere Ruderwinkelvorlage
- geringeres Ausziehen des Schlages im Endzug

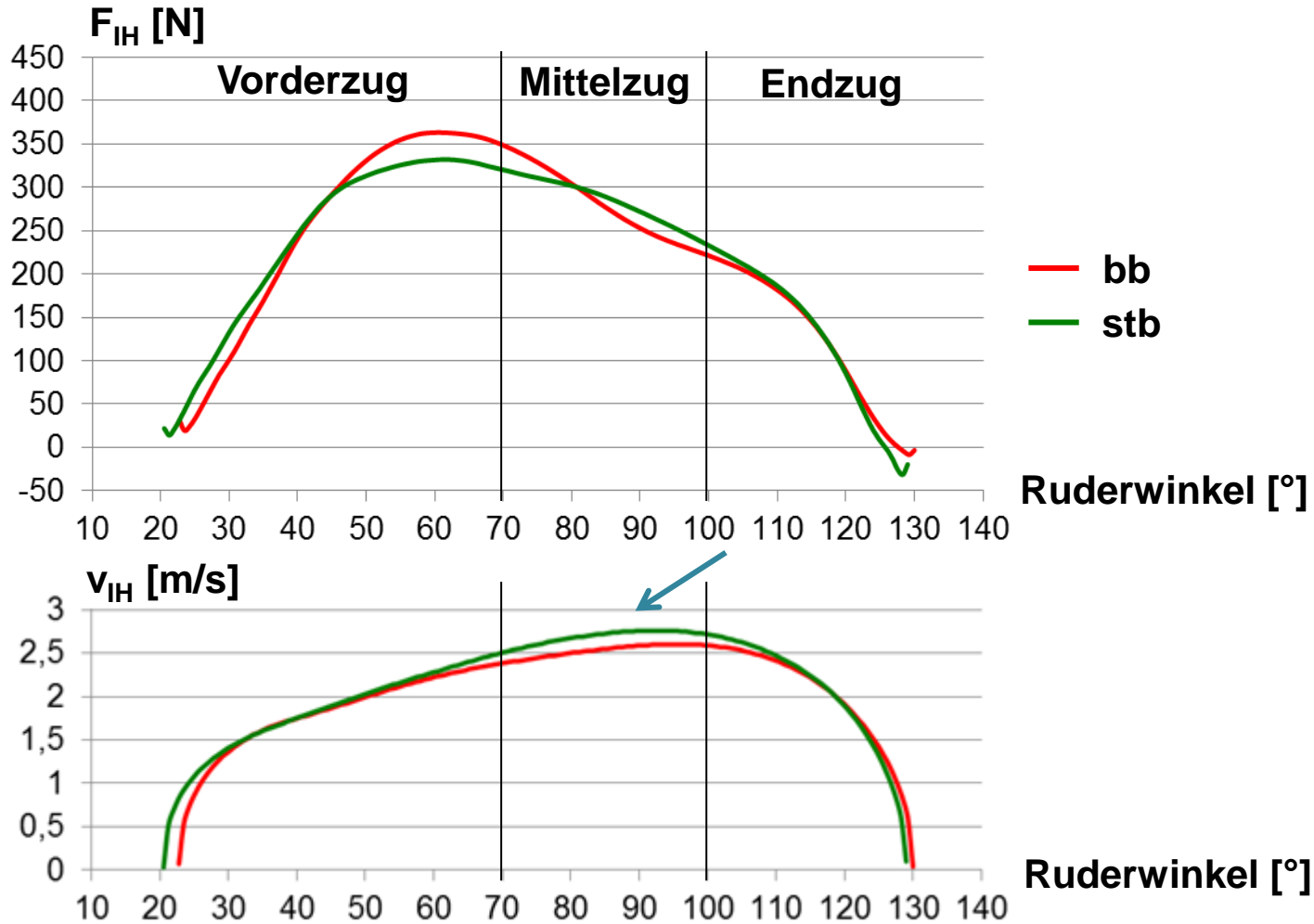
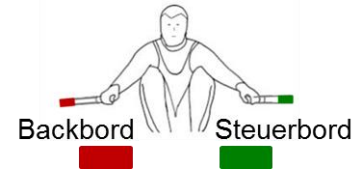
Asymmetrie rudertechnischer Kennwerte im Skullboot, $N = 72$



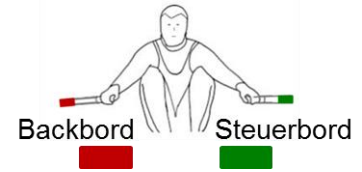
Steuerbord

- höhere Innenhebelgeschwindigkeit im Durch-, Mittel- und Endzug
- höhere Innenhebelkraft im Mittelzug und geringere Innenhebelkraft im Endzug
- geringe Werte des Symmetrieindex

Asymmetrie rudertechnischer Kennwerte im Skullboot



Zusammenfassung der Ergebnisse



- In allen Leistungsklassen wurden signifikante Unterschiede zwischen den Bootsseiten in den rudertechnischen Kennwerten gefunden.
- Systematisch für alle Leistungsklassen zeigte sich auf der Steuerbordseite
 - eine weitere Ruderwinkelvorlage, ein geringeres Ausziehen des Schlages im Endzug und im Ergebnis eine größere Schlagweite
 - eine höhere Innenhebelgeschwindigkeit im Mittel- und Endzug sowie eine geringe Innenhebelgeschwindigkeit im Vorderzug
 - eine höhere Innenhebelkraft im Mittelzug sowie eine geringe Innenhebelkraft im Endzug.
- Im Unterschied zwischen den Leistungsklassen ruderten die Männer der Nationalmannschaft im Vergleich zu den Nachwuchsathleten der Juniorennationalmannschaft
 - mit geringeren Differenzen der Innenhebelkraft im Vorderzug sowie der Innenhebelkraft, -geschwindigkeit und -leistung im Durchzug.



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

BEWEGUNGS- UND
TRAININGSWISSENSCHAFT

Gieren des Rennbootes und Asymmetrie rudertechnischer Kennwerte in Abhängigkeit von der Windrichtung beim Skullen

Klaus Mattes, Stefanie Manzer,
Martin Reischmann & Nina Schaffert

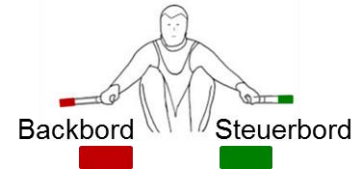
Universität Hamburg

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Problemstellung

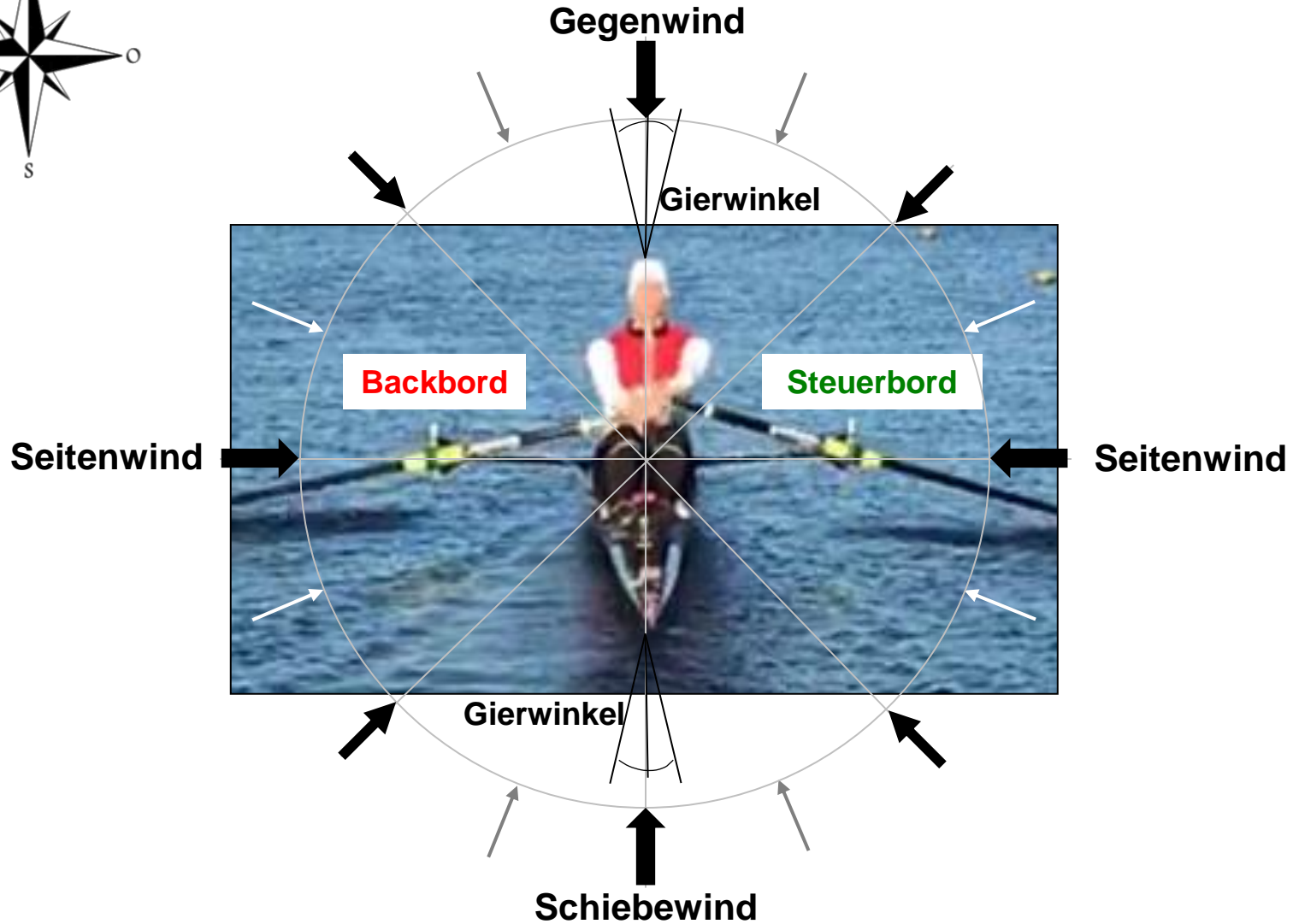
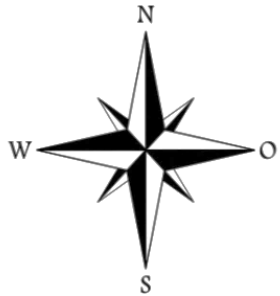
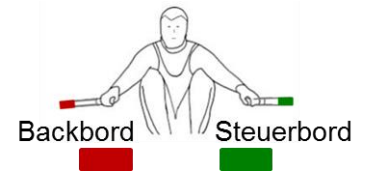


- Asymmetrische Bewegungsmuster
 - Verletzungsrisiko
 - Leistungsergebnis
- Skullen
 - symmetrische Bewegung
 - Skullboote steuerruderlos, asymmetrische Krafteinleitung bei Seitenwind

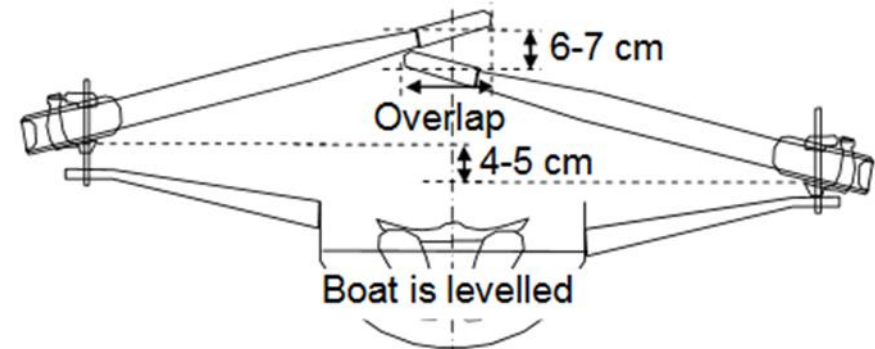
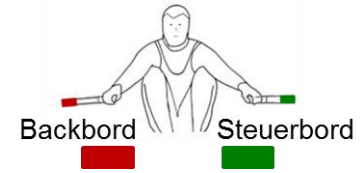
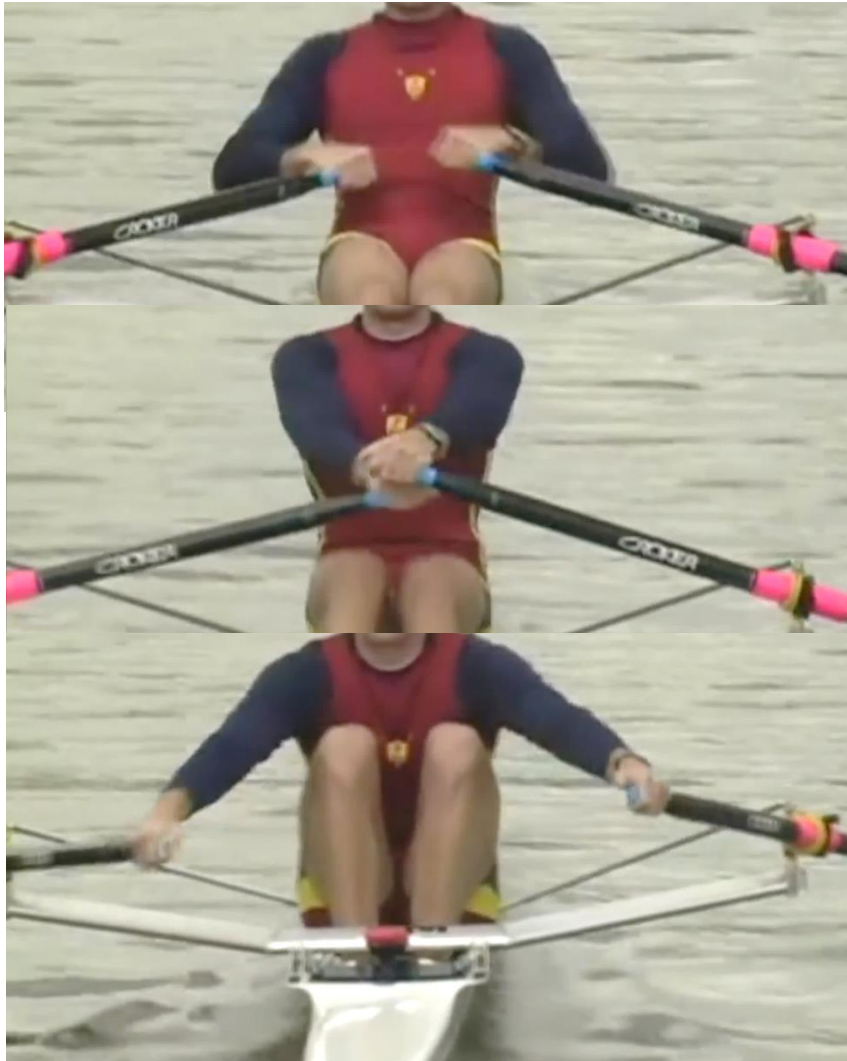
Gieren

- Rotation um die Tiefenachse (Sinclair, Greene & Smith, 2009), Kursabweichung des Bootes
- Gieren, Kurskorrektur
 - Gieren infolge von Seitenwind nach Backbord erfordert höhere Kraft auf Backbord
 - Gieren infolge von Seitenwind nach Steuerbord erfordert höhere Kraft auf Steuerbord
- Gieren, Ruderleistung
 - verlängert den Fahrtweg bis zum Ziel
 - vergrößert die Stirnfläche für die angreifende Wasserkraft und erhöht den Wasserwiderstand (Baudouin & Hawkins, 2002)

Windeinfluss

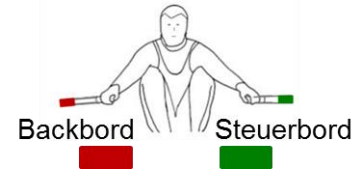


Problemstellung



- lange Innenhebel beim Skullen bedingen Überlappen im Mittelzug
- unterschiedliche Dollenhöhe
- verbindliche Handführung, rechte Hand näher am Körper und unter linker Hand

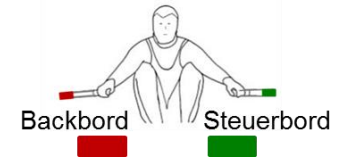
Ziel-, Fragestellung und Hypothesen



Welchen Einfluss übt seitlicher Wind auf das Gieren des Bootes und die Asymmetrie rudertechnischer Kennwerte aus?

Hypothetisch wurde erwartet, dass bei seitlichem Gegenwind von Backbord das Boot stärker giert als bei seitlichem Schiebewind von Steuerbord und eine höhere Asymmetrie der Innenhebelkraft zur Kurskorrektur erfordert.

Untersuchungsdesign, Stichprobe

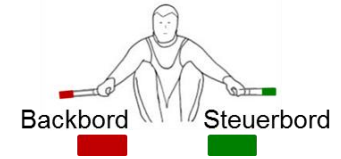


- **Untersuchungsdesign:** Feldtest, 500-m-Distanz, Schlagfrequenz 20 Schl./min, seitlicher Schiebewind von Steuerbord und seitlicher Gegenwind von Backbord
- **Stichprobe, $N=12$**

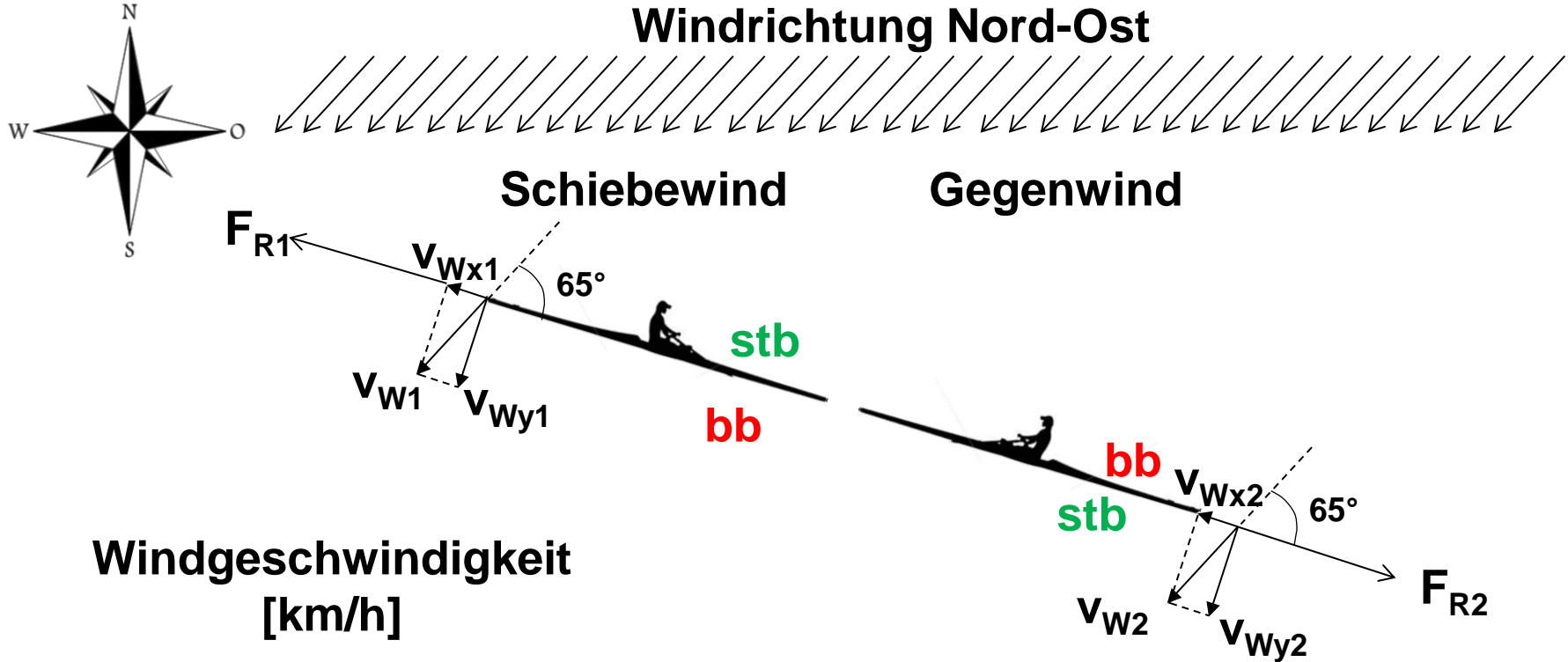
Ruderart	Kader	Alter [J]	Körperhöhe [m]	Körpermasse [kg]
Skull, n=6 Riemen, n=6	D, D/C, C, CJ, B, A	22,5 ± 4,2	183,9 ± 5,5	74,4 ± 8,5

- **Sportliche Erfolge**
 - Olympiateilnahme 8+, Weltmeister 4-
 - Weltmeister 8+ LG, WM-Teilnahme
 - Deutscher Vizemeister 1x, Deutscher Vizemeister 4x
 - Platz 3, U23 WM 2- LG

Windbedingungen



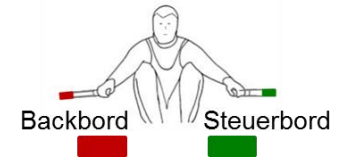
Windrichtung Nord-Ost



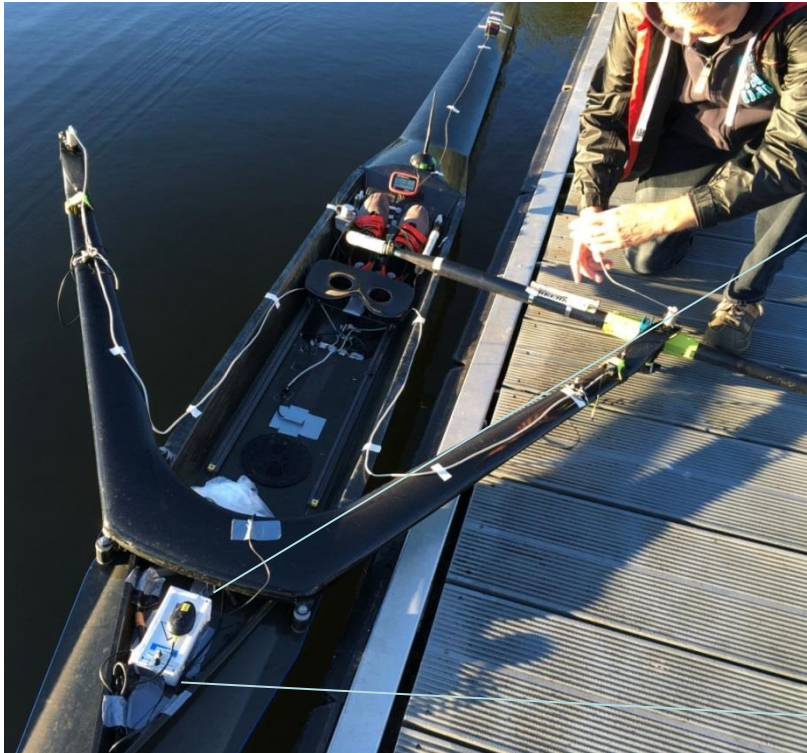
Windgeschwindigkeit [km/h]

	Start	250 m	Ziel
WB 1	10,0 ± 4,5	8,1 ± 3,8	10,6 ± 5,4
WB 2	10,6 ± 5,4	8,2 ± 4,4	9,7 ± 2,5

Messsysteme



Mobiles Messsystem



SOFIROW II



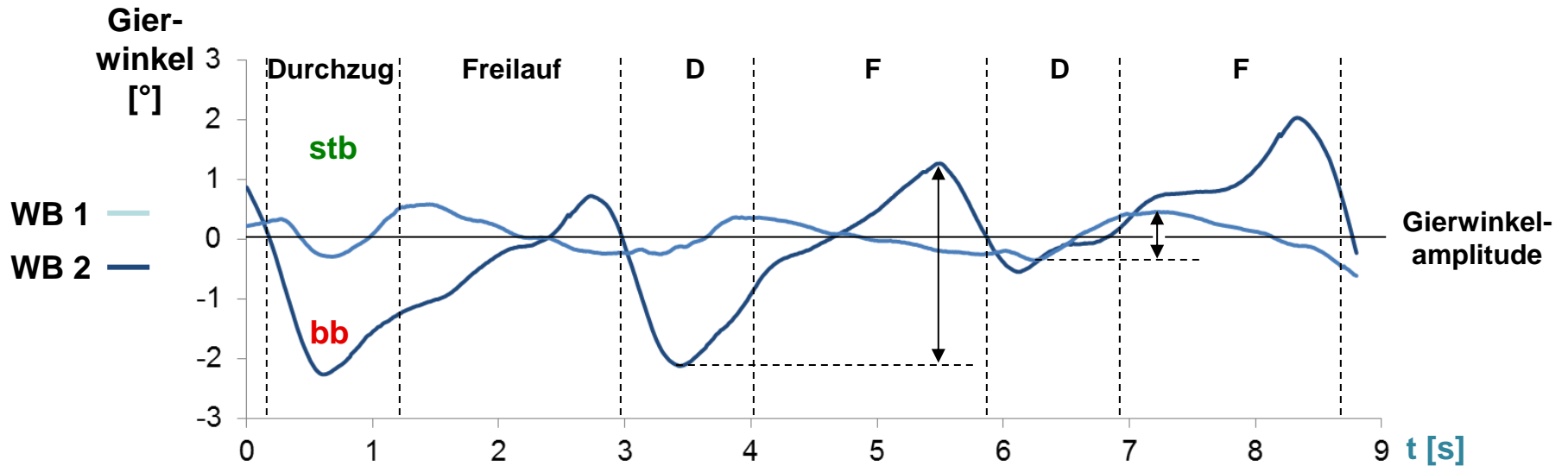
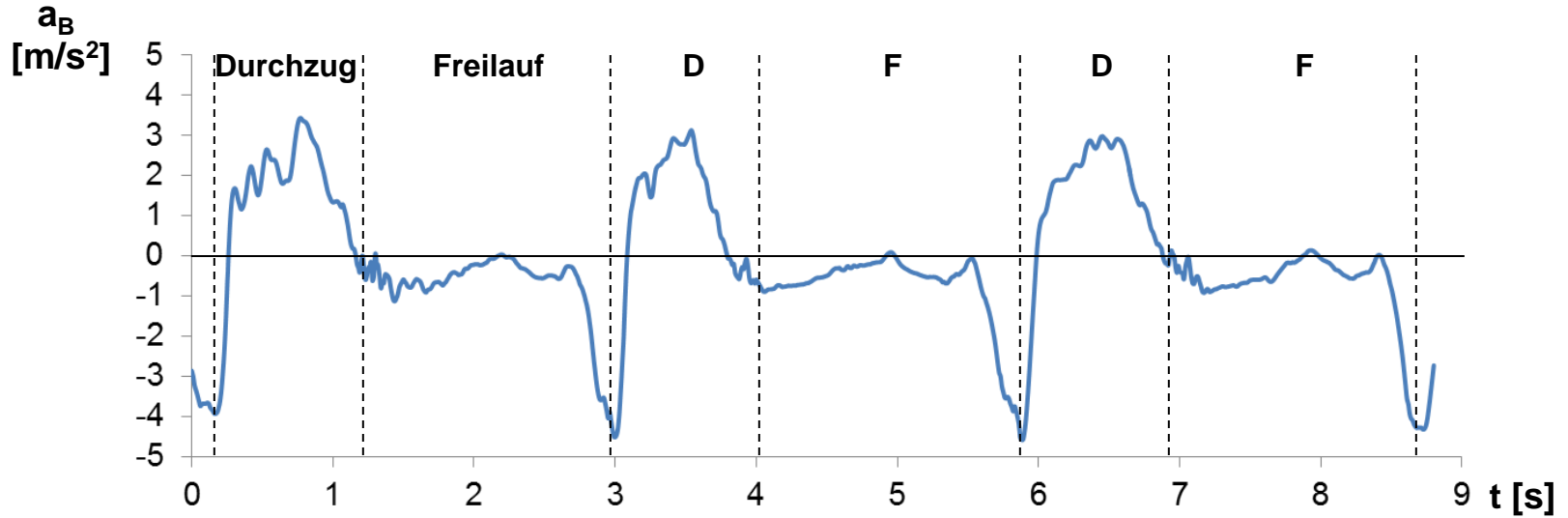
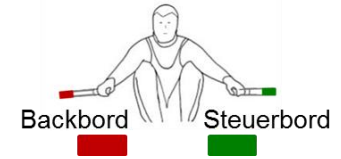
Messparameter (Auflösung)

- Ruderwinkel ($0,1^\circ$)
- Innenhebelkraft (0,25 N)
- Stemmbrettkraft (0,25 N)

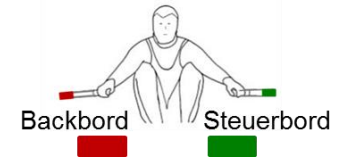
Messparameter, -genauigkeit

- Beschleunigung: 1%, $\pm 2g$
- 3D-Rotation: $0,1^\circ$
- Abtastfrequenz: 100 Hz
- 4-Hz-GPS

Gierwinkelamplitude Vgl. WB 1 vs. WB 2



Symmetrieindex

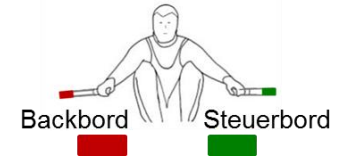


- Symmetrieindex (SI) nach Robinson, Herzog und Nigg (1987)

$$SI = \frac{(x_{stb} - x_{bb})}{0,5(x_{stb} + x_{bb})} \cdot 100\%$$

- x_{stb} = Kennwert der Steuerbordseite
- x_{bb} = Kennwert der Backbordseite
- positiver SI-Wert = Werte Steuerbord > Backbord
- negativer SI-Wert = Werte Steuerbord < Backbord

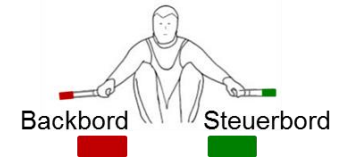
Relative und absolute Reproduzierbarkeit



- Test 1 und 2 = jeweils 15 Ruderzyklen der 500-m-Messfahrt mit Windbedingung 1
- Standard Error of Measurement (SEM) $SEM = SD \cdot \sqrt{1 - ICC}$
- Coefficient of Repeatability (CR) $CR = SEM \cdot \sqrt{2 \cdot 1,96}$

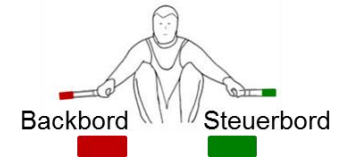
Kennwert	Test 1	Test 2	SDges	ICC	95-%-CI	SEM	CR
S_F [Schl./min]	20,1 ± 0,4	20,2 ± 0,4	0,4	0,968	0,89 - 0,99	0,1	0,1
v_B [m/s]	3,58 ± 0,1	3,59 ± 0,1	0,10	0,938	0,78 - 0,98	0,02	0,05
Gieramplitude [°]	0,79 ± 0,33	1,16 ± 0,42	0,42	0,878	0,51 - 0,97	0,15	0,29
F_{IHD} [N]	368 ± 36	367 ± 37	35	0,978	0,92 - 0,99	5	10
v_{IHD} [m/s]	1,55 ± 0,04	1,55 ± 0,05	0,05	0,968	0,89 - 0,99	0,01	0,02
S_W [°]	102,5 ± 4,2	102,7 ± 4,4	4,2	0,998	0,99 - 1,00	0,2	0,4
W_i [°]	26,1 ± 2,5	26 ± 2,7	2,5	0,996	0,99 - 1,00	0,2	0,3
W_x [°]	128,6 ± 2,6	128,7 ± 2,6	2,5	0,999	1,00 - 1,00	0,1	0,2
F_{SD} [N]	307 ± 54	309 ± 57	54	0,986	0,95 - 1,00	6	13

Mathematisch-statistische Auswertung

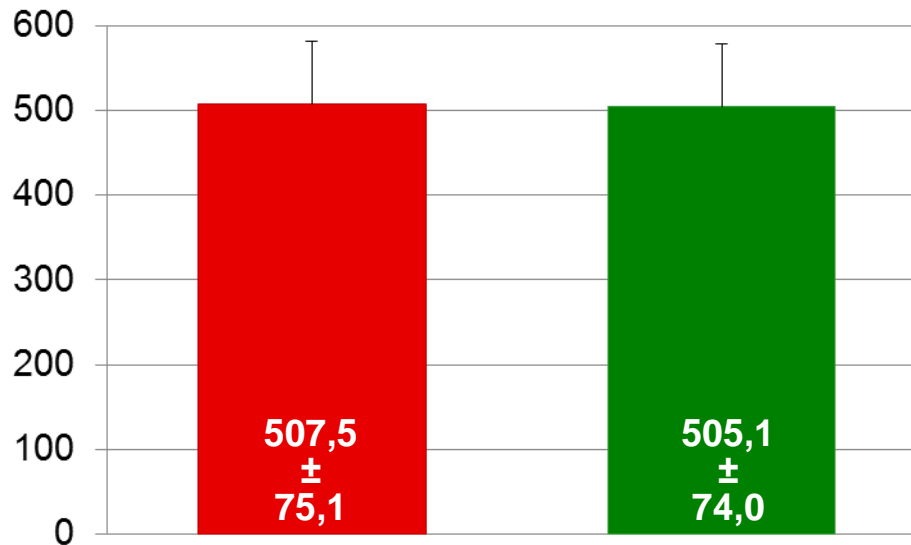


- Einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholungen der Werte des Symmetrieindex im Vergleich W1 vs. W2
- Maß der Effektstärke: partielle Eta-Quadrat (η_p^2)
 - kleiner Effekt $\eta_p^2 \geq 0,08$
 - mittlerer Effekt $\eta_p^2 \geq 0,20$
 - großer Effekt $\eta_p^2 \geq 0,32$ (Cohen, 1988)
- Prüfung der Normalverteilung und Varianzhomogenität mittels Kolmogorov-Smirnov-Test und Levene-Test
- Bonferroni-Holm-Korrektur zur Adjustierung der p-Werte
 - 22 Variablen
 - Bonferroni-Schranke von $p < 0,0023$
- SPSS 21.0 (Chicago, IL, USA)

Vergleich der Handgriffkraft



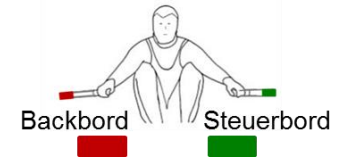
Maximale Handgriffkraft [N]



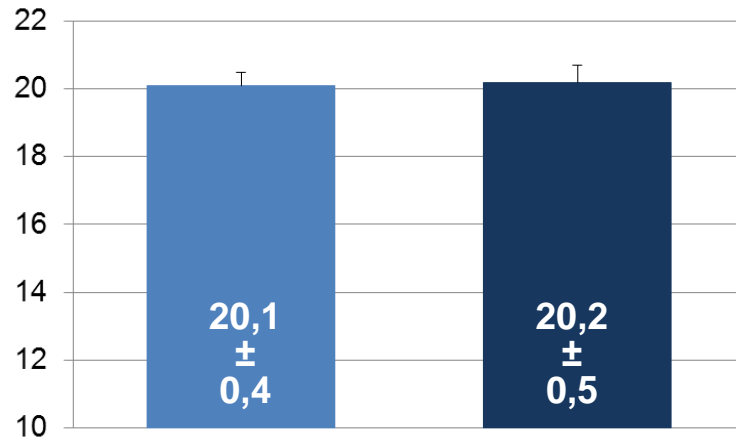
- Rechte Hand (Backbord)
- Linke Hand (Steuerbord)



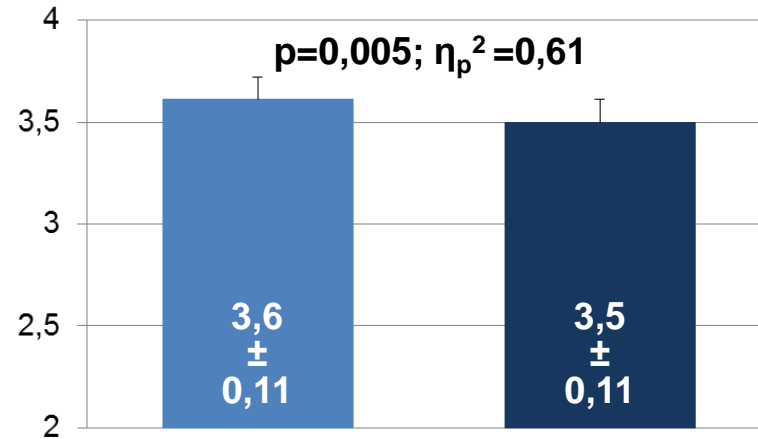
Vergleich von Bootswerten Windbedingung 1 vs. 2



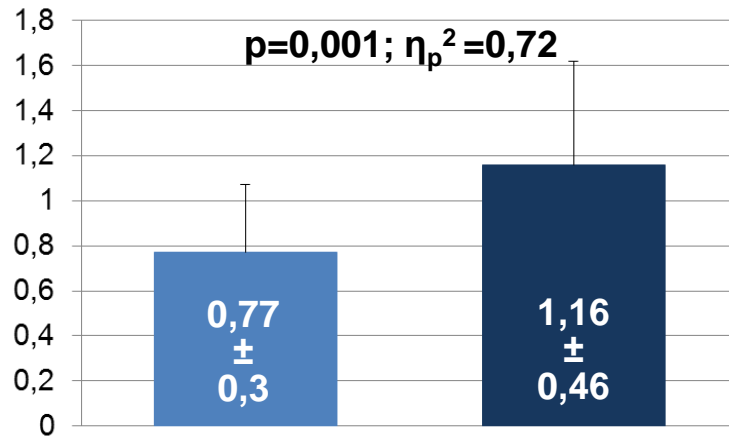
Schlagfrequenz [Schl./min]



Bootgeschwindigkeit [m/s]

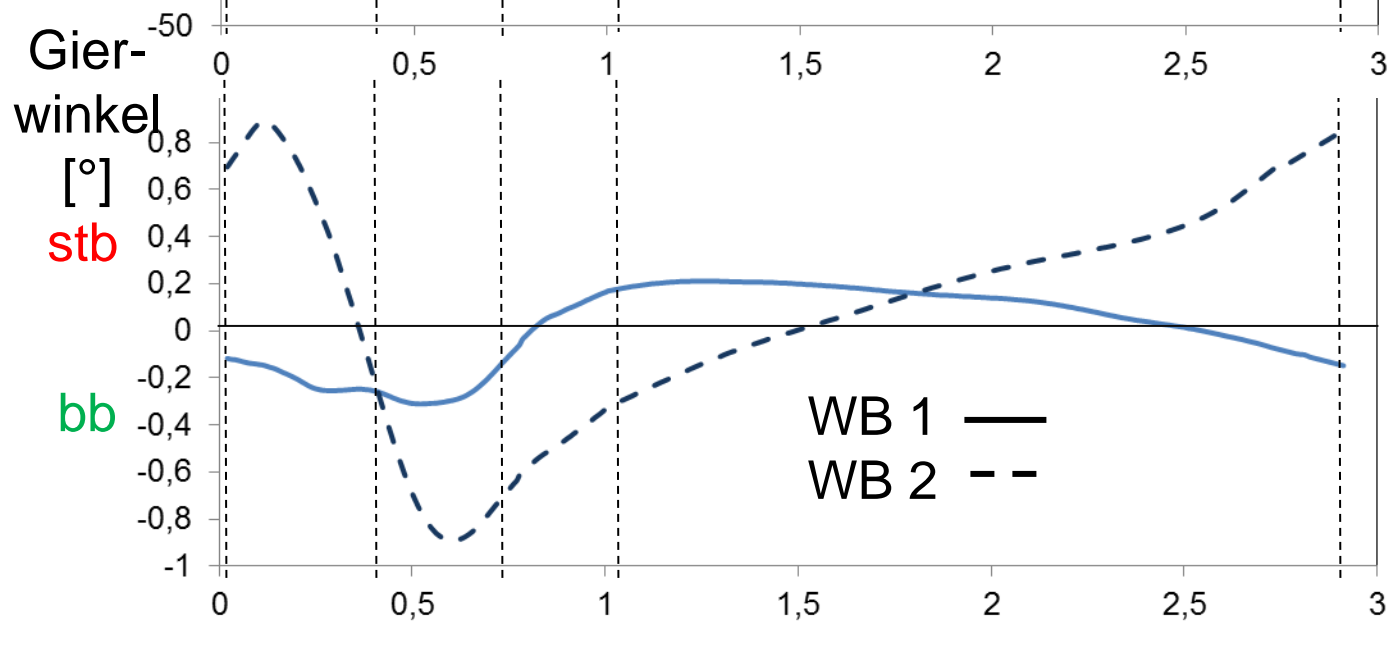
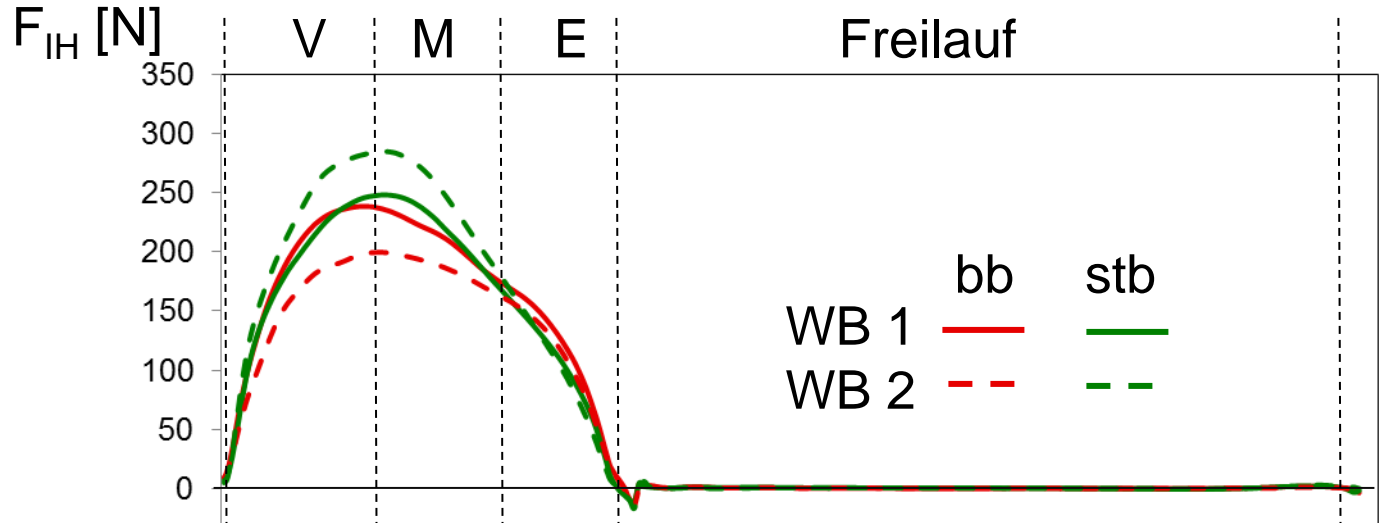
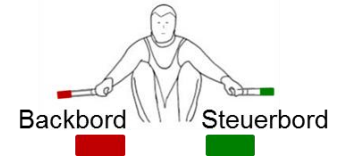


Gierwinkelamplitude [°]

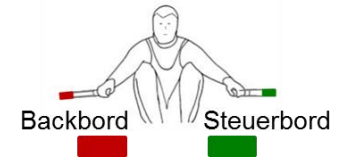


- Windbedingung 1
- Windbedingung 2

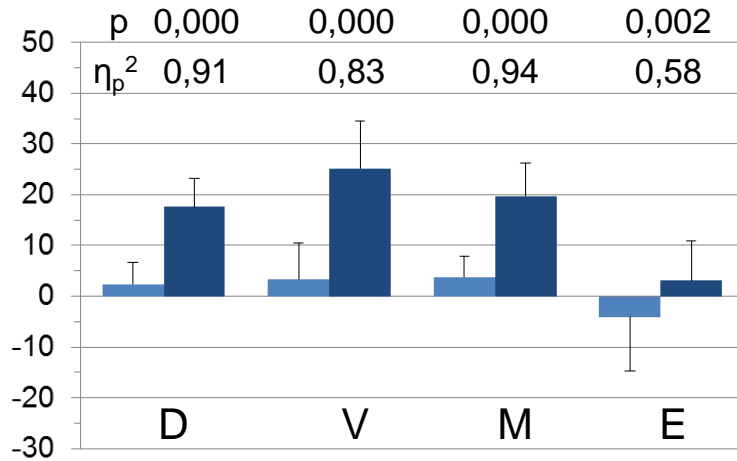
Kraftasymmetrie und Gierwinkel



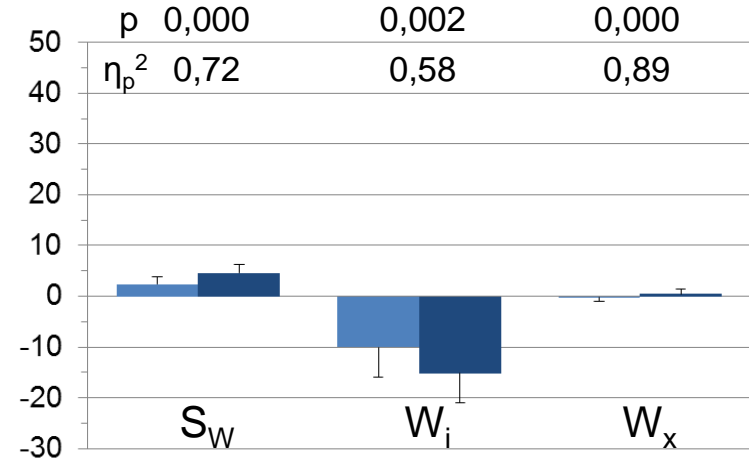
Vergleich des Symmetrieindex Windbedingung 1 vs. 2



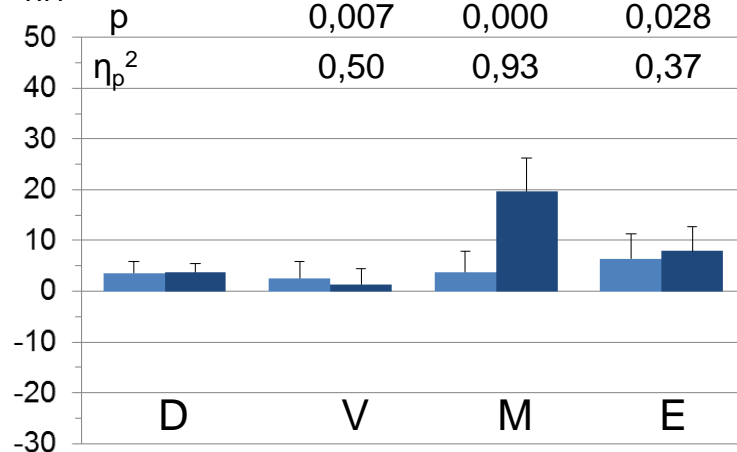
SI_{FIH} [%]



SI Ruderwinkel [%]

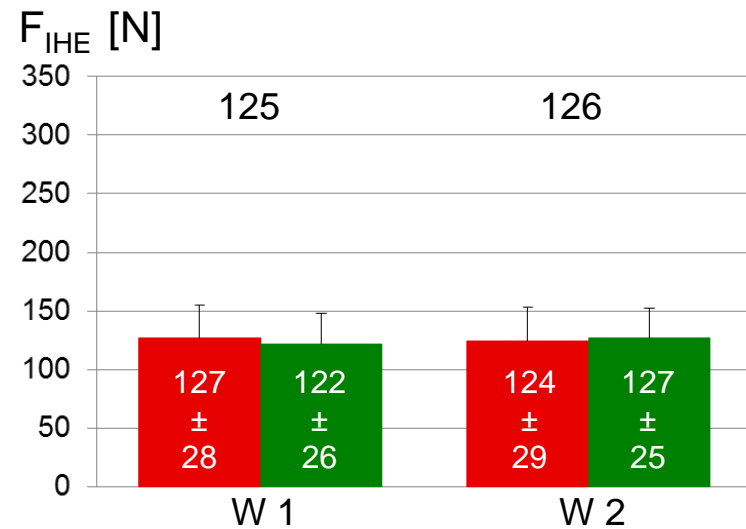
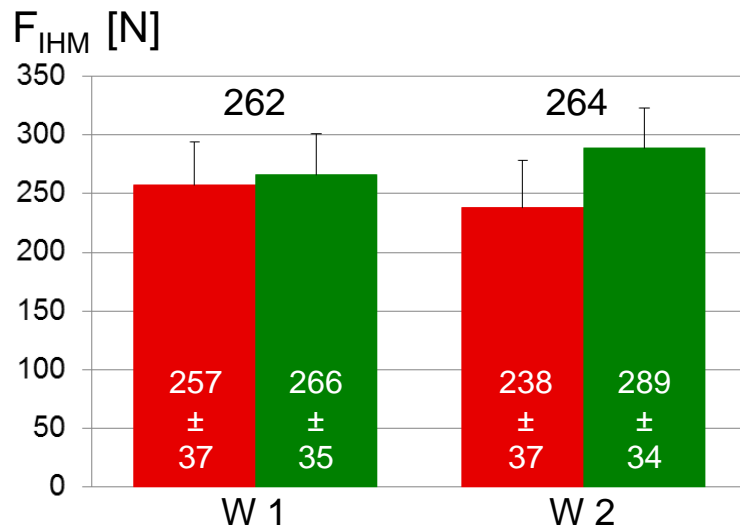
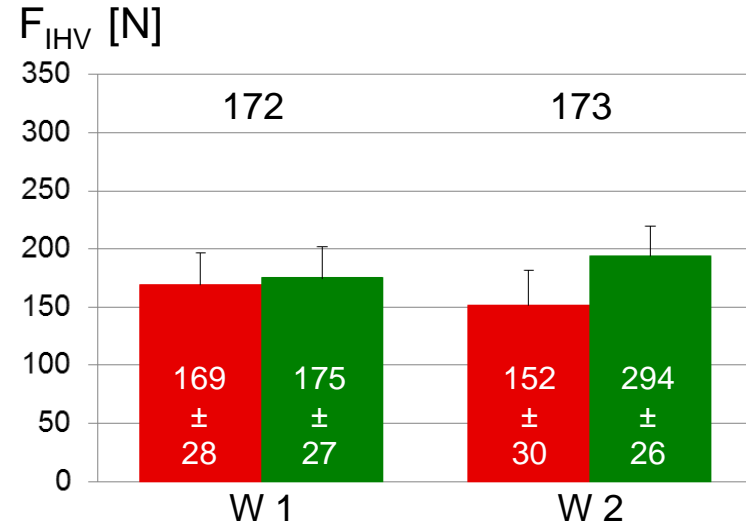
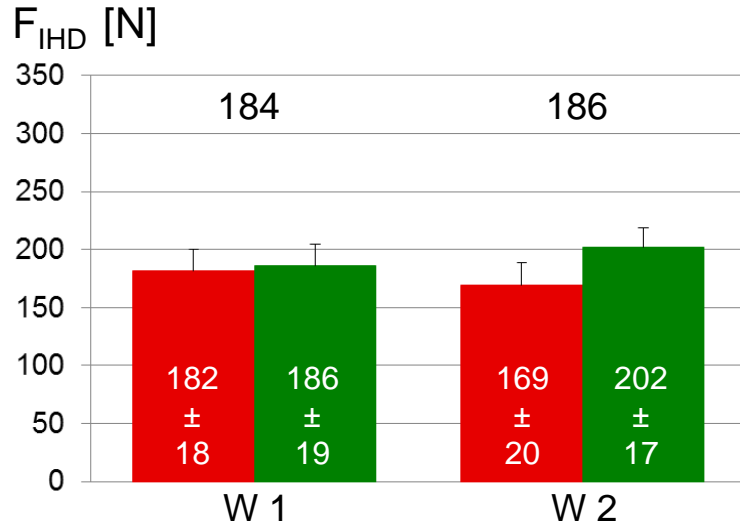
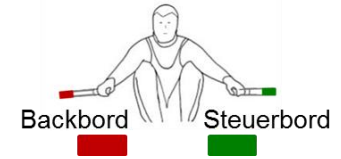


SI_{VIH} [%]



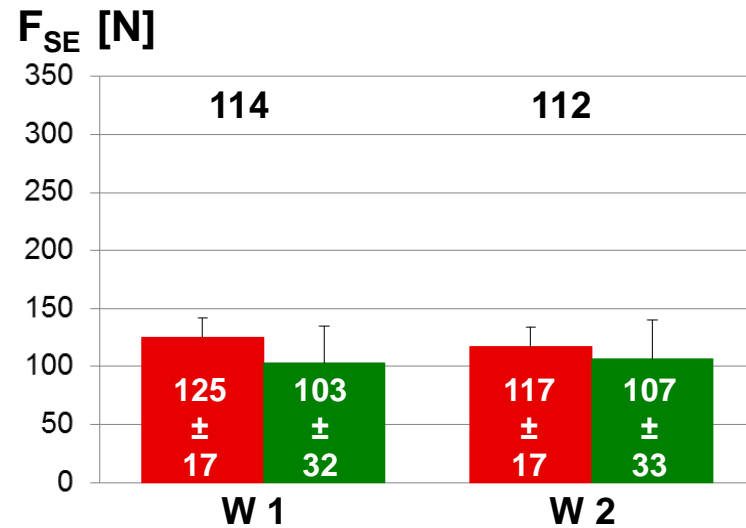
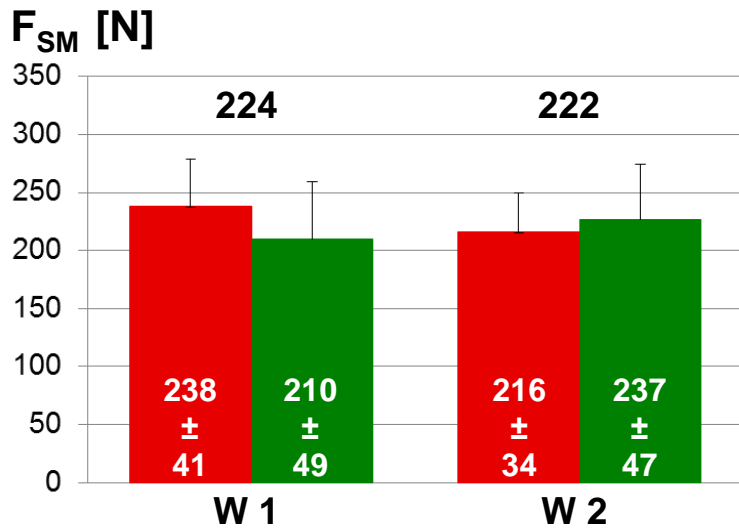
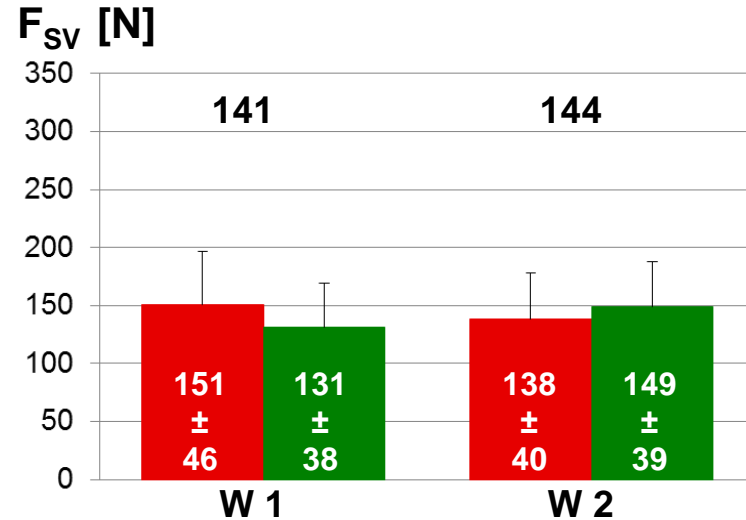
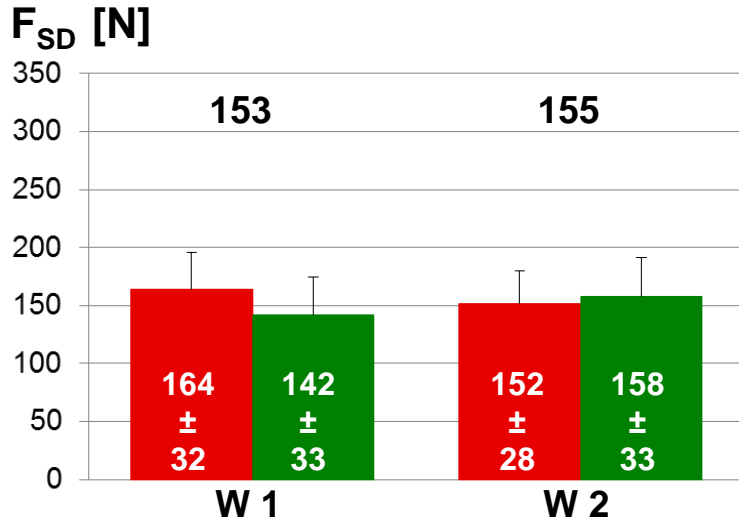
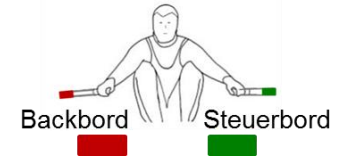
Windbedingung 1
Windbedingung 2

Vergleich der Innenhebelkraft Windbedingung 1 vs. 2



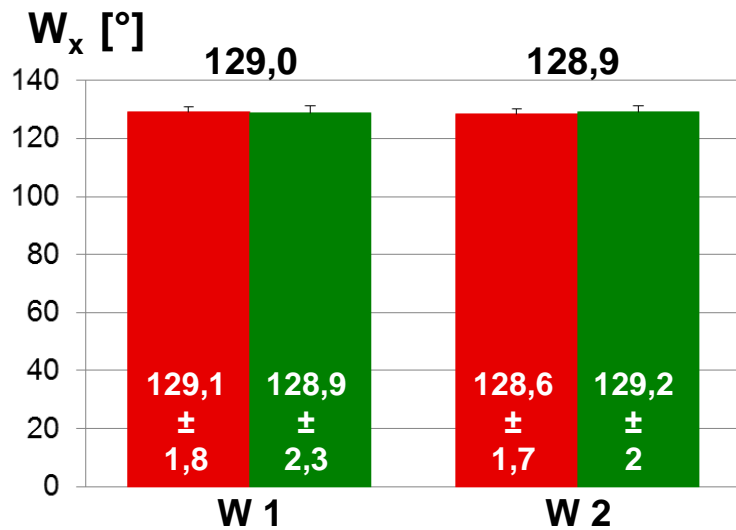
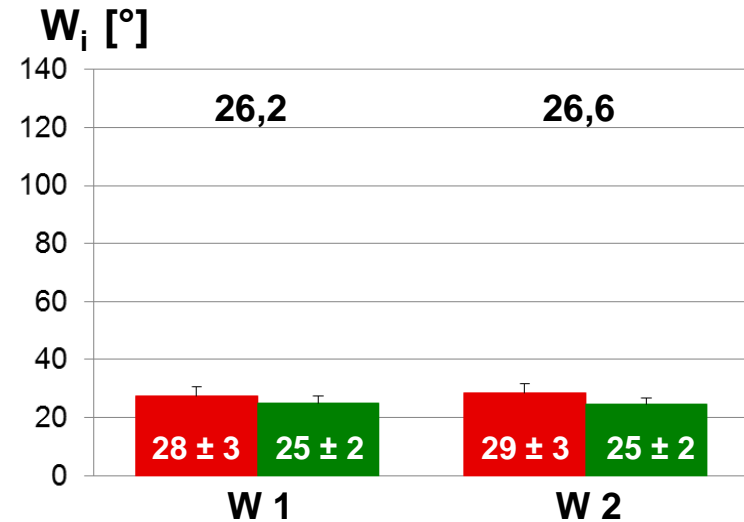
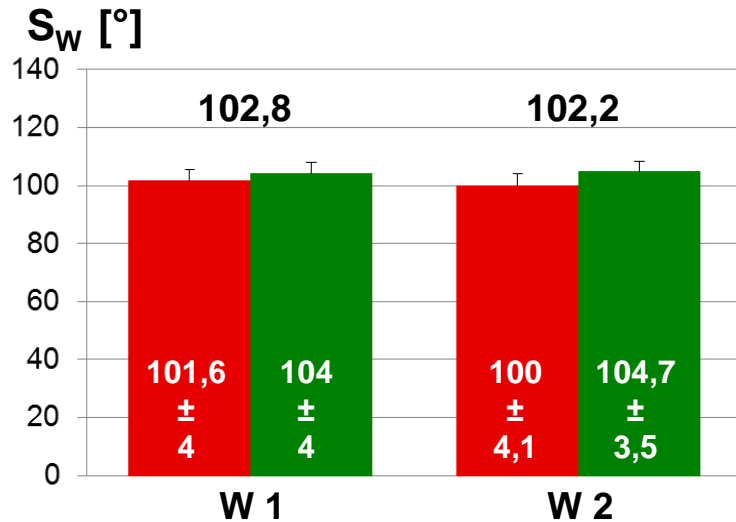
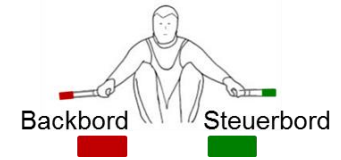
Backbord (rechte Hand) Steuerbord (linke Hand)

Vergleich der Stemmblettkraft Windbedingung 1 vs. 2



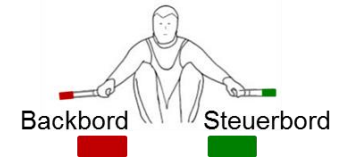
■ Backbord (rechte Hand) ■ Steuerbord (linke Hand)

Vergleich der Ruderwinkel Windbedingung 1 vs. 2

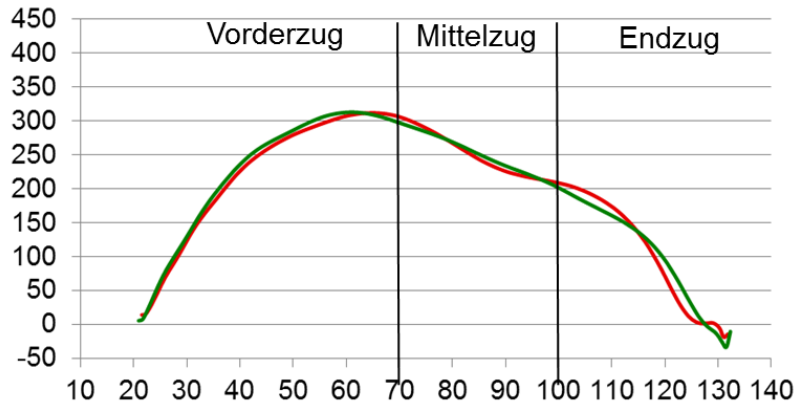


- Backbord (rechte Hand)
- Steuerbord (linke Hand)

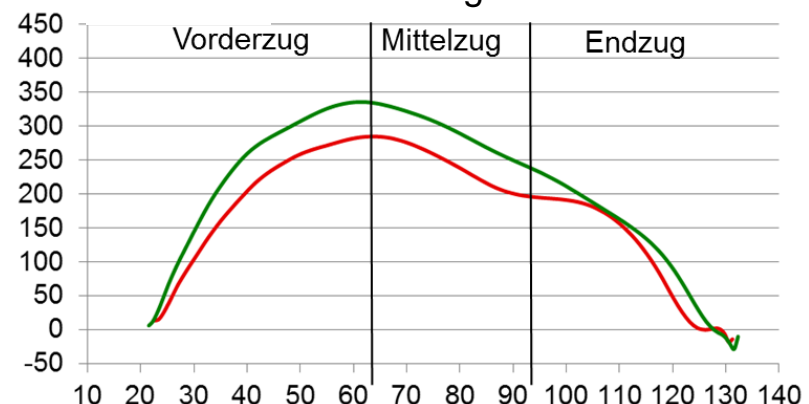
Einfluss von Seitenwind auf die Asymmetrie



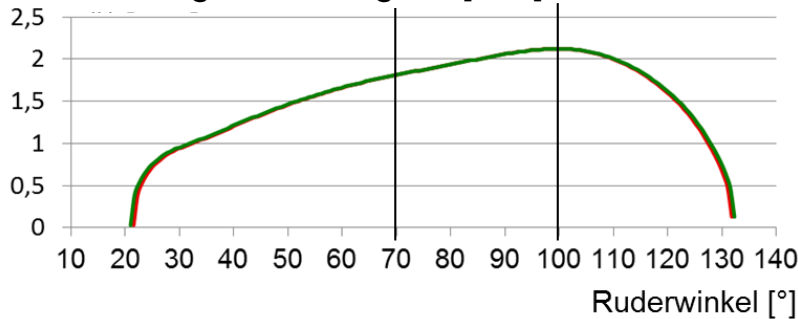
Innenhebelkraft [N] seitl. Schiebewind



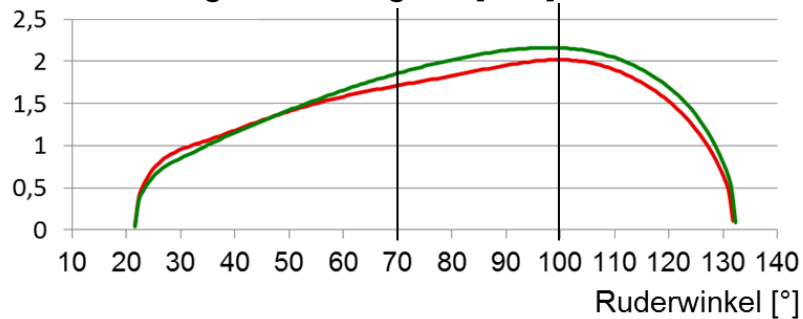
Innenhebelkraft [N] seitl. Gegenwind



Innenhebelgeschwindigkeit [m/s] Ruderwinkel [°]



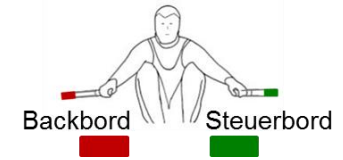
Innenhebelgeschwindigkeit [m/s] Ruderwinkel [°]



Seitlicher Gegenwind

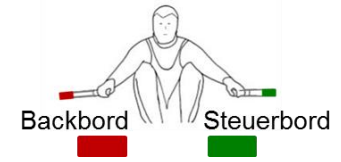
- steigert die Asymmetrie der Innenhebelgeschwindigkeit und -kraft

Zusammenfassung und Folgerungen



- vergleichbare Windgeschwindigkeit bei WB 1 und WB 2 unterschiedliche **Gierwinkel**
- Gierwinkelamplitude bei seitlichem Gegenwind von Backbord > bei seitlichem Schiebewind von Steuerbord
- seitliche Gegenwind von Backbord, Auslenkung des Bootes nach Steuerbord, höhere Innenhebelkraft auf Steuerbord zur Kurskorrektur nach Backbord
- Höhere Gieramplitude mit höherer Asymmetrie zur Kurskorrektur verbunden.
 - **Kraftdifferenz** von ca. 20-25 % oder ca. 40 N pro Schlag im Vorder- und Mittelzug
 - vergleichbare Summe der Innenhebelkraft von Back- und Steuerbord
- **Handführung** rechte Hand vor und unter der linken Hand, Tendenz zur Asymmetrie der Innenhebelkraft und –geschwindigkeit mit höheren Werten auf Steuerbord.
- Überlagerung könnte eine höhere Bootseitenasymmetrie mit höheren Werten auf Steuerbord erklären.
- **Gegenwind von Backbord**, Anstieg der Innenhebel und Stemmbrettkraft auf Steuerbord

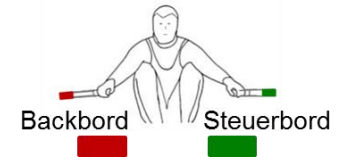
Handgriffkraft



Kein Unterschiede in der Handgriffkraft

- Skullen verringert die Seitendominanz der Handgriffkraft
- Asymmetrische Bewegungsmuster infolge von Seitenwind gleichen sich im Durchschnitt aus und führen nicht zu asymmetrischer Adaptation der Muskulatur.
- eher symmetrisches Krafttraining (1-2 x die Woche)
- Ergometerrudern mit translatorischem Zug beider Hände

Fazit



- Asymmetrische Bewegungsmuster beim Skullen erhöhen das Risiko von Rückenbeschwerden
 - Gegenwind beständig von Backbord und lange Trainingseinheiten mit nur einem Fahrtrichtungswechsel
 - Gegenwindfahrt im zweiten Teil der Trainingseinheit mit fortschreitender Ermüdung, steigert das Risiko weiter.
- Bei starkem Seitenwind sollte in langen Trainingseinheiten häufiger die Fahrt- und damit die Windrichtung geändert werden, um Überbeanspruchungen einer Körperseite zu vermeiden.
- Kontrolle des Gierens im steuerlosen Skullboot bei
 - Windstille und
 - seitlichem Gegen- oder Schiebewind
 - rudertechnische Anforderung mit Wirkung auf das Leistungsergebnis.



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

BEWEGUNGS- UND
TRAININGSWISSENSCHAFT

Kraftasymmetrie beim Ergometerrudern und in Krafttests

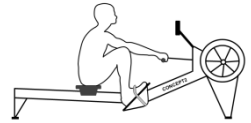
Mattes, K. & Manzer, S.

Handkraft, Rumpfrotation und bilaterale
Beinstreckung in Abhängigkeit von der Bootsseite
im Riemen- und Skullrudern

Wissenschaftliches Problem

Ergometerrudern

- Links-rechts-Asymmetrie der Stembrettkraft (Skull und Riemen)
- Asymmetrie der Stembrettkraft zwischen Innen- und Außenbein (Riemenruderer)



Maximalkraftfähigkeiten ruderspezifischer Hauptmuskelgruppen

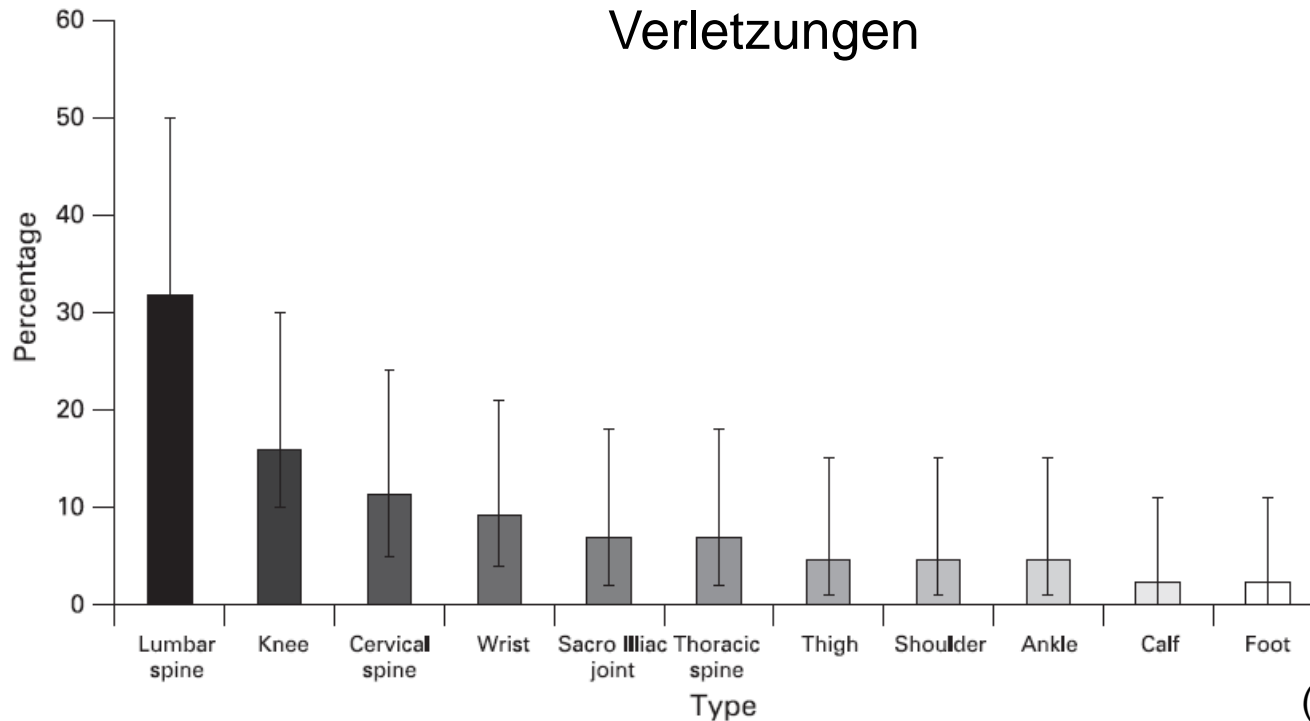
- Asymmetrie der Handgriff-, Rumpfrotations- und Beinstreckkraft (Skull und Riemen)



Händigkeit und Füßigkeit als konfundierende Variablen

Verletzungsprävention

Art der Verletzung in Prozent der Gesamtanzahl der Verletzungen



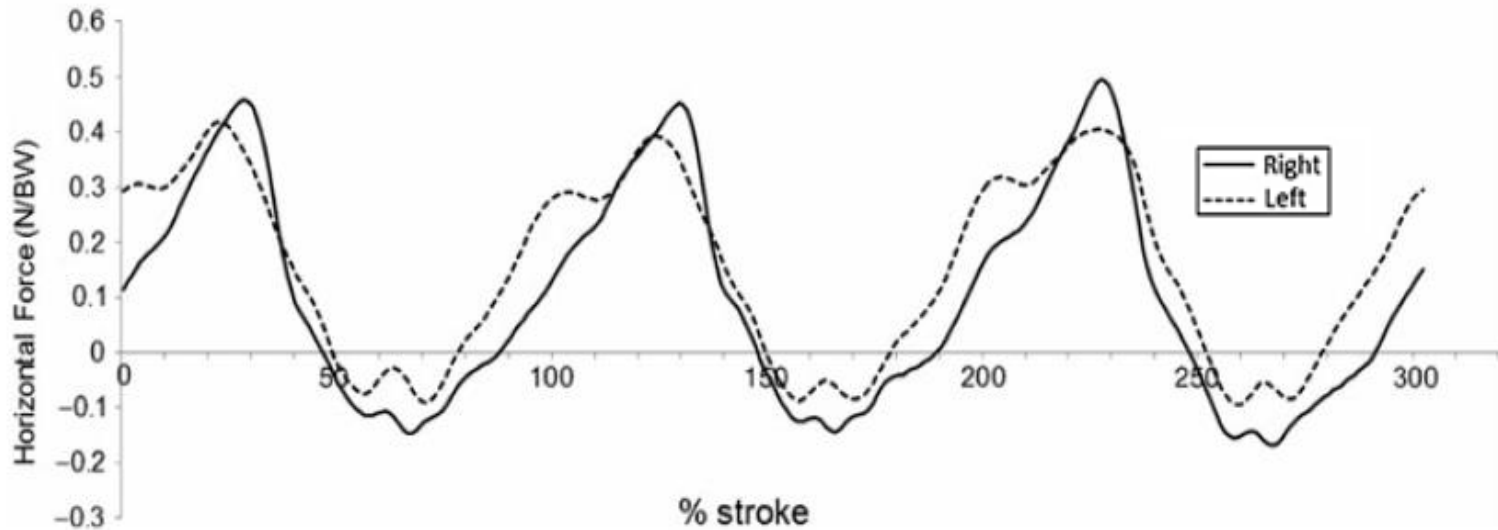
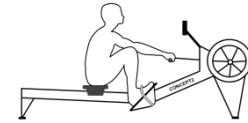
(Wilson et al., 2010)

Risikofaktoren für LBP

- Rudern im Alter unter 16 Jahren
- Ergometertraining > 30 min
- Big Blades
- Riemenrudern, kurzfristiger Wechsel der Bootsseite

(Teitz et al., 2003)

Asymmetrie der Stemmbrettkraft beim Ergometerrudern



(Buckeridge et al., 2014b)

- **Links-rechts-Asymmetrie** ohne Systematik für Skuller und Riemenrunderer, Anfänger und leistungsstarke Ruderer (Buckeridge et al., 2014b)

Asymmetrie der Kraftfähigkeiten ruderspezifischer Hauptmuskelgruppen



Peak torques (Nm), during knee extension, range of 90° to 10° knee flexion (Kramer et al., 1991, S. 127)

Angular Velocity	160 °/sec		200 °/sec	
	Concentric	Eccentric	Concentric	Eccentric
Oarside Leg	202	273	178	268
Innenbein	(24) #	(43)	(22)	(48)
Nonoarside Leg	191	265	174	270
Außenbein	(27)	(50)	(21)	(58)

Statistically Significant

- **Knieextension**, Befunde widersprüchlich
 - keine Systematik der Asymmetrie von Innen- und Außenbein (Parkin et al., 2001)
 - keine Links-rechts-Asymmetrie der Knieextensoren (Parkin et al., 2001)
 - Innenbein stärker (Kramer et al., 1991; Kramer & Leger, 1991; Riganas et al., 2010)
- **Rumpfrotationskraft**, keine Studie mit Rennruderern
- **Händigkeit und Füßigkeit**, nicht berücksichtigt

Stichproben im Überblick, $N = 30$

Bedingungen	Leistungs- klasse	Anzahl	Körper- höhe [cm]	Körper- masse [kg]	Präferenzdominanz			
					Händigkeit		Füßigkeit	
					rechts	links	rechts	links
Ergometer und Kraftdiagnostik	Skull	10	191 ± 3	76,9 ± 9,6	9	1	7	3
	Riemen Bb	10	185 ± 6	78,7 ± 7,1	8	2	8	2
	Riemen Stb	10	186 ± 5	79,3 ± 8,6	9	1	10	0

A-D Kaderathleten des Deutschen Ruderverbands bzw. der Landesruderverbände Hamburg und Niedersachsen

Testverfahren im Labor

Ergometerrudern, Schlagfrequenzstufen jeweils 15 Schläge auf dem Concept2 Ergometer

- 20 Schl./min
- 20 Schl./min
- 30 Schl./min



Kraftdiagnostik, jeweils zwei Sätze mit einer Satzpause von 3 min

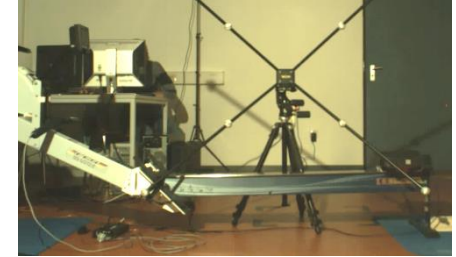
- unilaterale maximale isokinetische Rumpfrotation randomisiert nach links und rechts, $\omega = 120 \text{ }^\circ/\text{s}$, ROM = 46° (3 Wdhl. pro Satz)
- bilaterale maximale isokinetische Beinextension, $v = 180 \text{ mm/s}$ (3 Wdhl. pro Satz)
- unilaterale maximale isometrische Handgriffkraft, randomisiert für links und rechts (1 Wdhl. pro Satz)



Messsysteme der Ergometer- und Maximalkraftdiagnostik

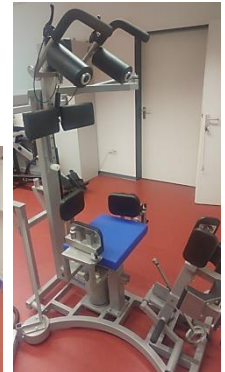
Concept2 Ergometer Typ D (Concept2, Inc., Morrisville) mit Messsystem des Instituts FES

- Zugweg ($\pm 0,5$ cm), Zugkraft am Handgriff ($\pm 1,5$ %), getrennte Stemmbrettkraft ($\pm 1,5$ %)
- Messfrequenz 50 Hz



IsoMed 2000 Dynamometer (D&R Ferstl/GmbH, Hemau, Germany)

- maximale Beinstreckkraft ($\pm 1,5$ %) und Rumpfrotationskraft ($\pm 0,25$ %)
- Messfrequenz 200 Hz



JAMAR Handdynamometer (Jamar®, Patterson Medical)

- maximale Handgriffkraft ($\pm 0,5$ N)



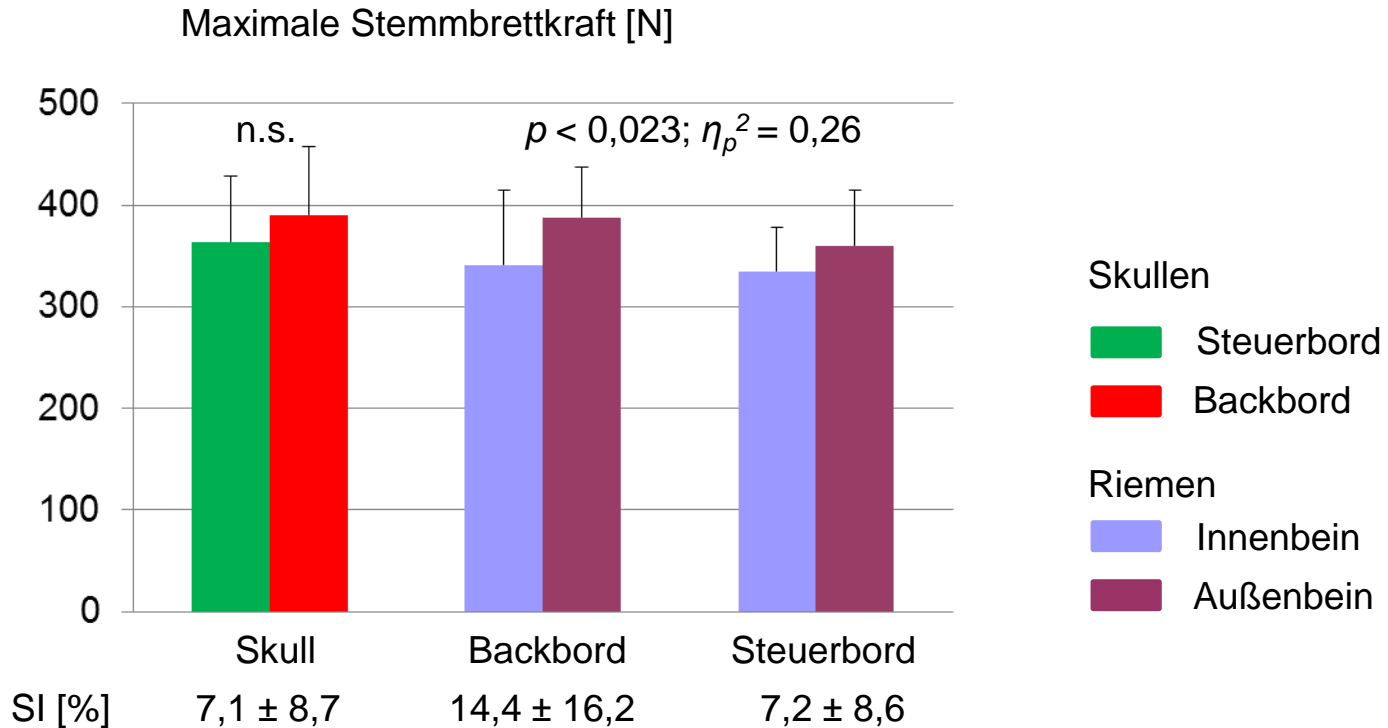
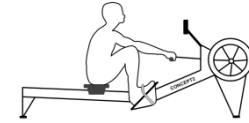
Mathematisch-statistische Auswertung

- **Symmetrieindex (SI)** zur Bestimmung des Grads der Asymmetrie zwischen linker und rechter Körperseite mittels

$$SI = \frac{(x_1 - x_2)}{0,5(x_1 + x_2)} \cdot 100\% \text{ (Robinson, Herzog \& Nigg, 1987)}$$

- x_1 = rechts bzw. Außenbein
 - x_2 = links bzw. Innenbein
- **Varianzanalysen mit Messwiederholung** nach dem allgemeinen linearen Modell (SPSS Version 20.0)
 - Maß der Effektstärke partielles Eta-Quadrat (η_p^2)
 - Bonferroni-Korrektur zur Begegnung der Alphafehler-Kumulierung (Victor, Elsässer, Hommel & Blettner, 2010)

Asymmetrie der Stemmbrettkraft beim Ergometerrudern, $N = 30$



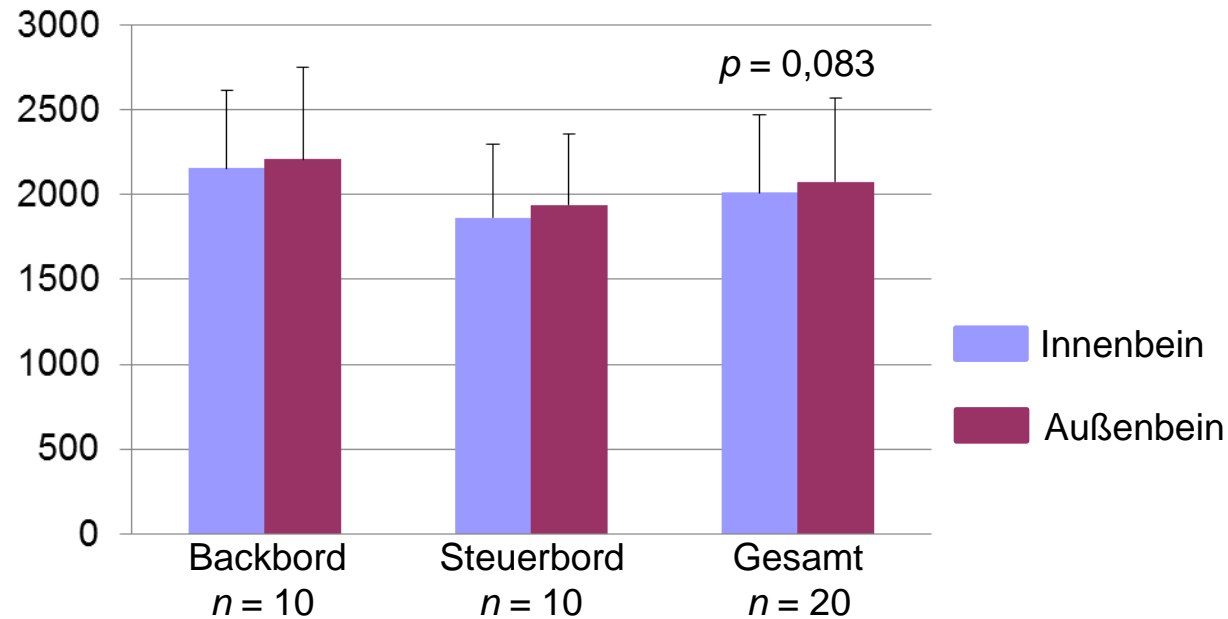
Stemmbrettkraft

- Asymmetrie beim Skullen und Riemenrudern
- Höhere Werte des Außenbeins mit mittlerer Effektstärke beim Riemenrudern

Asymmetrie der Maximalkraft ruderspezifischer Hauptmuskelgruppen, $N = 30$



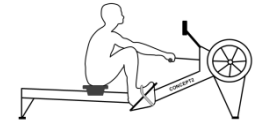
Isokinetisches Kraftmaximum in der Beinpresse [N]



Stemmbrettkraft

- Tendenzielle Asymmetrie mit größeren Werten des Außenbeins

Asymmetrie der Stemmbrettkraft beim Ergometerrudern

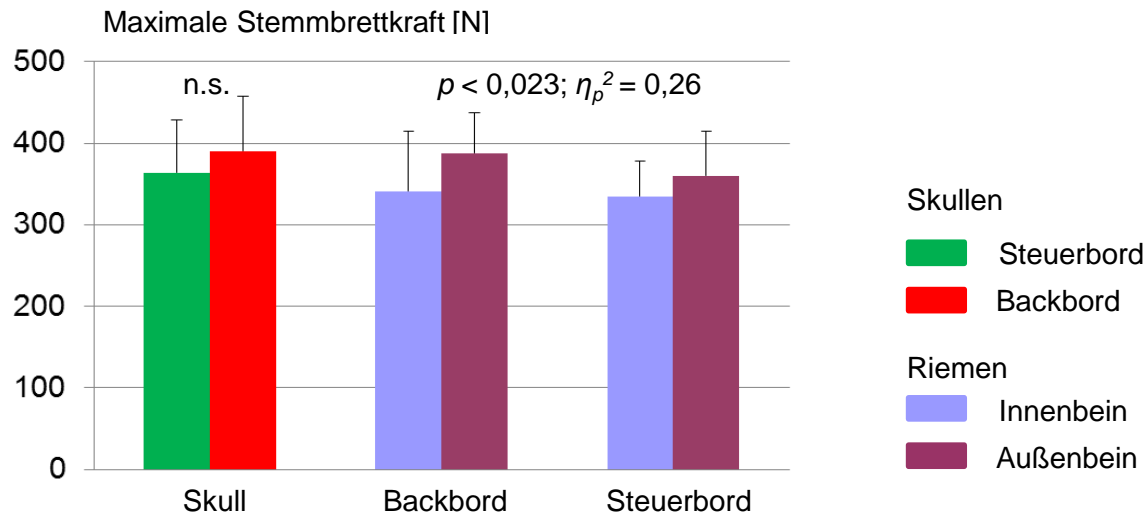


Skullen

- Links-rechts-Symmetrie der Skuller mit großen individuellen Unterschieden (Einfluss der Ergometermechanik denkbar)

Riemenrudern

- Riemenrudern Asymmetrie der Stemmbrettkraft vergleichbar, aber geringer als im Rennboot
- **Ursachen:** Asymmetrie der Stemmbrettkraft im Riemenboot



- Asymmetrische Stemmbrettkraft bedingt Ausgleichsbewegungen in der Lenden-Becken-Region und erhöht das Verletzungsrisiko.

Asymmetrie der ruderspezifischen Hauptmuskelgruppen

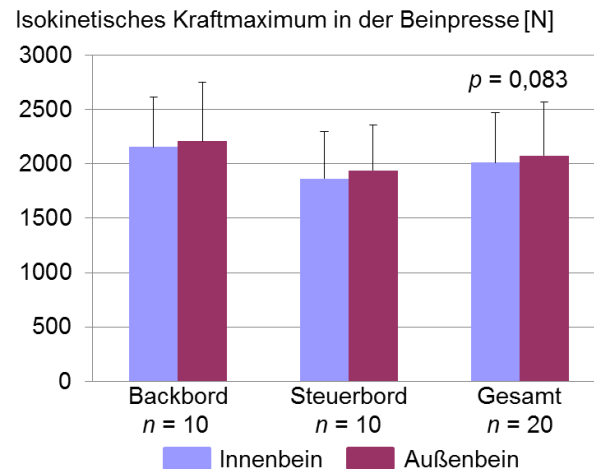


Skullen

Symmetrie der maximalen Beinstreck-, Rumpfrotations- und Handgriffkraft

Riemenrudern

- Symmetrie der maximalen Handgriffkraft bestätigt.
- Asymmetrie der axialen Rumpfrotationskraft nicht bestätigt.
- Asymmetrie der maximalen Beinstreckkraft mit stärkerem Außenbein



- muskuläre Anpassung an die asymmetrische Kraftabgabe im Riemenboot

Transfer in die Praxis

Skullen

- Ergänzung des rudertechnischen Leitbildes Skullen

Riemenrudern

- typische Charakteristik der Stemmbrettkraft von Innen- und Außenbein
- dominanter Außenarmzug steigert die Vortriebswirksamkeit, aber auch die Asymmetrie

Ergometerrudern

- Asymmetrische Stemmbrettkraft bedingt Ausgleichsbewegungen in der Lenden-Becken-Region.

Maximalkraftfähigkeiten

- Riemenruderer mit asymmetrischer Anpassung der Maximalkraft in der Streckerkette der unteren Extremitäten

➔ separate Diagnostik der Stemmbrett- bzw. Beinstreckkraft



Ausblick

- Welche asymmetrischen Bewegungsmuster zeigen sich in der Lenden-Becken-Region beim Rudern im Riemenboot und auf dem Ergometer?
- Unterscheiden sich Ruderer mit und ohne Vorgeschichte von Beschwerden des unteren Rückens?



- } 2,5 cm biegesensitive Sensoren
- 3-achsige Beschleunigungssensoren



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

BEWEGUNGS- UND
TRAININGSWISSENSCHAFT

Evaluation der Bootsstation (Bootsgerät) des MMS 2020

Mattes, K., Wolff, S., Reischmann, M. & Schaffert, N.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

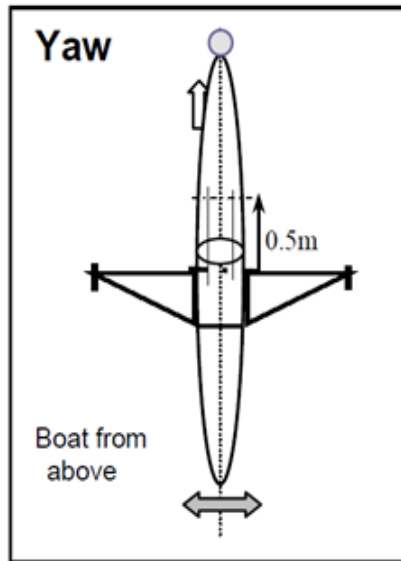
Ziel- und Fragestellung

- Reproduzierbarkeit der Daten bei Messwiederholung
- Übereinstimmung der Daten verschiedener Basisstationen
- Einfluss der Schlagfrequenz und der Bootsklasse auf die Kennwerte der Bootsbeiwegung
- Bootsparameter
 - Bootsgeschwindigkeit
 - Bootsbeschleunigung
 - Rollen, Gieren und Stampfen

Gier-, Stampf- und Rollbewegung

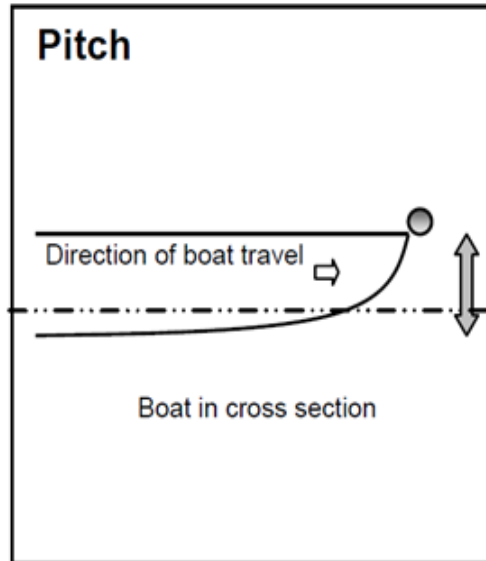
X-Axis: Yaw

Change of boat direction
around the vertical axis of
the boat



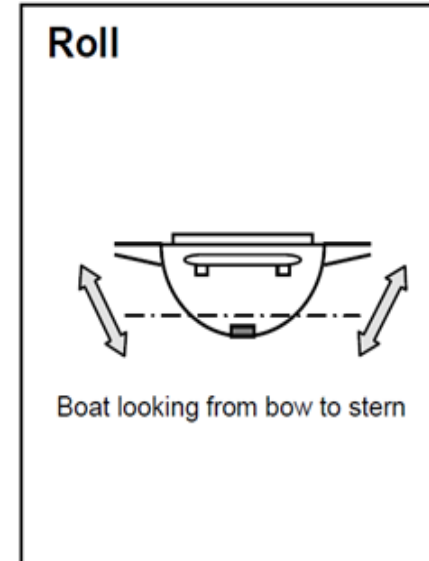
Y-Axis: Pitch

Change of boat direction
around the horizontal axis of
the boat



Z-axis: Roll

Change of boat direction
around the longitudinal axis
of the boat

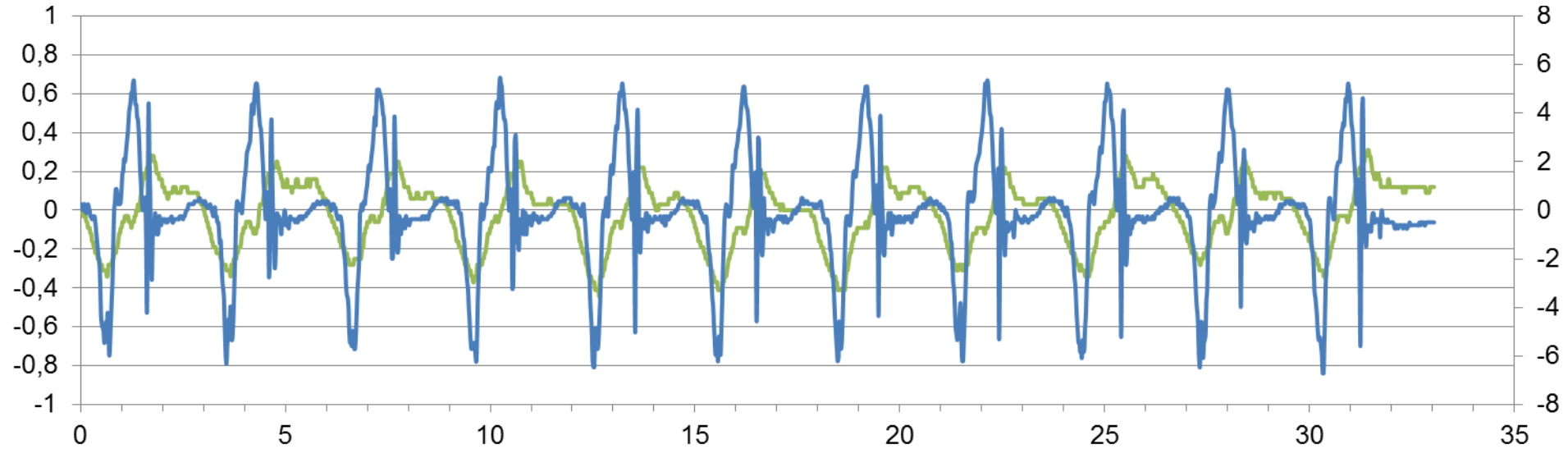
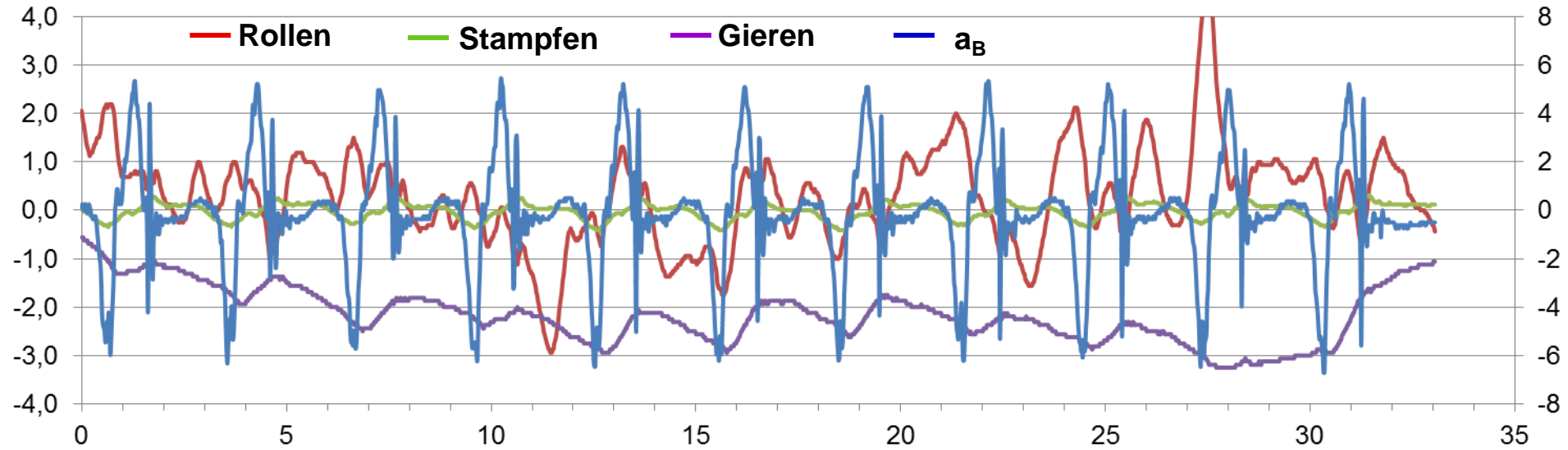


Rotationsbewegung des Bootes

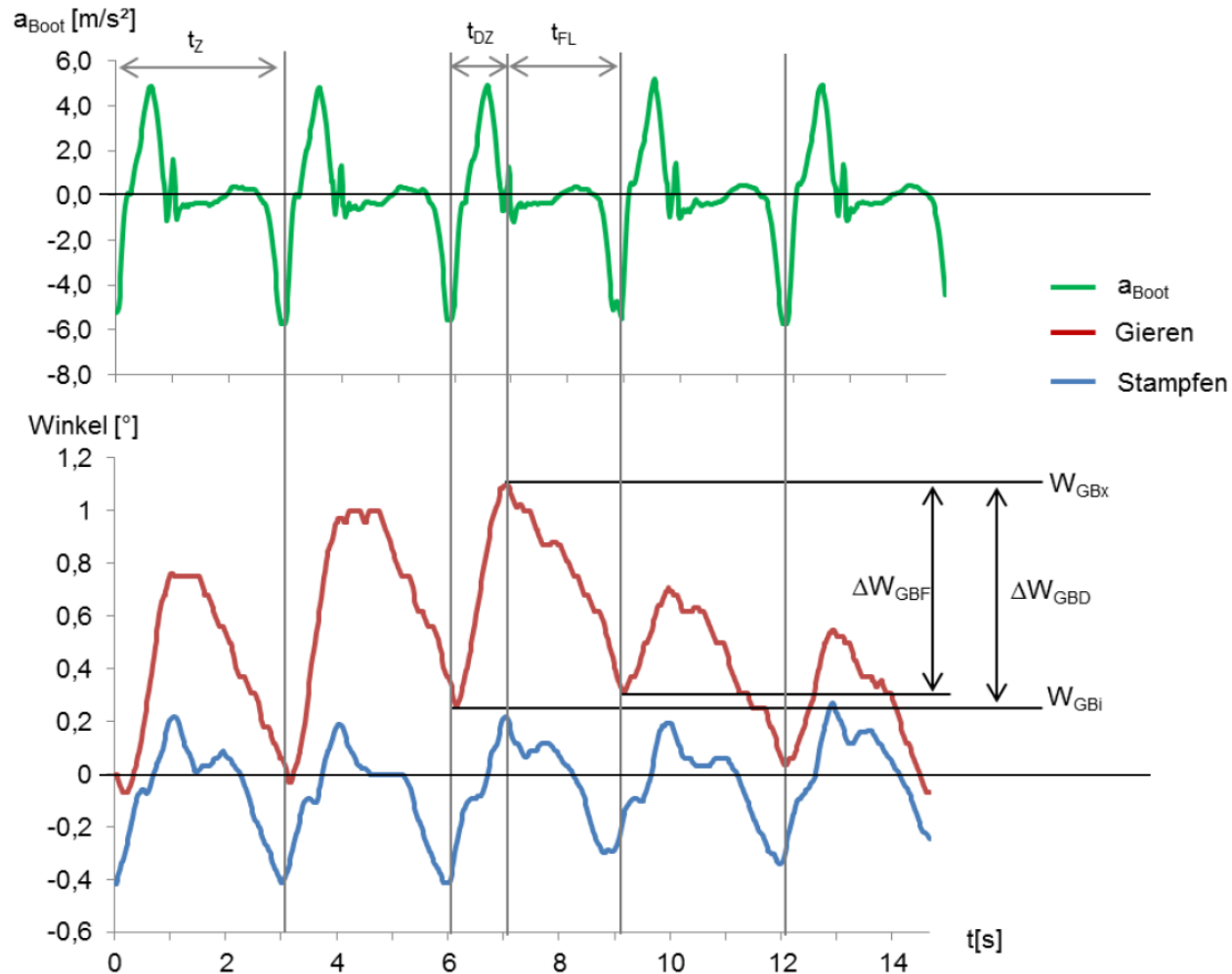
Winkel [°]

a_B [m/s²]

Rollen **Stampfen** **Gieren** **a_B**



Verlauf der Gier- und Stampfbewegung



Studiendesign und Stichprobe

Studiendesign

- Vergleichsuntersuchungen im Mittel- und Großboot

Übersicht über die Stichprobe, 7 Boote der Junioren

Untersuchungsteil	Juniorinnen		Junioren	
	Boote	Platzierung JWM 2018	Boote	Platzierung JWM 2018
Vergleichsuntersuchung Bootsbewegung	-	-	JM4+	8. Platz
	JF4-	7. Platz	JM4-	4. Platz
	JF4x	2. Platz	JM4x	3. Platz
	JF8+	4. Platz	JM8+	3. Platz

Testverfahren und Messgerät

Testprogramm zur Untersuchung der Bootsbewegung

- individuelles Einfahrprogramm
- Baseline: 1000 m mit Schlagfrequenz $20 \pm 0,5$ Schl./min
- Änderung der Windbedingungen: 1000 m in entgegengesetzter Fahrtrichtung mit Schlagfrequenz $20 \pm 0,5$ Schl./min
- Schlagfrequenzstufentest: 20, 24, 28, 32 Schl./min mit Fahrtrichtung der Baseline

Bootsgerät 2020 Nr. 4 und 6 (Institut FES)

- Bootsweg mittels GPS (± 2 cm)
- Bootsbeschleunigung ($\pm 0,05$ m/s²)
- Stampf-, Roll- und Gierwinkel (jeweils $\pm 0,01^\circ$)

Definition der Kennwerte des MMS 2020 und von Sofirow II

Bewegungsphase	Kennwert		Kürzel	Maß-einheit
Ruderzyklus	Schlagfrequenz	Mittelwert	S_F	Schl./min
	Bootsgeschwindigkeit	Mittelwert	v_B	m/s
	Bootsbeschleunigung	Minimum	a_{Bmin}	m/s^2
		Maximum	a_{Bmax}	m/s^2
	Stampfwinkel	Minimum	φ_{Smin}	°
		Maximum	φ_{Smax}	°
		Amplitude	$d\varphi_S$	°
	Rollwinkel	Minimum	φ_{Rmin}	°
		Maximum	φ_{Rmax}	°
		Amplitude	$d\varphi_R$	°
	Gierwinkel	Minimum	φ_{Gmin}	°
		Maximum	φ_{Gmax}	°
		Amplitude	$d\varphi_G$	°

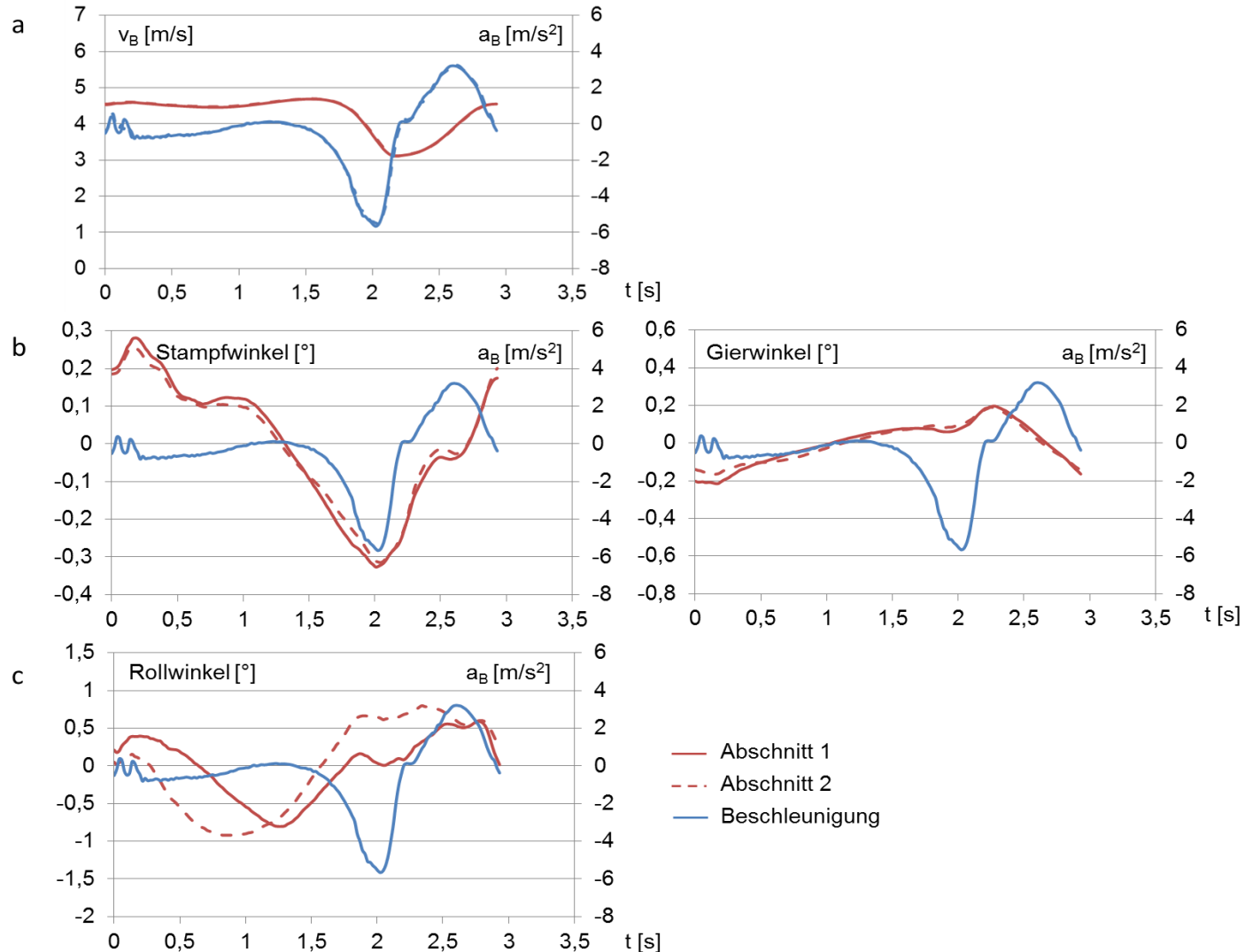
Mathematisch-statistische Auswertung

- Reproduzierbarkeit
 - relative Reproduzierbarkeit: ICC(3.1)
 - absolute Reproduzierbarkeit: Differenz der Einzelwerte der Messwiederholung
- **Übereinstimmung der Bootsgeräte** mittels dem Bland-Altman-Verfahren
 - Verzerrung (Bias), Bias = Mittelwert der Differenz der Einzelwerte von Messmethode 1 und 2
 - untere und obere Übereinstimmungsgrenze (Limits of Agreement) 95%-Konfidenzintervall des Bias

Klassifikation

Klassifikation	Reproduzierbarkeit		Übereinstimmung
	ICC	Bias in %	Bias in %
		Mittelwert der Differenzen der Einzelwerte beider Messreihen in Prozent des Mittelwertes der Messreihen	Mittelwert der Differenzen der Einzelwerte der beiden Bootsgeräte in Prozent des Mittelwertes der beiden Bootsgeräte
sehr hoch	$\geq 0,9$	$\leq 1 \%$	
hoch	$\geq 0,8$ bis $0,89$	$\geq 1,1$ bis 5%	
mittel	$\geq 0,7$ bis $0,79$	$\geq 5,1$ bis 10%	
gering	$\leq 0,6$	$\geq 10,1 \%$	

Reproduzierbarkeit - Vergleich der Kennlinien



Reproduzierbarkeit der Kennlinien

Im Vergleich der beiden Analyseabschnitte der 1. Exa-Etappe waren die gemittelten **Kennlinien**:

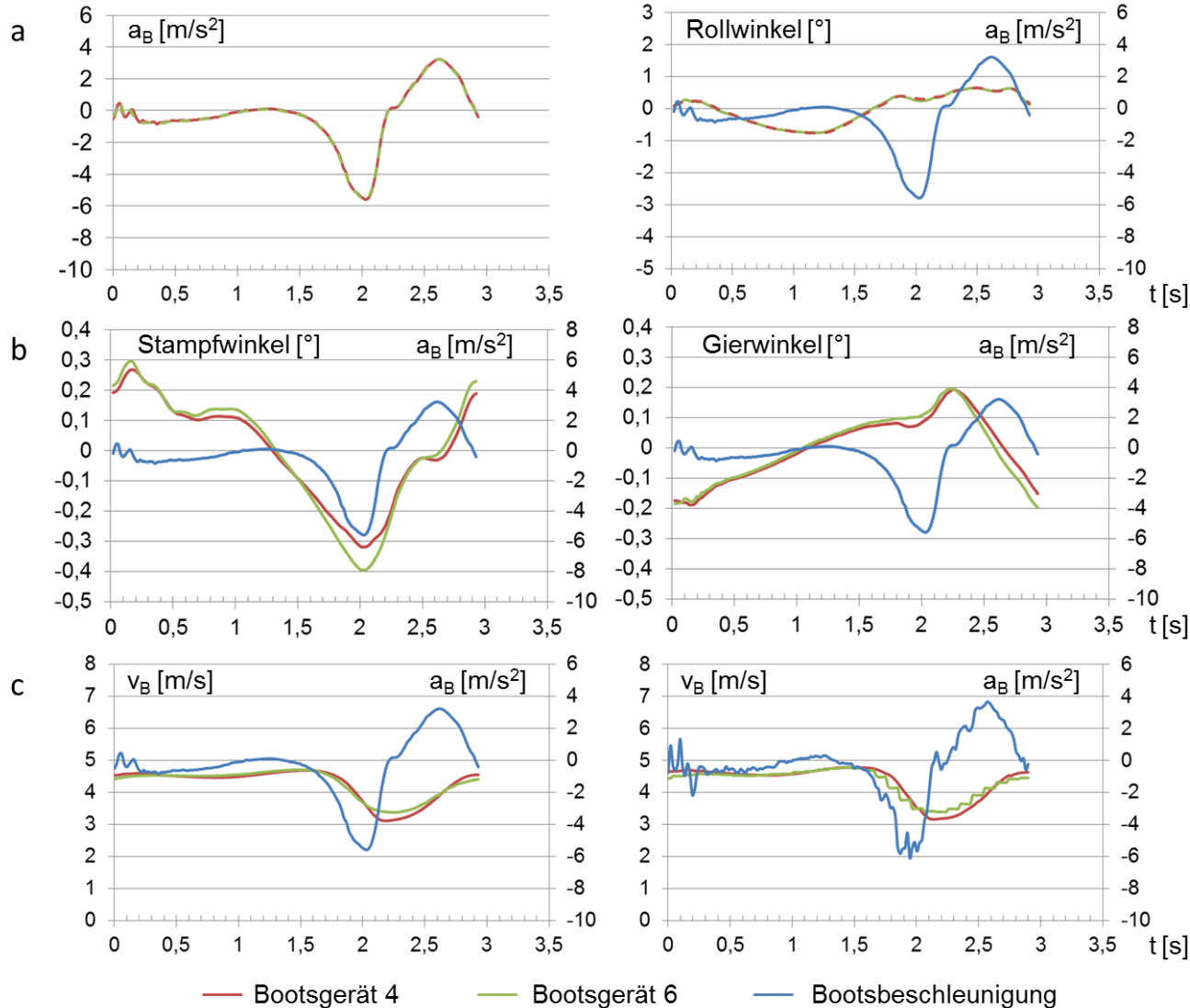
- a. der **Bootsbeschleunigung** und **Bootsgeschwindigkeit** deckungsgleich.
- b. des **Stampf- und auch des Gierwinkels** nicht deckungsgleich, wiesen aber vergleichbare Kurvenmerkmale (Minima, Maxima, Nulldurchgang usw.) auf.
- c. des **Rollwinkels** nicht deckungsgleich und die Charakteristik nur bedingt vergleichbar. Die grundsätzliche Rollrichtung nach Back- oder Steuerbord konnte abgelesen werden.

Reproduzierbarkeit der Kennwerte

Die absolute Reproduzierbarkeit der **Kennwerte** lag in absteigender Reihenfolge bei:

- der **Bootsgeschwindigkeit** zwischen -0,006 und -0,027 m/s (-0,1 bis -0,5 %) bzw. sehr hoch,
- der **Schlagfrequenz** zwischen 0,0 und -0,3 Schl./min (0,0 bis -1,6 %) bzw. sehr hoch bis hoch,
- dem **Minimum der Bootsbeschleunigung** zwischen 0,00 und -0,21 m/s² (0,0 und 4,8 %) bzw. sehr hoch bis hoch,
- der **Stampfamplitude** zwischen -0,002 und -0,022° (-0,3 und -3,3 %) bzw. sehr hoch bis hoch,
- dem **Maximum der Bootsbeschleunigung** zwischen -0,001 und -0,09 m/s² (-0,1 und -8,6 %) bzw. sehr hoch bis mittel,
- der **Rollamplitude** zwischen -0,008 und 0,777° (-0,2 und 21,2 %) bzw. sehr hoch bis gering und
- der **Gieramplitude** zwischen 0,004 und -0,151° (-0,4 und -16,6 %) bzw. sehr hoch bis gering.

Übereinstimmung der Bootsgeräte - Vergleich der Kennlinien



Übereinstimmung der Bootsgeräte - Vergleich der Kennlinien

Die **Kennlinien** beider Bootsgeräte (4 und 6):

- a. der **Bootsbeschleunigung** und des **Rollwinkels** waren deckungsgleich.
- b. des **Stampf- und Gierwinkels** stimmten im charakteristischen Kurvenverlauf überein und erlaubten eine vergleichbare Zuordnung der individuellen Charakteristika (lokale und globale Minima bzw. Maxima und Plateaus) für Freilauf und Durchzug.
- c. der **Bootsgeschwindigkeit** stimmten sowohl für die gemittelten Kurven als auch für den einzelnen Ruderzyklus nur unzureichend überein (unterschiedliche zeitliche Auflösung).

Übereinstimmung der Bootsgeräte - Vergleich der Kennwerte

Kennwerte erreichten bei der:

- **Schlagfrequenz** eine **sehr hohe** Übereinstimmung sowohl für die beiden Exa-Etappen als auch für die Schlagfrequenzstufen (Verzerrung 0,05 Schl./min (0,25 %) bei SF20 bzw. 0,24 Schl./min (0,8 %) bei SF32).
- **mittleren Bootsgeschwindigkeit** eine **sehr hohe bis hohe** Übereinstimmung sowohl für die Exa-Etappen als auch für die Schlagfrequenzstufen unabhängig von der Schlagfrequenz, Anzahl an gemittelten Ruderzyklen und der Fahrtrichtung mit einer maximalen Verzerrung von -0,05 m/s (1,1 %).
- **Amplitude des Rollwinkels** eine **hohe** Übereinstimmung bei Schlagfrequenz ca. 20 Schl./min. Bei höherer Schlagfrequenz bestand eine hohe bis mittlere Übereinstimmung der Amplitude des Rollwinkels (maximale Verzerrung -5,3 %).
- **Amplitude des Gierwinkels** eine **hohe bis mittlere** Übereinstimmung über beide 1000-m-Etappen (maximale Verzerrung -8,9 %). Bei höherer Schlagfrequenz reduzierte sich die Übereinstimmung der Amplitude des Gierwinkels (maximale Verzerrung -27,2 %).
- **Amplitude des Stampfwinkels** eine **mittlere bis geringe** Übereinstimmung bei Schlagfrequenz ca. 20 Schl./min unabhängig von der Anzahl Ruderschläge (10 bzw. mehr als 70 Zyklen) und der Fahrtrichtung (Verzerrung -8 bis -12 %). Bei höherer Schlagfrequenz und damit steigender Stampfamplitude war die Übereinstimmung der Stampfwinkel nur noch gering (maximale Verzerrung -23 %) (Tab. 6).

Ergebnisse zum Vergleich der Bootsklassen

Die **Kennwerte** der Bootsbeziehung zeigten charakteristische Unterschiede zwischen den Bootsklassen.

- Die **Bootsgewindigkeit** erhöhte sich in der Reihenfolge Vierer mit, Vierer ohne, Doppelvierer und Achter. Dabei realisierten die schnelleren Boote höhere Minima und Maxima der Bootsbeschleunigung.
- Die **Minima, Maxima und Amplituden** der dreidimensionalen Rotationsbeziehung stiegen in der Reihenfolge an:
 - **Stampfwinkel**: Achter, Doppelvierer, Vierer ohne und Vierer mit
 - **Rollwinkel**: Doppelvierer, Achter, Vierer ohne und Vierer mit
 - **Gierwinkel**: Doppelvierer, Achter gefolgt vom Vierer mit und Vierer ohne

Zur Reproduzierbarkeit bei Testwiederholung

- Grenzen, die Messwerte verschiedener Messfahrten oder Messetappen übersteigen müssen, damit diese als praktische Differenz interpretiert werden können.
- mittlere **Bootsgeschwindigkeit, Minimum der Bootsbeschleunigung und Stampfamplitude** sehr hohe bis hohe absolute Reproduzierbarkeit
- Robustheit dieser Werte gegenüber Störgrößen
 - hohe Reproduzierbarkeit des innerzyklischen Verlaufs
 - Lokalisation des Minimums der Bootsbeschleunigung in der vorderen Umkehr
 - Robustheit der mittleren Bootsgeschwindigkeit gegenüber kleineren Störungen
 - zyklische Wiederholen der Stampfminima und –maxima im Ruderschlag infolge der Massenverschiebung der Mannschaft relativ zum Boot.

Zur Reproduzierbarkeit bei Testwiederholung

- **Roll- und Gierwinkel**, sehr hohe bis geringe Reproduzierbarkeit in Abhängigkeit von der Bootsbesatzung.
- **Gierwinkel**, Überlagerung von innerzyklischen und extrazyklischen Kursabweichungen
- **Unterschiede**
 - Kurshalten (Schrägfahrt)
 - Kurskorrekturen über mehrere Ruderschläge
- **Rollen**, typischer innerzyklischer Verlauf, unsystematisch hohe Rollamplituden einzelner Ruderzyklen
- **Unterschiede in der Ausgleichsbewegungen bis zum Einschwingen des Bootes**
- **Leistungsdiagnostik**
 - Mittelwerte, Verlauf über die Zyklenfolge und Streuungsmaße
 - Abhängigkeit von der Mannschaft

Zur Reproduzierbarkeit bei Testwiederholung

- Reproduzierbarkeit der Kennlinien
- **Bootsbeschleunigung und Bootsgeschwindigkeit** deckungsgleich
- **Stampf- und Gierwinkel**, vergleichbare Kurvencharakteristik mit abweichenden Beträgen.
- **Rollwinkel**, nur eine Ableitung der grundsätzlichen Rollrichtung nach Back- oder Steuerbord.
- **Ursachen:** Eignung der Mess- und Auswerteverfahren
 - Bootsbeschleunigungsmessung ist vergleichsweise sensibel, der Kurvenverlauf wird jedoch durch die Mittelwertbildung geglättet, sodass die praxisrelevanten Informationen extrahiert werden.
 - Bootsgeschwindigkeit: 100-Hz-GPS für Rudern exzellente Auflösung der, die den Verlauf selbst einzelner Ruderzyklen widerspiegelt. 4- oder 10-Hz-GPS nur gemittelte Geschwindigkeitskurven über mehrere Ruderzyklen (mindestens 5 Ruderschläge)

Übereinstimmung zwischen den Bootsgeräten

- durchschnittliche Übereinstimmung der Ergebnisse
 - **Bias oder Verzerrung**: Welche Messsystem registriert höhere oder niedrigere Werte?
 - **Übereinstimmungsgrenzen** (Limits of Agreement) 95%-Vertrauensintervall
Daten außerhalb der Übereinstimmungsgrenzen und dürfen als relevante Unterschiede unabhängig vom verwendeten Messsystem interpretiert werden.
- Ursachen für Abweichungen
 - Hardware, Güteklasse, zeitliche Auflösung
 - Anwendung (Kalibration, Positionierung im Boot, Synchronisation der Messgeräte und der Datenauswertung)
- Fehler in der Positionierung des Bootsgerätes und der Auswertesynchronisation können als mögliche Einflussgrößen ausgeschlossen werden.

Übereinstimmung zwischen den Bootsgeräten

- Kennwerte der Bootsgeschwindigkeit und Schlagfrequenz sehr hohe Übereinstimmung.
- Abnehmende relative Übereinstimmung in der Reihenfolge Roll-, Gier- und Stampfwinkel
 - Anstieg des Trägheitsmoments von der Längsachse (Rollen), über die Tiefenachse (Gieren) zur Breitenachse (Stampfen)
 - Rollwinkel bis ca. 5°
 - Gierwinkel bis ca. 1°
 - Stampfwinkel weniger als 1°

Einfluss der Bootsklassen

- Gesamtflotte der Mittel- und Großboote (Vierer und Achter) der Juniorinnen und Junioren.
- Die **Bootsgeschwindigkeit** erhöhte sich in der Reihenfolge Vierer mit, Vierer ohne, Doppelvierer und Achter = Reihenfolge der Fahrtzeitrelation
- schnellere Boote = höhere Minima und Maxima der Bootsbeschleunigung.
- Unterschiede zwischen den Bootsklassen plausibel
- **Stampfen, Rollen und Gieren**
 - Bootskonstruktion, Länge, Breite, Relation Boot/ Mannschaft
 - Steuerung des Bootes (Achter versus Vierer, asymmetrisches Riemenrudern versus symmetrisches Skullen, Boote ohne oder mit Steuermann bzw. ohne oder mit Steuerruder)
- **Bootsklassenspezifik der fahrdynamischen Parameter**

Transfer in die Praxis

- Konkrete Maße zur absoluten **Reproduzierbarkeit** und zur **Übereinstimmung**
 - Mittel- und Großboote der Juniorinnen und Junioren
 - typischen Aufgaben der Wassertrainings
 - unverzichtbar für Vergleich der Messdaten im Quer- und Längsschnitt und zur Beurteilung von Trainingswirkungen
- Basisstation kann als **eigenständiges Mess- und Trainingssystem** (Schlagerkennung über markante Ereignisse im Beschleunigungs-Zeitverlauf)
- Das **preiswerte Bootsgerät 6** war nicht geeignet den innerzyklischen Verlauf der Bootsgeschwindigkeit für einzelne Ruderzyklen valide abzubilden (gemittelte Ruderzyklen)
- Bei Überprüfung von **Trainingswirkungen** dasselbe Bootsgerät verwenden!
- **Bootsklassenspezifik** von Stampfen, Gieren und Rollen

Konsequenzen für die Evaluation des Messsystems

- Messfahrten in Kleinbooten mit demselben Testprogramm
- Vergleichsfahrt mit Itrace mit demselben Testprogramm
- Abhängigkeit von den Umweltbedingungen
- Entwicklung einer Auswertroutine für die Datenpräsentation
 - Verlauf über die Zyklenfolge
 - Charakteristischer intrazyklischer Verlauf
 - Mittel- und Streuungswerte der Minima, Maxima und Amplituden