

# **Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport**

**Diplomarbeit  
von  
Jerry MEDERNACH**



Deutsche Sporthochschule Köln  
2011

**Versicherung:**

Ich versichere, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich wiedergegebene Textstellen, auch Einzelsätze oder Teile davon, sind als Zitate kenntlich gemacht.

Jerry Medernach



## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	V
Abbildungsverzeichnis .....	VI
Tabellenverzeichnis .....	XII
Abstract .....	XIII
Vorwort .....	XIV
1. Einleitung.....	1
1.1. Entwicklung des Klettersports.....	1
1.2. Problemstellung .....	6
1.3. Aufbau der Arbeit.....	8
2. Theoretische Grundlagen .....	9
2.1. Begriffsbestimmung des Hangboards.....	9
2.2. Einsatzbereich des Hangboards .....	12
2.3. Kraftausdauer im Klettersport .....	16
2.4. Kraftausdauertraining am Hangboard.....	22
2.5. Hangboardtraining und derzeitiger Forschungsstand .....	26
2.6. Zusammenfassung.....	29
3. Empirische Untersuchung.....	31
3.1. Hypothese und Ziele der empirischen Untersuchung .....	31
3.2. Untersuchungsmethodik .....	32
3.2.1. Personenstichprobe .....	32
3.2.2. Aufbau der Untersuchung .....	35
3.2.3. Aufbau der Trainingseinheit.....	43
3.3. Statistische Auswertung der Daten .....	48
4. Untersuchungsergebnisse .....	50
4.1. Deskriptive Datenanalyse .....	50
4.1.1. Vorbemerkungen.....	50
4.1.2. Untersuchungsergebnisse der Hangboardgruppe.....	53
4.1.3. Untersuchungsergebnisse der Kontrollgruppe.....	61
4.1.4. Deskriptive Vergleichsanalyse der Hangboardgruppe und Kontrollgruppe.....	70
4.1.5. Verbesserung der Maximalkraft und Einfluss auf die Kraftausdauer .....	73

4.1.6.	Nachhaltigkeit des Kraftausdauertrainings am Hangboard .....	83
4.2.	Inferentielle Datenanalyse .....	85
5.	Diskussion .....	92
5.1.	Ergebnisdiskussion .....	92
5.2.	Methodendiskussion .....	102
5.3.	Hangboard als Trainingsmittel im Klettersport.....	111
6.	Zusammenfassung .....	117
	Literaturverzeichnis .....	122
	Glossar.....	126

## Abkürzungsverzeichnis

DAV	Deutscher Alpenverein, e.V.
HB	Hangboardgruppe mit einem Stichprobenumfang von zwölf Probanden
KG	Kontrollgruppe mit einem Stichprobenumfang von zwölf Probanden
MAXhold	Maximalkraftgriff
n	Stichprobenumfang bzw. Probandennummer
NU	Nachuntersuchung
U1	Untersuchung 1 nach vier Wochen
U2	Untersuchung 2 nach acht Wochen
U3	Untersuchung 3 nach zwölf Wochen
UZ	Untersuchungszeitraum
UZ 1	Untersuchungszeitraum 1 für Woche 1-4
UZ 2	Untersuchungszeitraum 2 für Woche 5-8
UZ 3	Untersuchungszeitraum 3 für Woche 9-12
VU	Voruntersuchung zu Beginn des Untersuchungszeitraums

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	<i>Historische Entwicklung der Erstbegehungen von Felsrouten ab den 1970er Jahren</i>	2
Abbildung 2	<i>Wolfgang GÜLLICH beim Training am Campusboard zur Vorbereitung der ACTION DIRECTE, 9a (HEPP 2004, 125)</i>	5
Abbildung 3	<i>Training im CAMP IV, YOSEMITE VALLEY, 1982 (HEPP 2004, 41)</i>	10
Abbildung 4	<i>Maximalkrafttraining am Hangboard (Mittel- und Ringfinger, beidseitig, gestreckte Ausführung) (HÖRST 2008b, 140)</i>	12
Abbildung 5	<i>Beziehung zwischen Haltezeit und Haltekraft beim isometrischen Krafttraining (DE MARÉES 2003, 197)</i>	20
Abbildung 6	<i>Das Hangboard vom Hersteller CORE, an dem die Untersuchungen durchgeführt wurden</i>	35
Abbildung 7	<i>Darstellung der einzelnen Griffe, die im Vorfeld der Untersuchung am Hangboard definiert wurden</i>	36
Abbildung 8	<i>Übersicht der zeitlichen Anordnung der Untersuchungszeitpunkte</i>	37
Abbildung 9	<i>Standardisierte Rahmenbedingungen aufgrund der 90 Grad im Ellenbogengelenk während der Übungsdurchführung</i>	42
Abbildung 10	<i>Schematische Darstellung der wöchentlichen Trainingseinheit</i>	48
Abbildung 11	<i>Darstellung der Mittelwerte für die Griffe 7, 8 und 9 der Hangboardgruppe (HB mit n=12) in der Voruntersuchung und in der Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen</i>	54
Abbildung 12	<i>Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Hangboardgruppe (HB mit n=12) an Griff 7 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen</i>	55
Abbildung 13	<i>Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Hangboardgruppe (HB mit n=12) an Griff 8 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf</i>	

	<i>Wochen</i>	56
<i>Abbildung 14</i>	<i>Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Hangboardgruppe (HB mit n=12) an Griff 9 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen</i>	56
<i>Abbildung 15</i>	<i>Haltezeiten in Sekunden an Griff 7 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und in der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Hangboardgruppe (HB mit n=12)</i>	58
<i>Abbildung 16</i>	<i>Haltezeiten in Sekunden an Griff 8 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und in der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Hangboardgruppe (HB mit n=12)</i>	58
<i>Abbildung 17</i>	<i>Haltezeiten in Sekunden an Griff 9 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und in der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Hangboardgruppe (HB mit n=12)</i>	59
<i>Abbildung 18</i>	<i>Durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten der HB (n=12) für den Untersuchungszeitraum 1 (UZ 1 Woche 1-4), Untersuchungszeitraum 2 (UZ 2 Woche 5-8) und Untersuchungszeitraum 3 (UZ 3 Woche 9-12)</i>	60
<i>Abbildung 19</i>	<i>Darstellung der Summenwerte in Sekunden der Griffe 7, 8 und 9 der Hangboardgruppe (n=12) für die Voruntersuchung (VU), die Untersuchung 1 (U1) nach vier Wochen (U1), die Untersuchung 2 (U2) nach acht Wochen und die Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen</i>	61
<i>Abbildung 20</i>	<i>Darstellung der Mittelwerte für die Griffe 7, 8 und 9 der Kontrollgruppe (KG mit n=12) in der Voruntersuchung und in der Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen</i>	63
<i>Abbildung 21</i>	<i>Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Kontrollgruppe (KG mit n=12) an Griff 7 für die Voruntersuchung</i>	

	<i>(VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen</i>	64
Abbildung 22	<i>Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Kontrollgruppe (KG mit n=12) an Griff 8 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen</i>	64
Abbildung 23	<i>Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Kontrollgruppe (KG mit n=12) an Griff 9 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen</i>	65
Abbildung 24	<i>Haltezeiten in Sekunden an Griff 7 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und in der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Kontrollgruppe (KG mit n=12)</i>	66
Abbildung 25	<i>Haltezeiten in Sekunden an Griff 8 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Kontrollgruppe (KG mit n=12)</i>	67
Abbildung 26	<i>Haltezeiten in Sekunden an Griff 9 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Kontrollgruppe (KG mit n=12)</i>	67
Abbildung 27	<i>Durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten der KG (n=12) für den Untersuchungszeitraum 1 (UZ 1 Woche 1-4), Untersuchungszeitraum 2 (UZ 2 Woche 5-8) und Untersuchungszeitraum 3 (UZ 3 Woche 9-12)</i>	68
Abbildung 28	<i>Darstellung der Summenwerte in Sekunden der Griffe 7, 8 und 9 der Kontrollgruppe (n=12) für die Voruntersuchung (VU), Untersuchung 1 nach vier Wochen (U1), Untersuchung 2 (U2) nach acht Wochen und die Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen</i>	69
Abbildung 29	<i>Haltezeiten (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung) an Griff 7 für die Hangboardgruppe (HB mit n=12) und die Kontrollgruppe (KG mit n=12) in der</i>	



	<i>Voruntersuchung (VU), der Untersuchung 1 (U1) nach vier Wochen, der Untersuchung 2 (U2) nach acht Wochen und der Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen</i>	71
<i>Abbildung 30</i>	<i>Haltezeiten (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung) an Griff 8 für die Hangboardgruppe (HB mit n=12) und die Kontrollgruppe (KG mit n=12) in der Voruntersuchung (VU), der Untersuchung 1 (U1) nach vier Wochen, der Untersuchung 2 (U2) nach acht Wochen und der Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen</i>	71
<i>Abbildung 31</i>	<i>Haltezeiten (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung) an Griff 9 für die Hangboardgruppe (HB mit n=12) und die Kontrollgruppe (KG mit n=12) in der Voruntersuchung (VU), der Untersuchung 1 (U1) nach vier Wochen, der Untersuchung 2 (U2) nach acht Wochen und der Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen</i>	72
<i>Abbildung 32</i>	<i>Summenwerte der Griffe 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung, Untersuchung 1, Untersuchung 2 und Untersuchung 3 der Hangboardgruppe (n=12) und Kontrollgruppe (n=12) im Vergleich</i>	72
<i>Abbildung 33</i>	<i>Haltezeiten in Sekunden für MAXhold VU der Hangboardgruppe (n=12) in der Voruntersuchung zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums und der Untersuchung 1 nach vier Wochen</i>	74
<i>Abbildung 34</i>	<i>Haltezeiten in Sekunden für MAXhold VU der Kontrollgruppe (n=12) in der Voruntersuchung zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums und der Untersuchung 1 nach vier Wochen</i>	75
<i>Abbildung 35</i>	<i>Haltezeiten in Sekunden für MAXhold U1 der Hangboardgruppe (n=12) in der Untersuchung 1 und der Untersuchung 2 nach vierwöchiger Trainingsphase</i>	76
<i>Abbildung 36</i>	<i>Haltezeiten in Sekunden für MAXhold U1 der Kontrollgruppe (n=12) in der Untersuchung 1 und der Untersuchung 2 nach vierwöchiger Trainingsphase</i>	76
<i>Abbildung 37</i>	<i>Haltezeiten in Sekunden für MAXhold U2 der Hangboardgruppe</i>	

	<i>(n=12) in der Untersuchung 2 und der Untersuchung 3 nach vierwöchiger Trainingsphase</i>	77
Abbildung 38	<i>Haltezeiten in Sekunden für MAXhold U2 der Kontrollgruppe (n=12) in der Untersuchung 2 und der Untersuchung 3 nach vierwöchiger Trainingsphase</i>	78
Abbildung 39	<i>Mittelwerte der Haltezeiten für den Maximalkraftbereich der Griffe 1-6 der Hangboardgruppe (n=12) und Kontrollgruppe (n=12) für die Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums und für die Untersuchung 3 (U3) nach zwölfwöchiger Trainingsphase</i>	79
Abbildung 40	<i>Verbesserung der Anzahl an Maximalkraftgriffen (MAXhold) innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums für die Hangboardgruppe und Kontrollgruppe (n=24)</i>	80
Abbildung 41	<i>Summe der Verbesserungswerte an den individuell ausgewählten Maximalkraftgriffen für die unterschiedlichen Untersuchungszeiträume und Verbesserung Kraftausdauerwerte dargestellt an den durchschnittlichen Verbesserungswerten der Griffe 7, 8 und 9 innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums für die Hangboardgruppe (n=12)</i>	82
Abbildung 42	<i>Summe der Verbesserungswerte an den individuell ausgewählten Maximalkraftgriffen für die unterschiedlichen Untersuchungszeiträume und Verbesserung Kraftausdauerwerte dargestellt an den durchschnittlichen Verbesserungswerten der Griffe 7, 8 und 9 innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums für die Kontrollgruppe (n=11)</i>	82
Abbildung 43	<i>Summenwerte der Griffe 7, 8 und 9 für die Untersuchungszeitpunkte VU (Voruntersuchung), U3 (Untersuchung 3 nach 12 Wochen) und NU (Nachuntersuchung nach dreiwöchiger Trainingspause am Hangboard) der Hangboardgruppe (n=12) und Kontrollgruppe (n=12) im Vergleich</i>	83

- Abbildung 44 Darstellung der arithmetischen Mittelwerte der Griffe 7, 8 und 9 in der Untersuchung 3 (U3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase) und in der Nachuntersuchung (NU nach dreiwöchiger Trainingspause am Hangboard) für die Hangboardgruppe (HB mit n=12)* 84
- Abbildung 45 Darstellung der arithmetischen Mittelwerte der Griffe 7, 8 und 9 in der Untersuchung 3 (U3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase) und in der Nachuntersuchung (NU nach dreiwöchiger Trainingspause am Hangboard) für die Kontrollgruppe (KG mit n=12)* 85
- Abbildung 46 Prinzip der Akkommodation. Das Beibehalten derselben Übung mit gleichem Belastungsschema führt über einen längeren Zeitraum zu einer Abnahme der Leistungsfortschritte (KÖSTERMEYER 2009, 20)..* 95
- Abbildung 47 Bei höherem Leistungsniveau müssen weitaus höhere Belastungsintensitäten gewährleistet werden, um entsprechende Adaptationsprozesse auf konditioneller Ebene zu ermöglichen (KÖSTERMEYER 2009, 19)* 99

## Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1</i>	<i>Profilanalyse der Untersuchungsgruppe</i>	<i>33</i>
<i>Tabelle 2</i>	<i>Aufteilung der Probanden in Hangboardgruppe (HB mit n=12) und Kontrollgruppe (KG mit n=12)</i>	<i>34</i>
<i>Tabelle 3</i>	<i>Körpergewicht der Hangboardgruppe und der Kontrollgruppe für die Voruntersuchung, die Untersuchung 3 nach zwölf Wochen und die Nachuntersuchung</i>	<i>52</i>
<i>Tabelle 4</i>	<i>Deskriptive Datenanalyse der Hangboardgruppe (HB mit n=12) für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach 12 Trainingswochen</i>	<i>53</i>
<i>Tabelle 5</i>	<i>Deskriptive Datenanalyse der Kontrollgruppe (KG mit n=12) für die Voruntersuchung (VU) und Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen</i>	<i>62</i>
<i>Tabelle 6</i>	<i>Haltezeiten (arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen) der Hangboardgruppe (HB mit n=12) und der Kontrollgruppe (KG mit n=12) an den Griffen 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung (VU), die Untersuchung 1 (U1) nach 4 Wochen, die Untersuchung 2 (nach acht Wochen) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen</i>	<i>70</i>
<i>Tabelle 7</i>	<i>KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test für die Prüfung der Normalverteilung der Hangboardgruppe (HB mit n=12) an den Griffen 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung (VU) und Untersuchung 3 (U3)</i>	<i>87</i>
<i>Tabelle 8</i>	<i>Abhängiger T-Test für Mittelwertvergleiche an Griff 7</i>	<i>89</i>
<i>Tabelle 9</i>	<i>Abhängiger T-Test für Mittelwertvergleiche an Griff 8</i>	<i>90</i>
<i>Tabelle 10</i>	<i>Abhängiger T-Test für Mittelwertvergleiche an Griff 9</i>	<i>91</i>

## Abstract

In der vorliegenden empirischen Untersuchung wurde der Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport untersucht. In diesem Zusammenhang wurde die Wirkungsweise des Hangboards im Maximalkraftbereich überprüft und versucht einen möglichen Zusammenhang zwischen den beobachteten Maximalkraftzuwächsen und der Steigerung der lokalen Kraftausdauer herzustellen. Desweiteren wurde der Einsatz des Hangboards als ergänzendes Trainingsmedium untersucht und die Nachhaltigkeit der Trainingseffekte im Kraftausdauerbereich überprüft. Für die Hangboardgruppe (n=12), in welcher die Probanden ausschließlich einmal wöchentlich über einen zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum am Hangboard trainierten, konnte eine höchstsignifikante ( $p = 0,000$ ) Zunahme der lokalen Kraftausdauerleistungsfähigkeit festgestellt werden. Auch für die untersuchte Kontrollgruppe (n=12), in welcher die Probanden das Hangboardtraining als Ergänzung zum herkömmlichen Training absolvierten, konnte anhand der deskriptiven Datenanalyse eine deutliche Zunahme der Kraftausdauerleistungsfähigkeit festgestellt werden. Desweiteren konnte zur Überprüfung der Wirkungsweise der Maximalkraftzuwächse auf die Kraftausdauerleistungsfähigkeit für sämtliche Probanden der beiden Stichproben gleichzeitig zu einer Maximalkraftzunahme über den zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum auch eine Verbesserung der Kraftausdauerleistungsfähigkeit beobachtet werden. Mithilfe der Nachuntersuchung konnte festgestellt werden, dass Kraftausdauerleistungszuwächse am Hangboard relativ schnell verloren gehen.

*The aim of the present study was to investigate the use of fingerboards in order to increase local muscular endurance in sport climbing. In this context, the training effects of fingerboarding on maximum strength were analyzed in order to examine an interrelation between the observed maximum strength gains and the increase of local muscular endurance. In addition, it was investigated the use of fingerboards as a complementary medium of training local endurance and the sustainability of training effects in muscular strength endurance were analyzed. A highly significant ( $p = 0.000$ ) increase in local endurance performance was determined for the fingerboard group (n=12), in which the subjects trained on the fingerboard once a week over a twelve-week training period. An increase in local endurance performance, determined by the descriptive data analysis, could be observed for the studied control group (n = 12) as well, in which the subjects completed the fingerboard training as a supplement to the everyday training. The additional investigation after the twelve week study showed that endurance performance gains on a fingerboard peak off comparatively quickly.*

## Vorwort

Die vorliegende empirische Untersuchung wurde als Diplomarbeit im Institut für Natursport und Ökologie (INÖK) an der DEUTSCHEN SPORTHOCHSCHULE KÖLN zum Abschluss des Diplom-Studiengangs angefertigt.

Während der Erarbeitung der vorliegenden Arbeit haben mich viele Personen begleitet und unterstützt. Daher möchte ich diese Stelle der Arbeit zum Anlass nehmen, um mich für diese Unterstützung zu bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Edwin JAKOB für das Vertrauen in die Thematik sowie für die begleitende Unterstützung bei der Erarbeitung dieser Untersuchung. In diesem Zusammenhang möchte ich mich ebenfalls ganz herzlich bei Dr. Guido KÖSTERMEYER und Dave MACLEOD für die persönliche Unterstützung und zahlreichen Verbesserungsvorschläge bedanken.

Ein besonderes Dankeschön und ein großes Lob gelten den vielen Probanden, die sich mit gewissenhaftem Einsatz und großem Engagement für die Datenaufnahme zur Verfügung gestellt haben. Besonders bedanken möchte ich mich in diesem Zusammenhang bei Frau SCHMITZ Laurence und Herrn KAYSER Patrick sowie bei meinen Geschwistern Simone und Ben MEDERNACH und bei meinen Eltern.

## 1. Einleitung

### 1.1. Entwicklung des Klettersports

Die Entwicklung des Kletterns von einer Abenteuer- und Natursportart zu einem modernen Hochleistungssport, bei dem der Leistungsgedanke und das Streben nach höheren Schwierigkeitsgraden zunehmend in den Mittelpunkt gerückt sind, lässt sich auf einen über das gesamte 20. Jahrhundert und darüber hinaus verlaufenden ideologischen Wandel zurückführen (HÖRST, 2008b; KERN, 2009; WINTER, 2004). Von der Geburtsstunde des Bergsteigens durch den Italiener Francesco PETRARCA und seinen Bruder, die im Jahre 1336 den MONT VENTOUX in der französischen PROVENCE bestiegen, über die Entstehung des Freikletterns im ELBSANDSTEINGEBIRGE bis zu dessen Differenzierung zum modernen Sportklettern ab den 1970er Jahren, konnten überwiegend die letzten Jahrzehnten zunehmend den leistungsbestimmenden Charakter des Sportkletterns prägen (HÖRST, 2008b). Die bereits im Jahre 1893 von Oscar SCHUSTER eingeführte dreigliederte Schwierigkeitsskala, mit deren Hilfe eine differenziertere Einstufung der Schwierigkeitsgrade von Routenbegehungen ermöglicht werden sollte, kann *a posteriori* als Ursprung der Entwicklung des Kletterns zu einer leistungsorientierten Sportart mit einer Weltelite, die mittlerweile im zwölften Schwierigkeitsgrad klettert, betrachtet werden (KERN, 2009).

Die Differenzierung des Freikletterns zum leistungsorientierten Sportklettern, bei dem die systematische Trainingsplanung und -gestaltung im Laufe der Entwicklung zunehmend an Bedeutung gewinnen konnte, spiegelt sich auch in den Erstbegehungen der immer höher werdenden Schwierigkeitsgraden wieder (HÖRST, 2008b). Zwei Jahre nach der Einführung des „roten Punkts“ durch Kurt ALBERT erlebte das Sportklettern 1977 nach dem Durchstieg der Route PUMPRISSE durch

Reinhard KARL die unbegrenzte Öffnung der UIAA Schwierigkeitsskala nach oben. Der zehnte Schwierigkeitsgrad (8a/8a+ franz. Schwierigkeitsskala) wurde im Jahr 1979 durch Tony YANIRO geklettert und Wolfgang GÜLLICH durchstieg im Jahr 1991, ein Jahr vor seinem Tod, mit ACTION DIRECTE die erste 9a Route weltweit. Sieben Jahre nach seinem Durchstieg von REALIZATION in CEÛSE, Frankreich, der ersten allgemein anerkannten 9a+ Route, gelang Chris SHARMA im September 2008 mit JUMBO LOVE am CLARK MOUNTAIN die erste Route weltweit im zwölften Schwierigkeitsgrad, ein weiterer Meilenstein in der Entwicklung des Klettersports zu einer leistungsorientierten Sportart. Auch bei den Frauen stiegen in den letzten Jahren die 8c-Begehungen rapide an, so dass die weibliche Weltelite mittlerweile auf den 11. Schwierigkeitsgrad zusteuert.

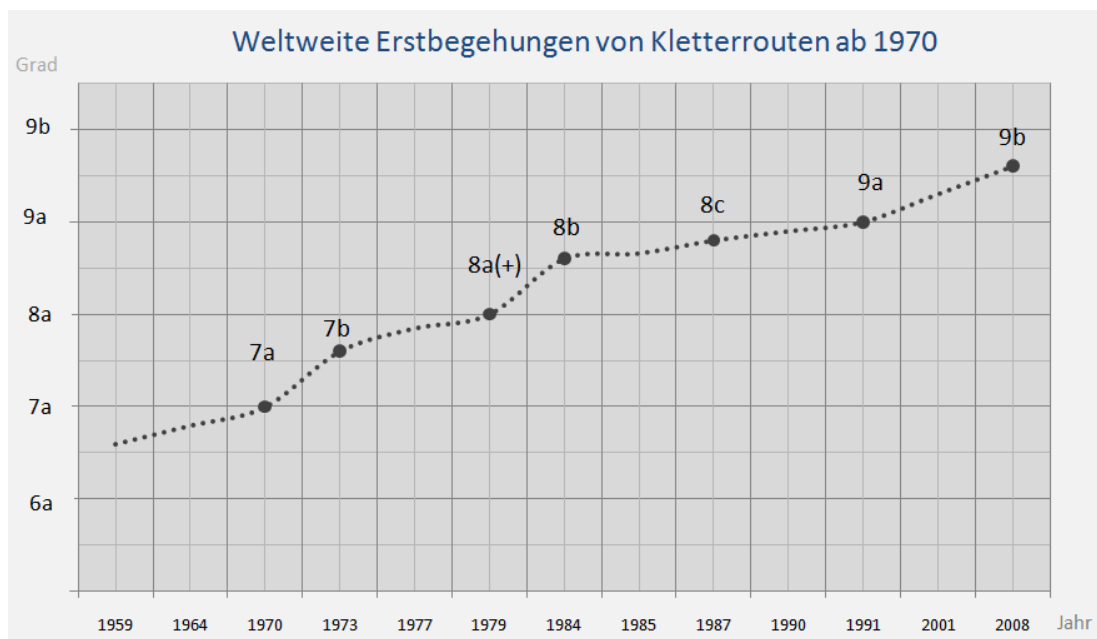


Abbildung 1: Historische Entwicklung der Erstbegehungen von Felsrouten ab den 1970er Jahren

Der Blick zurück auf die historische Entwicklung des Klettersports zeigt, dass dessen Entwicklung zu einer leistungsorientierten Sportart u.a. durch die über mehrere Jahrzehnte steigende Anzahl an Kletterer zurückzuführen ist (HÖRST, 2008b; KERN,



2009). Diese Entwicklung spiegelt sich auch in den Zahlen des am 9. Mai 1869 ins Leben gerufenen DEUTSCHEN ALPENVEREIN e.g. wieder. Mit fast 900.000 Mitgliedern ist der DAV heute der größte Bergsportverband der Welt, beinhaltet 353 Sektionen und konnte 2010 einen Mitgliederzuwachs von knapp 5% verzeichnen. Etwa 300.000 Kletterer werden in Deutschland geschätzt und europaweit klettern mittlerweile mehr als zwei Millionen Menschen! [<sup>1</sup>]. In Frankreich lässt sich in der „FEDERATION FRANCAISE DE LA MONTAGNE ET DE L’ESCALADE (FFME)“ mit rund 82.000 „licenciés“, 1.100 „clubs“ und 10.000 „compétiteurs“, eine ähnliche Entwicklung beobachten [<sup>2</sup>].

Mit dem wachsenden Interesse am Klettersport einhergehend stiegen im Laufe der letzten Jahrzehnte auch die Angebote an Kletterinfrastrukturen erheblich an (WINTER, 2004). Allein der DAV, ohne Berücksichtigung zahlreicher privater Kletterhallen, ist in Besitz von rund 200 Kletteranlagen [<sup>3</sup>]. Der „Hallenboom“ ermöglicht Menschen aller Altersklassen seit über zwei Jahrzehnten den uneingeschränkten Zugang zum Klettersport, so dass sich die Kletterhallen im Laufe der Zeit zu einem sozialen Treffpunkt zahlreicher Klettergemeinschaften entwickeln konnten (KERN, 2009; WINTER, 2004). Diese in der Öffentlichkeit steigende Popularität des Klettersports führte im Laufe der Jahre dazu, dass sich das Klettern als ursprünglicher Abenteuer- und Natursport, neben der Entwicklung zu einer professionalisierten Hochleistungssportart, auch zu einer modernen Trend- und Breitensportart entfalten konnte (KÖSTERMEYER, 2000; WINTER, 2004).

Diese mehrdimensionale Entwicklung des Klettersports mit der Ausdifferenzierung einer Vielzahl an Spielformen und Kletterstilen sowie unterschiedlichen

---

1 Quelle: [www.alpenverein.de](http://www.alpenverein.de) [Zugriff: 19.04.2011, 11:32]

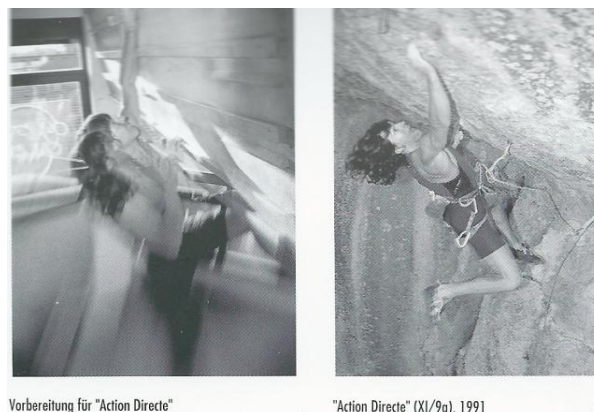
2 Quelle: <http://www.ffme.fr/federation/> [Zugriff: 19.04.2011, 11:42]

3 Quelle: [www.alpenverein.de](http://www.alpenverein.de) [Zugriff: 19.04.2011, 11:33]

Sinnrichtungen war auch für die Entwicklung des modernen Leistungskletterns von grundlegender Bedeutung, da sich aufgrund der Popularisierung des Klettersports und der in diesem Zusammenhang ansteigenden Angeboten an Kletterinfrastrukturen im Laufe der Jahre auch das Einstiegsalter der Kletterer zunehmend vermindern konnte (KÖSTERMEYER, 2000; KERN, 2009). Längst besteht für Kinder und Jugendliche die Möglichkeit, den Klettersport regelmäßig in ihrer Freizeit ausüben zu können, so dass im Laufe der Jahre die Zahl an hochtalentierten Kletterer, die frühzeitig gefördert werden können, kontinuierlich anstieg (KERN, 2009). Desweiteren ermöglicht die steigende Anzahl an infrastrukturellen Angeboten die regelmäßige und wetterunabhängige Ausübung des Klettersports, was im Leistungsbereich dazu beitragen konnte, dass im Laufe der Zeit gezielter und spezifischer trainiert werden konnte (BURBACH, 2004). Das Training an modernsten Kletteranlagen ermöglicht leistungsorientierten Athleten, aufgrund verbesserter Sicherheitsbedingungen und modernem, sportartspezifischem Trainingsequipment, den Fokus überwiegend auf die leistungsbestimmenden konditionellen und technisch-motorischen Fähigkeiten zu lenken (WATTS, 2004).

Die frühzeitige Förderung im Leistungsbereich, die enormen Sicherheitsfortschritte sowie die Zunahme an adäquaten Trainingsinfrastrukturen veränderten im Zuge der Professionalisierung auch das mentale Einstellungsverhalten gegenüber Höchstleistungen. Das Verschwinden psychologischer Barrieren hinsichtlich der Schwierigkeitsgrade ist somit im Wesentlichen für die extremen Leistungssteigerungen in den letzten Jahren mitverantwortlich (KERN, 2009). So konnte Adam ONDRA seine erste 9a Route mit 13 Jahren klettern und Johanna ERNST wurde 2008 mit 16 Jahren Jugend-Weltmeisterin, Rock Master-Gewinnerin, österreichische Meisterin, Europameisterin und Weltcup-Gesamtsiegerin.

Mit der Verbreitung der Ideologie des leistungsorientierten Sportkletterns konnte im Laufe der Jahre, neben dem medialen Interesse, vor allem die Trainingswissenschaft eine zunehmend bedeutende Rolle für die Entwicklung des Klettersports einnehmen (HEPP, 2004; KÖSTERMEYER, 2000). Aus trainingswissenschaftlicher Sicht lassen sich Leistungssteigerungen, wie sie die Kletterwelt in den letzten Jahren erleben durfte, u.a. durch eine sorgfältige Trainingsplanung und -gestaltung sowie den Einsatz sportartspezifischer Trainingsgeräte im Hinblick auf die Steigerung der Trainingseffektivität erklären (HARRE / KRUG / SCHNABEL, 2008). Auch der als Freigeist bekannte und gegen den Strom der Vermarktung und Professionalisierung schwammende Wolfgang GÜLLICH zeigte mit der Einführung des spezifischen Trainings am „Campusboard“, dass Höchstleistungen im Klettersport das Produkt von hochspezifischen Trainingsmethoden und moderner Trainingsgeräten sind (HEPP, 2004). Die Aufgabe der Trainingswissenschaft in einer Sportart mit derartig komplexen Prozessen und hohen Anforderungen wie dem Sportklettern besteht u.a. in der Suche nach Trainingsmethoden und Trainingsmaßnahmen, mit denen entsprechende Leistungsveränderungen erzielt werden können (KÖSTERMEYER, 2000). Dabei gewinnen effektivere Trainingsmethoden und modernste Trainingsgeräte und folglich auch die Trainingswissenschaft vor allem durch die steigende Popularität der Wettkämpfe zunehmend an Bedeutung (SHEEL, 2004).



Vorbereitung für "Action Directe"

"Action Directe" (XI/9a), 1991

Abbildung 2: Wolfgang GÜLLICH beim Training am Campusboard zur Vorbereitung der ACTION DIRECTE, 9a (HEPP 2004, 125)

## 1.2. Problemstellung

Aufgrund der Tatsache, dass das Gelingen oder Scheitern eines an der persönlichen Leistungsgrenze befindlichen Kletterproblems in der Regel der allgemeinen Kraftfähigkeit zugeschrieben wird, konnte sich das Hangboard in den letzten Jahren zunehmend als vielseitiges Trainingsgerät im Maximalkraftbereich etablieren (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; KÖSTERMEYER, 2009; NEUMANN, 2003). Dabei können insbesondere die Kraftfähigkeit der Schulter-, Oberarm-, Unterarm- und Fingermuskulatur zu den bedeutendsten, konditionellen Leistungsvoraussetzungen im Klettersport gezählt werden, so dass die Steigerung der Kraftfähigkeit dieser Muskelgruppen auch in der Trainingsplanung und -gestaltung eine übergeordnete Rolle spielt (KÖSTERMEYER, 2005; MACLEOD, 2010).

In Bezug auf die unterschiedlichen Erscheinungsformen der Kraft kann neben der Maximalkraft der beschriebenen Muskelgruppe vor allem die lokale Kraftausdauer der auf die Finger wirkenden Beugemuskulatur als zentraler, leistungslimitierender Faktor beschrieben werden (KÖSTERMEYER, 2005; SCHÖFFL et al. 2006). Nach KÖSTERMEYER (2009) lässt sich für die Fingermuskulatur ein enger Zusammenhang zwischen Maximalkraft und Kraftausdauer und der allgemeinen Kletterleistung beobachten, so dass fortgeschrittene Kletterer mehr Fingerkraft und Fingerkraftausdauer aufbringen können als schwächere Athleten. Auch MACLEOD (2010) beschreibt die lokale Kraftausdauer der Fingermuskulatur als wichtigster, leistungslimitierender Faktor im Sportklettern:

*„The big four components of ability to climb rock are movement technique, finger strength, finger endurance and body mass. Among the many other components, these are the most important.“* (MACLEOD 2010, 29)

Ausgehend von der leistungsbestimmenden Bedeutung der lokalen Kraftausdauer soll auf der Suche nach neuen, modernen, effektiven und leistungsfördernden Trainingsgeräten für den Leistungsbereich in der nachfolgenden wissenschaftlichen Arbeit der Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport untersucht werden. Die zu überprüfende Fragestellung für die nachfolgende empirische Untersuchung lautet demnach: Kann das Hangboard zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport zum Einsatz kommen?

Dabei beschränkt sich der zu untersuchende Einsatz des Hangboards nicht ausschließlich auf Kletterer aus dem Höchstleistungsbereich. Nach KÖSTERMEYER (2000) gehören sowohl die Verbesserung der Leistungsfähigkeit als auch die Grenzerfahrung der persönlichen Leistungsfähigkeit zu den häufigsten Sinnrichtungen im Klettersport, womit die Verbesserung der persönlichen Leistungsfähigkeit und die Überwindung von Leistungsbarrieren zu den Hauptmotiven zahlreicher Kletterer gehören. Auf dem Weg zu höheren Leistungen steigt vor allem im leistungsorientierten Breitensport, wo Athleten überwiegend auf sich allein gestellt sind und demnach nicht auf eine entsprechend ausgebildete Fachkraft zurückgreifen können, die Nachfrage an effektiven Trainingsmethoden und adäquaten Trainingsgeräten (HÖRST, 2008b). Der Einsatz des Hangboards zur Verbesserung der lokalen Kraftausdauer könnte für viele leistungsorientierte Breitensportler einen wichtigen Beitrag für das Erreichen höherer Schwierigkeitsgrade leisten. Insbesondere spielt in diesem Zusammenhang auch der Wandel der Lebenseinstellungen und der Lebensstile eine entscheidende Rolle, da in der modernen Gesellschaft Ausbildung, Beruf und Karriere im Vergleich zu der früheren Klettergeneration einen weitaus wichtigeren Stellenwert eingenommen haben (WINTER, 2004). Demzufolge ist auch die verfügbare Trainingszeit für leistungsorientierte Breitensportler zunehmend eingeschränkt und der Spagat zwischen leistungsbetriebenen Breitensport und beruflicher sowie familiärer

Zukunft fordert den Einsatz effektiver Trainingsgeräte, um gewünschte Leistungssteigerungen trotz zeitlicher Einschränkungen zu ermöglichen (KELLER / SCHWEIZER, 2009). Auch in diesem Zusammenhang könnte der Einsatz des Hangboards eine bedeutende Rolle spielen.

### 1.3. Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit zur empirischen Überprüfung der Fragestellung, ob mit Hilfe des Hangboards eine Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport erzielt werden kann, gliedert sich in einen theoretischen und einen experimentellen Teil. In Kapitel 2 (2. Theoretische Grundlagen) werden zunächst grundlegende theoretische Kenntnisse für die zu untersuchende Fragestellung thematisiert. Dabei erfolgt zunächst eine Begriffsbestimmung des Hangboards (2.1. Begriffsbestimmung des Hangboards) sowie die Beschreibung dessen Einsatzbereiches (2.2. Einsatzbereich des Hangboards). Darauf aufbauend soll im Hinblick auf die Überprüfung der wissenschaftlichen Fragestellung, ob das Hangboard zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport eingesetzt werden kann, die Begriffsbestimmung der Kraftausdauer und deren zentralen Bedeutung im Klettersport thematisiert werden (2.3. Kraftausdauer im Klettersport), um anschließend grundlegende Eigenschaften des Kraftausdauertrainings am Hangboard herausarbeiten zu können (2.4. Kraftausdauertraining am Hangboard) und den derzeitigen Wissensstand zu erläutern (2.5. Derzeitiger Forschungsstand).

Das Kapitel 3 (3. Empirische Untersuchung) beinhaltet die experimentelle Untersuchung. Anschließend an die Hypothesenbildung und die Herausarbeitung der Zielsetzungen der wissenschaftlichen Untersuchung (3.1. Hypothese und Ziele der empirischen Untersuchung) konzentriert sich der Schwerpunkt des Kapitels auf die

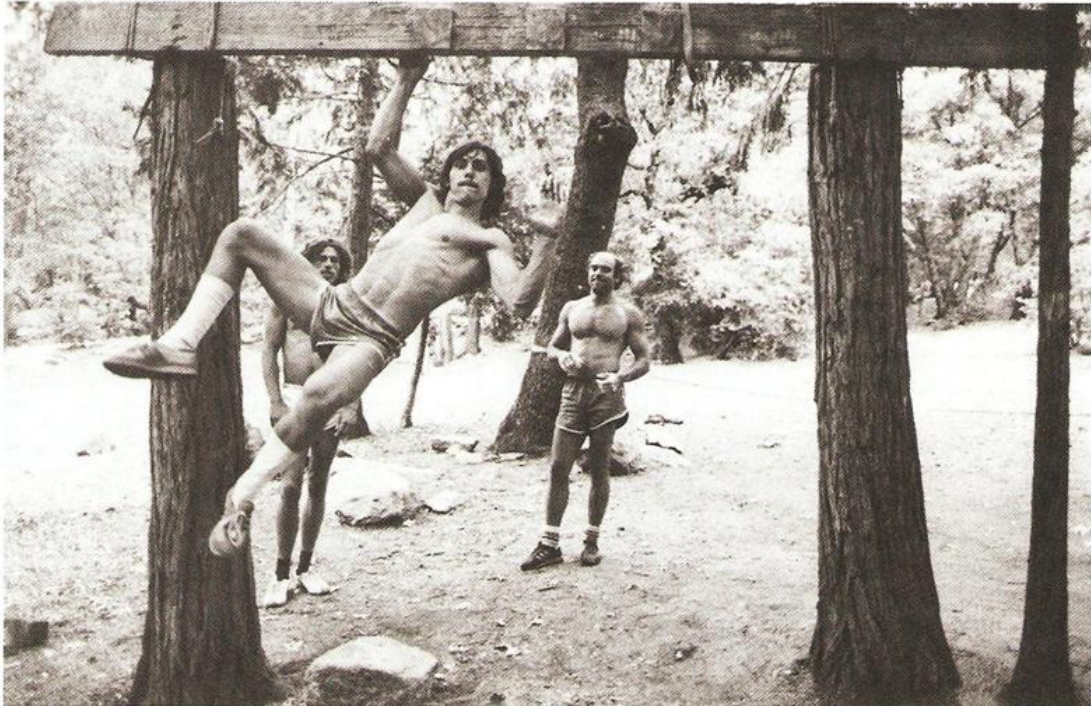
Untersuchungsmethodik (3.2.1. Personenstichprobe, 3.2.2. Aufbau der Untersuchung und 3.2.3. Aufbau der Trainingseinheit). Die Ergebnisse werden in Kapitel 4 (4. Untersuchungsergebnisse) dargestellt und in Kapitel fünf (5. Diskussion) ausführlich diskutiert.

## 2. Theoretische Grundlagen

### 2.1. Begriffsbestimmung des Hangboards

Das Hangboard, in englischen Literaturquellen auch als *Fingerboard* definiert (Deutsch: Griffbrett) ist ein kletterspezifisches Trainingsgerät zur Durchführung eines sportartspezifischen Krafttrainings der im Klettersport leistungsbestimmenden Schulter-, Oberarm-, Unterarm- und Fingermuskulatur (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Seit mehr als einem halben Jahrhundert versuchen Athleten ihre Fingerkraft an selbstgebauten Klettergerüsten und hölzernen Leisten zu verbessern, so dass die Grundidee des Hangboards zurück bis zu John GILL in den 1950er Jahren und möglicherweise sogar darüber hinaus reicht (HÖRST, 2008b). Seit seiner Erfindung Mitte der 80er Jahren gehört das Hangboard mittlerweile zu den Standardgeräten im leistungsorientierten Klettersport (HÖRST, 2008b). Die Popularität des Krafttrainings am Hangboard ist, neben seiner sportartspezifischen Wirkungsweise, überwiegend auf den günstigen Anschaffungspreis sowie die Möglichkeit, bequem zuhause trainieren zu können, zurückzuführen (HÖRST, 2008b; MACLEOD, 2010). Zu den grundlegenden, am häufigsten angewandten Trainingsformen am Hangboard gehören isometrische Halteübungen, positiv-dynamische (konzentrische) Übungen sowie diverse Formen von Hangelübungen (einarmig, zweiarmig) (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Zur Gewährleistung einer effektiven

Trainingsdurchführung, sollte das Hangboard mindestens auf Kopfhöhe und bei ausreichender Beinfreiheit fixiert werden (HÖRST 2008b).



*Abbildung 3: Training im CAMP IV, YOSEMITE VALLEY, 1982 (HEPP 2004, 41)*

Je nach Hersteller variieren sowohl Dimension des Hangboards (in der Regel etwa schulterbreit) als auch Anzahl an Haltepositionen sowie Griffgrößen und Griffformen (BURBACH, 2004). In der Regel wird das Hangboard aus dem gleichen Material wie die Klettergriffe hergestellt, wobei einige Hersteller auch Hangboards aus Holz herstellen. Als Alternative zum Kauf bietet sich demnach auch der Selbstbau aus Holz an. Insbesondere der Anzahl an Griffen und der hohen Griffvariabilität müssen, angesichts eines vielseitigen und individuell abstimmbaren Krafttrainings, eine große Bedeutung zugeschrieben werden (KELLER / SCHWEIZER, 2009). Eine hohe Variationsbreite an Griffen ermöglicht ein vielseitiges Krafttraining mit unterschiedlichen, konditionellen Teilschwerpunkten (z.B. Intramuskuläres Koordinationstraining, Hypertrophietraining, Kraftausdauertraining, usw.) sowie

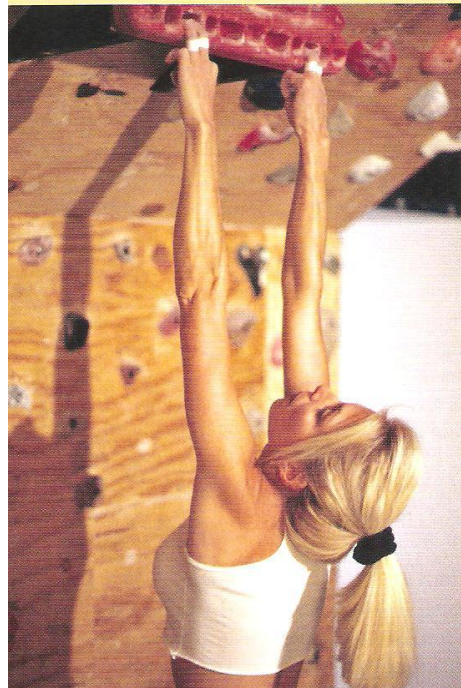


eine individuelle Intensitätsabstimmung durch die Auswahl unterschiedlicher Griffe (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Desweiteren setzt die unendliche Vielfalt an Griffformen im Klettersport voraus, dass an möglichst vielen, unterschiedlichen Griffen trainiert werden sollte, damit auf muskulärer Ebene spezifische Adaptationsprozesse gewährleistet werden können (HÖRST, 2008b; NEUMANN, 2003). Auch MACLEOD (2010) schreibt dem vielseitigen Krafttraining an möglichst vielen, unterschiedlichen Griffen, eine hohe Bedeutung zu:

*„However, there’s no getting away from the fact that the best climber is the one who is equally strong in all the different grip positions.“* (MACLEOD 2010, 61)

Die Stärke des Hangboards liegt demzufolge überwiegend im abwechslungsreichen Krafttraining der für die Fingerkraft entscheidenden Muskelgruppen, so dass ein qualitatives Hangboard die Grundgriffe Fingerleisten (mit unterschiedlichem Durchmesser), Fingerlöcher (für einen, zwei bzw. drei Finger), Zangengriffe und „Sloper“ aufweisen sollte (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; HÖRST, 2008b).

Neben der Griffvariabilität ist auch die Oberflächenverarbeitung für die Qualität eines Hangboards ausschlaggebend (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Bei zu rauer Oberfläche sind bei längeren Trainingseinheiten vermehrt Hautabnutzungen im Bereich der Fingerendglieder die Folge. Daraus folgt ein vorzeitiger Abbruch der Trainingseinheit, insgesamt weniger Trainingseinheiten pro Woche (reduzierte Trainingshäufigkeit) und verlängerte Regenerationszeiten (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Bei glatter Oberfläche, wie beispielsweise beim Hangboard aus Holz, können Hautabnutzungen weitgehend reduziert werden. Demgegenüber muss vermehrt Haltekraft aufgebracht werden und es besteht erhöhte Verletzungsgefahr im Fingerbereich, bedingt durch die größere Wahrscheinlichkeit, unerwartet abzurutschen (MACLEOD, 2010).



*Abbildung 4: Maximalkrafttraining am Hangboard (Mittel- und Ringfinger, beidseitig, gestreckte Ausführung) (HÖRST 2008b, 140)*

Die symmetrische Bauweise des Hangboards mit zwei exakt gleichen Griffhälften, ermöglicht ein Krafttraining mit identischer Belastungsintensität und -form für beide Armseiten. Dies ermöglicht ein gleichmäßiges und ausgewogenes Krafttraining beider Arme, was für leistungsorientierte Kletterer leistungsmitbestimmend ist (WATTS, 2004). Desweiteren kann eine individuelle Abstimmung der Belastungsintensität neben der Griffvariation auch durch zusätzliche Entlastungsvorrichtungen bzw. Zusatzlasten ermöglicht werden (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004).

## 2.2. Einsatzbereich des Hangboards

Der primäre Einsatzbereich des Hangboards konzentriert sich überwiegend auf das sportartspezifische Krafttraining der auf die Finger wirkenden Muskelgruppen

(HÖRST, 2008a). Die Kraftfähigkeit dieser Muskelgruppen ist von entscheidender Bedeutung, weil die Finger als wichtiges Bindeglied zur Kletterwand betrachtet werden können (STÖHR, 2011). Bei den auf die Finger wirkenden Muskeln werden beim Hangboardtraining überwiegend die Beuger beansprucht, so dass der *M. flexor digitorum superficialis* (Beuger der Fingermittelgelenke und bei gestreckten Fingern auch Beugung im Handgelenk und im Fingergrundgelenk) und der *M. flexor digitorum profundus* (Beuger der Grund-, Mittel- und Endglieder und des Handgelenks) eine überwiegend bedeutsame Rolle spielen (BENNINGHOFF / DRENCKHAHN, 2008; KELLER / SCHWEIZER, 2009).

Kommt der Daumen bei den isometrischen Halteübungen am Hangboard zum Einsatz, ist insbesondere der *M. flexor pollicis longus* von Bedeutung (KELLER / SCHWEIZER, 2009). Auf das Daumengrundgelenk wirken auch noch der *M. flexor pollicis brevis* und der *M. adductor pollicis* beugend (BENNINGHOFF / DRENCKHAHN, 2008). Desweiteren kommen kürzere Muskeln zum Einsatz, die im Bereich der Mittelhand liegen (*Mm. interossei* und *Mm. lumbricales*) und für das Beugen der Fingergrundgelenke mit verantwortlich sind (APPELL / STANG-VOSS, 2005).

Bezüglich der Muskeln des Unterarms spielen bei isometrischer Kontraktion am Hangboard sowohl die Palmarflexoren als auch die Dorsalflexoren eine mitentscheidende Rolle. Für die Palmarflexion der Hand sind u.a. noch der *M. palmaris longus*, *M. flexor carpi ulnaris* und *M. flexor carpi radialis* zu erwähnen, während für die Streckergruppe die *Mm. Extensor carpi radialis longus* und *brevis*, der *M. extensor carpi ulnaris* sowie der *M. extensor digitorum* eine wichtige Bedeutung haben (APPELL / STANG-VOSS, 2005; BENNINGHOFF / DRENCKHAHN, 2008).

Je nach Trainingsausführung (z.B. Blockierübungen bei 90 Grad im Ellenbogengelenk) werden auch Oberarm- und Schultermuskulatur entsprechend mit trainiert (STÖHR, 2011). Isometrische Halteübungen am Hangboard bei 90 Grad im Ellenbogenwinkel erfordern, im Gegensatz zu Hängeübungen mit gestrecktem Armwinkel, den Einsatz der auf die Ellenbogengelenke wirkenden Beugergruppe der Arme, von denen die wichtigsten der *M. biceps brachii* (unterstützt im Schultergelenk die Anteversion des Armes), der *M. brachialis* (Beugung im Ellenbogengelenk) und der *M. brachioradialis* (Beugefunktion) sind (BENNINGHOFF / DRENCKHAHN, 2008). Diese können allerdings nur dann effektiv arbeiten, wenn die obere Extremität über den Schultergürtel zum Rumpfskelett verspannt ist, was die Bedeutung der Schulter- und Rückenmuskulatur unterstreicht (APPELL / STANGVOSS, 2005).

Da am Hangboard überwiegend ohne Einsatz der Füße trainiert wird, liegt der Schwerpunkt des Hangboardtrainings aufgrund der hohen Intensitäten überwiegend im Maximalkraftbereich (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; HÖRST, 2008b). Mit dem Hangboardtraining soll somit überwiegend eine Verbesserung der Maximalkraft der auf die Finger wirkenden Muskelgruppen angestrebt werden (KELLER / SCHWEIZER, 2009). Auch MACLEOD (2010) beschreibt den primären Einsatz des Hangboards als ergänzendes Trainingsgerät zur Steigerung der Maximalkraft der auf die Finger wirkenden Muskelgruppen:

*“Fingerboards are a good way to supplement finger strength gain in climbing. The first rule of fingerboarding is that it is a supplement. As soon as it’s done to replace climbing, it’s replacing climbing gains.”* (MACLEOD 2010, 56)

Aufgrund des fehlenden Beineinsatzes und der daraus folgenden Belastungsspitzen, eignet sich das Hangboardtraining weder für Trainingsanfänger noch bei akuten

sowie chronischen Verletzungen im Bereich der Finger, Ellenbogen oder Schultern (HÖRST, 2008a). Desweiteren ergänzt HÖRST (2008a):

*“As a guideline, you can begin fingerboard training if you’ve been climbing for more than six months, you are not more than a few pounds overweight, and you have no ongoing pain in the fingers, arms, or shoulders. A final rule of fingerboard training is to never use the board more than three days per week” (HÖRST 2008a, 90)*

Da maximale, isometrische Belastungen der Fingermuskulatur typische sportartspezifische Belastungen darstellen, ermöglicht das Hangboard ein, dem kletterspezifischen Anforderungsprofil sehr entgegenkommendes und demzufolge sportartspezifisches Maximalkrafttraining (BURBACH, 2004; KELLER / SCHWEIZER, 2009). Die Spezifität des Trainingsgeräts wird darüber hinaus, wie bereits erläutert, durch die hohe Griffvariabilität, welche es erlaubt, an individuell unterschiedlichen Griffpositionen zu trainieren, mitbestimmt (HÖRST, 2008a).

In Bezug auf das Maximalkrafttraining bei isometrischen Halteübungen empfehlen HOHMANN / LAMES / LETZTELER (2007) eine maximale Belastungsdauer von 10-12 Sekunden. NEUMANN (2003) differenziert zwischen Hypertrophietraining mit Haltezeiten bei isometrischer Haltearbeit im Bereich von 6-15 Sekunden (je nach Leistungsniveau) und intramuskulärem Koordinationstraining mit Haltezeiten im Bereich von 1-8 Sekunden (ebenfalls je nach Leistungsniveau). Für das Maximalkrafttraining am Hangboard geben MACLEOD (2010) und STÖHR (2011) isometrische Haltezeiten im maximalen Haltebereich von 5-10 Sekunden.

Zur Überprüfung der Fragestellung, ob das Hangboardtraining neben seinem primären Einsatzfeld im Maximalkraftbereich auch zu einer Verbesserung der Kraftausdauerleistung beitragen kann, ist die nachfolgende Begriffsbestimmung der

Kraftausdauer im Klettersport von zentraler Bedeutung, um auf ihr aufbauend ein Belastungsschema für das Kraftausdauertraining am Hangboard herausarbeiten zu können.

### 2.3. Kraftausdauer im Klettersport

Da selbst im Bouldern Kletterzeiten von mehr als 30 Sekunden auftreten können und folglich auch längere Passagen ohne Ruhestelle mit zunehmenden Laktatwerten überwunden werden müssen, gehört die Kraftausdauer in sämtlichen Kletterdisziplinen zu den wichtigsten, konditionellen Einflussfaktoren der Leistungsfähigkeit (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; HÖRST, 2008b; KÖSTERMEYER, 2000). Auch MACLEOD (2010) beschreibt die zentrale Bedeutung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport:

*“Leaving aside the primarily strength sport of bouldering for now, most rock routes present a local anaerobic endurance challenge.” (MACLEOD 2010, 85)*

Da sich die Kraftausdauer im Klettersport überwiegend in der Fingerbeugemuskulatur leistungsbestimmend auswirkt, wird sie im Klettersport als lokale Erscheinung beschrieben (HÖRST, 2008b). Die Schwierigkeit einer Übertragbarkeit der Bedeutung der Kraftausdauer aus der allgemeinen Trainingswissenschaft auf den Klettersport einerseits, sowie einer allgemein zutreffenden Begriffsbestimmung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport andererseits, lässt sich auf die Vielschichtigkeit ihrer Erscheinungsform und der unterschiedlichen Ausprägungen zurückführen (KÖSTERMEYER, 2000). Die vielschichtige Erscheinungsform der Kraftausdauer im Klettersport ist daran erkennbar, dass die lokale Kraftausdauer sowohl in leicht überhängenden Routen

von mehr als 30 Metern als auch bei Wettkämpfen mit deutlich größerer Wandneigung aber weitaus geringeren Kletterhöhen oder in sehr kurzen, boulderlastigen Routen ohne Rastposition als entscheidende konditionelle Größe für das Gelingen oder Scheitern einer Route betrachtet werden kann (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Der Begriff der lokalen Kraftausdauer im Klettersport variiert demnach, in Abhängigkeit von Belastungshöhe und Belastungsdauer, je nach Belastungsprofil einer Kletterroute (KÖSTERMEYER, 2000).

*„The problem is that climbing moves are comparatively undefined compared to something like a golf swing, which has a consistent ideal movement to perfect [...] Climbing moves are much more varied than this [...]“* (MACLEOD 2010, 35)

In Bezug auf die Belastungsdauer betragen die Begehungszeiten im Sportklettern im Durchschnitt zwischen 2-7 Minuten, während beispielsweise im Bouldern eine Belastungsdauer von mehr als 60 Sekunden kaum erreicht wird (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; WATTS, 2004). Demzufolge ist je nach kletterspezifischer Disziplin (Bouldern, Wettkampfklettern, Rotpunktklettern, usw.) eine unterschiedliche Gewichtung der Kraftausdauer in der Trainingsplanung zu erkennen, aber auch die unterschiedlichen Trainingsschwerpunkte innerhalb des Kraftausdauertrainings variieren je nach Disziplin erheblich (KÖSTERMEYER, 2000).

Desweiteren scheint in geringem Maße auch die Bewegungsschnelligkeit in den jeweiligen Disziplinen mitentscheidend zu sein, ob der Kraftausdauer mehr oder weniger Bedeutung zugeschrieben werden muss. Im Bouldern beträgt die Kontaktzeit mit einer Hand im Durchschnitt drei bis vier Sekunden, während draußen am Fels in Rotpunktversuchen die Kontaktzeit durchschnittlich fünf bis sieben Sekunden beträgt (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Für Onsightversuche an der Leistungsgrenze sind längere Kontaktzeiten durchaus möglich. Längere

Kontaktzeiten bedeuten letztendlich einen höheren Bedarf an isometrischer Haltearbeit (KÖSTERMEYER, 2000).

In Abhängigkeit von Belastungshöhe und Belastungsdauer kann die Kraftausdauer im Klettersport als Wechselwirkung zwischen Kraft und Ausdauer beschrieben werden (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). NEUMANN (2003) beschreibt die Kraftausdauer als

„[...] Fähigkeit, bei einer bestimmten Wiederholungszahl von Kraftanspannungen innerhalb eines definierten Zeitraums die Verringerung der Anspannungshöhen möglichst gering zu halten.“ (NEUMANN 2003, 124)

ALBESA / LLOVERAS (2001) definieren die Kraftausdauer als

„[...] eine Abfolge von Bewegungen, wobei jede Einzelbewegung für sich gesehen keine Höchstleistung erfordert. Erst die Summe dieser Einzelbewegungen führt wegen des hohen Krafteinsatzes dazu, dass die Unterarmmuskulatur so übersäuert [...] und nicht mehr weitergeklettert werden kann.“ (ALBESA / LLOVERAS 2001, 74)

HARRE / KRUG / SCHNABEL (2008) beschreiben die Kraftausdauer wie folgt:

„Das Zusammenwirken von Kraft- und Ausdauerfähigkeiten vollzieht sich je nach Sportart bei zyklischen oder azyklischen, dynamischen oder/und statischen Bewegungsbedingungen sowie unter betont aeroben oder anaeroben Stoffwechselanforderungen. Sehr variable sind auch die Anforderungen an die Höhe der Krafteinsätze.“ (HARRE / KRUG / SCHNABEL 2008, 190)

KÖSTERMEYER (2000) definiert die lokale Kraftausdauer im Klettersport als



„[...] Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei Kraftleistungen der lokal arbeitenden Muskulatur bei einem spezifischen Belastungs- Entlastungswechsel. In Abhängigkeit von Belastungshöhe und Belastungs- Entlastungsrhythmus überwiegt der lokale aerobe oder der lokale anaerobe Stoffwechsel der arbeitenden Muskulatur. Kraftausdauerleistungen werden beim Sportklettern insbesondere von der Fingerbeugemuskulatur gefordert.“ (KÖSTERMEYER 2000, 12)

Die Kraftausdauer im Klettersport kann demnach über die Art der Energiebereitstellung sowie über die Höhe der Krafteinsätze, aber auch über die Arbeitsweise der Muskulatur differenziert werden. In Bezug auf die Arbeitsweise der Muskulatur sollte im Kraftausdauertraining im Klettersport ein permanenter Belastungs-Entlastungswechsel berücksichtigt werden (KÖSTERMEYER, 2000). Vorrangig leistungsbestimmend ist dabei die lokale, statische Muskelausdauer der auf die Finger wirkenden Muskelgruppen (HÖRST, 2008b). Diesbezüglich beschreibt DE MARÉES (2003) eine Dauerleistungsgrenze der Muskulatur für statische Maximalkraft bei zirka 15% der Maximalkraft. Desweiteren ergänzt er:

„Da der Krafteinsatz bei der Mehrzahl der sportlichen Belastungen erheblich höher liegt, kommt der lokalen anaeroben statischen Ausdauer die größere sportpraktische Bedeutung zu. Sie wird limitiert durch die Fähigkeit, eine große Energiemenge auf anaerobem Weg [...] bereitzustellen.“ (DE MARÉES 2003, 311)

Mit steigendem Krafteinsatz nimmt die Haltezeit rapide ab, so dass die Haltezeit bei isometrischer Haltearbeit mit 40% der Maximalkraft nur noch im Bereich von 3:30 Minuten liegt (DE MARÉES, 2003). Bei Kraftanspannungen mit über 50% der Maximalkraft kommt es zum Verschluss der Kapillaren, so dass weder Sauerstoff heran-, noch Abfallprodukte abtransportiert werden können, da die Durchblutung unterbrochen ist (NEUMANN, 2003). Dabei kann der Energiebedarf nur noch

anaerob gedeckt werden, wobei die verbrauchten energiereichen Phosphate unter Glykogenabbau resynthetisiert werden und Brenztraubensäure sowie Milchsäure entstehen (DE MARÉES, 2003). Die Blutmenge, welche den Muskel während der isometrischen Belastungsphase versorgt, hängt demzufolge überwiegend von der Stärke der Muskelanspannung ab (NEUMANN, 2003).

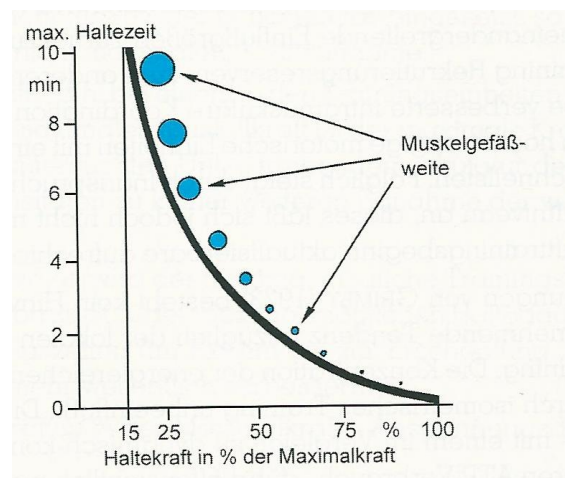


Abbildung 5: Beziehung zwischen Haltezeit und Haltekraft beim isometrischen Krafttraining (DE MARÉES 2003, 197)

Während der Weitergreifphase mit einer Hand zum nächsten Griff erfolgt für eine Armseite eine kurzzeitige Unterbrechung der isometrischen Kontraktion, welche eine kurze Entspannungsphase der vorher isometrisch belastenden Muskulatur mit sich bringt (KÖSTERMEYER, 2000). Der in dieser Entspannungsphase gewährleistete Blutfluss ermöglicht kurzzeitig den Blutaustausch in den Kapillaren. Die O<sub>2</sub>-Zufuhr wird dabei von der lokalen Durchblutung und somit von den lokalen Gefäßquerschnitten mitbestimmt (DE MARÉES, 2003).

Je nach Belastungshöhe und dem Verhältnis von Belastung und Entlastung muss bei der Bestimmung der lokalen Kraftausdauer der Fingerbeugemuskulatur demzufolge zwischen der lokalen aeroben und anaeroben Stoffwechselkapazität differenziert

werden (KÖSTERMEYER, 2000). Der Energiestoffwechsel und die Art der Energiebereitstellung sind somit entscheidend für die Leistungsfähigkeit im Kraftausdauerbereich (DE MARÉES, 2003). In diesem Zusammenhang betont KÖSTERMEYER (2005), dass sich stärkere Kletterer von weniger stärkeren Kletterern u.a. durch einen besser ausgebildeten aeroben Stoffwechsel der auf die Finger wirkenden Muskulatur differenzieren. Dies bringt mit sich, dass der Zeitpunkt an dem ein Kletterer, bedingt durch die zunehmend ansteigenden Laktatwerte, „dicke Arme bekommt“ aufgrund einer besser ausgebildeten, aeroben Kraftausdauerleistungsfähigkeit nach rechts verschiebt ist. Für Kraftausdauerleistungsfähigkeiten im Klettersport ist der Intensitätsbereich im Steady-State folglich von entscheidender Bedeutung (KÖSTERMEYER, 2000). Für das Training bedeutet dies, dass ein Teilschwerpunkt im Kraftausdauerbereich auf der Verbesserung des aeroben Stoffwechsels liegt und damit vorwiegend das Ziel verfolgt, den Laktatabbau unter Belastung zu verbessern (KÖSTERMEYER, 2005).

Neben der zentralen Bedeutung der aeroben Energiebereitstellung spielt im Klettersport aufgrund der Tatsache, dass die aufzubringende Krafteinsätze in der Regel so hoch sind, dass überwiegend auf die anaerobe Energiebereitstellung zurückgegriffen werden muss, auch die anaerobe Kraftausdauer eine bedeutende Rolle (ALBESA / LLOVERAS, 2001). Dabei führt die anaerobe Energiebereitstellung durch die Anhäufung von Stoffwechselendprodukten und die Erschöpfung der Energievorräte zu einer lokalen Muskelermüdung (NEUMANN, 2003). Bei maximalen Belastungen wird das gespeicherte Glykogen in der Glykolyse verstoffwechselt, wobei das Stoffwechselzwischenprodukt Laktat entsteht, welches sich mit zunehmender Belastungsdauer in der Muskelzelle anreichert und dort aufgrund des absinkenden intrazellulären pH-Wertes zum Abbruch der Glykolyse führt (ALBESA / LLOVERAS, 2001). MACLEOD (2010) betont dass für das Kraftausdauertraining im

Klettersport sowohl die aerobe als auch die anaerobe Kraftausdauer berücksichtigt werden sollte:

*„The intensity [of route climbing] is constantly rising and falling [...]. It comes in bursts of anaerobic effort with aerobic recovery. So both aerobic and anaerobic endurance are needed.” (MACLEOD 2010, 86)*

In welchem Bereich der Schwerpunkt der Trainingseinheit liegt hängt vorwiegend von den disziplinspezifischen Unterschieden ab (KÖSTERMEYER, 2005). So überwiegt beim Bouldern beispielsweise die anaerobe Kraftausdauer, die selbst, aufgrund der kurzen Belastungszeiten, ausschließlich bei längeren Boulderproblemen leistungsbestimmend ist, während beim Rotpunktklettern je nach Routencharakter extreme Laktatwerte gemessen werden können und sowohl der aerobe als auch der anaerobe Stoffwechsel leistungsentscheidend sind (KÖSTERMEYER, 2005).

## 2.4. Kraftausdauertraining am Hangboard

Im Hinblick auf die empirische Untersuchung der Fragestellung, ob das Hangboard zu einer Verbesserung der lokalen Kraftausdauer beitragen kann, werden nachfolgend die wichtigsten Grundsätze sowie grundlegende Eigenschaften eines Kraftausdauertrainings am Hangboard herausgearbeitet. Ausgehend von den Begriffsbestimmungen der Kraftausdauer sind im Sinne eines wirkungsvollen Kraftausdauertrainings am Hangboard die folgenden, zentralen Prämissen von entscheidender Bedeutung:

- ☑ Wiederkehrende Belastungen bei hoher Intensität (HÖRST, 2008a)
- ☑ Über einen länger anhaltenden, definierten Zeitraum (NEUMANN, 2003)
- ☑ Vorrangig leistungsbestimmend ist die lokale, statische Muskelausdauer der Fingermuskulatur (HÖRST, 2008b)
- ☑ Spezifischer Belastungs-Entlastungswechsel (KÖSTERMEYER, 2000)
- ☑ In Abhängigkeit von Belastungshöhe und Belastungsdauer (KÖSTERMEYER, 2005)
- ☑ Wechselnde Belastungsintensitäten (KÖSTERMEYER, 2000)
- ☑ Erst die Summe der Einzelbewegungen führt aufgrund des lokalen Krafteinsatzes, zum Leistungsabbruch (ALBESA / LLOVERAS, 2001)

Obwohl im Klettersport sowohl die aerobe als auch die anaerobe Kraftausdauer leistungsbestimmend sind, liegt der Schwerpunkt des Kraftausdauertrainings am Hangboard aufgrund der erhöhten Belastungsintensitäten überwiegend im anaeroben Bereich (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; MACLEOD, 2010). Die Vorgaben für die Belastungsdauer und -intensität im anaeroben Kraftausdauerbereich variieren je nach Autor erheblich. Zur Verbesserung des anaeroben, laktaziden Stoffwechsels beschreiben ALBESA / LLOVERAS (2001) allgemein für das Kraftausdauertraining im Klettersport eine Belastungsdauer von zirka 45-120 Sekunden bei 50-75% der Maximalkraft, wobei HÖRST (2008b) ein Belastungsminimum von 30 Sekunden vorschreibt. GUYON / BROUSSOULOUX (2004) beschreiben für den anaeroben Kraftausdauerbereich eine Belastungsdauer im Bereich von 15 und 180 Sekunden, was ungefähr einer Anzahl von 10/15 bis 40/45 Kletterzügen entspricht. Nach HOHMANN / LAMES / LETZELTER (2007) dominiert die anaerobe Kraftausdauer bei einer Belastungsdauer von bis zu zwei Minuten, wobei die anaerobe Glykolyse ihren Höhepunkt nach etwa 45 Sekunden erreicht. Ab einer Belastungsdauer von zirka zwei Minuten bis in den Bereich von ungefähr acht Minuten überwiegen zunehmend aerob-anaerob gemischte Formen der Ausdauer,

wobei der Betrag von aeroben-anaeroben Mechanismen stark vom Umfang, Typ und individueller Beschaffenheit der belastenden Muskulatur sowie dem Trainingszustand des Sportlers abhängt. Diese Grenzen sind fließend und können je nach Autor und Quelle variieren. Allgemein gilt, dass bei länger andauernden Belastungen wie etwa im Bereich von 40-50 Kletterzügen neben der anaeroben, laktaziden, die aerobe Ausdauer zunehmend an Bedeutung gewinnt (KELLER / SCHWEIZER, 2009).

In Bezug auf das Kraftausdauertraining am Hangboard kann festgehalten werden, dass der aerobe Kraftausdauerbereich aufgrund der hohen Belastungsintensitäten nur sehr bedingt abgedeckt werden kann, wobei der Schwerpunkt des Hangboardtrainings aufgrund der Geräteigenschaften auf die anaeroben Kraftausdauer gelegt werden sollte (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Der Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer eignet sich demnach überwiegend für Disziplinen, bei denen der anaerobe Stoffwechsel von zentraler Bedeutung ist.

Für das Kraftausdauertraining am Hangboard mit rein isometrischer Dauerkontraktion bis zum Leistungsabbruch beschreiben GUYON / BROUSSOULOUX (2004) Haltezeiten im Bereich von 15-45 Sekunden. Im Sinne eines sportartspezifischen Belastung-Entlastungswechsels orientiert sich das Belastungsschema in der nachfolgenden empirischen Untersuchung zur Überprüfung der Wirkungsweise des Hangboards auf die lokale Kraftausdauer am Prinzip der „*Fingerboard Repeaters*“, welche zur Verbesserung der Maximalkraft am Hangboard eingesetzt werden (HÖRST, 2008b). Bei diesem Trainingsverfahren werden im Vorfeld der Trainingseinheit am Hangboard fünf bis zehn unterschiedliche Griffe definiert, an denen anschließend jeweils ein Durchgang von bis zu zehn Wiederholungen mit einer Haltezeit bei isometrischer Haltearbeit von 3-

5 Sekunden und einer Pausendauer zwischen den Wiederholungen von jeweils weniger als 5 Sekunden durchgeführt wird (HÖRST, 2008b). Diese Form von Intervallmethode, welche durch abwechselnd kurze, intensive Belastungen mit ebenfalls kurzen, unvollständigen Erholungsphasen gekennzeichnet ist, gewährleistet aufgrund der „*grip-relax-repeating-sequence*“ (GRRS) den für das spezifische Kraftausdauertraining im Klettersport bedeutenden Belastungs-Entlastungswechsel (HÖRST 2008b; KÖSTERMEYER, 2000; MCLEOD, 2010). Im Gegensatz zu maximalen, wiederholten, isometrischen Dauerbelastungen bis zum Belastungsabbruch können mit der Intervallmethode ein erhöhter Trainingsumfang und größere Trainingseffekte erzielt werden (HÖRST, 2008b). Desweiteren eignen sich isometrische Dauerbelastungen bis zum Belastungsabbruch angesichts des ohnehin schon motivationsbelastenden Hangboardtrainings nicht für das Kraftausdauertraining am Hangboard (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Außerdem ermöglicht ein Kraftausdauertraining nach dem Belastungsschema der „*Fingerboard Repeaters*“ wechselnde Belastungsintensitäten aufgrund einer unterschiedlichen Griffauswahl, was darüber hinaus auch ein Training an möglichst vielen, unterschiedlichen Griffen ermöglicht, um spezifische Adaptationsvorgänge zu gewährleisten (HÖRST, 2008b). Für den Kraftausdauerbereich am Hangboard müssten allerdings höhere Belastungszeiten und demzufolge niedrigere Belastungsintensitäten als im Maximalkraftbereich herausgearbeitet werden.

Da eine Verbesserung der lokalen Kraftausdauer ebenfalls über die Steigerung der Maximalkraft erzielt werden kann, so dass die Erscheinungsformen Maximalkraft und Kraftausdauer eng zusammenhängen, sollten im Hinblick einer bestmöglichen Trainingseffektivität des Kraftausdauertrainings beide Kraftformen am Hangboard simultan trainiert werden (KÖSTERMEYER, 2009; NEUMANN, 2003). Die Belastungszeiten bei isometrischer Haltarbeit im Maximalkrafttraining liegen nach

MACLEOD (2010) im Bereich von 5-10 Sekunden. Auch HÖRST (2008b) schreibt der Maximalkraft im Kraftausdauertraining eine besondere Funktion zu:

*“From this perspective, strength training could be viewed as more important for all climbers [...]. This notion is supported by the fact that strengthening a muscle also improves its endurance, because a stronger muscle can use a smaller percentage of maximum strength to execute a sequence of nonmaximum moves.” (HÖRST 2008b, 88)*

## 2.5. Derzeitiger Forschungsstand

Dass in Bezug auf die Trainingseffektivität des Hangboards bisher kaum Untersuchungen vorliegen, lässt sich nach KÖSTERMEYER (2000) darauf zurückführen, dass sich die Mehrzahl der Studien im Klettersport auf Verletzungsarten und Verletzungsrisiken konzentrieren, während Trainingsmethoden sowie die Wirkungsweisen unterschiedlicher Trainingsformen bisher recht wenig untersucht worden sind. Der Grund hierfür sieht MACLEOD (2010) in der Tatsache, dass der Klettersport erst seit einigen Jahrzehnten zunehmend an Popularität gewinnen konnte:

*„In some bigger sports that have more money flowing through them, the level of scientific research and shared qualitative knowledge among coaches is a lot more robust. In less high profile sports, the accepted knowledge of the day is a mix of influences from archaic traditions, what the best athletes do, and adapted techniques from other sports. This is where climbing is at right now.” (MACLEOD 2010, 8)*



Auch nach HÖRST (2008b) liegt die Ursache dafür, dass für den Trainingsbereich im Klettersport kaum Untersuchungen vorliegen, überwiegend in der Tatsache, dass sich die Trainingswissenschaft erst seit einigen Jahren vermehrt mit dem Klettersport befasst:

*„Compared with many other sports, the science of performance rock climbing is still quite young. Well over a hundred years of literature exists on technical aspects of the golf swing, and Olympic sports have been the subject of performance analysis for centuries. Far removed from the mainstream of organized sports and almost countercultural pursuit just a generation ago, rock climbing was completely off the map in the emergence of sports sciences.” (HÖRST 2008b, 1)*

Desweiteren ergänzt KÖSTERMEYER (2000), dass in trainingswissenschaftlichen Studien bisher überwiegend das Leistungsprofil des Klettersports untersucht wurde. In diesem Zusammenhang konnte in Bezug auf die unterschiedlichen Erscheinungsformen der Kraft überwiegend für die Maximalkraft und die Kraftausdauer der Fingerbeugemuskulatur eine leistungsbestimmende Bedeutung festgestellt werden (KÖSTERMEYER, 2005; WATTS, 2004).

In Bezug auf das Krafttraining liegt die Stärke des Hangboards, aufgrund der hohen Belastungsintensitäten, überwiegend im Maximalkraftbereich, so dass sich sein Einsatz hauptsächlich auf die Verbesserung der Maximalkraft der Fingermuskulatur konzentriert (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; HÖRST, 2008b; KELLER / SCHWEIZER, 2009). KINGSLEY (1997) untersuchte in diesem Zusammenhang den Einsatz des Hangboards zur Steigerung der Maximalkraft und konnte innerhalb eines siebenwöchigen Hangboardtrainings eine signifikante Maximalkraftzunahme beobachten, wobei nicht festgestellt werden konnte, ob die zu beobachtenden Leistungssteigerungen ausschließlich dem Hangboardtraining zugeschrieben werden

konnten. Für die Trainingspraxis im Maximalkraftbereich werden im Klettersport allgemeine Belastungsschemata der Trainingswissenschaft angewandt. NEUMANN (2003) beschreibt beispielsweise eine Belastungsdauer bei isometrischer Haltearbeit von 6-15 Sekunden im Hypertrophiebereich und von 1-8 Sekunden für das Intramuskuläre Koordinationstraining. In Bezug auf das Maximalkrafttraining am Hangboard beschreibt HÖRST (2008b) wiederholte Halteübungen mit einer Haltezeit zwischen 3-5 Sekunden bei isometrischer Haltearbeit und einer Pausendauer zwischen den 6-8 Wiederholungen von weniger als fünf Sekunden. MACLEOD (2010) beschreibt für das Maximalkrafttraining am Hangboard bei isometrischer Haltearbeit Haltezeiten im Bereich von 5-10 Sekunden. Neben den Halteübungen bei isometrischer Haltearbeit kommen darüber hinaus im Maximalkrafttraining am Hangboard diverse Blockierübungen (einarmig, beidarmig bei unterschiedlichen Ellenbogenwinkeln) sowie unterschiedliche Hangelübungen und Klimmzugübungen mit konzentrisch-dynamischer Muskelarbeit zum Einsatz (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004).

Für das Kraftausdauertraining am Hangboard sind bislang keine Untersuchungen veröffentlicht worden und die vorliegende Arbeit könnte als Vorlage für weitere wissenschaftliche Untersuchungen in diesem Bereich dienen. MACLEOD et al. 2007 erwähnen in diesem Zusammenhang, dass in Bezug auf die Kraftausdauerleistungsfähigkeit im Bereich der Fingermuskulatur nur wenige Untersuchungen veröffentlicht wurden. Bisher konnte lediglich anhand einfacher Hängetestverfahren an hölzernen Leisten, bei denen eine statische Dauerkontraktion der belastenden Fingerbeugemuskulatur vorliegt, die Bedeutung der Maximalkraftausdauer der Fingerbeuger herausgearbeitet werden (KÖSTERMEYER, 2000).

„Die Probanden haben dabei die Aufgabe, an einer Griffleiste, deren Größe - je nach Testvariante - die Länge des ersten bzw. zweiten Fingerglieds nicht überschreitet, mit unterschiedlichen Prozentsätzen ihrer Maximalkraft bis zur Erschöpfung zu hängen. Durch Zusatzlasten oder Entlastungsvorrichtungen wird das Körpergewicht erhöht oder verringert, um die Belastungsintensität dem geforderten Prozentsatz der Maximalkraft anzupassen. Registriert wird bei diesen Tests die Hängezeit und das Zusatzgewicht bzw. die Entlastung.“ (KÖSTERMEYER 2000, 14)

Diese Hängetests sind aufgrund der fehlenden sportartspezifischen Belastung nur bedingt in der Trainingspraxis zur Verbesserung der lokalen Kraftausdauer einsetzbar (KÖSTERMEYER, 2000). Für das Kraftausdauertraining am Hangboard beschreiben GUYON / BROUSSOULOUX (2004) ein Belastungsschema, bei dem intermittierend Halteübungen mit einer Belastungsdauer im Bereich von 10-20 Sekunden und maximal, konzentrisch-dynamische Klimmzugübungen zum Einsatz kommen. Im Leistungsbereich beschreibt HÖRST (2008b) zur Verbesserung der lokalen Kraftausdauer am Hangboard sog. „*Straight-Arm Fingerboard Hangs*“, mit einer Belastungsdauer von 20 Sekunden sowie einer Pausendauer zwischen den 6-8 Wiederholungen von 10 Sekunden.

## 2.6. Zusammenfassung

In den bisherigen Arbeitsabschnitten konnte herausgearbeitet werden, dass sich das Hangboard seit seiner Erfindung in den 1980er Jahren im Klettersport zunehmend zur Steigerung der Maximalkraft durchsetzen konnte (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). In Bezug auf die unterschiedlichen Erscheinungsformen der Kraft konnte neben der Maximalkraft vor allem die lokale Kraftausdauer der auf die Finger

wirkenden Beugemuskulatur als zentraler, leistungslimitierender Faktor im Klettersport herausgearbeitet werden (KÖSTERMEYER, 2005; SCHÖFFL et al. 2006). Der leistungsbestimmenden Bedeutung der lokalen Kraftausdauer zufolge, untersucht die nachfolgende empirische Untersuchung den Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport.

Die besondere Schwierigkeit bei der Überprüfung der Fragestellung liegt in einer genauen Begriffsbestimmung der Kraftausdauer im Klettersport, was auf die Vielschichtigkeit ihrer Erscheinungsformen und die unterschiedlichen Ausprägungen zurückzuführen ist (KÖSTERMEYER, 2000). Neben der Art der Energiebereitstellung sowie der Höhe der Kräfteinsätze, so dass je nach Belastungshöhe und dem Verhältnis von Belastung und Entlastung zwischen der lokal aeroben und lokal anaeroben Kraftausdauer differenziert werden muss, konnte herausgearbeitet werden, dass für das Kraftausdauertraining im Klettersport auch die Arbeitsweise der Muskulatur von grundlegender Bedeutung ist. Neben der vorrangig leistungsbestimmenden, lokalen, statischen Muskelausdauer der auf die Finger wirkenden Muskelgruppen, sollte im Kraftausdauertraining im Klettersport ein permanenter Belastungs-Entlastungswechsel berücksichtigt werden (HÖRST, 2008b; KÖSTERMEYER, 2000). Desweiteren sollten wechselnde Belastungsintensitäten gewährleistet und der Intensitätsbereich so ausgewählt werden, dass erst die Summe der Einzelbewegungen aufgrund lokaler Ermüdung zum Leistungsabbruch führt (ALBESA / LLOVERAS, 2001; KÖSTERMEYER, 2000). Aufgrund der Vielfalt an Griffformen im Klettersport setzt ein sportartspezifisches Kraftausdauertraining voraus, dass an möglichst vielen, unterschiedlichen Griffen bei unterschiedlicher Belastungsintensität trainiert werden sollte (HÖRST, 2008b; KÖSTERMEYER, 2000).

Obwohl im Klettersport sowohl die aerobe als auch die anaerobe Kraftausdauer leistungsbestimmend sind, liegt der Schwerpunkt des Kraftausdauertrainings am

Hangboard aufgrund der erhöhten Belastungsintensitäten überwiegend im anaeroben Bereich (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; MACLEOD, 2010). GUYON / BROUSSOULOUX (2004) beschreiben für den anaeroben Kraftausdauerbereich eine Belastungsdauer im Bereich von 15 und 180 Sekunden, was einer Anzahl von 10/15 bis 40/45 Kletterzügen entspricht. Im Sinne eines möglichst effektiven Kraftausdauertrainings am Hangboard sollte das Training sowohl einen Maximalkraft- als auch einen Kraftausdaueranteil beinhalten (NEUMANN, 2003). Dabei sollten die Belastungszeiten bei isometrischer Haltearbeit im Maximalkrafttraining nach MACLEOD (2010) im Bereich von 5-10 Sekunden liegen.

### 3. Empirische Untersuchung

#### 3.1. Hypothese und Ziele der empirischen Untersuchung

Den dargestellten theoretischen Grundlagen zufolge soll nachfolgend die Fragestellung, ob das Hangboard als Trainingsgerät zur Verbesserung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport eingesetzt werden kann, überprüft werden. Zur Überprüfung der Fragestellung liegen folgende Null- und Alternativhypothese vor:

<b>Nullhypothese <math>H_0</math>:</b>	Das wöchentliche Training am Hangboard über einen Zeitraum von zwölf Wochen führt zu keiner Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport.
<b>Alternativhypothese <math>H_A</math>:</b>	Das wöchentliche Training am Hangboard über einen Zeitraum von zwölf Wochen führt zu einer Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport.

Die Wirkungsweise des Hangboards im Kraftausdauerbereich wird dabei sowohl anhand einer Querschnittuntersuchung (zwei Stichproben werden im Hinblick auf ihre unterschiedlichen Merkmalsausprägungen untereinander verglichen) als auch anhand von Längsschnittuntersuchungen (zeitliche Entwicklungsprozesse und damit Veränderung der Merkmalsausprägungen im Laufe der Zeit) überprüft. Zusätzlich zu der Überprüfung der Null- und Alternativhypothese soll der Einsatz des Hangboards im Kraftausdauerbereich als ergänzendes Trainingsgerät untersucht werden (**Leitfrage 1**). Darüber hinaus soll für das Training am Hangboard die Wirkungsweise der Maximalkraft auf die lokale Kraftausdauer der im Klettersport leistungslimitierenden Fingermuskulatur überprüft werden (**Leitfrage 2**). Desweiteren verfolgt die nachfolgende Untersuchung das Ziel, die Nachhaltigkeit der möglichen Trainingseffekte des Hangboardtrainings im Bereich der Kraftausdauer zu untersuchen (**Leitfrage 3**).

## 3.2. Untersuchungsmethodik

### 3.2.1. Personenstichprobe

Die Untersuchungsgruppe bestand aus 24 männlichen Probanden. Das durchschnittliche Alter betrug 23 Jahre und aus gesundheitlichen Gründen wurde für die Teilnahme an der Studie ein Mindestalter von 16 Jahren vorgeschrieben. Alle Probanden konnten eine mindestens einjährige Klettererfahrung aufweisen. Im Durchschnitt betrug die aktive Kletterzeit der Probanden vier Jahre. Probanden ohne vorherige Klettererfahrung oder mit einem Leistungsniveau unter VII- der UIAA Schwierigkeitsskala, wurden für die Untersuchung nicht zugelassen, da das Hangboard aufgrund der hohen Belastungsspitzen überwiegend bei fortgeschrittenen Athleten eingesetzt werden sollte (GUYON / BROUSSOULOUX,

2004). Das Leistungsniveau lag im Durchschnitt im 6c-Schwierigkeitsbereich der französischen Schwierigkeitsskala (VIII- auf der UIAA Schwierigkeitsskala). Die unterste Leistungsgrenze lag für die untersuchte Stichprobe im 6b-Schwierigkeitsbereich (VII auf der UIAA Schwierigkeitsskala), während sich die leistungsstärksten Probanden der Untersuchungsgruppe im 8a-Schwierigkeitsgrad der französischen Skala befanden (X- der UIAA Schwierigkeitsskala). Neben einem allgemein guten gesundheitlichen und sportlichen Zustand durften die Probanden keine akuten oder chronischen Beschwerden im Finger-, Ellenbogen- und / oder Schulterbereich aufzeigen (MACLEOD, 2010).

Desweiteren wurden sämtliche Probanden über die Inhalte und Ziele der wissenschaftlichen Untersuchung informiert. Dazu zählten u.a. genaue Instruktionen über die Testverfahren, über den Versuchsablauf, den zeitlichen Rahmen, zur Pausengestaltung und sonstige, für die Untersuchung relevanten Hinweise. Sämtliche Probanden mussten mit Hilfe einer Einverständniserklärung dem Gebrauch der aus den Untersuchungen erhobenen Daten für die wissenschaftliche Arbeit zustimmen. Die Teilnahme an der Untersuchung war freiwillig und ohne Endgeltung. Zu jedem beliebigen Zeitpunkt bestand die Möglichkeit, die Untersuchung vorzeitig abzubrechen.

*Tabelle 1: Profilanalyse der Untersuchungsgruppe*

n	Alter	aktive Kletterjahre	Gewicht (kg)	Kletterniveau (redpoint)
24	23 ± 5	4 ± 2,84	66,11 ± 8,69	Durchschnitt: 6c / VIII- MIN: 6b / VII UIAA MAX: 8a / X- UIAA

Ausgehend von einem Stichprobenumfang mit n=24 Probanden, wurde die Stichprobe zu Beginn der wissenschaftlichen Untersuchung in zwei gleichgroße

Gruppen aufgeteilt, so dass einerseits zwischen der Hangboardgruppe (HB mit n=12 Probanden), in der die Probanden ausschließlich einmal wöchentlich am Hangboard trainierten und darüber hinaus keine zusätzlichen, sportartspezifischen Trainingseinheiten oder Aktivitäten ausüben durften, und andererseits der Kontrollgruppe (KG mit n=12 Probanden), in der die Probanden das Hangboardtraining einmal wöchentlich als Ergänzung zum herkömmlichen Trainingsprogramm absolvierten unter der Bedingung, dass neben dieser wöchentlichen Einheit kein zusätzliches Hangboardtraining ausgeübt werden durfte, differenziert werden konnte. Die Entscheidung der Gruppenauswahl war den Probanden selbst überlassen, so dass die Aufteilung in zwei gleichgroße Gruppen zufällig zustande kam.

Anhand der Hangboardgruppe (HB) sollte die Wirkungsweise des Hangboardtrainings auf die Maximalkraft und insbesondere auf die Kraftausdauer überprüft werden, ohne dass für mögliche Veränderungen zusätzliche, äußere Belastungsreize herangezogen werden könnten. Mit Hilfe der Kontrollgruppe (KG), in der die Probanden das Hangboardtraining ergänzend zu den individuellen Trainingseinheiten durchführten, sollten wichtige Erkenntnisse für das ergänzende Kraftausdauertraining am Hangboard ermöglicht werden.

*Tabelle 2: Aufteilung der Probanden in Hangboardgruppe (HB mit n=12) und Kontrollgruppe (KG mit n=12)*

<b>Hangboardgruppe (HB)</b>	<b>Kontrollgruppe (KG)</b>
n = 12	n = 12
<input checked="" type="checkbox"/> Probanden trainierten ausschließlich einmal wöchentlich am Hangboard <input checked="" type="checkbox"/> Darüber hinaus waren keine zusätzlichen, sportartspezifischen Aktivitäten erlaubt	<input checked="" type="checkbox"/> Probanden führten das Hangboardtraining als Ergänzung zum herkömmlichen Trainingsprogramm durch <input checked="" type="checkbox"/> Neben der wöchentlichen Einheit war kein zusätzliches Hangboardtraining erlaubt



### 3.2.2. Aufbau der Untersuchung

Das Untersuchungsverfahren gliederte sich in die Bestandteile „Untersuchung“ und „Trainingseinheit“. Sämtliche Untersuchungen zur Datenerhebung sowie die jeweiligen Trainingseinheiten wurden im Hinblick auf standardisierte Rahmenbedingungen am Hangboard vom Hersteller CORE CLIMBING, Sheffield, durchgeführt. Das Hangboard wurde für den gesamten Untersuchungszeitraum schulterhoch bei 0 Grad Neigung und ausreichender Beinfreiheit befestigt.

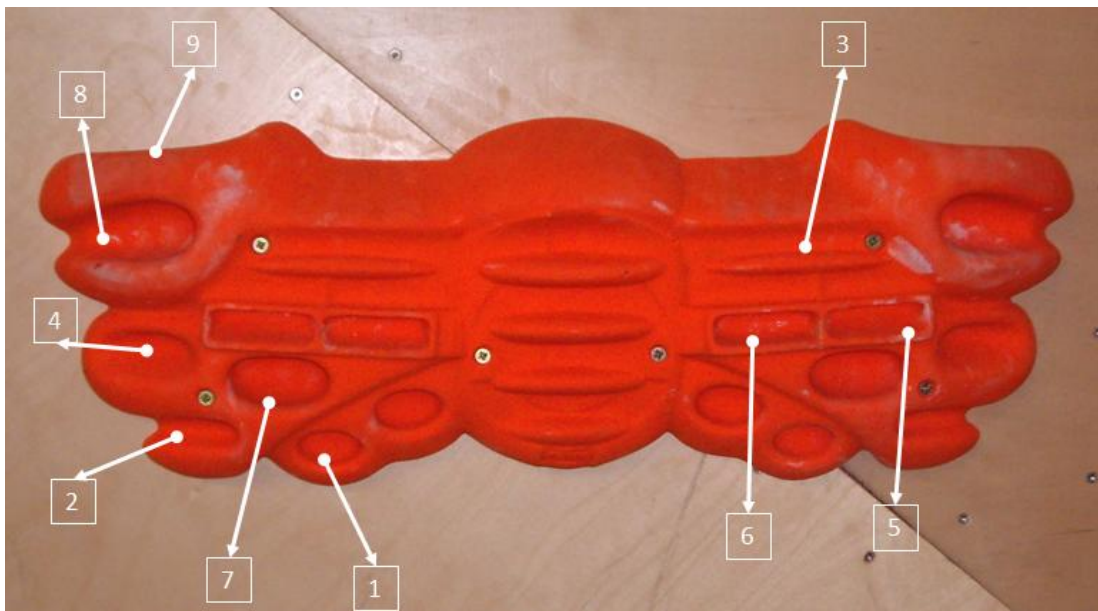


Abbildung 6: Das Hangboard vom Hersteller CORE an dem die Untersuchungen durchgeführt wurden



Abbildung 7: Darstellung der einzelnen Griffe, die im Vorfeld der Untersuchung am Hangboard definiert wurden

Wie in Abb. 6-7 dargestellt, wurden am Hangboard im Vorfeld der empirischen Untersuchung neun unterschiedliche Haltepositionen definiert, welche von Griff 1 „sehr schwer zu halten“ bis Griff 9 „sehr leicht zu halten“ durchnummeriert wurden. Untersucht wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten die Merkmalsausprägungen der Variable „Haltezeit in Sekunden bei isometrischer Haltearbeit mit 90 Grad im Ellenbogengelenk“ von Griff 9 ausgehend (sehr gut zu halten) bis zu Griff 1 (sehr schwer zu halten) bzw. bis zu dem Griff, an dem sich die Probanden jeweils zwischen 5-10 Sekunden halten konnten. Zur Reduktion der Verletzungsgefahr, aber auch aufgrund messmethodisch bedingter Ungenauigkeiten, erfolgte keine Datenerhebung für Griffe mit einer Haltezeit geringer als 5-10 Sekunden.

Die Datenerhebung erfolgte für sämtliche Probanden der beiden Untersuchungsgruppen an fünf unterschiedlichen Zeitpunkten:

- In der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums
- In der Untersuchung 1 (U1) nach vier Trainingswochen
- In der Untersuchung 2 (U2) nach acht Trainingswochen
- In der Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Trainingswochen
- Und anschließend an den zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum in der Nachuntersuchung (NU) nach dreiwöchiger Trainingspause am Hangboard

Der Untersuchungszeitraum, indem die Probanden das Kraftausdauerprogramm am Hangboard absolvierten, betrug insgesamt zwölf Wochen. Anschließend an den zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum erfolgte nach dreiwöchiger Trainingspause am Hangboard eine zusätzliche Nachtuntersuchung, um die Nachhaltigkeit der Trainingseffekte am Hangboard zu überprüfen. Den Probanden aus der Kontrollgruppe (KG) war während dieser dreiwöchigen Ruheperiode weiterhin erlaubt, ihr alltägliches Trainingsprogramm zu absolvieren, allerdings durften während diesem Zeitraum keine Trainingseinheiten am Hangboard durchgeführt werden.

Voruntersuchung	Untersuchung 1	Untersuchung 2	Untersuchung 3	Nachuntersuchung
Zu Beginn der dreimonatigen Untersuchung	Nach vierwöchigem Training	Nach achtwöchigem Training	Nach zwölfwöchigem Training	Nach dreiwöchiger Ruheperiode

Zwölfwöchiger Untersuchungszeitraum und anschließende Nachuntersuchung




Abbildung 8: Übersicht der zeitlichen Anordnung der Untersuchungszeitpunkte

Um eine möglichst zuverlässige Aussage und ein genaues Testergebnis zu ermöglichen, zählen die Objektivität, die Validität und die Reliabilität zu den Gütekriterien wissenschaftlicher Untersuchungsverfahren (HOFFMANN / ORTHMANN, 2009). In diesem Zusammenhang wurden für sämtliche Untersuchungen standardisierte Rahmenbedingungen vorausgesetzt, damit im späteren Verlauf eine aussagekräftige Datenanalyse ohne fehlerbehaftete Ergebnisse gewährleistet werden konnte (KELLER / SCHWEIZER, 2009). In Bezug auf diese standardisierten Rahmenbedingungen konnte auf zentrale Erkenntnisse aus den im Mai / Juni 2010 durchgeführten Pretests zurückgegriffen werden. An fünf leistungsorientierten Probanden wurde im Vorfeld ein Kraftausdauertraining am Hangboard absolviert, um anhand der Ergebnisse wichtige Erkenntnisse für die Durchführung der Hauptuntersuchung zu ermöglichen.

In den Pretests konnten die Außentemperatur sowie die Luftfeuchtigkeit einen erheblichen Einfluss der auf die Haltezeiten ausüben. Für alle fünf Probanden konnte mit zunehmender Außentemperatur und ansteigender Luftfeuchtigkeit geringere Haltezeiten an mittleren bis kleinen Griffen festgestellt werden, während die Haltezeiten an größeren Griffen weiterhin anstiegen. Auch MACLEOD (2010) beschreibt den Einfluss der Außentemperatur und der Luftfeuchtigkeit auf die Haltezeiten am Hangboard. Im Hinblick auf standardisierte Rahmenbedingungen gilt demnach, dass große Temperaturschwankungen und Veränderungen der Luftfeuchtigkeit innerhalb der verschiedenen Untersuchungszeitpunkte vermieden werden sollten.

Desweiteren konnten je nach Pausendauer zwischen den einzelnen Wiederholungen erhebliche Unterschiede in den Haltezeiten beobachtet werden. WATTS et al. (2008) untersuchten die maximale Hängezeit am Hangboard mit unterschiedlichen Pausendauern und konnten mit zunehmender Wiederholungszahl bei drei Minuten

Pausendauer zwischen den einzelnen Wiederholungen signifikant geringere Leistungsrückgänge beobachten als bei einer Pausendauer von jeweils nur einer Minute. KELLER / SCHWEIZER (2009) beschreiben bei hohen Kraftausdauerbelastungen eine Halbwertszeit des Laktats von zirka 20 Minuten und eine Dauer für den vollständigen Laktatabbau von bis zu drei Stunden. Im Klettersport wird nach massiver Laktatproduktion eine Pausendauer im Bereich von 45 Minuten empfohlen, welche allerdings für die Untersuchungen am Hangboard methodisch nicht umsetzbar ist (ALBESA / LLOVERAS, 2001). Demzufolge wurde im Sinne einer Bedingungskonstanz für sämtliche Untersuchungen eine Pausendauer zwischen den einzelnen Messungen von fünf Minuten vorgeschrieben. Desweiteren wurde ein stets gleich ablaufendes Untersuchungsschema vorgeschrieben, so dass bei sämtlichen Untersuchungen an Griff 9 (sehr leicht zu halten) begonnen wurde und die Untersuchung an dem Griff beendet wurde, an dem sich der Proband zwischen 5-10 Sekunden halten konnte.

Darüber hinaus konnte in den Pretests ein deutlicher Zusammenhang zwischen Haltezeit in Sekunden und dem körperlichen Regenerationsstatus festgestellt werden. Für die Hauptuntersuchung wurden demnach zwei Ruhetage vor den jeweiligen Untersuchungen vorgeschrieben. Aufgrund der notwendigen Ausbelastung während den Untersuchungen soll durch die entsprechenden Ruhetagen auch das Verletzungsrisiko bestmöglich reduziert werden (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). MACLEOD (2010) beschreibt einen ausgeruhten körperlichen Zustand als Grundvoraussetzung für das effektive und verletzungsfreie Training am Hangboard:

*“Errors in form or ignoring messages from the body about recovery state are common in fingerboarding [...] Injuries do happen too, developing from poor form or training when tired or mentally preoccupied.” (MACLEOD 2010, 60)*

Ein weiteres Problem in den Pretests bestand in der Tatsache, dass mit dem Einsatz des Daumens erheblich längere Haltezeiten aufgebracht werden konnten als ohne Daumeneinsatz. Auch QUAINÉ / VIGOUROUX / PACLET / COULLAUD (2011) beschreiben, dass mithilfe des Daumens erhöhte Kräfte erzeugt werden können:

*“To ideally place the fingertips on the holds, the thumb is sometimes positioned on the nail of the index finger. This allows using the thumb as an additional actuator by exerting a supplementary force in the same direction as the index, middle, ring and little fingers.”* (QUAINÉ / VIGOUROUX / PACLET / COULLAUD 2011, 49)

Demzufolge wurden im Sinne einer bestmöglichen Standardisierbarkeit sämtliche Untersuchungen ohne Daumeneinsatz durchgeführt. Desweiteren konnten beim ungünstigen Greifen der Griffe deutlich schlechtere Haltezeiten beobachtet werden als wenn die Griffe gleich zu Beginn optimal belastet werden konnten. Mehrere Durchgänge waren für die Hauptuntersuchung aus zeitlichen Gründen methodisch nicht umsetzbar, so dass beim ungünstigen Greifen oder beim Schwingen des Körpers unmittelbar nach Belastungsbeginn durch eine falsche Körperschwerpunktverlagerung einzelne Messwiederholungen erlaubt wurden.

Die von GUYON / BROUSSOULOUX (2004) empfohlene Gesamtdauer von 90 Minuten für die Kraftausdauereinheit am Hangboard ergab sich in den Pretests als sinnvoll, da Trainingseinheiten im Bereich von 120 Minuten und mehr von allen fünf Probanden vorzeitig abgebrochen werden mussten. Mit zunehmender Ermüdung verschlechterte sich die Qualität der Übungsdurchführung deutlich. Darüber hinaus ließ sich überwiegend ein ermüdungsbedingter Konzentrations- und Motivationsverlust bei allen fünf Probanden feststellen, wodurch mit einem erhöhten Verletzungsrisiko zu rechnen war.

Neben den gewonnenen Erkenntnissen aus den Pretests spielt in Bezug auf die Reliabilität insbesondere die Zuverlässigkeit der Messverfahren eine bedeutende Rolle. Für die Messung der Haltezeiten in Sekunden im Bereich der Kraftausdauer konnte die instrumentelle Konsistenz anhand einer digitalen Stoppuhr gewährleistet werden. Mit der Variable „Haltezeit in Sekunden“ als Untersuchungsparameter wurde ermöglicht, dass die Untersuchungen in der Kletterhalle durchgeführt werden konnten damit einerseits eine größtmögliche Stichprobe gewährleistet werden konnte und andererseits den Probanden mühsame und kostenaufwendige Fahrten sowie komplizierte Untersuchungsverfahren erspart werden konnten.

Bezüglich der standardisierten Rahmenbedingungen wurde bei sämtlichen Untersuchungen ein Ellenbogenwinkel von 90 Grad vorgeschrieben. Aufgrund der erhöhten Gefahr von Muskelsehnenentzündungen im Ellenbogenbereich sollten die Hängeübungen nicht bei vollständiger Streckung durchgeführt werden (MCLEOD, 2010; STÖHR 2011). Da der Ellenbogenwinkel einen wesentlichen Einfluss auf die Haltezeit in Sekunden ausübt, wurde im Sinne einer möglichst exakten Standardisierbarkeit ein Ellenbogenwinkel von 90 Grad vorgeschrieben. Ein 90 Grad Winkel im Ellenbogengelenk lässt sich einerseits visuell leicht überprüfen, andererseits sind die Griffe bei unterschiedlichen Hängewinkeln schwerer zu halten als mit gestreckten Armen, so dass die 90 Grad Beugung eine zusätzliche Intensitätssteigerung bewirken konnte (STÖHR, 2011). Konnte aufgrund lokaler Ermüdungserscheinungen der Beugergruppe der Arme keine 90 Grad im Ellenbogen mehr gewährleistet werden, wurde der entsprechende Durchgang abgebrochen und ausschließlich die Haltezeit in Sekunden berücksichtigt, bei denen die 90 Grad im Ellenbogenwinkel gewährleistet werden konnten.



*Abbildung 9: Standardisierte Rahmenbedingungen aufgrund der 90 Grad im Ellenbogengelenk bei der Übungsdurchführung*

Aufgrund der erheblichen Bedeutung einer optimalen physiologischen und psychologischen Vorbereitung sowohl für die Haltezeiten in Sekunden als auch in Bezug auf das Verletzungsrisiko, wurde ein standardisiertes Aufwärmprogramm vorgeschrieben (KELLER / SCHWEIZER, 2009). Gemäß der progressiven Belastungssteigerung wurde anschließend an ein allgemeines Aufwärmprogramm, ein spezifisches Aufwärmprogramm mit leichten isometrischen Hängeübungen am Hangboard absolviert, um die belastenden Muskel-Sehnen-Einheiten entsprechend vorzubereiten, damit der Körper sich kontinuierlich an die Belastung gewöhnen kann (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Insgesamt sollte für das Aufwärmen eine Mindestzeit von 15 Minuten in Anspruch genommen werden (STÖHR, 2011).

Da das Körpergewicht die Kraftausdauerleistungsfähigkeit am Hangboard wesentlich beeinflusst, wurde im Vorfeld sämtlicher Untersuchungen das Gewicht aller Probanden als Kontrollgröße erhoben, um so mögliche Veränderungen in den Haltezeiten, bedingt durch eine Gewichtsreduktion oder -zunahme ausschließen zu können.



Desweiteren wurde das Hangboard vor jedem Untersuchungsdurchgang gründlich gesäubert, um Magnesiaüberreste, die einen negativen Einfluss auf die Haltezeiten ausüben könnten, zu beseitigen.

### 3.2.3. Aufbau der Trainingseinheit

Neben den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten zur Datenerhebung trainierten beide Stichproben (Hangboardgruppe und Kontrollgruppe) im Hinblick auf die Überprüfung der Fragestellung, ob das Hangboard im Klettersport als Trainingsgerät zur Verbesserung der Kraftausdauer eingesetzt werden kann, über einen Zeitraum von zwölf Wochen einmal wöchentlich am Hangboard. Anschließend an den zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum erfolgte eine dreiwöchige Trainingspause, um in der Nachuntersuchung (NU) eine mögliche Nachhaltigkeit der verbesserten Haltezeiten am Hangboard zu überprüfen.

Da die Effektivität eines Maximalkraft- und Kraftausdauertrainings in besonderem Maße von der individuell abgestimmten Trainingsintensitäten abhängt, lag die besondere Herausforderung darin, die Trainingseinheit so zu gestalten, dass alle Probanden bestmöglich im individuellen Intensitätsbereich trainieren konnten (HÖRST, 2008b). Da eine gleiche Belastung für jeden Probanden potentiell eine andere Beanspruchung darstellen kann, so dass derselbe Griff am Hangboard für verschiedene Probanden eine unterschiedliche Beanspruchung darstellt, galt es bei der Entwicklung der Trainingseinheit zu beachten, dass für alle Probanden eine persönlich optimale Trainingsintensität gewährleistet werden konnte (MACLEOD, 2010). Ein Training mit Zusatzlasten bzw. speziell eingerichteten Entlastungen zur Gewährleistung der idealen Belastungsintensität wäre bei einer Stichprobe von 24

Probanden methodisch nur mit erheblichem Aufwand umsetzbar gewesen und ein späterer Vergleich unter den Probanden wäre erschwert worden.

Desweiteren sollte die Belastungsart der Trainingseinheit idealerweise bestmöglich mit dem Untersuchungsprofil der jeweiligen Untersuchungen übereinstimmen, da spezifische Belastungen auch stets zu spezifischen Anpassungserscheinungen führen (HÖRST, 2008b). Eine Übertragung des Untersuchungsprofils für die Untersuchungen auf die wöchentliche Trainingseinheiten wäre im Hinblick auf den fehlenden Belastungs-Entlastungswechsel ungünstig, da im Kraftausdauerbereich eine ausschließlich isometrische Belastungsform nicht dem realen Belastungsprofil des Klettersports entspricht (KÖSTERMEYER, 2000). Desweiteren würden wiederholte Belastungen mit maximaler Haltezeit bis zum individuellen Belastungsabbruch eine zusätzliche mentale Belastung des ohnehin schon motivationsabhängigen Hangboardtrainings für die Probanden darstellen. Neben der Schwierigkeit der individuellen Belastungsintensität, der bestmöglichen Übereinstimmung von Trainings- und Untersuchungsverfahren sowie der Vermeidung einer möglichst motivationsbelastenden Trainingsgestaltung bestand demnach eine weitere Herausforderung darin, ein möglichst praxisnahes Trainingskonzept zu entwickeln, um einen bestmöglichen Transfer zum eigentlichen Klettern zu gewährleisten.

Da eine Verbesserung der lokalen Kraftausdauer ebenfalls über die Steigerung der Maximalkraft erzielt werden kann (NEUMANN, 2003) beinhaltete die wöchentliche Trainingseinheit sowohl einen Maximalkraft- als auch einen Kraftausdaueranteil. Gemäß dem Trainingsprinzip der optimalen Belastungsfolge wurde der Maximalkraftteil immer vor dem Kraftausdaueranteil durchgeführt (HARRE / KRUG / SCHNABEL, 2008).

Das Maximalkrafttraining wurde jeweils an dem Griff durchgeführt, an dem sich der Proband in der entsprechenden Untersuchung vor der vierwöchigen Trainingsphase zwischen 5-10 Sekunden halten konnte (MACLEOD, 2010). So konnte gewährleistet werden, dass alle Probanden in ihrem individuellen Trainingsbereich trainieren konnten. Die Maximalkrafteinheit beinhaltete das maximal mögliche isometrische Halten des in jeder Untersuchung neubestimmten Maximalkraftgriffs (MAXhold) bei 90 Grad im Ellenbogengelenk. Insgesamt wurden pro Trainingseinheit im Maximalkrafttraining jeweils fünf Sätze durchgeführt. Der Maximalkraftgriff (MAXhold), an dem das Maximalkrafttraining durchgeführt wurde, wurde von Untersuchung zu Untersuchung für jeden Probanden individuell neu bestimmt, so dass einerseits alle Probanden bei ausreichend hoher Intensität trainierten, andererseits aber auch eine kontinuierliche Belastungssteigerung gewährleistet werden konnte. Das Prinzip der Überlast als Voraussetzung der optimalen Trainingsbelastung für eine bestmögliche Leistungssteigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit konnte demnach gewährleistet und eine Akkommodation aufgrund des Beibehaltens derselben Belastungsintensitäten zumindest in Bezug auf die Belastungsintensitäten weitgehend verhindert werden (KÖSTERMEYER, 2009). Zudem konnte nach vierwöchiger Trainingsphase in jeder Untersuchung überprüft werden, ob ein Proband in der Lage war, sein Maximalkrafttraining an dem „nächstschweren“ Griff durchzuführen, was folglich eine Zunahme der Maximalkraft bedeuten würde.

Der Kraftausdaueranteil erfolgte jeweils anschließend an das Maximalkrafttraining. Im Kraftausdaueranteil trainierten die Probanden wöchentlich nach dem Prinzip der „*Fingerboard Repeaters*“ anhand einer eingipfligen Pyramide, wobei mit abnehmender Belastungsintensität keine Verlängerung der Belastungsdauer erfolgte. Dabei wurden jeweils acht Wiederholungen mit einer Haltezeit von jeweils zwölf Sekunden und einer Pausendauer zwischen den Wiederholungen von maximal

fünf Sekunden durchgeführt, wobei die erste Wiederholung am individuell bestimmten schlechtesten Griff durchgeführt wurde und die nachfolgenden sieben Wiederholungen an zunehmend sich verbessernden Griffe absolviert wurden. *Summa Summarum* wurden auch für den Kraftausdaueranteil fünf Durchgänge bei einem Ellenbogenwinkel von 90 Grad durchgeführt, wobei zwischen jedem Durchgang eine maximale Pausendauer von sieben Minuten eingehalten werden sollte. Die Gesamtdauer für einen Durchgang betrug maximal etwa 130 Sekunden und lag damit überwiegend im anaeroben Kraftausdauerbereich (GUYON/BROUSSOULOUX, 2004).

Um eine bestmöglich individuelle Trainingsintensität zu gewährleisten, wurden die Griffe, an denen der entsprechende Proband die Pyramide durchführen sollte, ähnlich wie bei der Auswahl des Maximalkraftgriffs, jeweils in der entsprechenden Untersuchung vor der vierwöchigen Trainingseinheit bestimmt. Wie bereits erläutert, erfolgte die Reihenfolge in den Untersuchungen jeweils von Griff 9 (sehr leicht zu halten) bis zu Griff 1 (sehr schwer zu halten) bzw. dem Griff, den der jeweilige Proband maximal zwischen 5-10 Sekunden halten konnte. Der Griff, an dem sich der jeweilige Proband maximal 5-10 Sekunden halten konnte, wurde für die anschließende vierwöchige Trainingsphase als Maximalkraftgriff (MAXhold) definiert. Die im Kraftausdauerprogramm angewandte Pyramide startete genau an einem Griff „über“ dem Maximalkraftgriff, also an dem nächstbesseren Griff nach dem Maximalkraftgriff. Da die individuelle maximale Haltezeit an diesem Griff mindestens im Bereich von zwölf Sekunden lag, konnte die Haltezeit von zwölf Sekunden auch an diesem ersten Griff der Kraftausdauerpyramide gewährleistet werden. Vom Startgriff ausgehend, der für jeden Probanden individuell nach jeder Untersuchung Neubestimmt wurde, wurde jeder einzelne Griff aufwärts bis zum Griff neun, jeweils zwölf Sekunden gehalten, wobei zwischen den Wiederholungen eine maximale Pausendauer von 5 Sekunden nicht überschritten werden durfte.

Damit an denen neun unterschiedlichen Griffen insgesamt acht Wiederholungen durchgeführt werden können, muss die Kraftausdauerpyramide für alle Probanden an Griff 2 beginnen, um von Griff 2 aufwärts jeden einzelnen Griff bis Griff 9 zwölf Sekunden zu halten, was insgesamt acht Wiederholungen wären. Da die Kraftausdauerpyramide in der Regel aber an einem deutlich schlechteren Griff begann (z.B. an Griff 4) wurden die übrigbeliebenden Wiederholungen jeweils an Griff 9 durchgeführt. Aus methodischer Sicht konnte so gewährleistet werden, dass trotz zunehmender Ermüdung eine ausreichend hohe Wiederholungszahl gewährleistet werden konnte. Außerdem beinhaltete diese Form des Kraftausdauertrainings eine abwechslungsreiche Griffwahl und die Belastung möglichst vieler unterschiedlicher Griffarten. Aus Motivationsgründen ergab sich die Belastungsform vom „Schweren zum Leichten“ als „motivationsfreundlich“ und stellte den bestmöglichen Kompromiss zwischen Untersuchungsschema und tatsächlicher kletterspezifischer Belastungsform dar. Desweiteren konnte so auf den Einsatz von Zusatzlasten oder Entlastungssysteme verzichtet und das Verletzungsrisiko weitgehend reduziert werden.

In Abb. 10 ist der Aufbau der Trainingseinheit, welcher sich an den Haltezeiten der jeweiligen Untersuchungen orientiert, zusammenfassend dargestellt. Konnte ein Proband beispielsweise in der Voruntersuchung (VU) Griff 3 zwischen 5-10 Sekunden halten, so wurde in den vier Trainingswochen nach der Voruntersuchung das Maximalkrafttraining an Griff 3 absolviert (MAXhold), während die Kraftausdauerpyramide an Griff 4 begann (Startgriff). Von Griff 4 ausgehend wurde jeder Griff bis Griff 9 12 Sekunden bei einem Ellenbogenwinkel von 90 Grad und einer Pausendauer von maximal 5 Sekunden gehalten, die restlichen Wiederholungen für eine Gesamtwiederholungszahl von acht Wiederholungen wurden an Griff 9 absolviert.

Belastungsschema der Trainingseinheit									
Maximalkrafttraining		Kraftausdauertraining							
MAXhold		Startgriff	+	+	+	+	+	+	+
1	→	2	3	4	5	6	7	8	9
2	→	3	4	5	6	7	8	9	9
3	→	4	5	6	7	8	9	9	9
4	→	5	6	7	8	9	9	9	9
5	→	6	7	8	9	9	9	9	9
6	→	7	8	9	9	9	9	9	9



Abbildung 10: Schematische Darstellung der wöchentlichen Trainingseinheit

### 3.3. Statistische Auswertung der Daten

Die statistischen Berechnungen erfolgten mit dem Statistikprogramm PASW (ehemals SPSS) Version 18. Tabellen und Grafiken wurden überwiegend mit MICROSOFT EXCEL (OFFICE 2007) und zu einem geringen Anteil mit PASW erstellt. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs der beiden Stichproben erfolgte die Datenauswertung überwiegend auf deskriptiver Ebene, so dass sich lediglich ein geringer Anteil der Untersuchungsergebnisse mit der inferentiellen Datenanalyse beschäftigt (BOURIER, 2001; HATZINGER / NAGEL, 2009).

Im Bereich der deskriptiven Datenanalyse wurden für beide Stichproben sowohl Lagemaße als auch Streuungsmaße berechnet. Zu den Lagemaßen gehörend, wurde der arithmetische Mittelwert, der Medianwert und das getrimmte Mittel (5%) berechnet. Die Streuung der Merkmalswerte als zweite wesentliche Eigenschaft einer Häufigkeitsverteilung wurde mit Hilfe von den Minimal- und Maximalwerten, der Spannweite, der Varianz und der Standardabweichung sowie dem 95%igen

Konfidenzintervall und der Mittelmedianabweichung dargestellt (HATZINGER / NAGEL, 2009).

Messverfahren mit analytischen Auswertungen auf Basis der Inferenzstatistik nehmen lediglich einen kleinen Teil der statistischen Auswertung in Anspruch, da die Ergebnisse einer Teilgesamtheit von  $n=12$  Probanden nur bedingt auf die Ergebnisse einer Grundgesamtheit übertragen werden können, weil die untersuchte Teilgesamtheit aufgrund des Stichprobenumfangs nur sehr bedingt als repräsentativ für eine Grundgesamtheit angesehen werden kann (BOURIER, 2001). Statistisch überprüft wurden die unterschiedlichen Merkmalsausprägungen der Variable „Haltezeit in Sekunden bei isometrischer Haltearbeit mit 90 Grad im Ellenbogengelenk“ der Hangboardgruppe an den Griffen 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung und die Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase. Bei der Hypothesenbildung handelt es sich um eine einseitige Fragestellung, da davon ausgegangen werden kann, dass sich die Haltezeiten innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums entweder verbessern oder gleich bleiben, nicht aber verschlechtern (HOFFMANN / ORTHMANN, 2009). Da es sich bei den Mittelwertvergleichen der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 der Voruntersuchung und der Untersuchung 3 nach zwölf Wochen um abhängige Stichproben handelt, können für die Mittelwertvergleiche der Griffe 7, 8 und 9 jeweils ein abhängiger T-Test angewandt werden (HATZINGER / NAGEL, 2009; HOFFMANN / ORTHMANN, 2009). Als weitere Voraussetzung für den abhängigen T-Test wird eine Normalverteilung vorausgesetzt. Diese wurde mit Hilfe des KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test überprüft (HATZINGER / NAGEL, 2009).

## 4. Untersuchungsergebnisse

### 4.1. Deskriptive Datenanalyse

#### 4.1.1. Vorbemerkungen

Mithilfe der deskriptiven Datenanalyse soll die Wirkungsweise der zwölfwöchigen Trainingsphase am Hangboard auf die Kraftausdauerleistungsfähigkeit anhand der untersuchten Hangboardgruppe und Kontrollgruppe überprüft werden. Anhand der Hangboardgruppe soll untersucht werden, ob ein wöchentliches Kraftausdauertraining am Hangboard innerhalb eines zwölfwöchigen Trainingszeitraums zu einer Verbesserung der Kraftausdauer beitragen kann, ohne dass mögliche Veränderungen auf zusätzliche, äußere Belastungsreize zurückzuführen sind. Mit Hilfe der Kontrollgruppe, in der die Probanden das Hangboardtraining ergänzend zu den individuellen Trainingseinheiten durchführten, sollen wichtige Erkenntnisse für das ergänzende Kraftausdauertraining am Hangboard ermöglicht werden (**Leitfrage 1**). Desweiteren soll anhand beider Stichproben am Hangboard ein möglicher Zusammenhang zwischen der Maximalkraft und der Kraftausdauer der Fingermuskulatur überprüft werden (**Leitfrage 2**). Anschließend soll in Bezug auf die **Leitfrage 3** mit Hilfe der Nachuntersuchung nach dreiwöchiger Ruheperiode am Hangboard die Nachhaltigkeit der Trainingseffekte im Kraftausdauerbereich überprüft werden.

Im Vorfeld dieser empirischen Untersuchung wurde für das Training der lokalen anaeroben Kraftausdauer ein Belastungszeitraum von 15-180 Sekunden herausgearbeitet, wobei ein rein isometrisches Kraftausdauertraining am Hangboard im Bereich von 15-45 Sekunden liegen sollte (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Die



Mindesthaltezeit am Hangboard bei isometrischer Haltearbeit sollte im Hinblick auf eine Steigerung der Kraftausdauerleistungsfähigkeit demnach mindestens 15 Sekunden betragen. Geringere Haltezeiten würden demgegenüber auf eine Verbesserung der Maximalkraft hinzielen (MACLEOD, 2010). Diese schematische Differenzierung zwischen den Haltezeiten im Maximalkraft- und Kraftausdauerbereich ist für die Überprüfung der Fragestellung von entscheidender Bedeutung. Ausgehend von der Prämisse, dass im Kraftausdauertraining am Hangboard eine Mindesthaltezeit von 15 Sekunden bei isometrischer Haltearbeit gewährleistet werden sollte, dürfen nachfolgend zur Überprüfung der Steigerung der lokalen Kraftausdauer ausschließlich die Griffe von 1-9 am Hangboard berücksichtigt werden, an denen in der Voruntersuchung eine Mindesthaltezeit von 15 Sekunden beobachtet werden konnte (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Das bedeutet, dass für die Untersuchung im Kraftausdauerbereich lediglich die Griffe berücksichtigt werden dürfen, an denen in der Voruntersuchung (VU) von allen Probanden der beiden Stichproben (HB mit  $n=12$  und KG mit  $n=12$ ) eine Haltezeit von mindestens 15 Sekunden festgestellt werden konnte. Für die Hangboardgruppe betrug der niedrigste Wert an Griff 7 in der Voruntersuchung 15,47 Sekunden. Da für die restlichen elf Probanden der HB höhere Haltezeiten beobachtet werden konnten und die Haltezeiten mit größerer Griffnummer aufgrund besserer Greifbedingungen anstiegen (für HB: Minimalwert in der Voruntersuchung an Griff 8 21,23 Sekunden und an Griff 9 24,19 Sekunden), kann für die Hangboardgruppe eine Verbesserung der lokalen Kraftausdauer am Hangboard über einen Untersuchungszeitraum von zwölf Wochen anhand der Griffe 7, 8 und 9 überprüft werden. Für die Kontrollgruppe konnte an Griff 7 in der Voruntersuchung als niedrigster Wert 27,67 Sekunden beobachtet werden, so dass auch für die KG die Überprüfung einer Verbesserung der Kraftausdauerwerte anhand der Griffe 7, 8 und 9 festgestellt werden kann (für KG: Minimalwert in der Voruntersuchung an Griff 8 40,03 Sekunden und an Griff 9 51,27 Sekunden). Da für die Kontrollgruppe aufgrund

höherer Ausgangswerte selbst an Griff 6 ein niedrigster Wert von 18,53 Sekunden beobachtet werden konnte, hätte für diese Stichprobe neben den Griffen 7, 8 und 9 außerdem Griff 6 berücksichtigt werden können. Zum vereinfachten Vergleich der beiden untersuchten Stichproben werden nachfolgend für den Kraftausdauerbereich ausschließlich die Griffe 7, 8 und 9 berücksichtigt. Aufgrund der Tatsache, dass die längste Haltezeit bei isometrischer Haltearbeit des gesamten Datensatzes (HB mit  $n=12$  und KG mit  $n=12$ ) innerhalb des Untersuchungszeitraums 118,65 Sekunden betrug, kann angenommen werden, dass beide Stichproben überwiegend im anaeroben Kraftausdauerbereich trainierten.

Im Vorfeld der nachfolgenden deskriptiven Datenanalyse der beiden Stichproben kann vermerkt werden, dass im Verlauf des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums und anschließender Nachuntersuchung keiner der 24 Probanden die Untersuchung vorzeitig abbrechen musste. Desweiteren wurde in den Untersuchungen für sämtliche Probanden der beiden Stichproben das Körpergewicht als Kontrollgröße ermittelt, da übermäßige Gewichtsveränderungen die relative Kraftfähigkeit wesentlich beeinflussen (HARRE / KRUG / SCHNABEL, 2008). Für keinen der 24 Probanden konnte eine ergebnisbelastende Gewichtszunahme bzw. Gewichtsreduktion innerhalb der zwölfwöchigen Untersuchungsphase und für die anschließende Nachuntersuchung festgestellt werden.

*Tabelle 3: Körpergewicht der Hangboardgruppe und der Kontrollgruppe für die Voruntersuchung, die Untersuchung 3 nach zwölf Wochen und die Nachuntersuchung*

	Voruntersuchung (VU)	Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen	Nachuntersuchung (NU) nach dreiwöchiger Trainingspause
HB (n=12)	65,10 ± 10,49 kg	65,66 ± 10,38 kg	65,27 ± 10,58 kg
KG (n=12)	67,12 ± 6,74 kg	67,08 ± 6,70 kg	66,87 ± 6,91 kg

#### 4.1.2. Untersuchungsergebnisse der Hangboardgruppe

In Tab. 4 sind die empirisch erhobenen Daten der Hangboardgruppe (n=12) für die Voruntersuchung (VU) und Untersuchung 3 (U3) nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase dargestellt.

*Tabelle 4: Deskriptive Datenanalyse der Hangboardgruppe (HB mit n=12) für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach 12 Trainingswochen*

Hangboardgruppe (n=12)		Griff		
Voruntersuchung (VU)	7	8	9	
Mittelwert	<b>29,64</b>	<b>41,17</b>	<b>49,63</b>	
Getrimmtes Mittel (5%)	30,00	41,31	49,89	
Median	31,73	43,87	51,29	
MIN	15,47	21,23	24,19	
MAX	37,12	58,54	70,27	
95% Konfidenzintervall des Mittelwertes <b>Untergrenze</b>	25,80	34,73	42,45	
95% Konfidenzintervall des Mittelwertes <b>Obergrenze</b>	33,48	47,60	56,80	
Spannweite	21,65	37,31	46,08	
Varianz	36,52	102,64	127,50	
Standardabweichung	<b>6,04</b>	<b>10,13</b>	<b>11,29</b>	
Mittelmedianabweichung	<b>4,64</b>	<b>7,27</b>	<b>7,62</b>	
Untersuchung 3 (U3 nach 12 Wochen)	7	8	9	
Mittelwert	<b>57,53</b>	<b>67,74</b>	<b>76,50</b>	
Getrimmtes Mittel (5%)	57,60	67,34	76,52	
Median	59,63	65,73	74,78	
MIN	38,35	37,47	38,75	
MAX	75,43	105,30	113,81	
95% Konfidenzintervall des Mittelwertes <b>Untergrenze</b>	49,68	56,71	65,05	
95% Konfidenzintervall des Mittelwertes <b>Obergrenze</b>	65,37	78,76	87,96	
Spannweite	37,08	67,83	75,06	
Varianz	152,51	301,13	324,85	
Standardabweichung	<b>12,35</b>	<b>17,35</b>	<b>18,02</b>	
Mittelmedianabweichung	<b>9,42</b>	<b>12,39</b>	<b>11,57</b>	
<b>Steigerung VU → U3</b>	<b>27,89</b>	<b>26,57</b>	<b>26,87</b>	

Wie bereits erläutert, wurden die Haltezeiten bei isometrischer Haltearbeit für beide Stichproben an fünf unterschiedlichen Zeitpunkten erhoben, wobei in Tab. 4 im Sinne einer möglichst übersichtlichen Darstellung ausschließlich die Ergebnisse der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums und

der Untersuchung 3 (U3) nach zwölfwöchiger Trainingsphase dargestellt wurden. In der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums wurden für die Hangboardgruppe (HB mit  $n=12$ ) die durchschnittlichen Haltezeiten von  $29,64 \pm 6,04$  Sekunden an Griff 7,  $41,17 \pm 10,13$  Sekunden an Griff 8 und  $49,63 \pm 11,29$  Sekunden an Griff 9 beobachtet. Nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase konnten für die Griffe 7, 8 und 9 durchschnittliche Haltezeiten von jeweils  $57,53 \pm 12,35$  Sekunden,  $67,74 \pm 17,35$  Sekunden und  $76,50 \pm 18,02$  Sekunden festgestellt werden. Die durchschnittliche Verbesserung innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums betrug demzufolge an Griff 7 27,89 Sekunden, an Griff 8 26,57 Sekunden und an Griff 9 26,87 Sekunden.

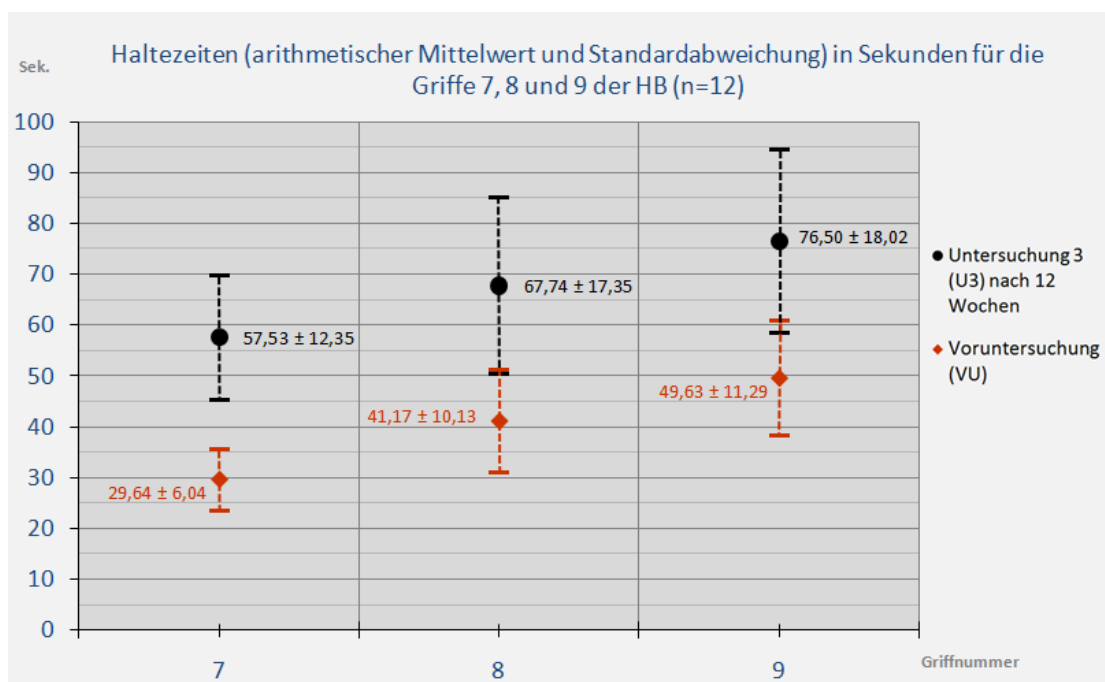


Abbildung 11: Darstellung der Mittelwerte für die Griffe 7, 8 und 9 der Hangboardgruppe (HB mit  $n=12$ ) in der Voruntersuchung und in der Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen

Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs konnten in Abb. 12-14 sämtliche Haltezeiten der zwölf Probanden der Hangboardgruppe an den Griffen 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen

dargestellt werden. Zur grafischen Veranschaulichung der Steigerung der Kraftausdauerwerte innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums wurde für jedes der drei Streudiagramme eine 45 Grad Referenzlinie (Nulllinie) eingezeichnet. Je näher sich die abgebildeten Werte der Referenzlinie befinden, desto niedriger die Verbesserung der Haltezeit innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums (HATZINGER / NAGEL, 2009). Eine identische Skalierung der Streudiagramme für die Griffe 7, 8 und 9 soll den Vergleich zwischen den einzelnen Griffen vereinfachen.

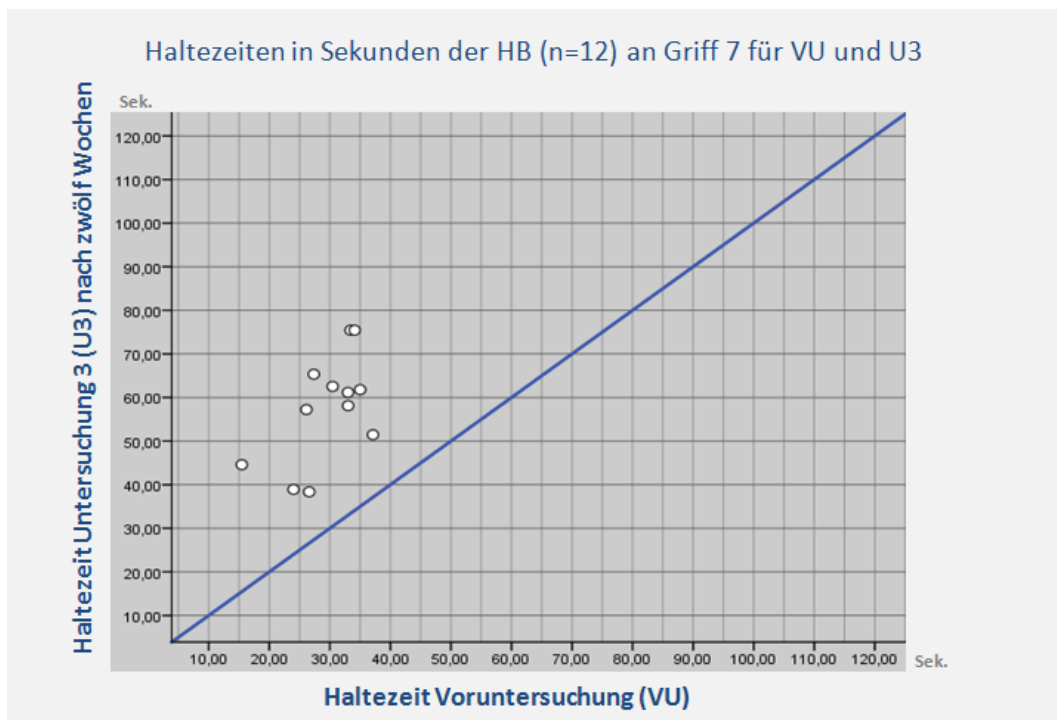


Abbildung 12: Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Hangboardgruppe (HB mit n=12) an Griff 7 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen

## Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport

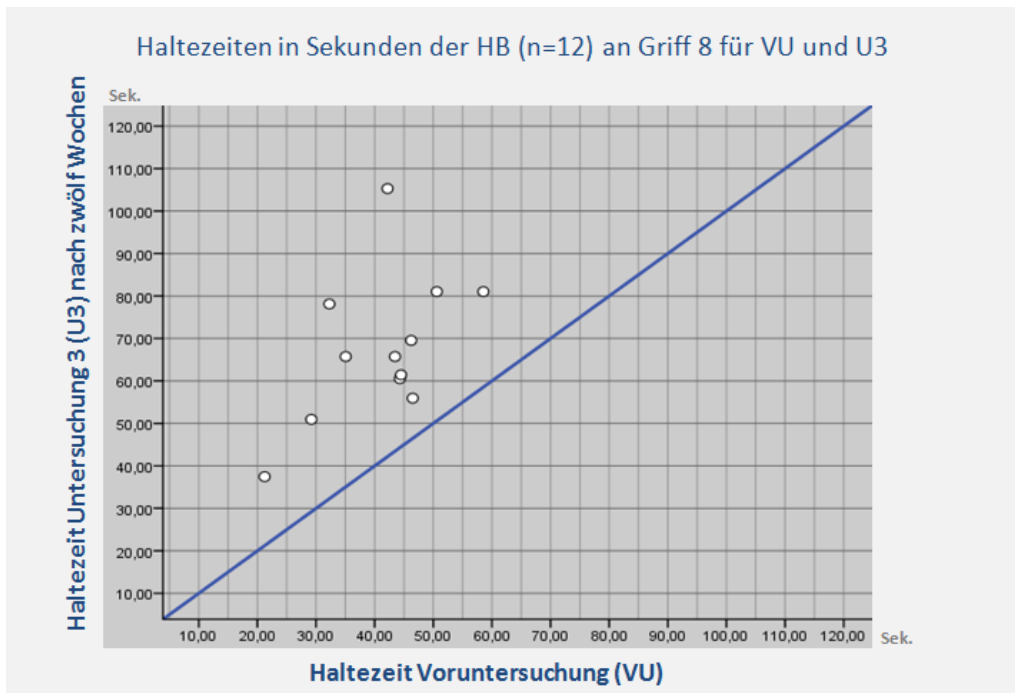


Abbildung 13: Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Hangboardgruppe (HB mit n=12) an Griff 8 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen

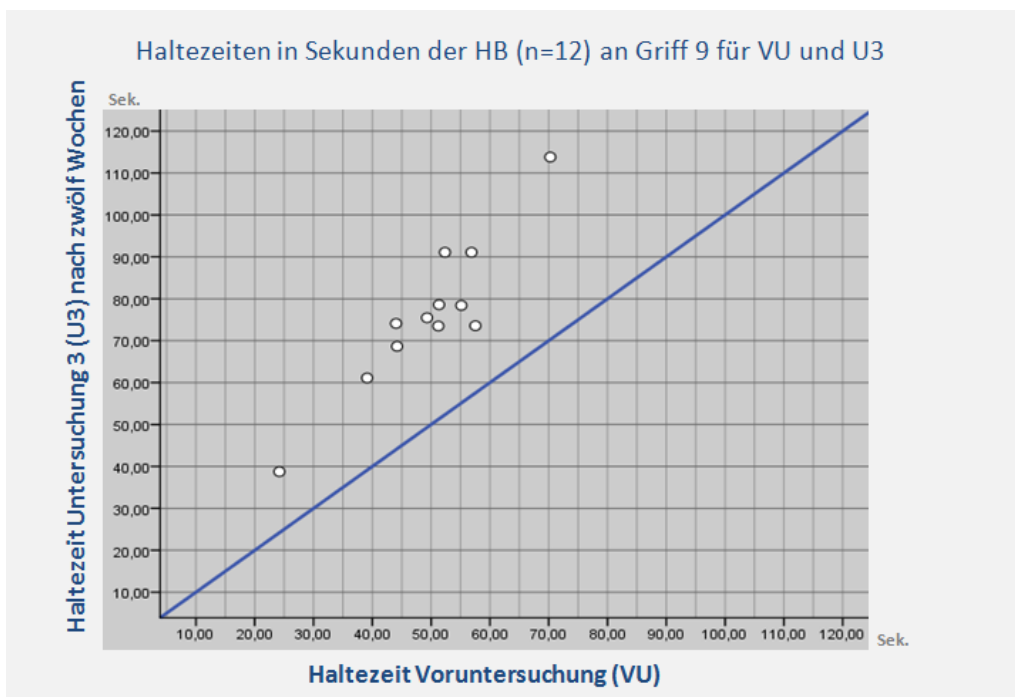


Abbildung 14: Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Hangboardgruppe (HB mit n=12) an Griff 9 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen

Anhand dieser Streudiagramme lassen sich für die Hangboardgruppe an den Griffen 7, 8 und 9 sowohl unterschiedliche Ausgangswerte als auch individuell verschiedene Verbesserungswerte beobachten. Die Streuung der Ausgangswerte an den Griffen 7, 8 und 9 spiegelt sich auch in der Spannweite der Haltezeiten (vgl. Tab. 4) wieder (BOURIER, 2001). In der Voruntersuchung konnte für die Hangboardgruppe an Griff 7 eine Spannweite von 21,65 Sekunden, an Griff 8 von 37,31 Sekunden und an Griff 9 von 46,08 Sekunden festgestellt werden. Allerdings reagiert die Spannweite als einfache Streuungsmaße empfindlich auf Messausreißer (HOFFMANN / ORTHMANN, 2009). Darüber hinaus lässt sich anhand der MIN-MAX-Werte sowie der Spannweite nicht erkennen, wie die Messwerte zwischen den Extremwerten angeordnet sind (BOURIER, 2001). Zur Überprüfung der unterschiedlichen Dichte der Messwerte um den Mittelpunkt sowohl für die Voruntersuchung als auch für die Untersuchung 3, wurden demnach in Tab. 4 zusätzlich die Varianz und Standardabweichung dargestellt. Da auch sie stark von einzelnen Extremwerten beeinflusst werden können, wurden für die Griffe 7, 8 und 9 darüber hinaus die Mittelmedianabweichungen berechnet, welche auf der mittleren Abweichung vom Medianwert basieren, der dem arithmetischen Mittelwert vorgezogen werden sollte wenn Messausreißer vorliegen, da der Mittelwert, stärker als der Median, durch einzelne extreme Werte beeinflusst werden kann (HATZINGER / NAGEL, 2009; HOFFMANN / ORTHMANN, 2009).

Zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Ausgangswerte sowie der unterschiedlichen Steigerungen innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums wurden in den Abb. 15-17 für sämtliche Probanden der Hangboardgruppe (n=12) die einzelnen Werte der Haltezeiten in Sekunden an den Griffen 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen dargestellt.

## Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport

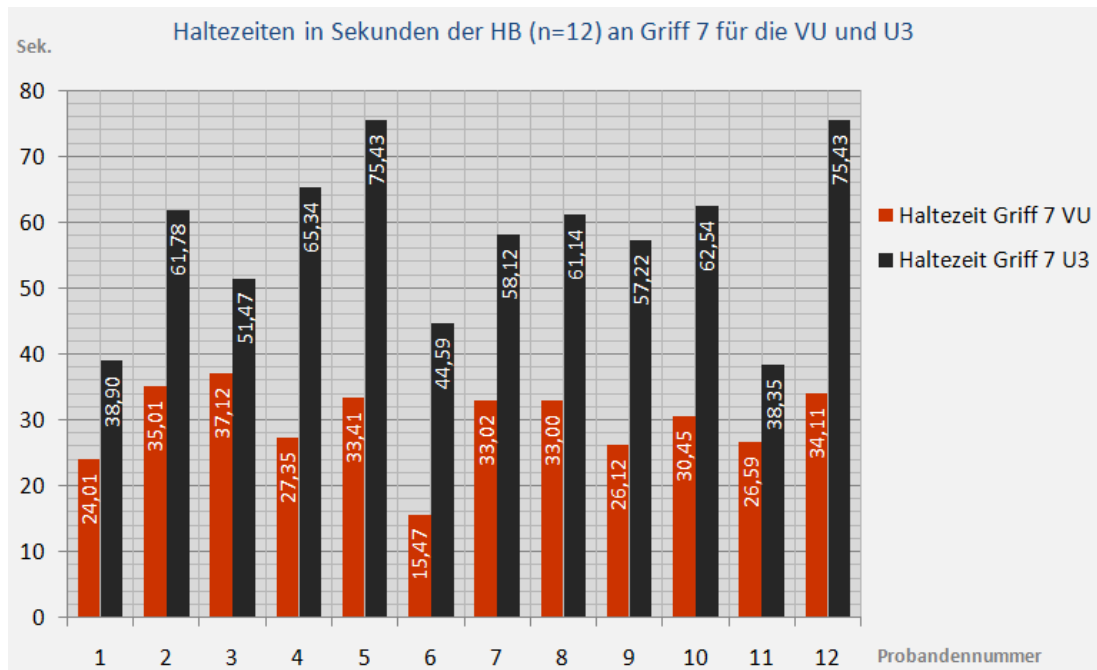


Abbildung 15: Haltezeiten in Sekunden an Griff 7 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und in der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Hangboardgruppe (HB mit n=12)

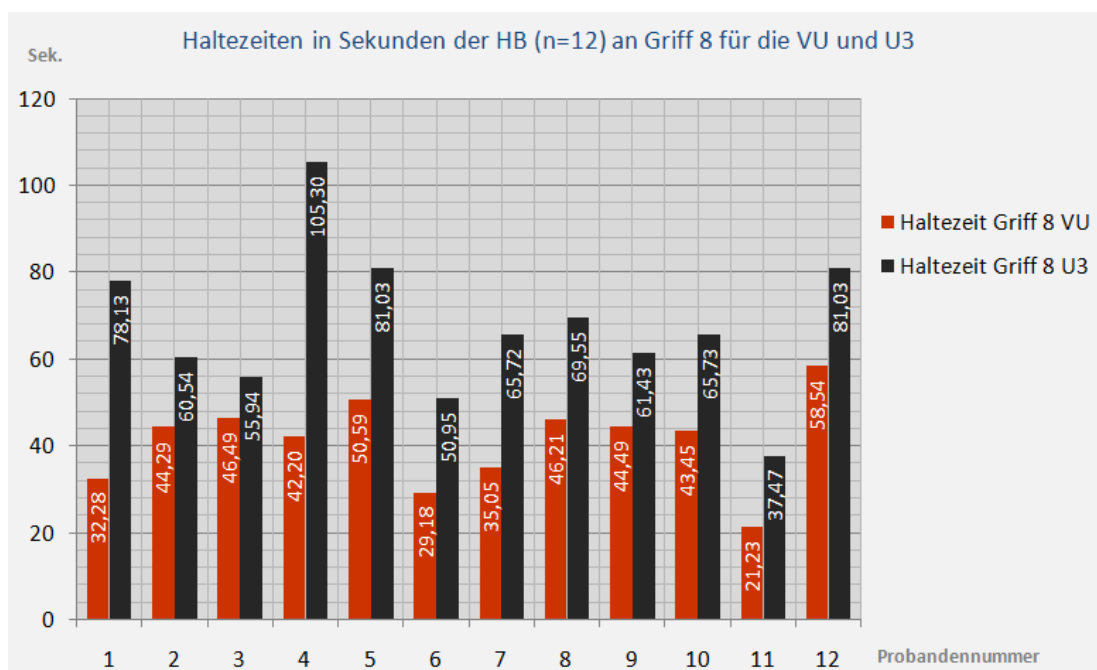


Abbildung 16: Haltezeiten in Sekunden an Griff 8 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und in der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Hangboardgruppe (HB mit n=12)



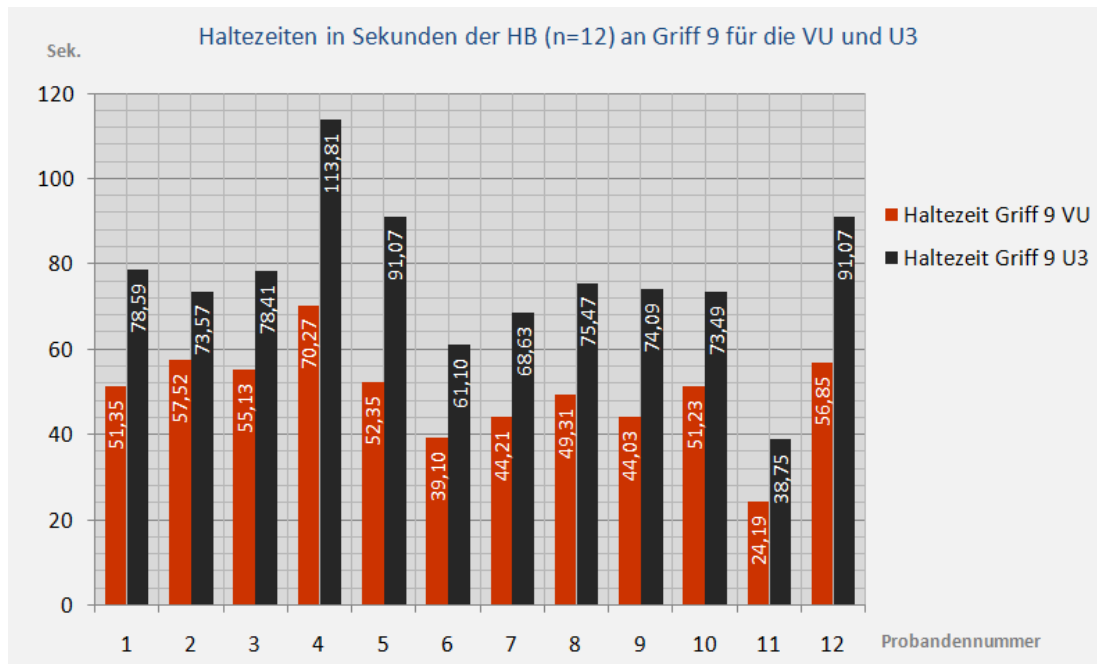


Abbildung 17: Haltezeiten in Sekunden an Griff 9 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und in der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Hangboardgruppe (HB mit n=12)

Für alle Probanden der Hangboardgruppe (n=12) konnten innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums an den Griffen 7, 8 und 9 verbesserte Haltezeiten beobachtet werden. Dabei konnte ein Minimalverbesserungswert von 11,76 Sekunden an Griff 7 (Proband n11), von 9,45 Sekunden an Griff 8 (Proband n3) und von 14,56 Sekunden an Griff 9 (Proband n11) festgestellt werden, während die Maximalverbesserungswerte der Haltezeiten innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums an Griff 7 42,02 Sekunden (Proband n5), an Griff 8 63,10 Sekunden (Proband n4) und an Griff 9 43,54 Sekunden (Proband n4) betragen.

Die durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 für die unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkte ist in Abb. 18 dargestellt. In der Untersuchung 1 (U1 nach vierwöchiger Untersuchungsdauer) konnte für den Untersuchungszeitraum 1 (UZ 1 Woche 1-4) eine durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 von jeweils 11,21 Sekunden, 12,58 Sekunden

und 12,50 Sekunden beobachtet werden. In der Untersuchung 2 (U2 nach achtwöchiger Untersuchungsdauer) konnte für den Untersuchungszeitraum 2 (UZ 2 Woche 5-8) eine durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 von jeweils 9,27 Sekunden, 5,57 Sekunden und 6,05 Sekunden beobachtet werden, während schließlich für den Untersuchungszeitraum 3 (UZ 3 Woche 9-12) eine durchschnittliche Verbesserung an den Griffen 7, 8 und 9 von jeweils 7,41 Sekunden, 8,42 Sekunden und 8,32 Sekunden festgestellt werden konnten.

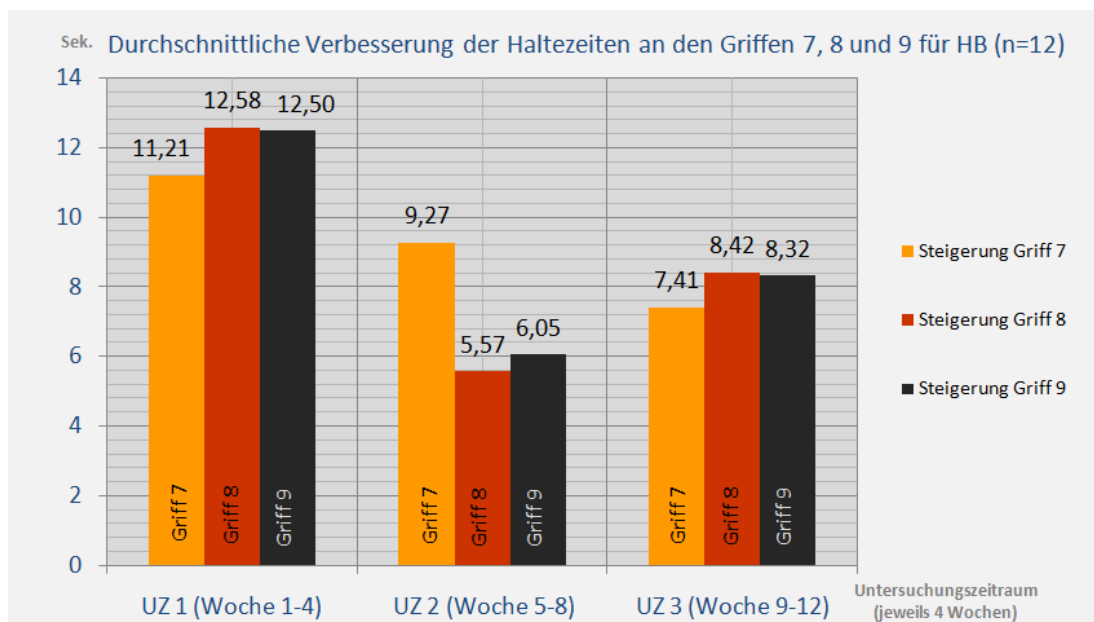


Abbildung 18: Durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten der HB (n=12) für den Untersuchungszeitraum 1 (UZ 1 Woche 1-4), Untersuchungszeitraum 2 (UZ 2 Woche 5-8) und Untersuchungszeitraum 3 (UZ 3 Woche 9-12)

In Abb. 19 wurde die Verbesserung der Haltezeiten in Sekunden innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums an den Griffen 7, 8 und 9 anhand der Summenwerte dargestellt. Sämtliche Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 der Probanden aus der Hangboardgruppe (HB mit n=12) wurden für den jeweiligen Untersuchungszeitpunkt aufsummiert, um so eine Steigerung der Haltezeit in Sekunden unabhängig vom arithmetischen Mittelwert darstellen zu können. Dargestellt sind die Summenwerte für die Voruntersuchung (VU) zu Beginn des

zwölfwöchigen Untersuchungsverfahren, für die Untersuchung 1 (U1) nach vierwöchiger Trainingsphase, für die Untersuchung 2 (U2) nach achtwöchiger Trainingsphase und für die Untersuchung 3 (U3) nach zwölfwöchiger Trainingsphase.

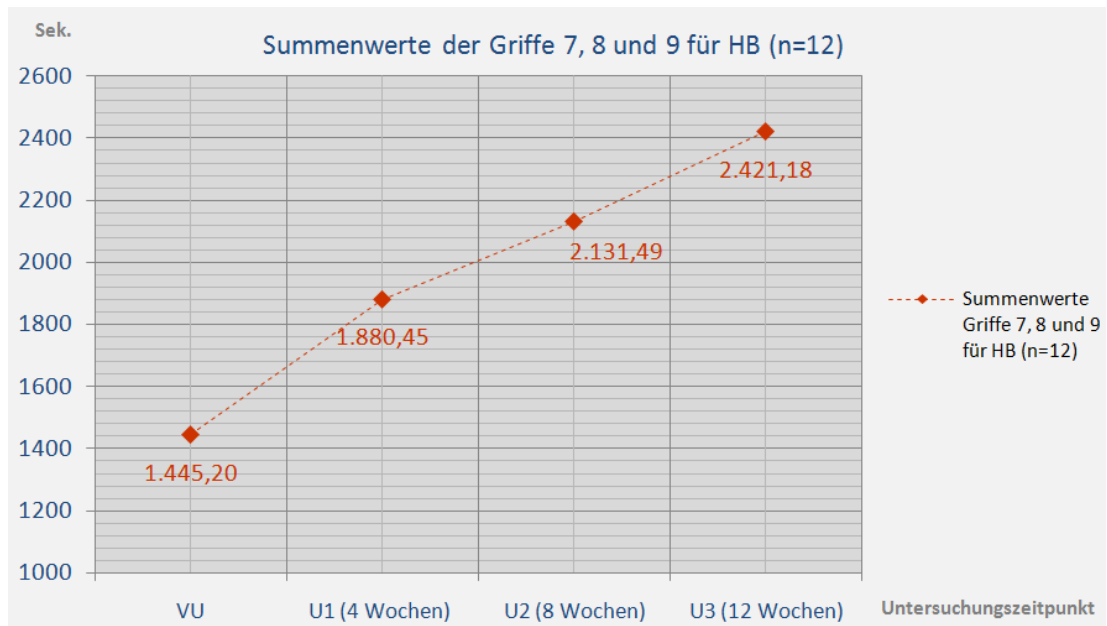


Abbildung 19: Darstellung der Summenwerte in Sekunden der Griffe 7, 8 und 9 der Hangboardgruppe (n=12) für die Voruntersuchung (VU), die Untersuchung 1 (U1) nach vier Wochen, die Untersuchung 2 (U2) nach acht Wochen und die Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen

#### 4.1.3. Untersuchungsergebnisse der Kontrollgruppe

In Tab. 5 sind die empirisch erhobenen Daten der Kontrollgruppe (KG mit n=12), in welcher die Probanden das Hangboardtraining einmal wöchentlich als Ergänzung zum herkömmlichen Trainingsprogramm absolvierten, für die Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums und Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen dargestellt.

*Tabelle 5: Deskriptive Datenanalyse der Kontrollgruppe (KG mit n=12) für die Voruntersuchung (VU) und Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen*

<b>Kontrollgruppe (n=12)</b>		<b>Griff</b>		
<b>Voruntersuchung (VU)</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	
Mittelwert	<b>42,27</b>	<b>49,10</b>	<b>64,07</b>	
Getrimmtes Mittel (5%)	42,21	48,88	63,53	
Median	41,92	47,76	63,93	
MIN	27,67	40,03	51,27	
MAX	58,01	62,07	86,59	
95% Konfidenzintervall des Mittelwertes <b>Untergrenze</b>	35,14	44,28	57,11	
95% Konfidenzintervall des Mittelwertes <b>Obergrenze</b>	49,40	53,91	71,04	
Spannweite	30,34	22,04	35,32	
Varianz	125,90	57,51	120,20	
Standardabweichung	<b>11,22</b>	<b>7,58</b>	<b>10,96</b>	
Mittelmedianabweichung	<b>9,11</b>	<b>6,11</b>	<b>8,06</b>	
<b>Untersuchung 3 (U3 nach 12 Wochen)</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	
Mittelwert	<b>59,77</b>	<b>69,23</b>	<b>78,68</b>	
Getrimmtes Mittel (5%)	60,20	69,82	78,67	
Median	60,87	69,68	77,44	
MIN	39,23	47,64	65,86	
MAX	72,53	80,21	91,78	
95% Konfidenzintervall des Mittelwertes <b>Untergrenze</b>	53,63	64,04	73,88	
95% Konfidenzintervall des Mittelwertes <b>Obergrenze</b>	65,91	74,42	83,49	
Spannweite	33,30	32,57	25,92	
Varianz	93,44	66,72	57,14	
Standardabweichung	<b>9,67</b>	<b>8,17</b>	<b>7,56</b>	
Mittelmedianabweichung	<b>7,20</b>	<b>5,03</b>	<b>5,72</b>	
<b>Steigerung VU → U3</b>	<b>17,50</b>	<b>20,13</b>	<b>14,61</b>	

In der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums wurden für die Kontrollgruppe (KG mit n=12) die durchschnittlichen Haltezeiten von  $42,27 \pm 11,22$  Sekunden an Griff 7,  $49,10 \pm 7,58$  Sekunden an Griff 8 und  $64,07 \pm 10,96$  Sekunden an Griff 9 beobachtet. Nach zwölfwöchiger Trainingsphase konnten für die Griffe 7, 8 und 9 durchschnittliche Haltezeiten von jeweils  $59,77 \pm 9,67$  Sekunden,  $69,23 \pm 8,17$  Sekunden und  $78,68 \pm 7,56$  Sekunden festgestellt werden. Demzufolge konnte innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums eine durchschnittliche Verbesserung für die Kontrollgruppe (n=12) an Griff 7 von 17,50 Sekunden, an Griff 8 von 20,13 Sekunden und an Griff 9 von 14,61 Sekunden beobachtet werden.

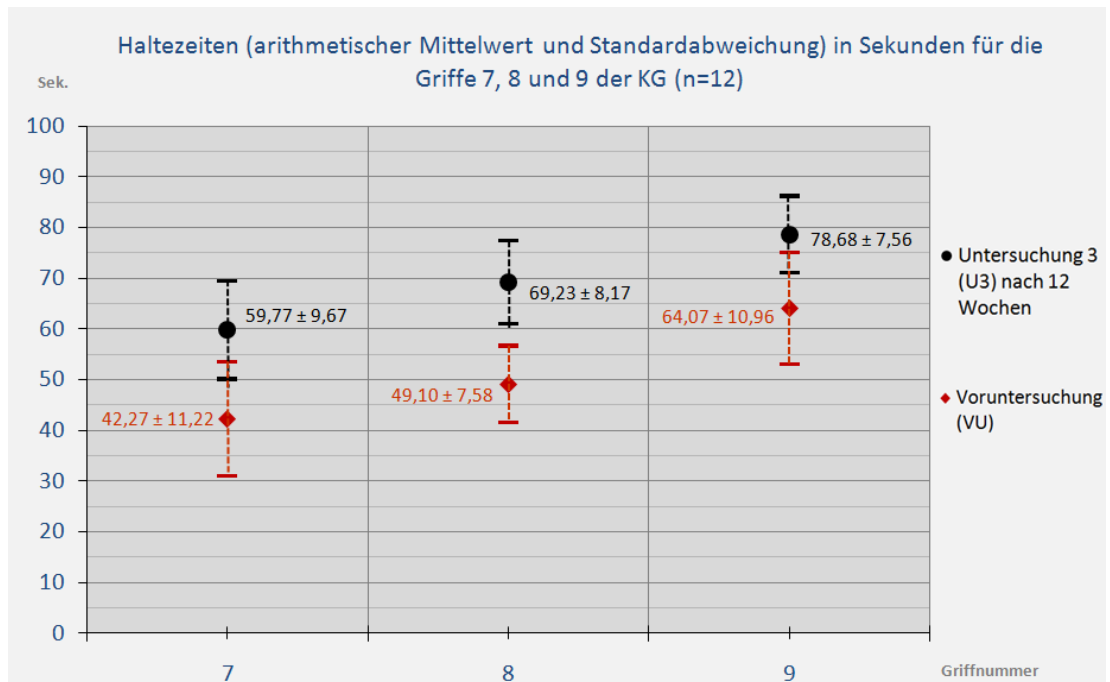


Abbildung 20: Darstellung der Mittelwerte für die Griffe 7, 8 und 9 der Kontrollgruppe (KG mit n=12) in der Voruntersuchung und in der Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen

Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs konnten in Abb. 21-23 sämtliche Haltezeiten für die zwölf Probanden der Kontrollgruppe an den Griffen 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen dargestellt werden. Eine identische Skalierung der dargestellten Streudiagramme soll einerseits den Vergleich zwischen den Griffen 7, 8 und 9 erleichtern und andererseits den Vergleich mit den Streudiagrammen der Hangboardgruppe ermöglichen (vgl. Abb. 12-14).

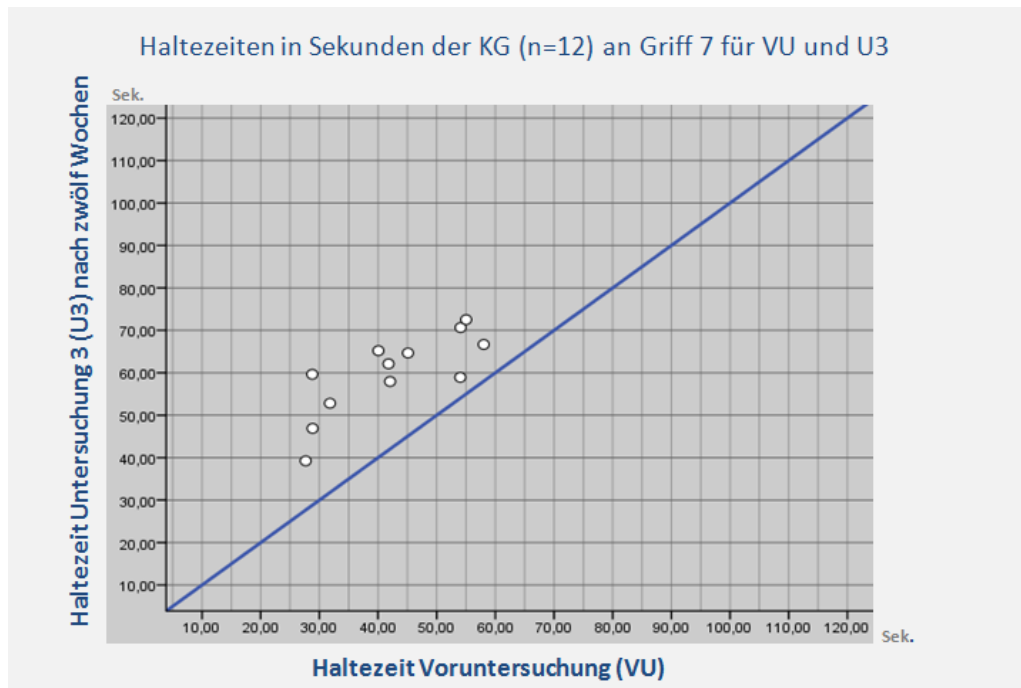


Abbildung 21: Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Kontrollgruppe (KG mit n=12) an Griff 7 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen

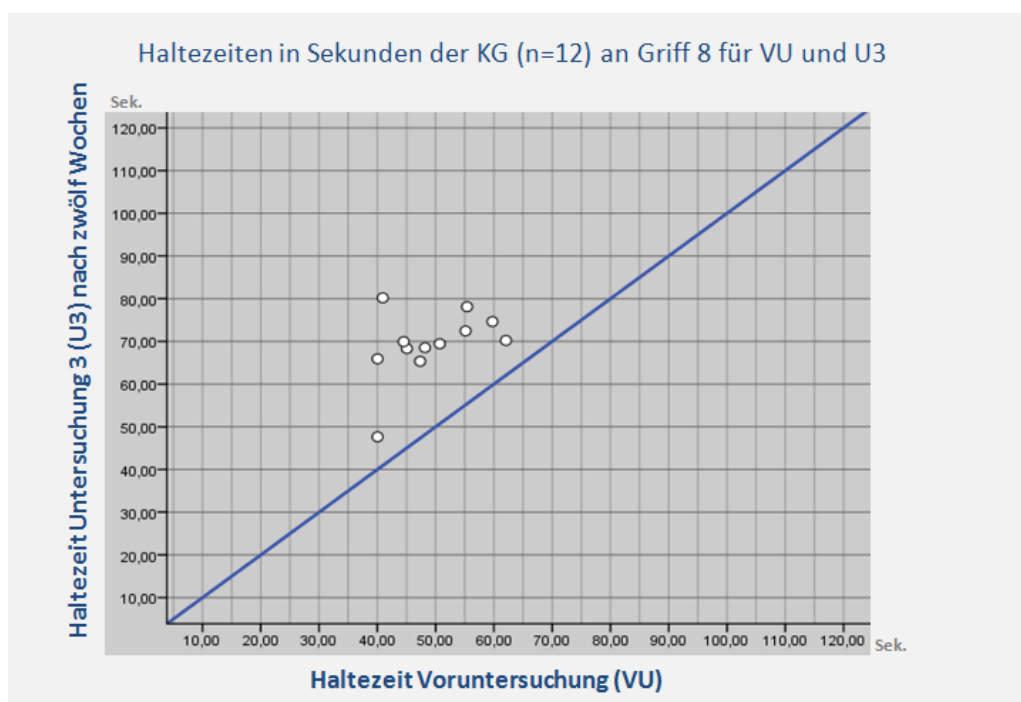


Abbildung 22: Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Kontrollgruppe (KG mit n=12) an Griff 8 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen

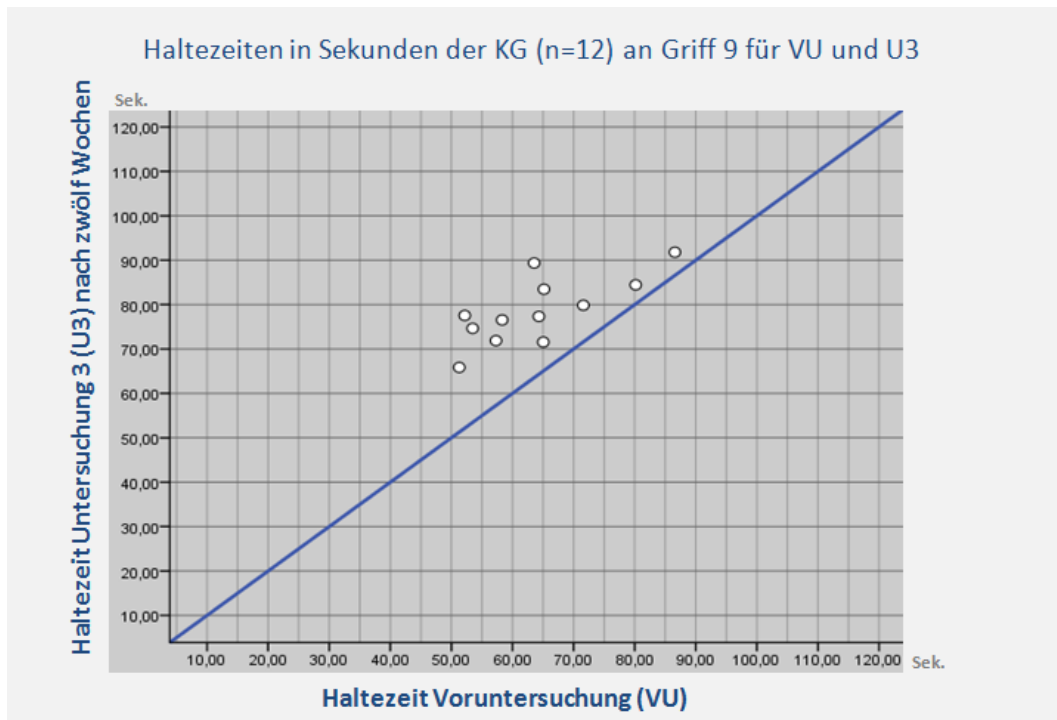


Abbildung 23: Streudiagramm mit Darstellung der Haltezeiten in Sekunden der Kontrollgruppe (KG mit n=12) an Griff 9 für die Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen

Anhand der Streudiagramme lassen sich auch für die Kontrollgruppe an den Griffen 7, 8 und 9 sowohl unterschiedliche Ausgangswerte als auch individuell verschiedene Verbesserungswerte erkennen. Die Streuung der Ausgangswerte an den Griffen 7, 8 und 9 spiegelt sich auch in der Spannweite der Haltezeiten der Griffen 7, 8 und 9 (vgl. Tab. 5) wieder (BOURIER, 2001). In der Voruntersuchung konnte für die Kontrollgruppe an Griff 7 eine Spannweite von 30,34 Sekunden, an Griff 8 von 22,04 Sekunden und an Griff 9 von 35,32 Sekunden festgestellt werden. Zur Überprüfung der unterschiedlichen Dichte der Messwerte um den Mittelpunkt wurden in Tab. 5 zusätzlich die Varianz, die Standardabweichung und die Mittelmedianabweichungen dargestellt. Zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Ausgangswerte sowie der unterschiedlichen Steigerungen innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums wurden in den Abb. 24-26 für sämtliche Probanden der Kontrollgruppe (n=12) die Haltezeiten in Sekunden an den Griffen 7, 8 und 9 für die

Voruntersuchung (VU) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen dargestellt. An Griff 7 konnte in der zwölfwöchigen Untersuchungsphase ein Minimalverbesserungswert von 4,91 Sekunden (Proband n1), an Griff 8 von 7,61 Sekunden (Proband n8) und an Griff 9 von 4,26 Sekunden (Proband n3) beobachtet werden, so dass für sämtliche Probanden der Kontrollgruppe (n=12) innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums an den Griffen 7, 8 und 9 verbesserte Haltezeiten festgestellt werden konnten. Die größte Verbesserung innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums betrug an Griff 7 30,85 Sekunden (Proband n10), an Griff 8 39,27 Sekunden (Proband n3) und an Griff 9 25,81 Sekunden (Proband n1).

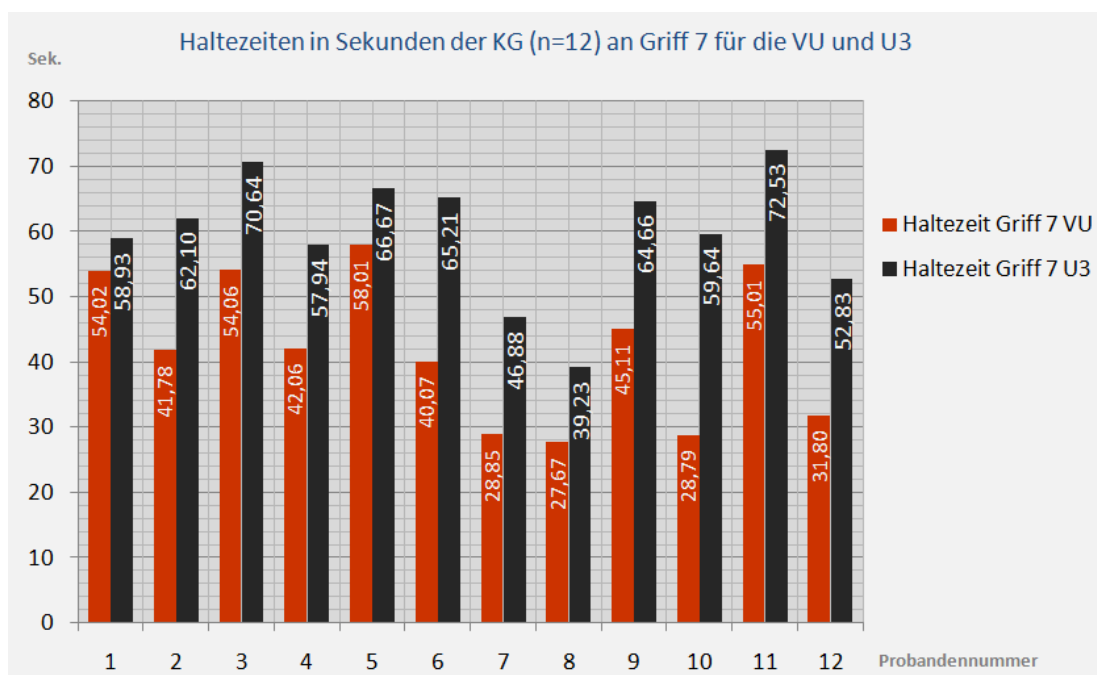


Abbildung 24: Haltezeiten in Sekunden an Griff 7 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und in der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Kontrollgruppe (KG mit n=12)



## Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport

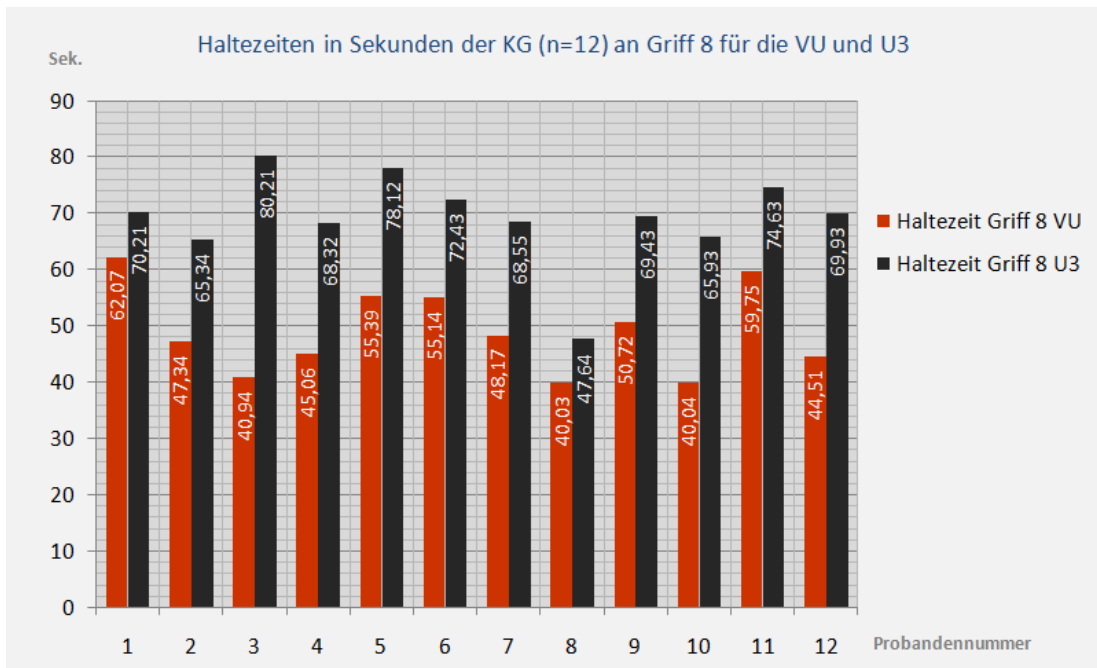


Abbildung 25: Haltezeiten in Sekunden an Griff 8 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Kontrollgruppe (KG mit n=12)

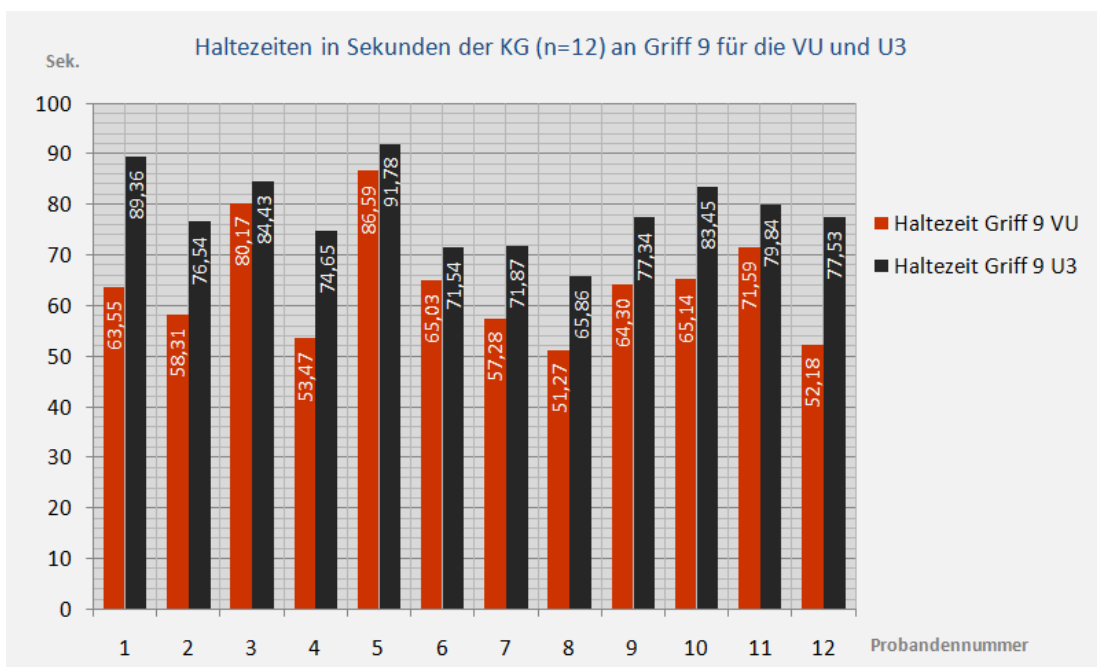


Abbildung 26: Haltezeiten in Sekunden an Griff 9 in der Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfmonatigen Untersuchungszeitraums und der Untersuchung 3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase für die Kontrollgruppe (KG mit n=12)

Die durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 für die unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkte ist in Abb. 27 dargestellt. In der Untersuchung 1 nach vierwöchiger Untersuchungsdauer konnte für den Untersuchungszeitraum 1 (UZ 1 Woche 1-4) eine durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 von jeweils 8,37 Sekunden, 9,98 Sekunden und 6,72 Sekunden beobachtet werden. In der Untersuchung 2 (U2) konnte für den Untersuchungszeitraum 2 (UZ 2 Woche 5-8) eine durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 von jeweils 8,80 Sekunden, 5,72 Sekunden und 4,01 Sekunden beobachtet werden, während schließlich in der Untersuchung 3 für den Untersuchungszeitraum 3 (UZ 3 Woche 9-12) durchschnittliche Verbesserungen an den Griffen 7, 8 und 9 von jeweils 0,33 Sekunden, 4,43 Sekunden und 3,88 Sekunden festgestellt werden konnten.

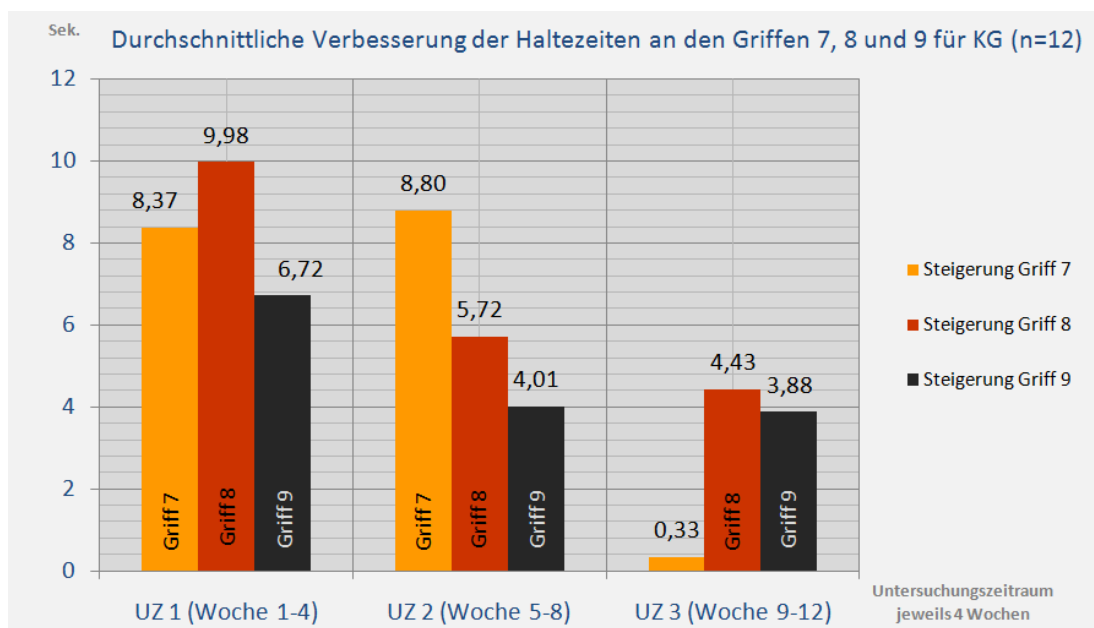


Abbildung 27: Durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten der KG (n=12) für den Untersuchungszeitraum 1 (UZ 1 Woche 1-4), Untersuchungszeitraum 2 (UZ 2 Woche 5-8) und Untersuchungszeitraum 3 (UZ 3 Woche 9-12)

In Abb. 28 wurde die Verbesserung der Haltezeiten in Sekunden an den Griffen 7, 8 und 9 anhand der Summenwerte dargestellt. Sämtliche Haltezeiten der Griffen 7, 8 und 9 der zwölf Probanden aus der Kontrollgruppe (KG mit n=12) wurden dabei für den jeweiligen Untersuchungszeitpunkt aufsummiert, um eine Steigerung der Haltezeit in Sekunden unabhängig vom arithmetischen Mittelwert zu ermöglichen. Dargestellt sind die Summenwerte für die Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungsverfahrens, für Untersuchung 1 (U1) nach vierwöchiger Trainingsphase, Untersuchung 2 (U2) nach achtwöchiger Trainingsphase und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölfwöchiger Trainingsphase.

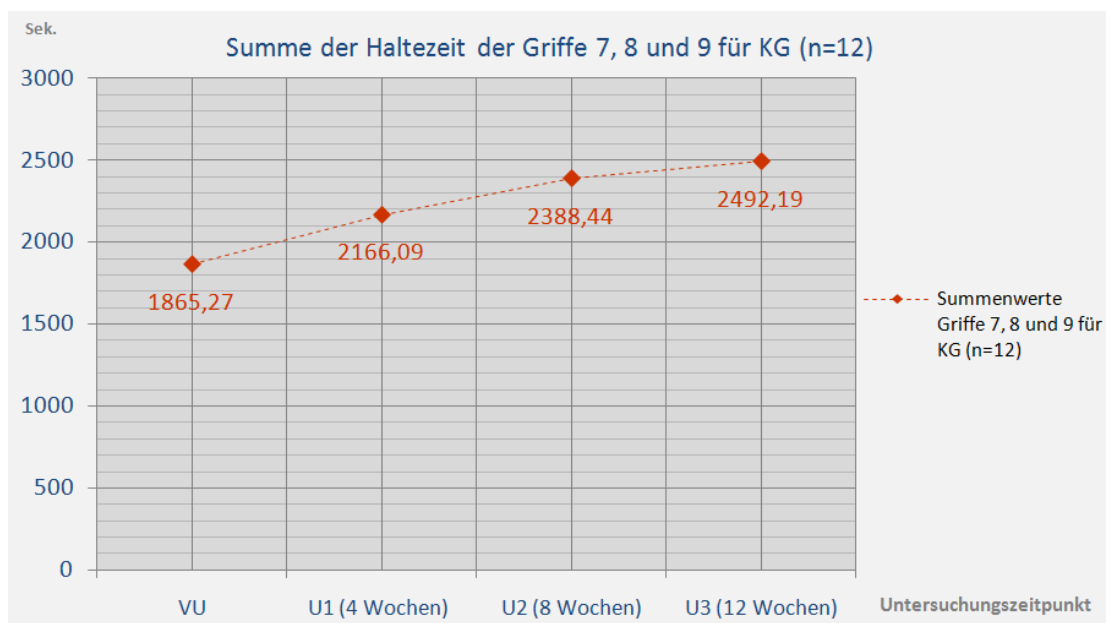


Abbildung 28: Darstellung der Summenwerte in Sekunden der Griffen 7, 8 und 9 der Kontrollgruppe (n=12) für die Voruntersuchung (VU), Untersuchung 1 nach vier Wochen (U1), Untersuchung 2 (U2) nach acht Wochen und die Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen

#### 4.1.4. Deskriptive Vergleichsanalyse der Hangboardgruppe und Kontrollgruppe

Anhand der deskriptiven Vergleichsanalyse soll ein Vergleich zwischen der Hangboardgruppe und der Kontrollgruppe ermöglicht werden. In Tab. 6 sind für die Hangboardgruppe (HB mit  $n=12$ ) und die Kontrollgruppe (KG mit  $n=12$ ) die arithmetischen Mittelwerte sowie die Standardabweichungen der Griffe 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums, Untersuchung 1 (U1) nach vierwöchigem Trainingszeitraum, Untersuchung 2 (U2) nach achtwöchigem Trainingszeitraum und Untersuchung 3 (U3) nach zwölfwöchigem Untersuchungszeitraum im Vergleich dargestellt.

*Tabelle 6: Haltezeiten (arithmetische Mittelwerte und Standardabweichungen) der Hangboardgruppe (HB mit  $n=12$ ) und der Kontrollgruppe (KG mit  $n=12$ ) an den Griffen 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung (VU), die Untersuchung 1 (U1) nach 4 Wochen, die Untersuchung 2 (nach acht Wochen) und die Untersuchung 3 (U3) nach zwölf Wochen*

	Voruntersuchung		Untersuchung 1		Untersuchung 2		Untersuchung 3	
	HB	KG	HB	KG	HB	KG	HB	KG
Griff 7	29,64 ± 6,04	42,27 ± 11,22	40,85 ± 6,71	50,64 ± 15,03	50,12 ± 7,83	59,44 ± 12,57	57,53 ± 12,35	59,77 ± 9,67
Griff 8	41,17 ± 10,13	49,10 ± 7,58	53,72 ± 10,61	59,08 ± 10,81	59,32 ± 9,04	64,80 ± 9,70	67,74 ± 17,35	69,23 ± 8,17
Griff 9	49,63 ± 11,29	64,07 ± 10,96	62,13 ± 11,01	70,79 ± 7,87	68,18 ± 14,46	74,8 ± 8,15	76,50 ± 18,02	78,68 ± 7,56

Für die untersuchten Stichproben können anhand der arithmetischen Mittelwerte unterschiedliche Ausgangswerte sowie unterschiedliche Verbesserungswerte innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums festgestellt werden. Für die Kontrollgruppe konnten durchschnittlich höhere Ausgangswerte an den Griffen 7, 8 und 9 beobachtet werden als für die Hangboardgruppe. Demgegenüber konnten für die Hangboardgruppe durchschnittlich höhere Verbesserungswerte innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums an den Griffen 7, 8 und 9 festgestellt werden, so dass die ursprünglichen Unterschiede aus der Voruntersuchung im Laufe des Untersuchungszeitraums deutlich reduziert werden konnten.

## Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport

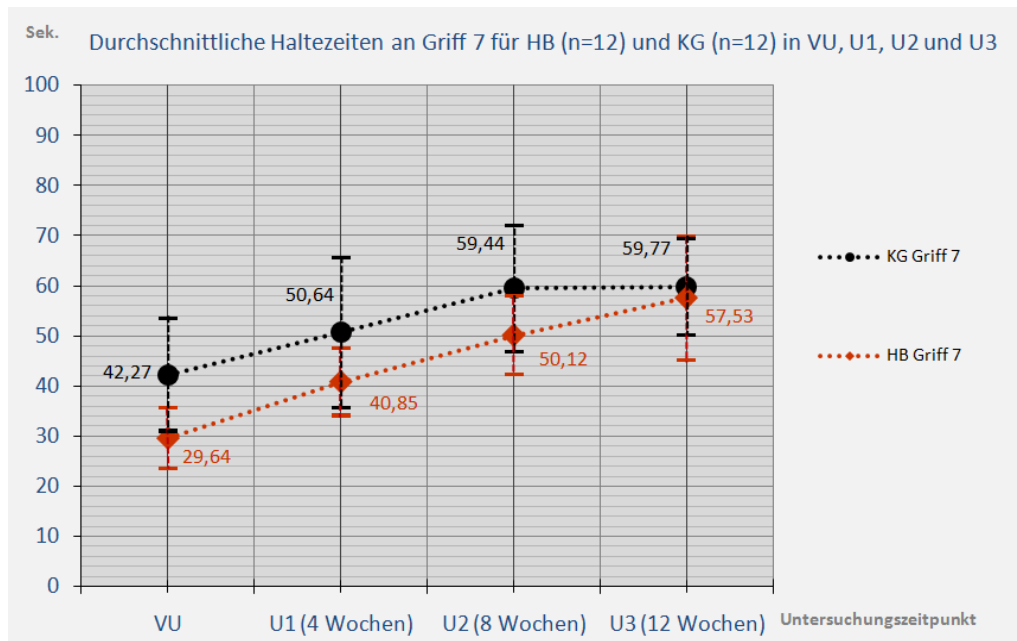


Abbildung 29: Haltezeiten (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung) an Griff 7 für die Hangboardgruppe (HB mit n=12) und die Kontrollgruppe (KG mit n=12) in der Voruntersuchung (VU), der Untersuchung 1 (U1) nach vier Wochen, der Untersuchung 2 (U2) nach acht Wochen und der Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen

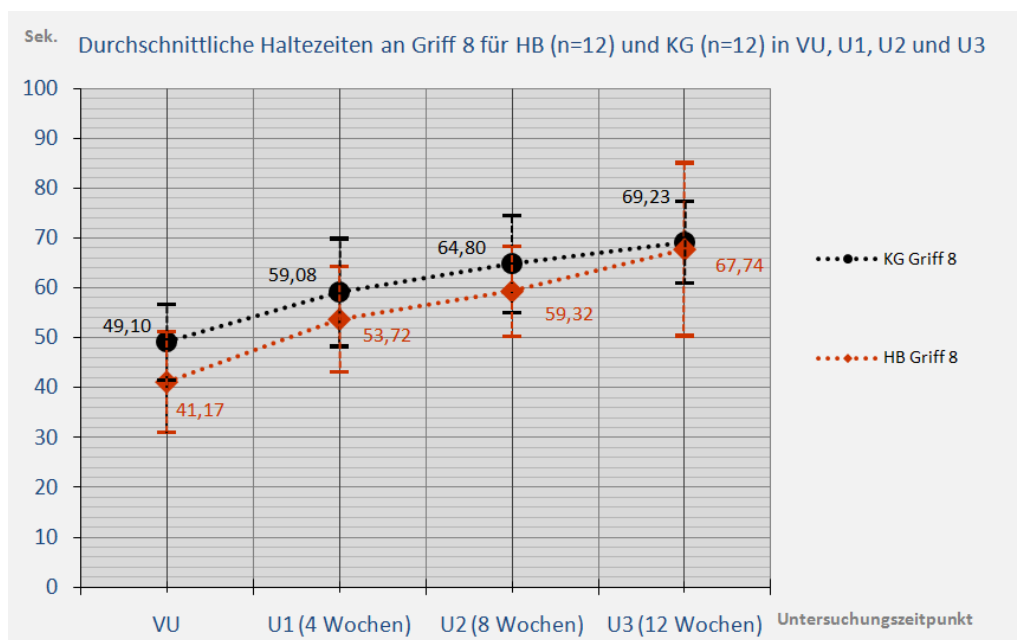


Abbildung 30: Haltezeiten (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung) an Griff 8 für die Hangboardgruppe (HB mit n=12) und die Kontrollgruppe (KG mit n=12) in der Voruntersuchung (VU), der Untersuchung 1 (U1) nach vier Wochen, der Untersuchung 2 (U2) nach acht Wochen und der Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen

## Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport

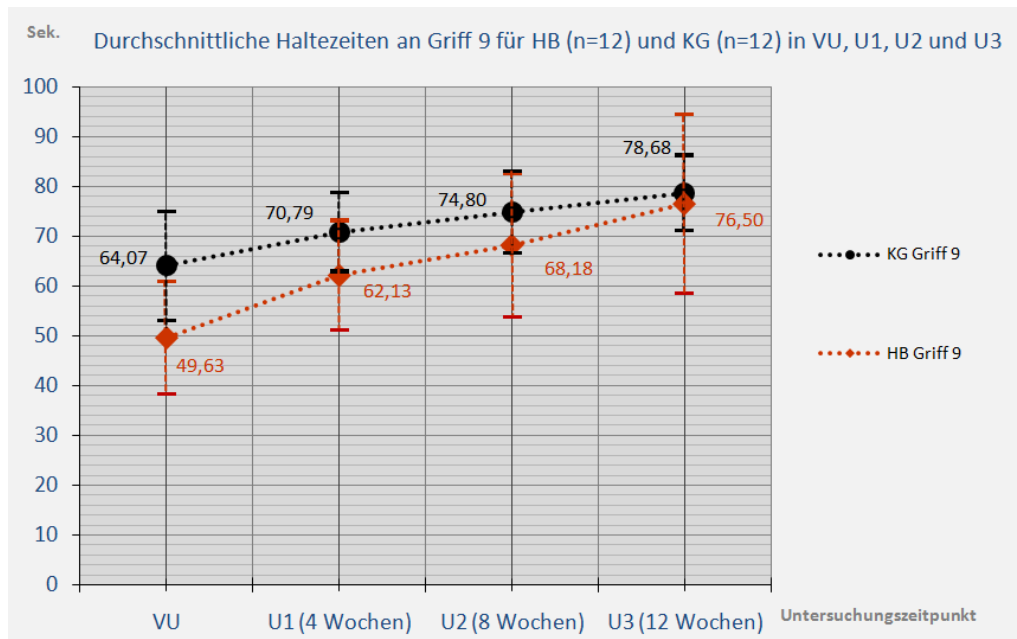


Abbildung 31: Haltezeiten (arithmetischer Mittelwert und Standardabweichung) an Griff 9 für die Hangboardgruppe (HB mit n=12) und die Kontrollgruppe (KG mit n=12) in der Voruntersuchung (VU), der Untersuchung 1 (U1) nach vier Wochen, der Untersuchung 2 (U2) nach acht Wochen und der Untersuchung 3 (U3) nach 12 Wochen

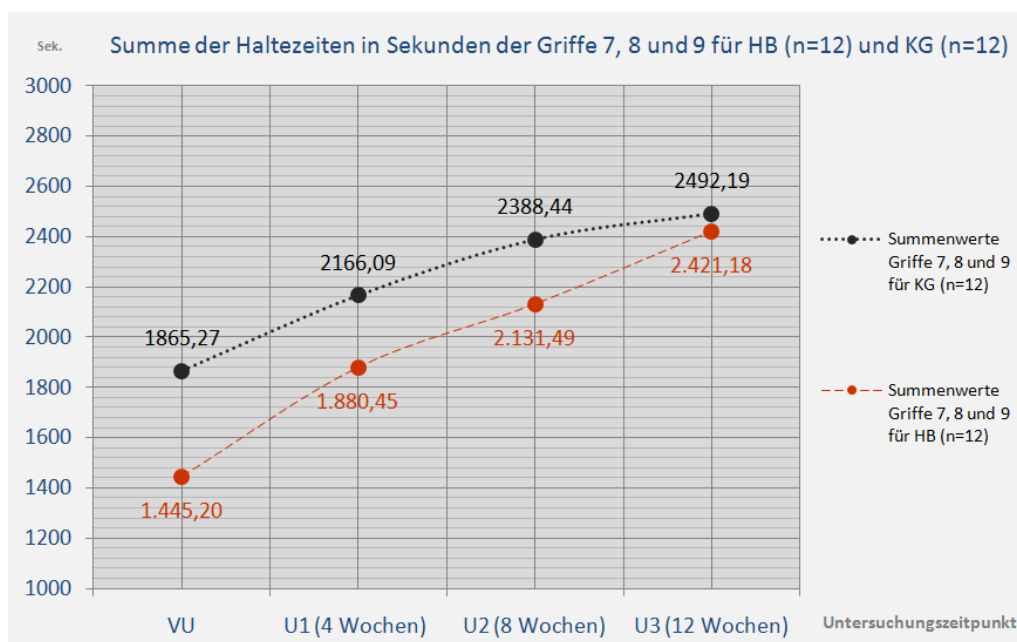


Abbildung 32: Summenwerte der Griffe 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung, Untersuchung 1, Untersuchung 2 und Untersuchung 3 der Hangboardgruppe (n=12) und Kontrollgruppe (n=12) im Vergleich

In Abb. 32 wurden die Summen sämtlicher Merkmalsausprägungen der Griffe 7, 8 und 9 sowohl der Hangboardgruppe (HB mit n=12) als auch der Kontrollgruppe (KG mit n=12) für die Voruntersuchung, für die Untersuchung 1 nach vier Wochen, für die Untersuchung 2 nach acht Wochen und für die Untersuchung 3 nach zwölf Wochen im Vergleich dargestellt, um so die unterschiedlichen Merkmalsausprägungen der beiden Stichproben unabhängig vom arithmetischen Mittelwert darstellen zu können.

#### **4.1.5. Verbesserung der Maximalkraft und Einfluss auf die Kraftausdauer**

Im Hinblick auf die Überprüfung der Leitfrage 2, mit welcher die Wirkungsweise der Maximalkraft auf die lokale Kraftausdauer der Fingermuskulatur überprüft werden soll, beinhaltete das Kraftausdauertraining am Hangboard wie bereits erläutert auch einen Maximalkraftanteil zur Steigerung der Maximalkraftwerte. Wie bereits im Untersuchungsverfahren beschrieben (Kapitel 3 Empirische Untersuchung) wurde zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten (Voruntersuchung, Untersuchung 1 nach vier Wochen, Untersuchung 2 nach acht Wochen und Untersuchung 3 nach zwölf Wochen) für die jeweils anschließenden Trainingswochen anhand der erhobenen Daten für sämtliche Probanden der beiden Stichproben ein individueller Maximalkraftgriff (MAXhold) definiert. Als MAXhold wurde für den vierwöchigen Trainingszeitraum nach den jeweiligen Untersuchungen der Griff festgelegt, an dem sich die Probanden maximal zwischen 5-10 Sekunden bei 90 Grad im Ellenbogengelenk halten konnten (MACLEOD, 2010). So konnte einerseits gewährleistet werden, dass alle Probanden in ihrem individuellen Trainingsbereich trainieren konnten und dass eine kontinuierliche Belastungssteigerung gegeben war.

Erste Hinweise auf eine mögliche Maximalkraftzunahme innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums lassen sich demnach anhand der Haltezeiten des, in der Voruntersuchung zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums, individuell bestimmten Maximalkraftgriffs (MAXhold VU) feststellen. In Abb. 33-34 sind für beide untersuchten Stichproben die Haltezeiten des individuell, in der Voruntersuchung bestimmten Maximalkraftgriffs (MAXhold VU) in der Voruntersuchung und in der Untersuchung 1 nach vier Wochen abgebildet.

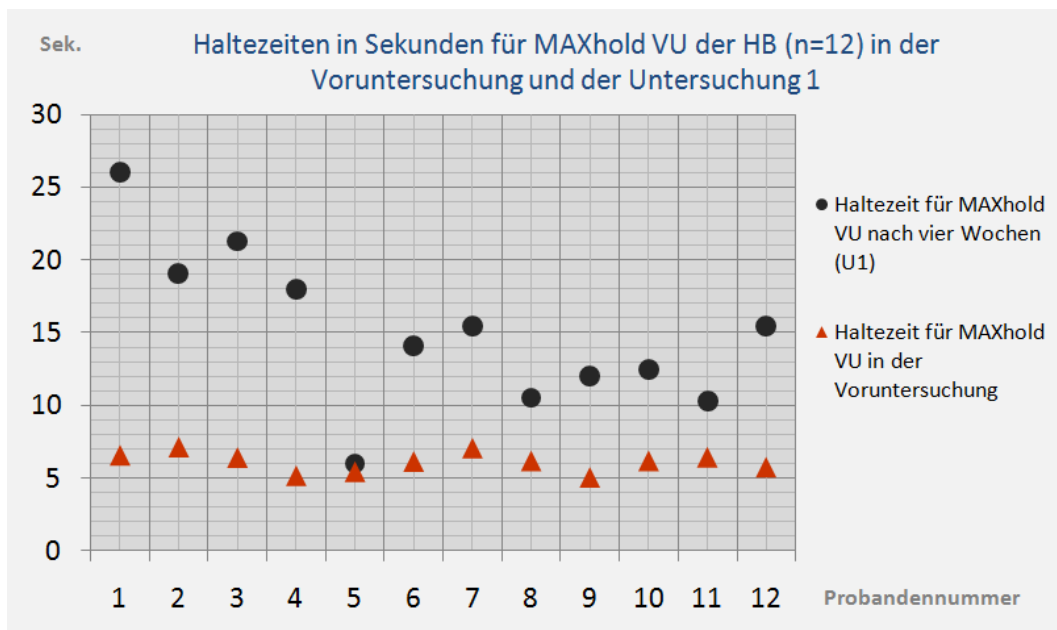


Abbildung 33: Haltezeiten in Sekunden für MAXhold VU der Hangboardgruppe (n=12) in der Voruntersuchung zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums und der Untersuchung 1 nach vier Wochen



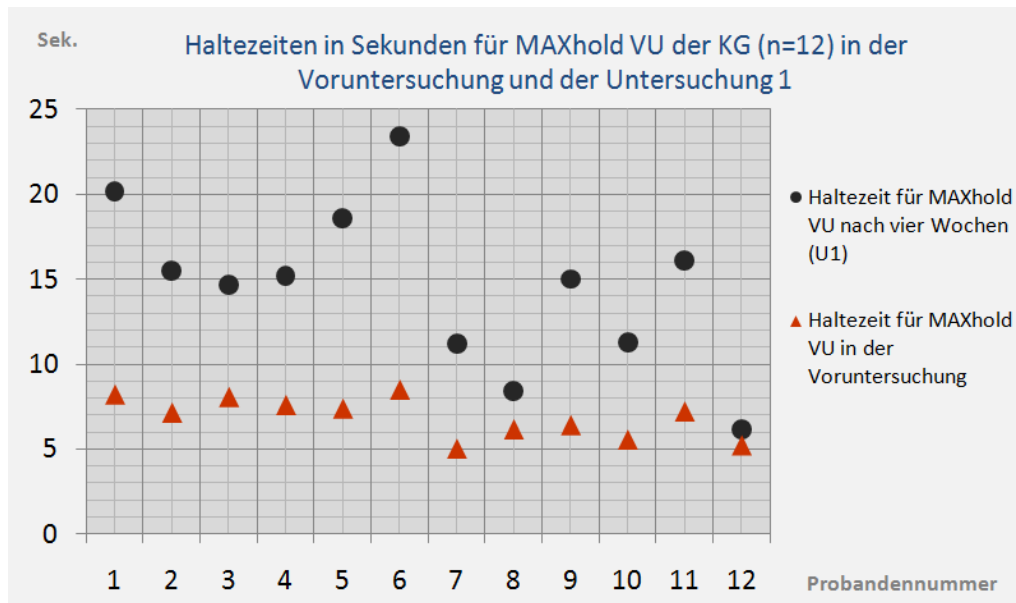


Abbildung 34: Haltezeiten in Sekunden für MAXhold VU der Kontrollgruppe (n=12) in der Voruntersuchung zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums und der Untersuchung 1 nach vier Wochen

Es kann gezeigt werden dass sich die Haltezeiten sämtlicher Probanden am individuell ausgewählten MAXhold VU innerhalb der ersten vier Wochen verbessern konnten. Für die Probanden der Hangboardgruppe (HB mit n=12) konnte am MAXhold VU innerhalb der ersten vier Wochen eine durchschnittliche Verbesserung von 8,94 Sekunden festgestellt werden. Für die Kontrollgruppe (KG) konnte in diesem Zeitraum eine durchschnittliche Verbesserung am MAXhold VU von 7,78 Sekunden beobachtet werden.

Auf ähnliche Art können Maximalkraftzuwächse auch anhand der Haltezeiten des in der Untersuchung 1 nach vierwöchiger Trainingsphase individuell bestimmten Maximalkraftgriffs (MAXhold U1) überprüft werden. In Abb. 35-36 wurden für beide untersuchten Stichproben die Haltezeiten des in der Untersuchung 1 nach vier Wochen individuell bestimmten Maximalkraftgriffs (MAXhold U1) und dessen Haltezeiten nach vierwöchiger Trainingsphase (in der Untersuchung 2 nach acht Wochen) dargestellt.

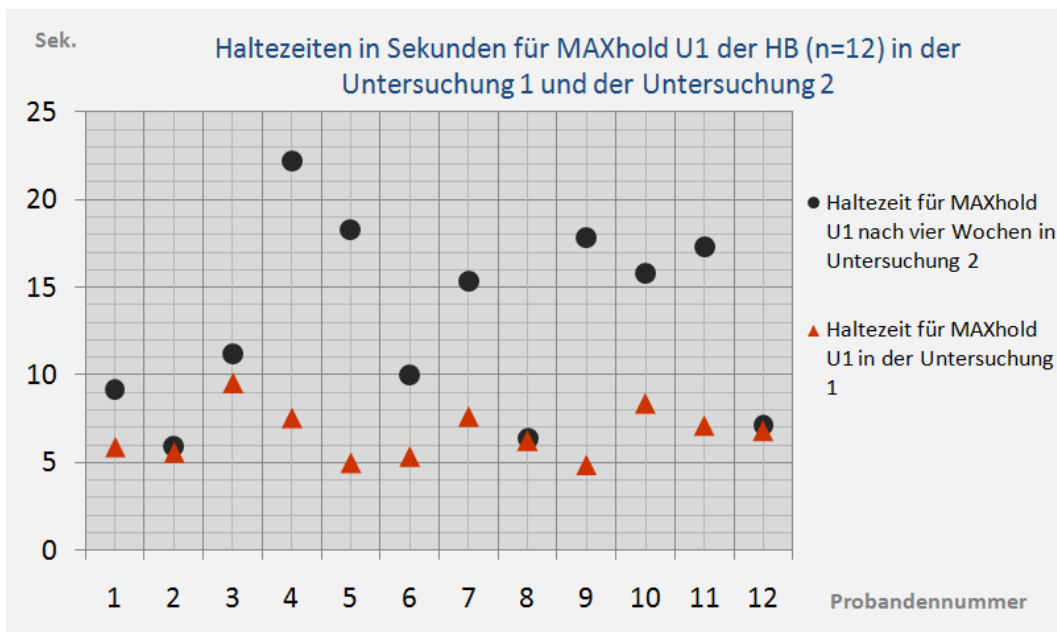


Abbildung 35: Haltezeiten in Sekunden für MAXhold U1 der Hangboardgruppe (n=12) in der Untersuchung 1 und der Untersuchung 2 nach vierwöchiger Trainingsphase

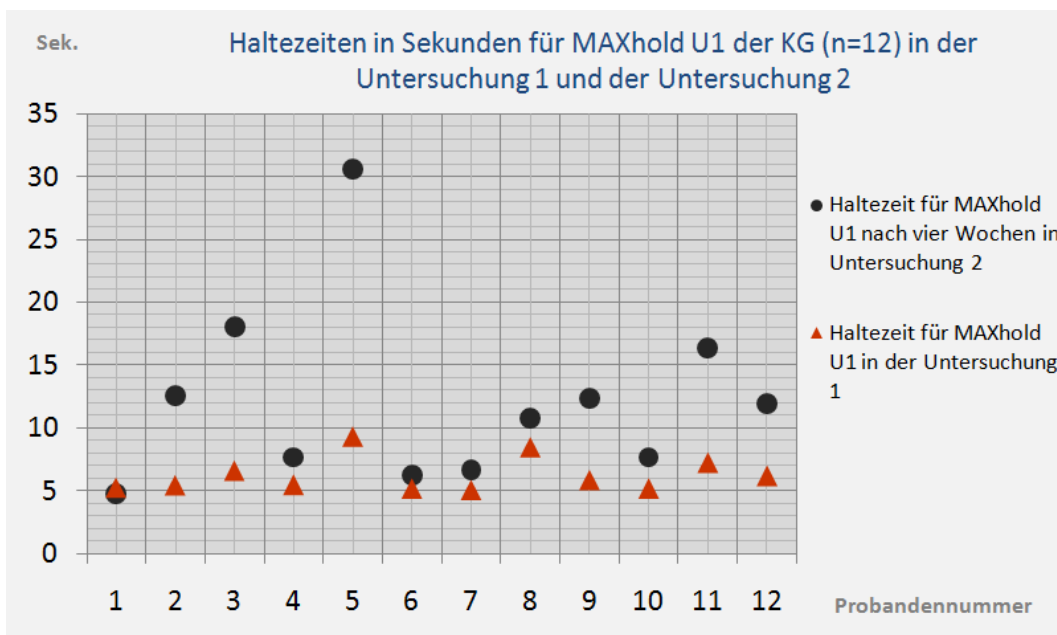


Abbildung 36: Haltezeiten in Sekunden für MAXhold U1 der Kontrollgruppe (n=12) in der Untersuchung 1 und der Untersuchung 2 nach vierwöchiger Trainingsphase

Für die die Probanden der Hangboardgruppe (HB mit  $n=12$ ) konnte an dem in der Untersuchung 1 individuell bestimmten Maximalkraftgriff (MAXhold U1) innerhalb der vierwöchigen Trainingsphase eine durchschnittliche Verbesserung von 6,36 Sekunden festgestellt werden. Für die Kontrollgruppe (KG) konnte in diesem Zeitraum an MAXhold U1 eine durchschnittliche Verbesserung von 5,88 Sekunden beobachtet werden.

Maximalkraftzuwächse für beide Stichproben lassen sich ebenfalls anhand der Haltezeiten des in der Untersuchung 2 individuell bestimmten Maximalkraftgriffs (MAXhold U2) feststellen. In Abb. 37-38 wurden für beide untersuchten Stichproben die Haltezeiten des in der Untersuchung 2 individuell bestimmten Maximalkraftgriffs (MAXhold U2) und die Haltezeiten des MAXhold U2 nach vierwöchiger Trainingsphase (in der Untersuchung 3 nach zwölf Wochen) dargestellt.

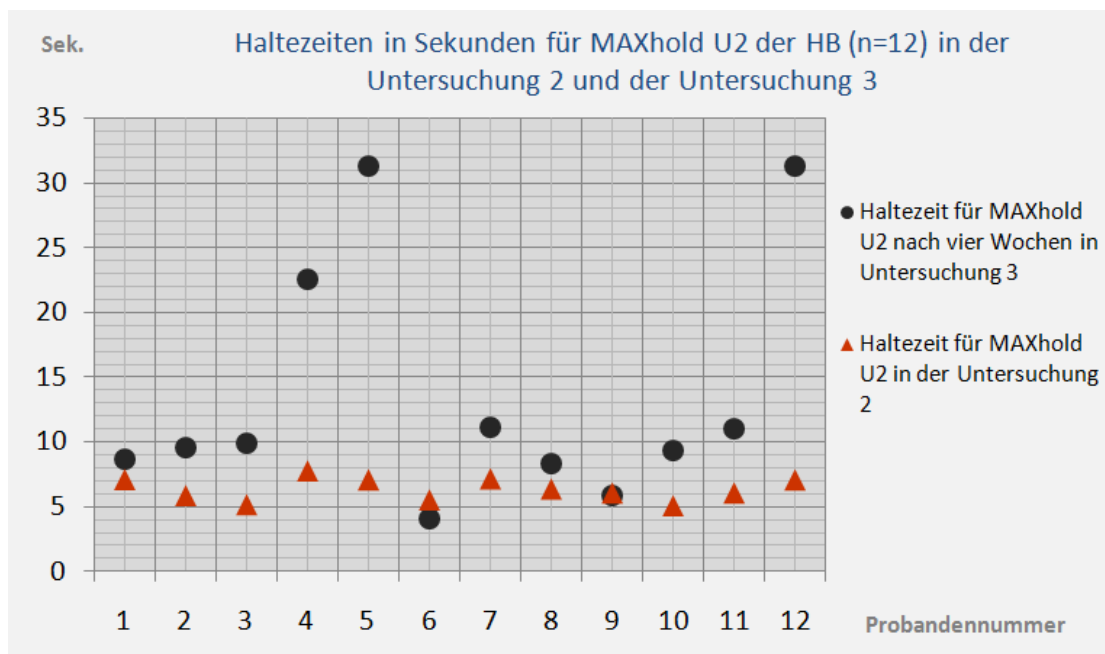


Abbildung 37: Haltezeiten in Sekunden für MAXhold U2 der Hangboardgruppe ( $n=12$ ) in der Untersuchung 2 und der Untersuchung 3 nach vierwöchiger Trainingsphase

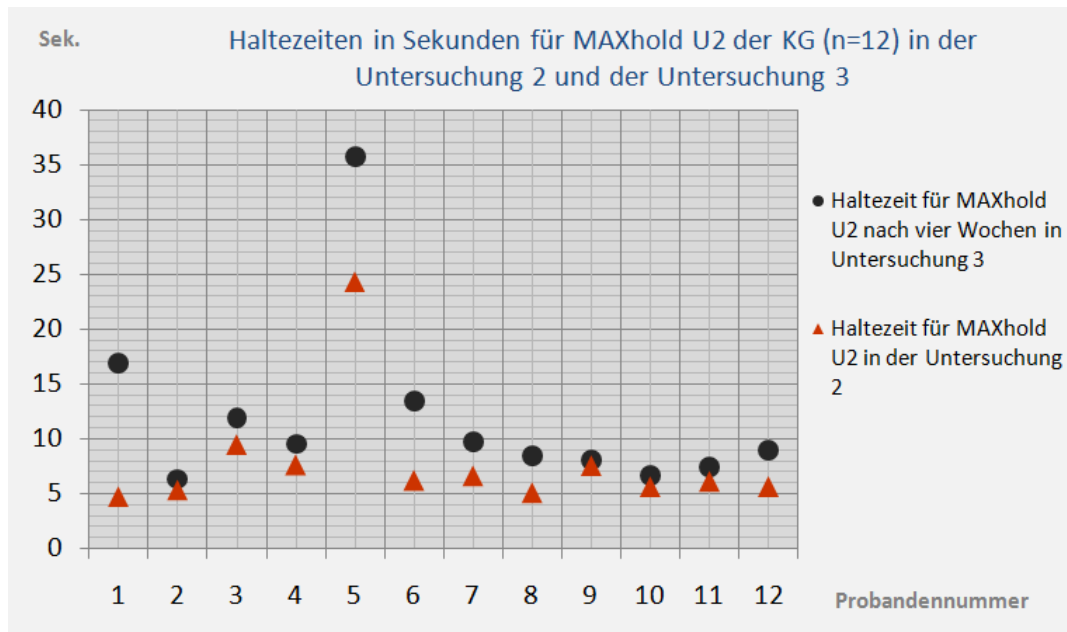


Abbildung 38: Haltezeiten in Sekunden für MAXhold U2 der Kontrollgruppe (n=12) in der Untersuchung 2 und der Untersuchung 3 nach vierwöchiger Trainingsphase

Auffallend ist für die Kontrollgruppe, dass die Haltezeit in Sekunden an MAXhold U2 in der Untersuchung 2 von Proband n5 (vgl. Abb. 38) weit über dem Grenzwert für Haltezeiten im Maximalkraftbereich von 10 Sekunden liegt (24,30 Sekunden), was darauf hindeutet, dass diese Steigerung der Haltezeit für Proband n5 keine Verbesserung der Maximalkraft, sondern überwiegend eine Steigerung der lokalen Kraftausdauer darstellt. Der Grund hierfür liegt in der Problematik, dass Proband n5 nach acht Wochen am schlechtesten Griff (Griffnummer 1) eine Haltezeit höher als 10 Sekunden aufweisen konnte und demnach für den Maximalkraftbereich mit Zusatzlasten hätte arbeiten müssen. Demzufolge wurde Proband n5 nicht für die durchschnittliche Verbesserung berücksichtigt, welche für die Hangboardgruppe (n=12) an MAXhold U2 7,17 Sekunden betrug und für die Kontrollgruppe (KG mit n=11) 3,37 Sekunden betrug.

In Abb. 39 wurden die durchschnittlichen Haltezeiten der Griffe 1-6 der Hangboardgruppe (n=12) und der Kontrollgruppe (n=12) für die Voruntersuchung

und die Untersuchung 3 dargestellt. Die y-Achse ist auf 20 Sekunden begrenzt, um ausschließlich die Verbesserung der Haltezeiten im Maximalkraftbereich darzustellen. Für die Hangboardgruppe kann anhand der Griffe 1-5 eine durchschnittliche Verbesserung der Haltezeiten in Sekunden im Maximalkraftbereich beobachtet werden, während für die Kontrollgruppe anhand der Haltezeiten der Griffe 1-3 eine durchschnittliche Verbesserung im Maximalkraftbereich zu erkennen ist.

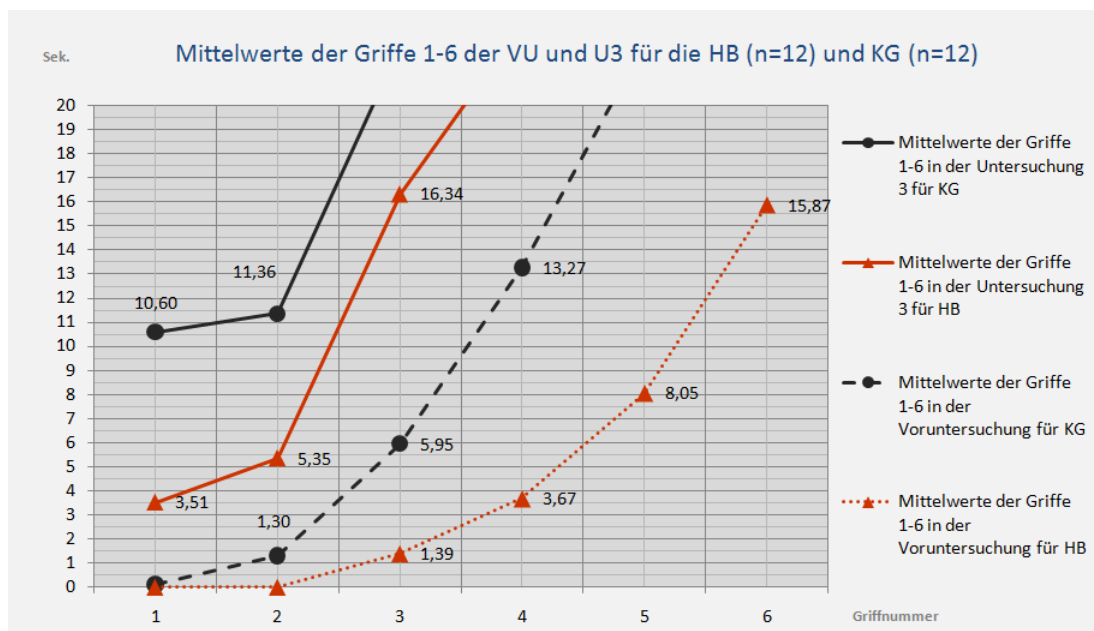


Abbildung 39: Mittelwerte der Haltezeiten für den Maximalkraftbereich der Griffe 1-6 der Hangboardgruppe (n=12) und Kontrollgruppe (n=12) für die Voruntersuchung (VU) zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums und für die Untersuchung 3 (U3) nach zwölfwöchiger Trainingsphase

Darüber hinaus wurde überprüft, um wie viele Maximalkraftgriffe sich die einzelnen Probanden der beiden Stichproben innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums verbessern konnten. In der Voruntersuchung wurde für sämtliche Probanden ein individueller Maximalkraftgriff definiert, an dem die Probanden innerhalb der ersten vier Wochen die Maximalkrafteinheit durchführen sollten. In der Untersuchung 1 nach vier Wochen wurde überprüft, ob sich die

Haltezeiten in Sekunden an dem individuell, ausgewählten Maximalkraftgriff verbessern konnten. Bei einer Verbesserung musste folglich für die nachfolgenden vier Trainingswochen ein neuer Maximalkraftgriff definiert werden, an dem sich der jeweilige Proband wiederum maximal zwischen 5-10 Sekunden halten konnte. Dieser Vorgang wurde für beide Stichproben erneut für die Untersuchung 2 nach acht Wochen und für die Untersuchung 3 nach zwölf Wochen wiederholt. In Abb. 40 ist die Anzahl an Maximalkraftgriffen, um die sich die jeweiligen Probanden innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraums verbessern konnten dargestellt.

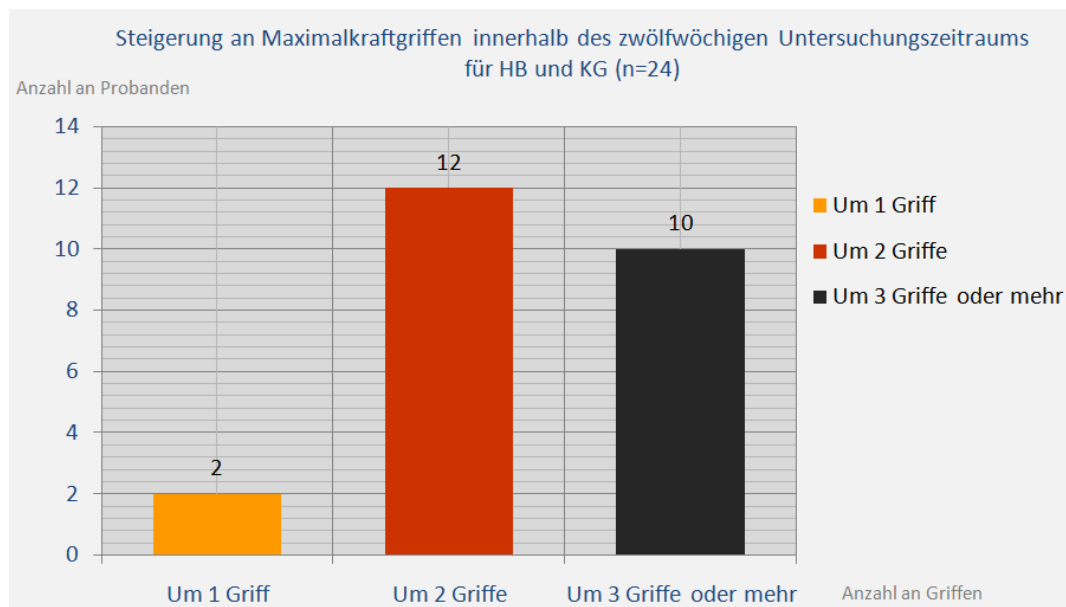


Abbildung 40: Verbesserung der Anzahl an Maximalkraftgriffen (MAXhold) innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums für die Hangboardgruppe und Kontrollgruppe (n=24)

Konnten sich die Probanden der beiden Stichproben (n=24) innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums um einen MAXhold verbessern (z.B. Von Griff 5 in der Voruntersuchung auf Griff 4 in der Untersuchung 3), wurden sie der Klasse 1 „Um einen Griff“ zugeordnet. Konnten sich die Probanden um 2 Griffe verbessern, wurden sie der Klasse „Um 2 Griffe“ beigelegt. Verbesserungen um drei oder mehr Griffe sind in der Klasse 3 dargestellt. Für das Häufigkeitsdiagramm

wurden aufgrund der niedrigen Stichprobenumfänge die Werte beider Stichproben in einer Abbildung dargestellt. Das Häufigkeitsdiagramm zeigt, dass sich zwei von 24 Probanden innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums um einen Maximalkraftgriff verbessern konnten. 12 Probanden konnten sich in diesem Zeitraum um zwei Maximalkraftgriffe verbessern und 10 Probanden konnten sich um drei oder mehr Griffe steigern.

Zur Überprüfung eines Zusammenhangs zwischen der Steigerung der Maximalkraftwerte und der Verbesserung der Kraftausdauerwerte innerhalb des zwölfwöchigen Hangboardtrainings, wurden in Abb. 41-42 für die Hangboardgruppe (n=12) und die Kontrollgruppe (n=11, Proband n5 wurde nicht berücksichtigt) die Summe der Verbesserungswerte an den individuell ausgewählten Maximalkraftgriffen für die unterschiedlichen Untersuchungszeiträume und die Verbesserung der Kraftausdauer (dargestellt an den durchschnittlichen Verbesserungswerten der Griffe 7, 8 und 9 innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums) im Vergleich dargestellt. Für sämtliche Probanden der beiden Stichproben lässt sich gleichzeitig zu einer Maximalkraftzunahme über den zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum auch eine Verbesserung der Kraftausdauerleistungsfähigkeit beobachten, wobei die Größe der Maximalkraftzuwächse keinen Rückschluss über die Stärke der Kraftausdauerzunahmen liefert.

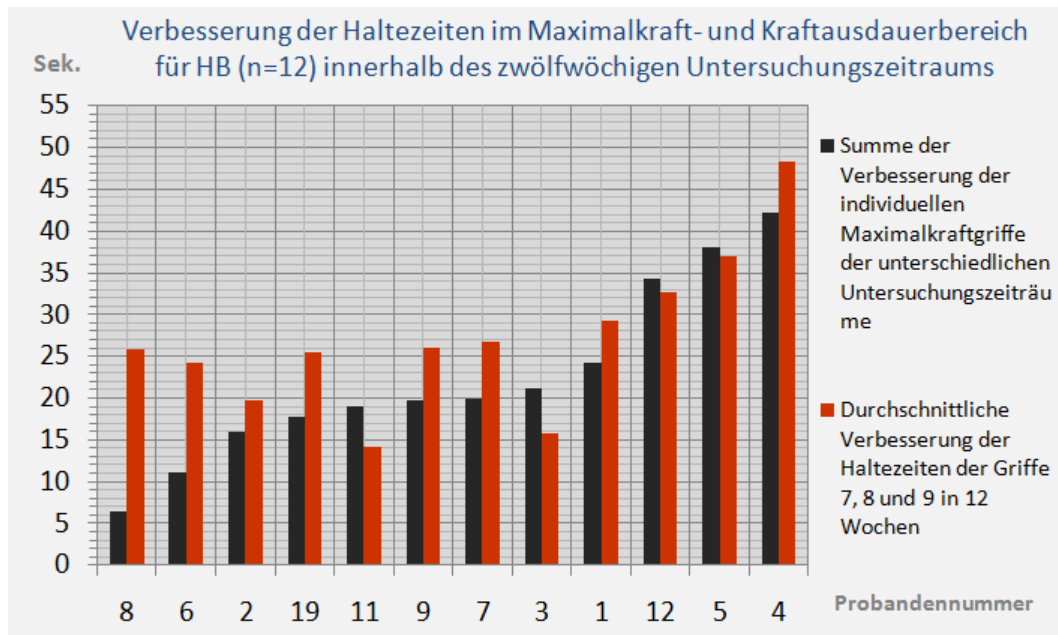


Abbildung 41: Summe der Verbesserungswerte an den individuell ausgewählten Maximalkraftgriffen für die unterschiedlichen Untersuchungszeiträume und Verbesserung Kraftausdauerwerte dargestellt an den durchschnittlichen Verbesserungswerten der Griffe 7, 8 und 9 innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums für die Hangboardgruppe (n=12)

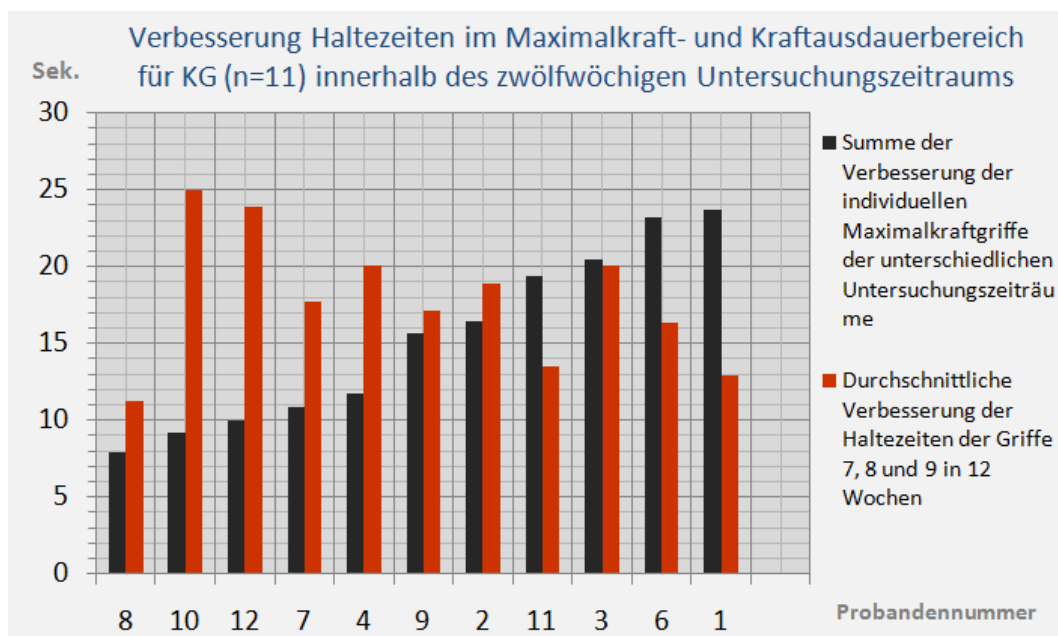


Abbildung 42: Summe der Verbesserungswerte an den individuell ausgewählten Maximalkraftgriffen für die unterschiedlichen Untersuchungszeiträume und Verbesserung Kraftausdauerwerte dargestellt an den durchschnittlichen Verbesserungswerten der Griffe 7, 8 und 9 innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums für die Kontrollgruppe (n=11)



#### 4.1.6. Nachhaltigkeit des Kraftausdauertrainings am Hangboard

Mit Hilfe der Leitfrage 3 soll die Nachhaltigkeit der erzielten Trainingseffekte im Kraftausdauerbereich innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums für die Hangboardgruppe und die Kontrollgruppe überprüft werden. In Abb. 43 kann anhand der Summenwerte der beiden Stichproben unabhängig vom arithmetischen Mittelwert für die Griffe 7, 8 und 9 nach dreiwöchiger Ruheperiode am Hangboard ein deutlicher Rückgang der Haltezeiten im Kraftausdauerbereich festgestellt werden.

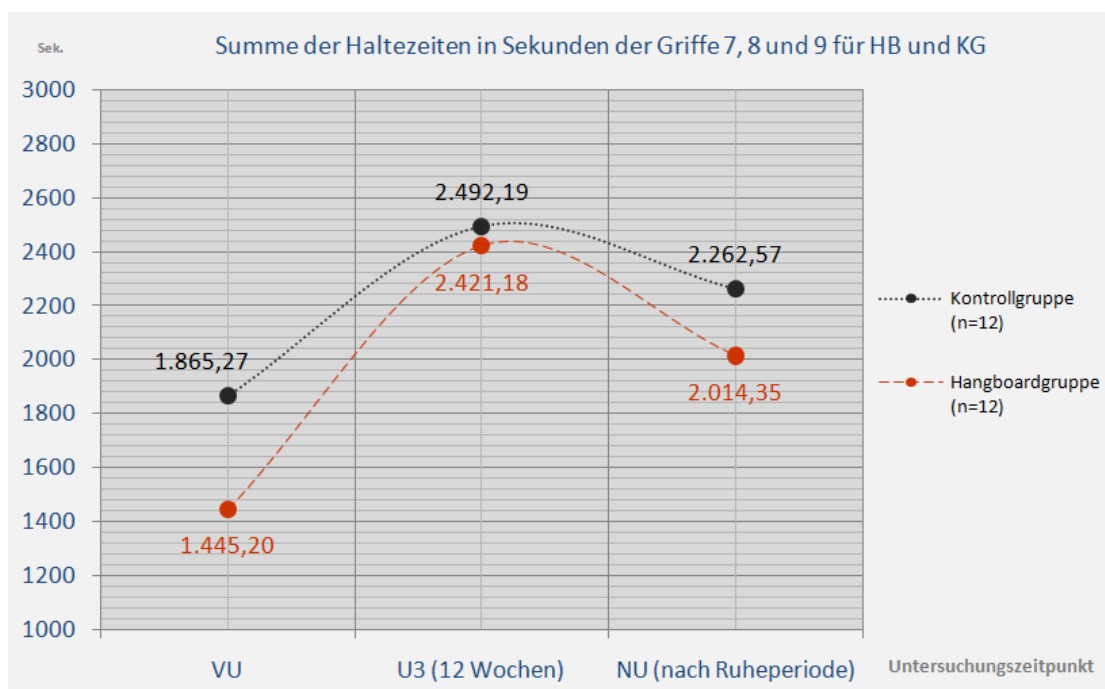


Abbildung 43: Summenwerte der Griffe 7, 8 und 9 für die Untersuchungszeitpunkte VU (Voruntersuchung), U3 (Untersuchung 3 nach 12 Wochen) und NU (Nachuntersuchung nach dreiwöchiger Trainingspause am Hangboard) der Hangboardgruppe (n=12) und Kontrollgruppe (n=12) im Vergleich

Auch anhand der arithmetischen Mittelwerte lassen sich nach dreiwöchiger Ruheperiode am Hangboard deutlich geringere Haltezeiten für beide untersuchten Stichproben feststellen. Für die Hangboardgruppe (n=12) konnten an Griff 7 im

Durchschnitt 47,37 Sekunden (in U3 57,53 Sekunden), an Griff 8 55,72 Sekunden (in U3 67,74 Sekunden) und an Griff 9 64,77 Sekunden (in U3 76,50 Sekunden) beobachtet werden. Für die Kontrollgruppe (n=12) konnten an Griff 7 im Durchschnitt 55,63 Sekunden (in U3 59,77 Sekunden), an Griff 8 61,39 Sekunden (in U3 69,23 Sekunden) und an Griff 9 71,53 Sekunden (in U3 78,68 Sekunden), festgestellt werden (vgl. Abb. 44-45).

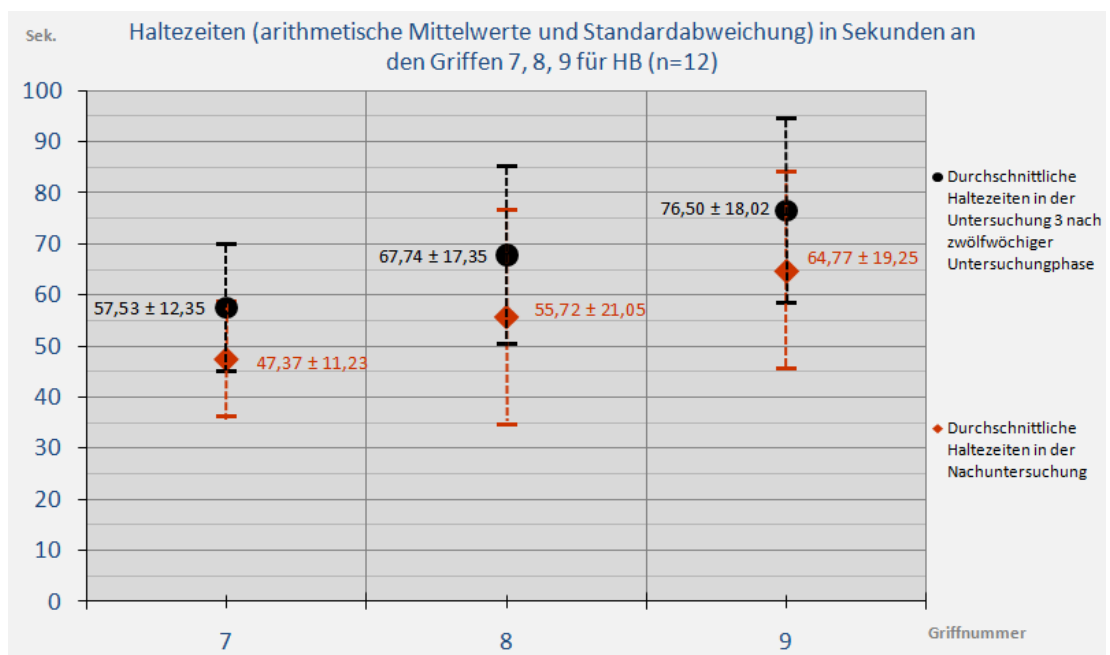


Abbildung 44: Darstellung der arithmetischen Mittelwerte der Griffe 7, 8 und 9 in der Untersuchung 3 (U3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase) und in der Nachuntersuchung (NU nach dreiwöchiger Trainingspause am Hangboard) für die Hangboardgruppe (HB mit n=12)

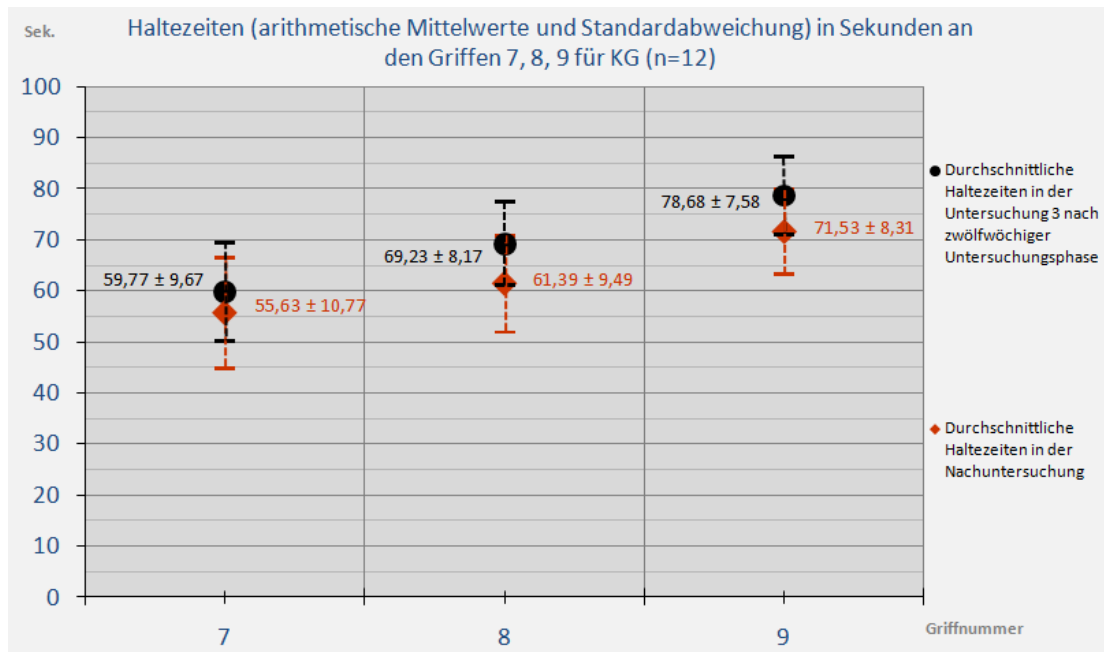


Abbildung 45: Darstellung der arithmetischen Mittelwerte der Griffe 7, 8 und 9 in der Untersuchung 3 (U3 nach zwölfwöchiger Untersuchungsphase) und in der Nachuntersuchung (NU nach dreiwöchiger Trainingspause am Hangboard) für die Kontrollgruppe (KG mit n=12)

## 4.2. Inferentielle Datenanalyse

Zur statistischen Überprüfung der empirischen Fragestellung, ob das Hangboard als Trainingsgerät zur Verbesserung der lokalen Kraftausdauer eingesetzt werden kann, werden nachfolgend ausschließlich die Werte der Hangboardgruppe (HB mit n=12) berücksichtigt, in welcher die Probanden über einen Zeitraum von zwölf Wochen einmal wöchentlich am Hangboard trainierten und darüber hinaus keine zusätzlichen sportartspezifischen Aktivitäten ausüben durften.

Für die Kontrollgruppe besteht eine methodisch bedingte eingeschränkte Aussagekraft der Datenerhebung, da nicht überprüft werden konnte, was die einzelnen Probanden der Kontrollgruppe neben dem wöchentlichen

Kraftausdauertraining am Hangboard trainierten, so dass anhand der beobachteten und berechneten Kennzahlen aus der Stichprobe nur bedingt Rückschlüsse auf eine schwer eingrenzbar Grundgesamtheit gezogen werden könnten. Als Prämisse für die Kontrollgruppe wurde lediglich vorgeschrieben, dass das Hangboardtraining einmal wöchentlich als Ergänzung zum herkömmlichen Trainingsprogramm absolviert werden musste, unter der Bedingung, dass neben dieser wöchentlichen Einheit kein zusätzliches Hangboardtraining ausgeübt werden durfte. Da für die Kontrollgruppe nicht überprüft werden konnte, was die Probanden neben der wöchentlichen Hangboardeinheit trainierten, lässt sich auch keine genaue Grundgesamtheit definieren, weil nicht bestimmt werden kann, welche Trainingsinhalte letztendlich für diese Grundgesamtheit gelten sollten.

Anhand der nachfolgenden statistischen Testverfahren wird demzufolge ausschließlich anhand der Merkmalsausprägungen der Hangboardgruppe überprüft, ob ein wöchentliches Kraftausdauertraining am Hangboard ohne zusätzliches, sportartspezifisches Training zu einer Verbesserung der lokalen Kraftausdauer beitragen kann. Zur statistischen Überprüfung der empirischen Fragestellung werden die Mittelwerte der Griffe 7, 8 und 9 aus der Voruntersuchung mit den Mittelwerten der Griffe 7, 8 und 9 aus der Untersuchung 3 nach zwölfwöchigem Untersuchungszeitraum verglichen. Da es sich bei den Mittelwertvergleichen zu dem Zeitpunkt 1 „Voruntersuchung“ und dem Zeitpunkt 2 „Untersuchung 3“ nach zwölf Wochen um abhängige Stichproben handelt, wurden im Vorfeld an weitere statistische Verfahren die Merkmalsausprägungen der Griff 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung (VU) und Untersuchung 3 (U3) der Hangboardgruppe (n=12) mittels KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test auf Normalverteilung geprüft (HOFFMANN / ORTHMANN, 2009).

*Tabelle 7: KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test für die Prüfung der Normalverteilung der Hangboardgruppe (HB mit n=12) an den Griffen 7, 8 und 9 für die Voruntersuchung (VU) und Untersuchung 3 (U3)*

		VU7	VU8	VU9	U37	U38	U39
N		12	12	12	12	12	12
Normal Parameters <sup>a..b</sup>	Mean	29,6383	41,1667	49,6283	57,5258	67,7350	76,5042
	Std. Deviation	6,04358	10,13107	11,29147	12,34935	17,35308	18,02346
Most Extreme Differences	Absolute	,211	,207	,159	,157	,138	,204
	Positive	,108	,133	,159	,103	,138	,204
	Negative	-,211	-,207	-,155	-,157	-,089	-,184
Kolmogorov-Smirnov Z		,731	,718	,551	,543	,480	,706
Asymp. Sig. (2-tailed)		,659	,681	,922	,930	,975	,700

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Für Griff 7 der Stichprobe HB (n=12) in der Voruntersuchung (VU7) gilt:

H<sub>0</sub>: Stichprobe entstammt einer normalverteilten Grundgesamtheit

H<sub>1</sub>: Die Grundgesamtheit ist nicht normalverteilt

Der p-Wert = 0,659 ist größer als das Signifikanzniveau (0,05). Es gibt keinen ausreichenden Grund, die Normalverteilung auszuschließen. Die Nullhypothese (Normalverteilung) wird beibehalten.

Für Griff 8 der Stichprobe HB (n=12) in der Voruntersuchung (VU8) gilt:

H<sub>0</sub>: Stichprobe entstammt einer normalverteilten Grundgesamtheit

H<sub>1</sub>: Die Grundgesamtheit ist nicht normalverteilt

Der p-Wert = 0,681 ist größer als das Signifikanzniveau (0,05). Es gibt keinen ausreichenden Grund, die Normalverteilung auszuschließen. Die Nullhypothese (Normalverteilung) wird beibehalten.

Für Griff 9 der Stichprobe HB (n=12) in der Voruntersuchung (VU9) gilt:

H<sub>0</sub>: Stichprobe entstammt einer normalverteilten Grundgesamtheit

H<sub>1</sub>: Die Grundgesamtheit ist nicht normalverteilt

Der p-Wert = 0,922 ist größer als das Signifikanzniveau (0,05). Die Nullhypothese (Normalverteilung) wird beibehalten. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Alternativhypothese H<sub>1</sub> wird mit 92,2% angegeben (2-seitig)

Für Griff 7 der Stichprobe HB (n=12) in der Untersuchung 3 (U37) gilt:

H<sub>0</sub>: Stichprobe entstammt einer normalverteilten Grundgesamtheit

H<sub>1</sub>: Die Grundgesamtheit ist nicht normalverteilt

Der p-Wert = 0,930 größer als das Signifikanzniveau (0,05). Die Nullhypothese (Normalverteilung) wird beibehalten. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Alternativhypothese H<sub>1</sub> wird mit 93,0% angegeben (2-seitig)

Für Griff 8 der Stichprobe HB (n=12) in der Untersuchung 3 (U38) gilt:

H<sub>0</sub>: Stichprobe entstammt einer normalverteilten Grundgesamtheit  
 H<sub>1</sub>: Die Grundgesamtheit ist nicht normalverteilt  
 Der p-Wert = 0,975 größer als das Signifikanzniveau (0,05). Die Nullhypothese (Normalverteilung) wird beibehalten. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für die Alternativhypothese H<sub>1</sub> wird mit 97,5% angegeben (2-seitig)

Für Griff 9 der Stichprobe HB (n=12) in der Untersuchung 3 (U39) gilt:

H<sub>0</sub>: Stichprobe entstammt einer normalverteilten Grundgesamtheit  
 H<sub>1</sub>: Die Grundgesamtheit ist nicht normalverteilt  
 Der p-Wert = 0,700 größer als das Signifikanzniveau (0,05). Es gibt keinen ausreichenden Grund, die Normalverteilung auszuschließen. Die Nullhypothese (Normalverteilung) wird beibehalten.

Da den Ergebnissen des KOLMOGOROV-SMIRNOV-Tests zufolge die Normalverteilung für die Haltezeiten der Griffe 7, 8 und 9 der untersuchten Hangboardgruppe nicht verworfen werden kann und mit den Mittelwertvergleichen aus der Voruntersuchung (VU) und der Untersuchung 3 (U3) verbundene Stichproben vorliegen, kann für die Stichprobenvergleiche der Griffe 7, 8 und 9 ein abhängiger T-Test angewandt werden, um auf Basis der Ergebnisse der Stichprobe Rückschlüsse auf die Mittelwerte der Variablen in der Grundgesamtheit ziehen zu können (HATZINGER / NAGEL, 2009).

**Nullhypothese H<sub>0</sub>:** Das wöchentliche Training am Hangboard über einen Zeitraum von zwölf Wochen führt zu keiner Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport.

**Alternativhypothese H<sub>A</sub>:** Das wöchentliche Training am Hangboard über einen Zeitraum von zwölf Wochen führt zu einer Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport.

**t-Test für abhängige Stichproben an Griff 7**Nullhypothese H0:  $\mu_{U3} = \mu_{VU}$ Alternativhypothese H1:  $\mu_{U3} > \mu_{VU}$ mit  $\mu_{VU}$ ,  $\mu_{U3}$  die unbekanntes Mittelwerte der Grundgesamtheit zu den Zeitpunkten VU und U3

Tab. 8: Abhängiger T-Test für Mittelwertvergleiche an Griff 7

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VU7	29,6383	12	6,04358	1,74463
	U37	57,5258	12	12,34935	3,56495

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VU7 & U37	12	,576	,050

Paired Samples Test									
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	VU7 - U37	-27,88750	10,14933	2,92986	-34,33608	-21,43892	-9,518	11	,000

p-Wert = 0,000 &lt; 0,001 → höchstsignifikant

Die Nullhypothese kann folglich für Griff 7 verworfen werden, H<sub>A</sub> kann mit 95%iger Sicherheit angenommen werden.

**t-Test für abhängige Stichproben an Griff 8**Nullhypothese  $H_0: \mu_{U3} = \mu_{VU}$ Alternativhypothese  $H_1: \mu_{U3} > \mu_{VU}$ mit  $\mu_{VU}$ ,  $\mu_{U3}$  die unbekanntes Mittelwerte der Grundgesamtheit zu den Zeitpunkten VU und U3

Tab. 9: Abhängiger T-Test für Mittelwertvergleiche an Griff 8

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VU8	41,1667	12	10,13107	2,92459
	U3.8	67,7350	12	17,35308	5,00940

Paired Samples Correlations				
		N	Correlation	Sig.
Pair 1	VU8 & U3.8	12	,526	,079

Paired Samples Test									
		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	VU8 - U3.8	-26,56833	14,78793	4,26891	-35,96414	-17,17253	-6,224	11	,000

p-Wert = 0,000 &lt; 0,001 → höchstsignifikant

Die Nullhypothese kann folglich für Griff 8 verworfen werden,  $H_A$  kann mit 95%iger Sicherheit angenommen werden.



**t-Test für abhängige Stichproben an Griff 9**Nullhypothese H<sub>0</sub>:  $\mu_{U3} = \mu_{VU}$ Alternativhypothese H<sub>1</sub>:  $\mu_{U3} > \mu_{VU}$ mit  $\mu_{VU}$ ,  $\mu_{U3}$  die unbekanntes Mittelwerte der Grundgesamtheit zu den Zeitpunkten VU und U3

Tab. 10: Abhängiger T-Test für Mittelwertvergleiche an Griff 9

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	VU9	49,6283	12	11,29147	3,25957
	U39	76,5042	12	18,02346	5,20292

Paired Samples Correlations			
	N	Correlation	Sig.
Pair 1 VU9 & U39	12	,929	,000

Paired Samples Test									
		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	VU9 - U39	-26,87583	8,61087	2,48575	-32,34692	-21,40474	-10,812	11	,000

p-Wert = 0,000 &lt; 0,001 → höchstsignifikant

Die Nullhypothese kann folglich für Griff 9 verworfen werden, H<sub>A</sub> kann mit 95%iger Sicherheit angenommen werden.

## 5. Diskussion

### 5.1. Ergebnisdiskussion

Trotz unterschiedlicher Ausgangswerte zu Beginn des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums sowie unterschiedlich starken Verbesserungswerten innerhalb der zwölfwöchigen Trainingsphase, konnte sowohl für die untersuchte Hangboardgruppe (n=12) als auch für die Kontrollgruppe (n=12) anhand der deskriptiven Datenanalyse innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums an den Griffen 7, 8 und 9 eine deutliche Steigerung der durchschnittlichen Haltezeiten in Sekunden bei isometrischer Haltearbeit festgestellt werden (vgl. Tab. 4-5). Nach GUYON / BROUSSOULOUX (2004) stellen diese verbesserten Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums eine deutliche Zunahme der lokalen anaeroben Kraftausdauerleistungsfähigkeit der Fingermuskulatur der Probanden beider Stichproben dar. Demzufolge kann anhand der deskriptiven Datenanalyse für die untersuchten Stichproben festgehalten werden, dass ein wöchentliches Kraftausdauertraining am Hangboard über einen zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum zu einer deutlichen Zunahme der lokalen Kraftausdauerleistungsfähigkeit im Klettersport beitragen kann. Für die Hangboardgruppe konnte eine höchstsignifikante ( $p = 0,000$ ) Zunahme der Haltezeiten in Sekunden bei isometrischer Haltearbeit an den Griffen 7, 8 und 9 beobachtet werden, so dass eine Verbesserung der lokalen Kraftausdauer anhand eines wöchentlichen Kraftausdauertrainings am Hangboard über einen zwölfwöchigen Trainingszeitraum für die Hangboardgruppe statistisch belegt werden konnte. In diesem Zusammenhang sei allerdings erwähnt, dass ein Ergebnis einer Teilgesamtheit von zwölf Probanden nur bedingt auf das Ergebnis der Grundgesamtheit übertragen werden kann, da die Teilgesamtheit aufgrund des Stichprobenumfangs nicht ausreichend repräsentativ für die Grundgesamtheit ist

(BOURIER, 2001). Darüber hinaus konnte ebenfalls aufgrund des zu geringen Stichprobenumfangs eine Normalverteilung mittels KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test nur bedingt sichergestellt werden (HOFFMANN / ORTHMANN, 2009). Zur endgültigen Annahme einer Verbesserung der lokalen Kraftausdauer durch das Training am Hangboard sind aufgrund des geringen Stichprobenumfangs beider untersuchten Stichproben weitere Untersuchungen in diesem Bereich notwendig.

Die Steigerung der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 stellen aufgrund der niedrigen Haltezeiten überwiegend eine Verbesserung der lokalen anaeroben Kraftausdauer dar (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Nach HARRE / KRUG / SCHNABEL (2008) überwiegt bei der Kurzzeitintervallmethode mit einer Einzelbelastungsdauer von 10-20 Sekunden der anaerobe Stoffwechsel, so dass auch die Trainingseinheiten auf eine Verbesserung der anaeroben Kraftausdauer hinzielten. Für die Steigerung der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums können demnach Verbesserungen des Phosphatabbaus, sowie eine Erhöhung der Phosphat- und Muskelglykogenspeicher vermutet werden (ALBESA / LLOVERAS, 2001). Desweiteren können die beobachteten Verbesserungen der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 nach HÖRST (2008b) durch eine erhöhte Laktattoleranz bedingt sein:

*„Through repeated exposure, the muscles adapt by developing a higher tolerance to elevated blood lactate, enhanced lactate removal (due to increased capillary density) and metabolism, increased mitochondrial density, and other increases in cardiovascular efficiency.“* (HÖRST 2008b, 93)

Nach MACLEOD (2010) können im Klettersport deutliche Kraftausdauerzunahmen bereits nach einigen Trainingswochen auftreten. Diese Annahme konnte sowohl für die Hangboardgruppe als auch für die Kontrollgruppe bestätigt werden. Darüber

hinaus konnte sowohl für die Hangboardgruppe als für die Kontrollgruppe die durchschnittlich größten Verbesserungen der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 innerhalb der ersten vier Wochen festgestellt werden (vgl. Abb. 18 und 27). Diese größten durchschnittlichen Leistungssteigerungen innerhalb der ersten vier Trainingswochen könnten möglicherweise anhand anfänglicher Ökonomisierungsprozesse der Funktionsabläufe erklärt werden (DE MARÉES, 2003). Neben den Adaptationsprozessen auf muskulärer Ebene könnte demnach auch die Adaptation des Organismus an die Belastung am Hangboard die höheren Leistungssteigerungen im Kraftausdauerbereich innerhalb der ersten Trainingswochen erklären. Im Mittelpunkt stehen dabei Kraftsteigerungen durch ein verbessertes Zusammenspiel der an der Kraftentwicklung beteiligten Muskelgruppen (DE MARÉES, 2003).

Desweiteren könnten die tendenziell geringeren Verbesserungen der Haltezeiten für den weiteren Untersuchungszeitraum durch eine Abnahme der Wirkungsweise der Trainingseffekte aufgrund biologischer Akkomodationsprozesse erklärt werden (KÖSTERMEYER, 2009). Das Beibehalten des gleichen Belastungsschemas über einen längeren Trainingszeitraum kann trotz progressiver Belastungssteigerung, welche innerhalb des Untersuchungszeitraums gewährleistet werden konnte, zu geringeren Leistungsfortschritten führen (MACLEOD, 2010). Trotz gewährleisteter quantitativer Veränderungen könnten demnach die fehlenden qualitativen Veränderungen im Sinne von Belastungsvariationen über einen längeren Zeitraum als Ursache für die geringeren Anpassungserscheinungen herangezogen werden (KÖSTERMEYER, 2000). Gleich bleibende Trainingsbelastungen können aufgrund der Belastungsmonotonie zur Abnahme der leistungssteigernden Trainingseffekte und Stagnation der Trainingswirkungen führen, während Veränderungen in der Belastungscharakteristik eine Unterbrechung dieser Belastungsmonotonie mit sich bringen (ALBESA / LLOVERAS, 2001).

„Die Variation bezieht sich dabei nicht nur auf Intensität und Umfang, sondern auch auf die Bewegungsdynamik, Übungsauswahl und Pausengestaltung.“ (ALBESA / LLOVERAS 2001, 22)

In diesem Zusammenhang der Belastungsmonotonie können die geringeren Verbesserungswerte für den weiteren Untersuchungsverlauf möglicherweise auch auf motivationsbedingte Leistungseinbußen zurückgeführt werden, da die gemessenen Kraftausdauerwerte am Hangboard aufgrund der maximalen Ausbelastung auch in hohem Maße von der Motivation der Probanden beeinflusst werden (MACLEOD, 2010). Insbesondere die lange Dauer des Untersuchungszeitraums von 12 Wochen und anschließender Nachuntersuchung könnte hier eine entscheidende Rolle mitgespielt haben.

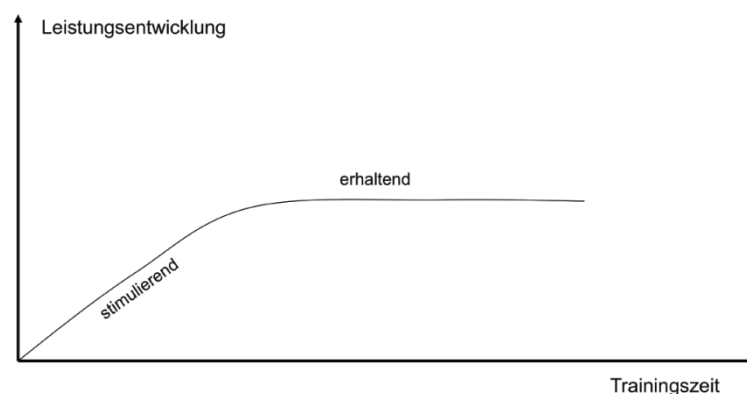


Abbildung 46: Prinzip der Akkommodation. Das Beibehalten derselben Übung mit gleichem Belastungsschema führt über einen längeren Zeitraum zu einer Abnahme der Leistungsfortschritte. (KÖSTERMEYER 2009, 20)

Anhand der deskriptiven Ergebnisanalyse konnten sowohl für die Probanden der Hangboardgruppe (n=12) als auch für die Probanden der Kontrollgruppe (n=12) für die Griffe 7, 8 und 9 individuell unterschiedliche Ausgangswerte und Verbesserungswerte beobachtet werden. Unterschiedliche Ausgangswerte innerhalb der beiden Stichproben deuten auf zwei heterogene Gruppenzusammensetzungen hin. In Bezug auf die individuell unterschiedlichen

Verbesserungswerte innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums konnte für beide untersuchten Stichproben kein Zusammenhang zwischen den Ausgangswerten in der Voruntersuchung (Ausgangsniveau) und den Verbesserungswerten innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums an den Griffen 7, 8 und 9 beobachtet werden (vgl. Abb. 15-17 und Abb. 24-26). Höhere bzw. niedrigere Ausgangswerte in der Voruntersuchung waren demnach nicht ausschlaggebend für die Größe der verbesserten Haltezeiten der einzelnen Probanden an den Griffen 7, 8 und 9 innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums. Es kann demnach vermutet werden, dass neben der individuellen Adaptationsfähigkeit des Organismus multiple Ursachen wie etwa Trainingsmotivation oder Regenerationsstatus für die unterschiedlichen Verbesserungswerte verantwortlich sind (HARRE / KRUG / SCHNABEL, 2008).

Beim Vergleich der Hangboardgruppe mit der Kontrollgruppe konnte anhand der deskriptiven Datenanalyse für die Kontrollgruppe an den Griffen 7, 8 und 9 in der Voruntersuchung durchschnittlich höhere Ausgangswerte beobachtet werden als für die Hangboardgruppe (vgl. Tab. 6). Diese unterschiedlichen Ausgangswerte lassen sich durch zwei unterschiedlich starke Stichproben erklären, wobei die Ursache für die wesentlich stärkere Kontrollgruppe methodischer Natur ist. Für die Hangboardgruppe galt nämlich die Voraussetzung, dass ausschließlich einmal wöchentlich am Hangboard trainiert und darüber hinaus keine zusätzlichen sportartspezifischen Aktivitäten ausgeübt werden durften. Diese Voraussetzung ist über einen zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum bei leistungsorientierten Athleten methodisch nicht umsetzbar, so dass sich die leistungsstärkeren Athleten tendenziell für die Kontrollgruppe entschieden haben, um das Hangboardtraining lediglich einmal wöchentlich als Ergänzung zum herkömmlichen Trainingsprogramm zu absolvieren. Es kann demnach davon ausgegangen werden, dass die höheren Ausgangswerte der Kontrollgruppe durch leistungsstärkere Probanden erklärt

werden können. BROWN / FERGUSON (1997) konnten für fortgeschrittene Kletterer signifikant höhere Haltezeiten bei intermittierenden, isometrischen Belastungen im Kraftausdauerbereich beobachten als für Nicht-Kletterer. Auch Grant et al. (1996) konnten für fortgeschrittene Kletterer deutlich längere Haltezeiten bei isometrischer Haltearbeit mit gestreckten Armen beobachten als für Freizeitkletterer. Die Annahme, dass es sich bei der untersuchten Hangboardgruppe und Kontrollgruppe um zwei unterschiedlich starke Stichproben handelt, kann anhand der zu Beginn der empirischen Untersuchung überprüften maximalen Rotpunkt-Kletterleistungen bekräftigt werden. Die Hangboardgruppe konnte vor dem Untersuchungszeitraum ein durchschnittliches maximales Rotpunkt-Leistungsniveau von VII/VII+ auf der UIAA Schwierigkeitsskala aufzeigen, während für die Kontrollgruppe ein durchschnittliches maximales Leistungsniveau bei Rotpunktkletterleistungen von VIII-/VIII UIAA Schwierigkeitsskala beobachtet werden konnte. In Bezug auf die Rotpunktkletterleistungen kann demnach für die Kontrollgruppe eine deutlich höhere Ausgangsleistungsfähigkeit beobachtet werden. Allerdings können anhand der Rotpunkt-Kletterleistungen nur bedingt Rückschlüsse auf die Kraftausdauerleistungsfähigkeit der Probanden, gemessen an den Haltezeiten bei isometrischer Haltearbeit, gezogen werden, da im Klettersport stets unterschiedliche Ressourcen beansprucht werden, so dass für jede unterschiedliche Situation eine spezifische Ressourcenkombination erforderlich ist, um eine optimale Leistung zu ermöglichen (KÖSTERMEYER, 2009). Die Begehung einer Kletterroute hängt demzufolge von einer Vielzahl unterschiedlicher, zusammenwirkender Einflussfaktoren ab und lässt sich nicht ausschließlich durch die konditionellen Fähigkeiten begründen (NEUMANN, 2003).

Gegenüber den höheren Ausgangswerten der Kontrollgruppe konnten für die Probanden der Hangboardgruppe innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums wesentlich höhere Verbesserungswerte für die Griffe 7, 8

und 9 beobachtet werden als für die Kontrollgruppe. Angesichts der Tatsache, dass die Kontrollgruppe das Hangboardtraining als Ergänzung zum herkömmlichen Klettertraining durchführte, wären im Gegensatz zur Hangboardgruppe, welche ausschließlich einmal wöchentlich am Hangboard trainierte, wesentlich höhere Verbesserungswerte aufgrund der größeren Anzahl an Trainingseinheiten pro Woche (wenn auch nicht am Hangboard) zu erwarten gewesen. Tatsächlich wurden aber für die Kontrollgruppe an den Griffen 7, 8 und 9 innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums durchschnittlich weniger stark ausgeprägte Verbesserungswerte beobachtet als für die Hangboardgruppe. Als mögliche Ursache für die niedrigeren Verbesserungswerte der Kontrollgruppe können Überbelastungen und unzureichende Erholungszeiten angesehen werden (HÖRST 2008b). Eine unzureichende Berücksichtigung der Ermüdungs- und Regenerationsprozesse kann für die Kontrollgruppe aufgrund von zusätzlichen Trainingseinheiten eher zutreffen als für die Probanden der Hangboardgruppe, für welche die Belastungshäufigkeit, bedingt durch das Untersuchungsschema, auf eine Einheit pro Woche periodisiert wurde. Auch in diesem Zusammenhang spielt die Dauer des gesamten Untersuchungszeitraums eine entscheidende Rolle. Nicht ausreichend lange Regenerationszeiten sowie Überbelastungen aufgrund von zu hohen Trainingsumfängen über einen längeren Zeitraum könnten demnach mit entsprechend negativen Folgen auf motivationaler Ebene als Ursache für die geringeren Leistungszuwächse der Kontrollgruppe herangezogen werden (NEUMANN, 2003).

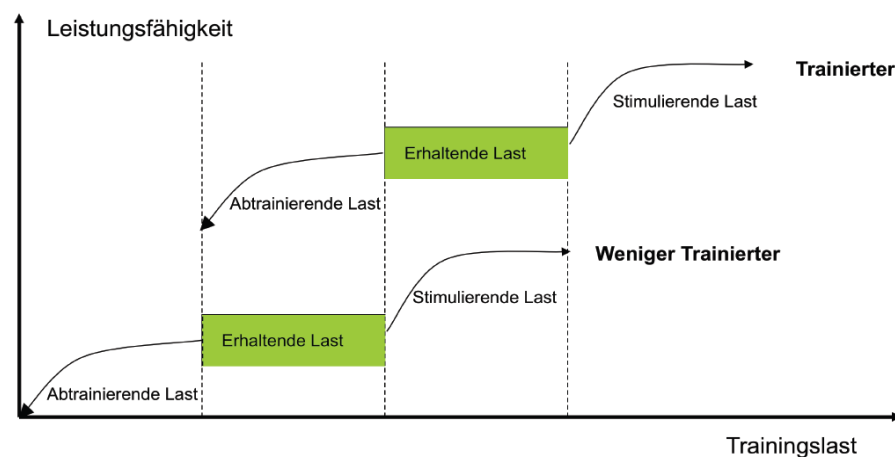
Aufgrund der Leistungsunterschiede zwischen beiden Stichproben können nach KÖSTERMEYER (2009) die höheren Verbesserungswerte an den Griffen 7, 8 und 9 der Hangboardgruppe ebenfalls dadurch begründet werden, dass im Hinblick auf eine Verbesserung der konditionellen Fähigkeiten Maximalkraft und Kraftausdauer für schwächere Athleten tendenziell höhere Verbesserungswerte erwartet werden



können als für stärkere Athleten. Auch MACLEOD (2010) beschreibt, dass für Kletterer im Anfängerbereich Leistungssteigerungen deutlich schneller erzielt werden als für fortgeschrittene Kletterer:

*„In your first steps in learning a new skill, any strategy brings immediate improvement, every session. Trial and error, copying others [...]. When it appears to take 10,000 hours of practice to go from beginner level to world class mastery in complex skills like sport or playing musical instruments, even tiny improvements seem to take forever to occur once you get past the initial rush of learning the basics.“ (MACLEOD 2010, 25)*

Dies lässt sich vor allem dadurch erklären, dass der Organismus mit zunehmendem Leistungsniveau weniger auf die Trainingsreize mit Anpassungen im Bereich der Kondition reagiert (KÖSTERMEYER, 2009).



*Abbildung 47: Bei höherem Leistungsniveau müssen weitaus höhere Belastungsintensitäten gewährleistet werden, um entsprechende Adaptationsprozesse auf konditioneller Ebene zu ermöglichen (KÖSTERMEYER 2009, 19)*

Allerdings konnten für beide Stichproben, trotz deutlich niedriger Ausgangswerte der Hangboardgruppe, nach zwölf Wochen fast identische Schlusswerte an den

Griffen 7, 8 und 9 beobachtet werden, so dass gegen Ende des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums kaum Leistungsdifferenzen zwischen den beiden Stichproben, gemessen an den Haltezeiten der Griffe 7, 8 und 9, festgestellt werden konnten. Interessant wäre in diesem Zusammenhang der weitere Verlauf der Haltezeiten beider Stichproben bei anhaltendem Untersuchungsverfahren gewesen.

Im Hinblick auf die Überprüfung der Leitfrage 2, welche ein Zusammenhang zwischen der Maximalkraft und der Kraftausdauer überprüfen soll, konnte anhand der Ergebnisanalyse der deskriptiven Statistik im Verlauf des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums für beide untersuchten Stichproben eine deutliche Steigerung der Maximalkraft beobachtet werden. Inwiefern diese maximalen, statischen Kraftzunahmen der einzelnen Probanden durch die Motivation wie beispielsweise das Anfeuern von den anderen Probanden beeinflusst wurden, kann nicht dargestellt werden (HOLLMANN / STRÜDER, 200). Ähnliche Maximalkraftzuwächse wurden in der Untersuchung von KINGSLEY (1997) beschrieben, in welcher ebenfalls deutliche Steigerungen der Maximalkraftwerte anhand eines siebenwöchigen Maximalkrafttrainings am Hangboard beobachten werden konnten. Dabei sind nach DE MARÉES (2003) Kraftzunahmen beim isometrischen Krafttraining bereits ab 30% der Maximalkraft möglich. Diesen Ergebnissen zufolge kann das Hangboard zu einer Steigerung der leistungsbestimmenden Maximalkraft der Fingermuskulatur beitragen. WATTS (2004) konnte in diesem Zusammenhang deutlich höhere Maximalkraftwerte für Wettkampfkletterer feststellen als für Nicht-Kletterer und auch MACLEOD et al. (2007) beobachteten bei fortgeschrittenen Kletterern höhere Maximalkraftwerte trotz geringerer Körpermasse als bei Nicht-Kletterer.

Zur Überprüfung der Wirkungsweise der Maximalkraftzuwächse auf die Kraftausdauerleistungsfähigkeit konnte für sämtliche Probanden der beiden

Stichproben gleichzeitig zu einer Maximalkraftzunahme über den zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum, auch eine Verbesserung der Kraftausdauerleistungsfähigkeit beobachtet werden. Allerdings konnte für die untersuchten Stichproben kein Zusammenhang zwischen der Größe der Maximalkraftzuwächse und der Stärke der Kraftausdauerzunahmen festgestellt werden. Desweiteren konnte für beide Stichproben kein Zusammenhang zwischen den in der Voruntersuchung gemessenen Maximalkraftwerten und den in der Voruntersuchung gemessenen Haltezeiten für die Griffe 7, 8 und 9 beobachtet werden (vgl. Tab. 15-17 und Abb. 24-26). Längere Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 in der Voruntersuchung lassen sich demzufolge nicht durch höhere Maximalkraftwerte erklären. Allerdings besteht hier die Problematik, dass die Greifbedingungen der Griffe 7, 8 und 9 so gut waren, dass die Maximalkraft einen nur sehr geringfügigen Einfluss auf die Kraftausdauerwerte ausüben konnte. Je näher aber die Kraftausdauerbeanspruchungen am Maximum der statisch zu entwickelnden Kraft liegen, umso größer wird der Einfluss der Maximalkraft (HOLLMANN / STRÜDER, 2009). Die Tatsache, dass gleichzeitig mit den Maximalkraftzuwächsen auch die Kraftausdauerleistungen gestiegen sind, lässt vermuten, dass die Maximalkraftzuwächse einen wesentlichen Einfluss auf die Kraftausdauerwerte im unteren anaeroben Kraftausdauerbereich ausüben konnten (NEUMANN, 2003). Auch HOLLMANN / STRÜDER (2009) beschreiben diesen starken Zusammenhang zwischen der lokalen anaeroben statischen Ausdauer und der maximalen statischen Kraft. Dies lässt sich u.a. dadurch erklären, dass bei wiederholten und ermüdenden dynamischen oder statischen Kraftausdauerbelastungen mit mehr als 75% der Maximalkraftfähigkeit, überwiegend die Maximalkraft als dominierende Fähigkeit angesehen werden kann (HARRE / KRUG / SCHNABEL, 2008). Demzufolge kann nach NEUMANN (2003) festgehalten werden, dass das Kraftausdauertraining am Hangboard stets eine

Maximalkraftkomponente enthalten sollte, um eine bestmögliche Trainingseffektivität im Kraftausdauerbereich zu gewährleisten.

## 5.2. Methodendiskussion

Anhand der Untersuchungsergebnisse konnte überwiegend mit Hilfe der deskriptiven Datenanalyse die Wirkungsweise des zwölfwöchigen Kraftausdauertrainings am Hangboard dargestellt werden. Eine Zunahme der lokalen Kraftausdauer innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums wurde anhand der Variable „Haltezeit in Sekunden bei isometrischer Haltearbeit“ überprüft, wobei Veränderungen des Körpergewichts für sämtliche Probanden als möglicher Einflussfaktor auf die Haltezeiten ausgeschlossen werden konnten (vgl. Tab. 3). Desweiteren konnten die nachfolgenden äußeren Einflussfaktoren auf die Ergebnisse aufgrund standardisierter Rahmenbedingungen weitgehend ausgeschlossen werden:

- ✓ Der Einfluss der Außentemperatur und der Luftfeuchtigkeit auf die Haltezeiten am Hangboard konnte aufgrund gleichbleibender Umgebungsbedingungen in der Kletterhalle, in der die Untersuchungen durchgeführt wurden, verhindert werden (MACLEOD, 2010).
- ✓ Mögliche Veränderungen in den Ergebnissen aufgrund eines veränderten Untersuchungsschemas konnten für sämtliche Untersuchungen ausgeschlossen werden. Die Untersuchungsabfolge schrieb vor, dass alle Untersuchungen an Griff 9 beginnen mussten. Anschließend erfolgte die Datenerhebung für die restlichen Griffe in einer absteigenden Reihenfolge mit einer identischen Pausendauer zwischen den jeweiligen Messungen von

- fünf Minuten bis zu dem Griff, an dem sich die Probanden maximal zwischen 5-10 Sekunden halten konnten.
- ✓ Das Greifen der Griffe erfolgte bei sämtlichen Datenerhebungen ohne Daumeneinsatz. Lediglich ein Anlehnen des Daumens an das Hangboard wurde erlaubt. Veränderte Haltezeiten durch den abwechselnden Einsatz des Daumens konnten demzufolge ausgeschlossen werden. In diesem Zusammenhang wurden in Einzelfällen (z.B. Ungünstiges Greifen eines Griffs beim ersten Mal) Messwiederholungen erlaubt, wobei das Einhalten der Pausendauer (fünf Minuten) berücksichtigt werden musste.
  - ✓ Zur Durchführungsobjektivität wurde in sämtlichen Untersuchungen ein Ellenbogenwinkel von 90 Grad vorgeschrieben, da unterschiedliche Gelenkwinkel auch Veränderungen in den Haltezeiten bewirken können (STÖHR, 2011).
  - ✓ Zur optimalen physiologischen und mentalen Vorbereitung wurde für jede Untersuchung ein standardisiertes Aufwärmprogramm vorgeschrieben, um eine möglichst maximale Ausbelastung zu ermöglichen und dadurch aussagekräftigere Ergebnisse zu gewährleisten (KELLER / SCHWEIZER, 2009).
  - ✓ Desweiteren wurde das Hangboard vor jedem Untersuchungsdurchgang gründlich gesäubert, um Magnesiareste zu beseitigen, welche einen negativen Einfluss auf die Haltezeiten ausüben könnten.

Aufgrund der notwendigen maximalen individuellen Ausbelastung und damit der zentralen Bedeutung der Motivation, konnte selbst bei stabilen äußeren Bedingungen eine permanente Merkmalskonstanz nur bedingt gewährleistet werden. Demzufolge kann die Motivation als bedeutender Einflussfaktor auf die Veränderungen der Haltezeiten innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums nicht ausgeschlossen werden. Dies wird dadurch bekräftigt, dass die Motivation im Kraftausdauertraining einen erheblichen Einfluss

auf die Leistungsfähigkeit ausüben kann (KÖSTERMEYER, 2000). MACLEOD (2010) hält fest, dass die Wirkungsweise des Hangboardtrainings demzufolge sehr motivationsabhängig ist, was einen wesentlichen Nachteil des Trainings am Hangboard darstellt. Tatsächlich stimmten bei einer Datenerhebung mittels Fragebogen *a posteriori* 21 von 24 Probanden der Aussage zu, dass das Kraftausdauertraining am Hangboard „sehr motivationsbelastend“ ist. Lediglich zwei Probanden konnten diese Meinung nicht teilen („nicht motivationsbelastend“), während für einen der 24 Probanden keine Aussage zu dieser Fragestellung gemacht werden konnte.

Da die Motivation bei Kraftausdauerbelastungen einen erheblichen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit auszuüben vermag (KÖSTERMEYER, 2000), ist für eine möglichst aussagekräftige Datenerhebung insbesondere das Kriterium der maximalen Ausbelastung von zentraler Bedeutung. Allerdings lässt sich die maximale Ausbelastung beim Kraftausdauertraining am Hangboard nur bedingt überprüfen, da der Grad der Ausbelastung über Stoffwechselgrößen wie Blutlaktat, maximale Sauerstoffaufnahme und Herzfrequenz nur begrenzt erfasst werden kann (KÖSTERMEYER, 2000). So unterliegt beispielsweise die Herzfrequenz, aufgrund der Pressatmung während der Übungsausführung am Hangboard, großen Schwankungen.

*„Übersteigt der Krafteinsatz ca. 80% der Maximalkraft, so kommt es, um die Muskelursprünge besser zu fixieren, zur sog. Preßatmung [...] Der venöse Rückfluß zum Herzen verringert sich. Das Schlagvolumen sinkt bis auf ein Drittel des Normalwertes ab. Kompensatorisch erhöht sich die Herzfrequenz und danach der Blutdruck.“ (DE MARÉES 2003, 200)*

Obwohl Kletterer, die überwiegend Maximalkraft trainieren und bevorzugt kurze, boulderlastige Routen klettern, eine wesentlich geringere sportartspezifische Kraftausdauer haben und bei Belastungen im Kraftausdauerbereich schneller erhöhte Laktatwerte aufzeigen als Kletterer die schwerpunktmäßig im Kraftausdauerbereich trainieren, sind Vergleiche von Blutlaktatwerten zwischen unterschiedlichen Studien aufgrund unterschiedlicher Analysemethoden nur bedingt möglich (KÖSTERMEYER 2005; SCHÖFFL et al. 2005). Desweiteren konnte KÖSTERMEYER (2000) bei Kraftausdauer tests am Kletterergometer maximale Blutlaktatwerte von weniger als 8mmol/l feststellen, was darauf zurückzuführen ist, dass im Klettersport die Laktatproduktion überwiegend in den Unterarmen lokalisiert ist und demnach wesentlich kleinere Muskelmassen beansprucht werden als beispielsweise beim Laufen. Kleinere Muskelmassen produzieren wesentlich niedrigere Mengen an Laktat, welche sich im Blutvolumen stärker verdünnen, wodurch die Laktatbestimmung nur bedingt zur Überprüfung der Ausbelastung am Hangboard eingesetzt werden kann und darüber hinaus die methodische Durchführung der Datenerhebung deutlich erschwert hätte (KÖSTERMEYER, 2000; WATTS, 2004).

Im Zusammenhang mit der Ausbelastung können als weitere mögliche Einflussfaktoren auf die Ergebnisse sowohl der Erholungs- und Ernährungsstatus als auch das persönliche Equipment (z.B. Benutztes Magnesia von unterschiedlichen Herstellern) angesehen werden (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Inwiefern die vorgeschriebenen zwei Ruhetage eingehalten wurden konnte ebenfalls nicht überprüft werden. Desweiteren konnten Einflussfaktoren wie beispielsweise Anzahl an Schlafstunden oder der Einfluss von periodisch bedingtem Arbeitsstress auf den Erholungsstatus nicht überprüft werden. Wie stark diese nur schwer standardisierbaren Faktoren einen Einfluss auf die Ergebnisse ausüben konnten, konnte nicht überprüft werden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass

aufgrund des langen Untersuchungszeitraums insbesondere der Erholungsstatus bei der Kontrollgruppe (KG) sowie die Motivation bei beiden Stichproben einen wesentlichen Einfluss auf die Ergebnisse ausüben konnten. In diesem Zusammenhang kann auch vermutet werden, dass die Ergebnisse durch die ursprünglichen Erwartungen der beteiligten Personen über den Ausgang der Untersuchung beeinflusst wurden (ROSENTHAL-Effekt).

Für die untersuchte Kontrollgruppe, mit welcher überwiegend das Hangboard als ergänzendes Trainingsgerät untersucht werden sollte, konnte ebenfalls nicht genau festgestellt werden, inwiefern die beobachteten Verbesserungswerte ausschließlich durch das wöchentliche Training am Hangboard zu erklären sind. Wie bereits erläutert konnte für die Kontrollgruppe nicht endgültig überprüft werden, ob die beobachteten Veränderungen der Haltezeiten ausschließlich durch die wöchentliche Trainingseinheit am Hangboard bedingt waren oder ob möglicherweise andere Trainingsaktivitäten Einfluss auf die Werte ausüben konnten. Desweiteren wurde nicht überprüft, was genau die Probanden neben der wöchentlichen Hangboardeinheit trainierten. Die genaue Überprüfung der wöchentlichen Trainingseinheiten und das Vorschreiben von genauen Trainingsplänen für die Trainingseinheiten neben dem wöchentlichen Training am Hangboard hätten den Rahmen dieser Untersuchung gesprengt. In diesem Zusammenhang könnten weitere Untersuchungen, in denen zwischen Stichproben mit unterschiedlichen Trainingsschwerpunkten differenziert werden könnte, wichtige Erkenntnisse für den ergänzenden Einsatz des Hangboards zur Verbesserung der Kraftausdauerleistungsfähigkeit liefern.

Zur Überprüfung der Verbesserung der lokalen Kraftausdauer innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums wurde in den jeweiligen Untersuchungen die maximale Haltezeit bei isometrischer Haltearbeit an den Griffen 7, 8 und 9



untersucht. Dieses Untersuchungsverfahren ist für eine Verbesserung der sportartspezifischen Kraftausdauer im Klettersport nur bedingt aussagekräftig, da eine Verbesserung der Kraftausdauerleistungsfähigkeit anhand von maximalen Haltezeiten bei isometrischer Haltearbeit keinen sportartspezifischen Belastungs-Entlastungswechsel gewährleistet (KÖSTERMEYER, 2000). Die lokale Kraftausdauer bei isometrischer Haltearbeit ist im Klettersport zwar leistungsbestimmend, allerdings spielen muskuläre Entlastungen wie in der Weitergreifphase mit einer Hand zum nächsten Griff auch eine bedeutende Rolle, da in dieser Entlastungsphase die Blutversorgung der Muskulatur für kurze Zeit gewährleistet werden kann (KÖSTERMEYER, 2000). Demzufolge sind ausschließlich maximale isometrische Haltezeiten, wie sie in den jeweiligen Untersuchungen überprüft wurden, nicht sportartspezifisch, was u.a. daran festgestellt werden kann, dass die Dauer von isometrischen Haltezeiten im Durchschnitt beim Sportklettern nur wenige Sekunden betragen, demgegenüber aber wiederholt über einen längeren Zeitraum mit entsprechenden Entlastungsphasen auftreten (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004).

Nach SCHÖFFL et al. (2005) sind demzufolge Untersuchungsverfahren der Kraftausdauerleistungsfähigkeit anhand der maximalen Haltezeiten bei isometrischer Haltearbeit für den Klettersport zu sportartunspezifisch. KÖSTERMEYER (2000) ergänzt, dass bei Hängetests der Nachteil besteht, dass sich die Ergebnisse trotz großer Unterschiede in den Kletterleistungen nicht sehr stark differenzieren. BROWN / FERGUSON (1997) konnten in diesem Zusammenhang bei der Überprüfung der Kraftausdauerleistungsfähigkeit anhand von isometrischen Haltetests keine signifikanten Unterschiede der Kraftausdauerleistungswerte zwischen Kletterern und Nicht-Kletterern feststellen, während sich Kletterer bei intermittierenden isometrischen Haltezeiten doppelt so lang halten konnten wie die Nicht-Kletterer. Der Grund hierfür liegt in der kletterspezifischen Entspannungsphase der Fingermuskulatur beim Weitergreifen zum nächsten Griff, in

der Stoffwechselprodukte abtransportiert und energiereiche Substanzen (überwiegend Glukose) in den Muskel antransportiert werden können (KÖSTERMEYER, 2000). Demzufolge muss davon ausgegangen werden, dass die in der vorliegenden empirischen Untersuchung beobachteten Verbesserungswerte die Kraftausdauerleistungszunahmen innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums nur bedingt erfassen konnten. Eine Überprüfung der Kraftausdauerleistungssteigerungen anhand von Kletterrouten scheint in diesem Zusammenhang aufgrund zahlreicher Einflussfaktoren (Liegefaktor der Route, technisch-kordinative Fähigkeiten, mentaler Faktor, usw.) ebenfalls nur bedingt aussagekräftig. Weitere Studien müssten in diesem Zusammenhang die Kraftausdauerleistungssteigerungen durch ein regelmäßiges Kraftausdauertraining am Hangboard auf Basis eines Untersuchungsverfahrens mit intermittierenden isometrischen Haltezeiten überprüfen.

Desweiteren konnte aufgrund der hohen Belastungsintensitäten auch die Bedeutung der aeroben Kraftausdauer nicht überprüft werden. Obwohl im Klettersport sowohl die aerobe als auch die anaerobe Kraftausdauer leistungsbestimmend sind, konzentriert sich das Kraftausdauertraining am Hangboard aufgrund der erhöhten Belastungsintensitäten überwiegend auf die anaerobe Kraftausdauer (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; MACLEOD, 2010). Auch KÖSTERMEYER (2000) beschreibt, dass bei kurzen Belastungszeiten zwischen 30-80 Sekunden überwiegend der anaerob alaktazide und der anaerobe laktazide Stoffwechsel leistungsbestimmend sind:

„Die Bedeutung der submaximalen Kraftausdauer und der lokalen aeroben Ausdauer und somit des aerob – glykolytischen Stoffwechsels wird nicht oder nur bedingt erfasst“ (KÖSTERMEYER 2000, 14)

In Bezug auf die Belastungsdauer betragen die Begehungszeiten im Sportklettern im Durchschnitt zwischen 2-7 Minuten, so dass der lokalen aeroben Kraftausdauerleistungsfähigkeit eine bedeutende Rolle zugeschrieben werden muss (WATTS, 2004). In Anbetracht des anschließenden Kapitels kann demzufolge hier im Vorfeld bereits festgehalten werden, dass das Hangboard, ähnlich wie im Maximalkraftbereich, auch für den Kraftausdauerbereich lediglich als ergänzendes Trainingsgerät zum Einsatz kommen sollte (MACLEOD, 2010).

In Bezug auf das Untersuchungsverfahren im Maximalkraftbereich muss dringend darauf hingewiesen werden, dass in der Ergebnisanalyse nicht differenziert wurde, an welchen Maximalkraftgriffen die unterschiedlichen Probanden trainierten. Da bei den Steigerungen der Maximalkraftwerte nicht berücksichtigt wurde, an welchen Griffen diese Maximalkraftzuwächse beobachtet werden konnten, können geringere Verbesserungswerte für einige Probanden darauf zurückzuführen sein, dass für diese Probanden die Maximalkraftwerte an wesentlich schlechteren Griffen erhoben wurden, was Leistungssteigerungen im Gegensatz zu Verbesserungen der Maximalkraftwerte an besseren Griffen, erheblich erschweren. Demzufolge konnte für den Maximalkraftbereich auch nicht überprüft werden, ob für schwächere Probanden höhere Steigerungen beobachtet werden konnten als für stärkere Probanden. Die Ursache dieser Problematik liegt darin, dass für sämtliche Probanden versucht wurde, ein individuelles Maximalkrafttraining herauszuarbeiten, ohne dass auf Zusatzlasten oder Entlastungssysteme zurückgegriffen werden sollte. In diesem Zusammenhang wurde ebenfalls nicht berücksichtigt, dass bei unterschiedlichen Griffgrößen auch unterschiedliche Muskeln stärker belastet werden. So werden an einem großen Griff wie beispielsweise Griffnummer 7 überwiegend die *Mm. flexor digitorum superficialis* und *profundus* belastet, während bei kleinen Leisten überwiegend der *M. flexor digitorum superficialis* leistungsbestimmend wirkt.

Desweiteren wurden für Maximalkraftzuwächse nach MACLEOD (2010) und STÖHR (2011) Haltezeiten zwischen 5-10 Sekunden berücksichtigt. Differenzen von bis zu fünf Sekunden in den Haltezeiten können allerdings erhebliche Unterschiede in den Maximalkraftwerten der Probanden darstellen. In diesem Zusammenhang erwähnt DE MARÉES (2003), dass Haltezeiten bei isometrischer Haltearbeit von 6-10 Sekunden lediglich 60-70% der Maximalkraft entsprechen. Auch KELLER / SCHWEIZER (2009) beschreiben Haltezeiten im Bereich von 5-10 Sekunden als anhaltende Submaximalkraft, so dass für den Maximalkraftbereich (bewusst zur Reduktion der Verletzungsgefahr) möglicherweise nicht mit ausreichend hohen Intensitäten trainiert wurde. In Bezug auf das Maximalkrafttraining am Hangboard beschreibt HÖRST (2008b) wiederholte Halteübungen mit einer Haltezeit zwischen 3-5 Sekunden. Allerdings wäre bei höheren Intensitäten auch die Messgenauigkeit anhand der digitalen Stoppuhr wesentlich ungenauer gewesen, da minimale Unterschiede in den Haltezeiten nur bedingt erfasst worden wären, so dass hier eine Datenerhebung zur Messung der Maximalkraftzuwächse nur noch bedingt ermöglicht worden wäre. Der Einsatz von Kraftmessplatten und Zusatzlasten bzw. Entlastungssystemen zur Überprüfung von Maximalkraftwerten scheint in diesem Zusammenhang erheblich sinnvoller.

Ein weiteres Problem und möglicher Einflussfaktor auf die Ergebnisse (insbesondere im Maximalkraftbereich) besteht darin, dass für die ausgewählten Griffe am Hangboard CORE nur bedingt eine identische Abstufbarkeit zwischen den einzelnen Griffen gewährleistet werden konnte, so dass die Abstände von Griff zu Griff keine exakte identische Intensitätssteigerung ermöglichen konnten. Für die Hangboardgruppe konnte beispielsweise festgestellt werden, dass die durchschnittlichen Verbesserungswerte an Griff 8 und Griff 9 innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums kaum variierten (26,57 Sekunden an Griff 8 und 26,87 Sekunden an Griff 9), während für die durchschnittlichen Verbesserungen

an Griff 3 und Griff 4 trotz erheblich höherer Belastungsintensität größere durchschnittliche Verbesserungsdifferenzen festgestellt werden konnten (14,94 Sekunden an Griff 3 und 19,68 Sekunden an Griff 4). Dieses Problem der Abstufbarkeit wird sich bei ähnlichem Versuchsaufbau auch an einem anderen Hangboard oder bei einer anderen Griffauswahl nicht wesentlich verändern. Eine exaktere Intensitätsabstimmung im Maximalkraftbereich wäre mithilfe von Zusatzlasten oder Entlastungsverfahren durchaus möglich, hätte aus methodischer Sicht allerdings einen erheblich höheren Aufwand bei der Datenerhebung bedeutet.

### 5.3. Hangboard als Trainingsmittel im Klettersport

Im Anschluss an die beobachteten Steigerungen im Maximalkraft- und Kraftausdauerbereich anhand des wöchentlichen Hangboardtrainings über einen zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum soll nachfolgend der Einsatz des Hangboards in der Trainingspraxis thematisiert werden. Dabei konnten die wesentlichen Vorteile des Hangboardtrainings bereits im Vorfeld der empirischen Untersuchung herausgearbeitet werden. Die Stärke des Hangboards liegt überwiegend im abwechslungsreichen Krafttraining der auf die Finger wirkenden Muskelgruppen (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). Dabei spielt insbesondere die hohe Griffvariabilität für spezifische Adaptationsvorgänge auf muskulärer Ebene eine bedeutende Rolle (HÖRST, 2008b). Demzufolge lässt sich der bedeutende Einsatz des Hangboards in der Trainingspraxis insbesondere auf die im Klettersport leistungsbestimmende Funktion der Fingermuskulatur zurückführen (KÖSTERMEYER, 2005; MACLEOD, 2010). Dabei gehören nach MACLEOD (2010) sowohl die Maximalkraft als auch die lokale Kraftausdauer der Fingermuskulatur zu den wichtigsten leistungsbestimmenden Fähigkeiten im Klettersport. Sowohl für den Maximalkraft- als auch für den Kraftausdauerbereich konnten diesbezüglich anhand

der empirischen Untersuchung eine deutliche Steigerung der Haltezeiten beobachtet werden, so dass angenommen werden kann, dass das Hangboard in der Trainingspraxis sowohl zur Steigerung der Maximalkraft als auch zur Verbesserung der lokalen Kraftausdauer eingesetzt werden kann.

In Bezug auf den Maximalkraftbereich stellen maximale isometrische Belastungen der Fingermuskulatur eine typische sportartspezifische Belastungen dar, so dass das Hangboard ein dem kletterspezifischen Anforderungsprofil sehr entgegenkommendes und demzufolge sportartspezifisches Maximalkrafttraining ermöglicht (BURBACH, 2004; KELLER / SCHWEIZER, 2009). Im Gegensatz zum Belastungsprofil der vorliegenden empirischen Untersuchung können je nach Zielsetzung (z.B. Intramuskuläres Koordinationstraining) für das Maximalkrafttraining am Hangboard höhere Belastungsintensitäten erforderlich sein (HÖRST, 2008b). Desweiteren scheint im Leistungsbereich der Einsatz von Zusatzlasten bzw. Entlastungssysteme erstrebenswert. Außerdem sollte berücksichtigt werden, dass bei Sportarten wie dem Klettern sowohl statische als auch dynamische Kraftanforderungen kombiniert zum Einsatz kommen (HARRE / KRUG / SCHNABEL, 2008). Nicht berücksichtigt wurden in diesem Zusammenhang bei der Untersuchung dynamisch-positive Beanspruchungen, welche im Klettersport von zentraler Bedeutung sind. Desweiteren erwähnt DE MARÉES (2003) dass im isometrischen Maximalkrafttraining die Kraftfähigkeit der beteiligten Muskelgruppen ausschließlich für die entsprechende Gelenkwinkelstellung gesteigert wird. Für die Trainingspraxis kann demnach festgehalten werden, dass neben dem isometrischen Maximalkrafttraining auch dynamische Beanspruchungsformen gewährleistet werden müssen. Hier könnten ergänzend zu den isometrischen Hängeübungen sog. „Hypergravity Pull-Ups“ durchgeführt werden (HÖRST, 2008b). Auch Übungen zur Verbesserung der Schnell- und

Kontaktkraft können am Hangboard durchgeführt werden, wobei sich diese Übungen leichter am Campusboard umsetzen lassen (HÖRST, 2008b).

In Bezug auf das Kraftausdauertraining am Hangboard kann festgehalten werden, dass der aerobe Kraftausdauerbereich aufgrund der hohen Belastungsintensitäten nur sehr bedingt abgedeckt werden kann. Den Ergebnissen zufolge zielt das Kraftausdauertraining am Hangboard überwiegend auf die Verbesserung der lokalen anaeroben Kraftausdauer hin (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004). KÖSTERMEYER (2005) betont in diesem Zusammenhang dass sich stärkere Kletterer von weniger stärkeren Kletterern insbesondere durch einen besser ausgebildeten aeroben Stoffwechsel der auf die Finger wirkenden Muskulatur differenzieren. WATTS (2004) beschreibt eine Belastungsdauer im Sportklettern von durchschnittlich 2-7 Minuten, so dass die aerobe Kraftausdauer in der Trainingspraxis nicht vernachlässigt werden sollte (KÖSTERMEYER, 2005). Der Einsatz des Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer eignet sich demnach überwiegend für Disziplinen, bei denen der anaerobe Stoffwechsel eine bedeutende Funktion einnimmt. Demzufolge wird der Einsatz des Hangboards auch vom Anforderungsprofil der Kletterroute mitbestimmt. Bei Belastungen mit leistungsbestimmender Funktion des anaerob alaktaziden sowie anaerob laktaziden Stoffwechsels kann demzufolge eine größere Trainingswirkung mithilfe des Hangboards erzielt werden als beispielsweise für die Vorbereitung von betont langen Felsrouten (KÖSTERMEYER, 2005).

In diesem Zusammenhang spielt demzufolge auch die Trainingsspezifität eine entscheidende Rolle. Je mehr eine Trainingsaktivität dem Anforderungsprofil einer Sportart in Bezug auf die Muskelbelastungen, Trainingsintensitäten, Bewegungsgeschwindigkeiten sowie Bewegungsmuster entspricht, desto größer sind die zu erwartenden Trainingseffekte (HÖRST 2008a).

*„For an exercise to produce meaningful gains in functional strength and endurance for climbing, therefore, it must be markedly similar to climbing.“* (HÖRST 2008a, 9)

Da am Hangboard allerdings überwiegend ohne Einsatz der Füße trainiert wird, werden nicht nur erhöhte Belastungsintensitäten erreicht, sondern auch technisch-koordinative sowie mentale und taktische Fähigkeiten, welche im Klettersport eine entscheidende Rolle spielen, vernachlässigt (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; NEUMANN, 2003). Entscheidend für die sportliche Leistungsfähigkeit ist jedoch nicht die alleinige Veränderung eines Faktors der sportlichen Leistung, sondern eine abgestimmte Entwicklung aller Faktoren (KÖSTERMEYER, 2000). ALBESA / LLOVERAS (2001) unterscheiden für die Steigerung der Leistungsfähigkeit des Sportlers diesbezüglich zwischen den vier Trainingsbereiche motorisches Lernen und Techniktraining, Strategie- und Taktiktraining, psychisches Training und Konditionstraining. Auch HARRE / KRUG / SCHNABEL (2008) beschreiben, dass neben dem Ausprägungsgrad der Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeiten vor allem auch das Zusammenspiel der konditionellen Fähigkeiten untereinander sowie die Abstimmung mit den koordinativen, taktischen und psychischen Fähigkeiten eine bedeutende Rolle spielen. Beim statischen Krafttraining erfolgen Kraftzuwächse allerdings nicht im Rahmen eines Bewegungsvorganges und die an der gezielten Bewegung beteiligten Synergisten und antagonistisch wirkende Muskelgruppen werden nicht berücksichtigt. Demzufolge kann anhand eines statischen Krafttrainings nie die potenziell mögliche maximale Kraftleistung für einen bestimmten Bewegungsablauf erzielt werden (HARRE / KRUG / SCHNABEL, 2008). Im Sinne einer nach WATTS (2004) beschriebenen „*multi-factor strategy*“ muss demnach festgehalten werden, dass das Hangboard im Kraftausdauerbereich ausschließlich als ergänzendes Trainingsmedium eingesetzt werden soll, da ein Kraftausdauertraining am Hangboard trotz spezifischem Belastungs-Entlastungswechsel nur bedingt dem Anforderungsprofil im Klettersport entspricht.



So beträgt beim Klettern das Weitergreifen mit einer Hand während der Entlastungsphase im Mittel zwischen 2-4 Sekunden, wobei allerdings nicht wie am Hangboard beide Arme entlastet werden, sondern ein Arm kurzzeitig einer dynamischen Spitzenbelastung ausgesetzt wird (KÖSTERMEYER, 2000). Ebenfalls nicht berücksichtigt wird beim Hangboardtraining die lokale, dynamische Kraftausdauer in der Weitergreifphase, welche von der Größe der möglichen O<sub>2</sub>-Zufuhr pro Zeiteinheit zu der arbeitenden Muskulatur abhängt (DE MARÉES, 2003).

Wird das Hangboard als ergänzendes Trainingsgerät im Klettersport eingesetzt, erwähnt MACLEOD (2010) dass in Bezug auf erwünschte Leistungssteigerungen das Hangboardtraining regelmäßig über einen längeren Zeitraum durchgeführt werden muss.

*„The difference and rate of progress seems miniscule when measured on the fingerboard itself [...]. The difference in your climbing although still taking months to shine through, could be much bigger.” (MACLEOD 2010, 56-57)*

Wie die Untersuchungsergebnisse der Kontrollgruppe ergeben konnten, spielen insbesondere die Erholungszeiten sowie die richtige Belastungsperiodisierung beim Hangboardtraining eine zentrale Rolle. Da die größten Verbesserungen innerhalb der ersten Trainingswochen erzielt wurden und sich mit anhaltender Untersuchungsdauer die Verbesserungswerte verschlechterten, sollte das Hangboardtraining ausschließlich über einige Trainingswochen gezielt eingesetzt werden (KÖSTERMEYER, 2009). Ungenügende Regenerationszeiten sowie Überbelastungen aufgrund von zu hohen Trainingsumfängen über einen längeren Zeitraum können demgegenüber Leistungszuwächse beeinträchtigen (NEUMANN, 2003). Auch MACLEOD (2010) beschreibt zu kurze Regenerationszeiten als Hauptursache für ausbleibende Trainingsfortschritte:

*„It takes time for the gains of fingerboarding to become obvious. You should notice an increasing in your basic level of finger strength as months go by. Since this strength gained in isolation from climbing technique, your body will take extra time to learn how to apply the extra strength.” (MACLEOD 2010, 60)*

In Bezug auf die Nachhaltigkeit der Trainingseffekte, zeigten die Untersuchungsergebnisse, dass Steigerungen der Kraftausdauerleistungsfähigkeit am Hangboard relativ schnell verloren gehen. KÖSTERMEYER (2009) stellte für das Kraftausdauertraining im Klettersport fest, dass sich die Kraftausdauerwerte relativ schnell verbessern, demgegenüber aber auch wieder schnell verloren gehen. Insbesondere auf meso- und makrozyklischer Ebene scheint die akribische Trainingsplanung mitentscheidend für die Trainingswirksamkeit des Hangboards. Für die Trainingspraxis ergänzt MACLEOD (2010):

*„You’ll also need to be flexible, because seemingly imperceptible changes in your recovery state, skin wear or the temperature and humidity of the room could mean you can’t touch what was easy for you last time. Don’t get hung about thus, just adjust the difficulty of the hand and carry on.” (MACLEOD 2010, 59)*

Abschließend sei erwähnt, dass das Hangboardtraining aufgrund der hohen Belastungen ausschließlich bei fortgeschrittenen Kletterern eingesetzt werden sollte. Demzufolge eignet sich das Hangboardtraining nicht für Trainingsanfänger (HÖRST, 2008a). Für den ergänzenden Einsatz des Hangboards im Leistungsbereich kann die Motivation als größter Einflussfaktor auf die Wirkungsweise angesehen werden (MACLEOD, 2010).

## 6. Zusammenfassung

Mit der Verbreitung der Ideologie des leistungsorientierten Sportkletterns konnte im Laufe der Jahre die Bedeutung der systematischen Trainingsplanung und -gestaltung im Klettersport zunehmend an Bedeutung gewinnen. Aus trainingswissenschaftlicher Sicht lassen sich Leistungssteigerungen, wie sie die Kletterwelt in den letzten Jahren erleben durfte, u.a. durch eine sorgfältige Trainingsplanung und -gestaltung sowie den Einsatz sportartspezifischer Trainingsgeräte erklären (HARRE / KRUG / SCHNABEL, 2008). Aufgrund der Tatsache, dass das Gelingen oder Scheitern eines an der persönlichen Leistungsgrenze befindlichen Kletterproblems in der Regel der allgemeinen Kraftfähigkeit zugeschrieben wird, konnte sich das Hangboard in den letzten Jahren zunehmend als vielseitiges Trainingsgerät im Maximalkraftbereich durchsetzen (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; KÖSTERMEYER, 2009; NEUMANN, 2003). Dabei konnte im Kapitel der theoretischen Grundlagen herausgearbeitet werden, dass die Kraftfähigkeit der auf die Finger wirkenden Muskelgruppen als leistungsbestimmende, konditionelle Fähigkeit im Klettersport betrachtet werden kann, so dass die Verbesserung der Kraftfähigkeit dieser Muskelgruppen auch in der Trainingsplanung und -gestaltung eine übergeordnete Rolle spielt (KÖSTERMEYER, 2005; MACLEOD, 2010). In Bezug auf die unterschiedlichen Erscheinungsformen der Kraft wurde festgestellt, dass neben der Maximalkraft auch die lokale Kraftausdauer der Fingerbeugemuskulatur als zentraler, leistungslimitierender Faktor beschrieben werden kann (KÖSTERMEYER, 2005; SCHÖFFL et al. 2006).

Ausgehend von der leistungsbestimmenden Bedeutung der Maximalkraft und der lokalen Kraftausdauer der Fingermuskulatur wurde im zweiten Teil der Arbeit (empirische Untersuchung) auf der Suche nach neuen, modernen, effektiven und leistungsfördernden Trainingsgeräten für den Leistungsbereich der Einsatz des

Hangboards zur Steigerung der lokalen Kraftausdauer im Klettersport untersucht. Die besondere Schwierigkeit bei der Überprüfung der Fragestellung lag in einer genauen Begriffsbestimmung der Kraftausdauer im Klettersport, was auf die Vielschichtigkeit ihrer Erscheinungsform und der unterschiedlichen Ausprägungen zurückzuführen ist (KÖSTERMEYER, 2000). Neben der Art der Energiebereitstellung sowie der Höhe der Krafteinsätze, so dass je nach Belastungshöhe und dem Verhältnis von Belastung und Entlastung zwischen der lokal aeroben und lokal anaeroben Kraftausdauer differenziert werden muss, konnte herausgearbeitet werden, dass für das Kraftausdauertraining im Klettersport auch die Arbeitsweise der Muskulatur von grundlegender Bedeutung ist. Neben der vorrangig leistungsbestimmenden lokalen, statischen Muskelausdauer der auf die Finger wirkenden Muskelgruppen, sollte im Kraftausdauertraining im Klettersport ein permanenter Belastungs-Entlastungswechsel berücksichtigt werden (HÖRST, 2008b; KÖSTERMEYER, 2000). Desweiteren sollten wechselnde Belastungsintensitäten gewährleistet und der Intensitätsbereich so ausgewählt werden, dass erst die Summe der Einzelbewegungen aufgrund der lokalen Ermüdung zum Leistungsabbruch führt (ALBESA / LLOVERAS, 2001; KÖSTERMEYER, 2000). In Bezug auf die Vielfalt an Griffformen im Klettersport setzt ein sportartspezifisches Kraftausdauertraining voraus, dass an möglichst vielen unterschiedlichen Griffen bei unterschiedlicher Belastungsintensität trainiert werden sollte (HÖRST, 2008b; KÖSTERMEYER, 2000). Obwohl im Klettersport sowohl die aerobe als auch die anaerobe Kraftausdauer leistungsbestimmend sind, liegt der Schwerpunkt des Kraftausdauertrainings am Hangboard aufgrund der erhöhten Belastungsintensitäten überwiegend im anaeroben Bereich (GUYON / BROUSSOULOUX, 2004; MACLEOD, 2010).

Da sich der primäre Einsatzbereich des Hangboards überwiegend auf das sportartspezifische Maximalkrafttraining der auf die Finger wirkenden

Muskelgruppen konzentriert, wurde auch der Einsatz des Hangboards zur Steigerung der Maximalkraft überprüft, um einen möglichen Zusammenhang zwischen den Maximalkraftzuwächse und der Steigerung der Kraftausdauerleistungsfähigkeit am Hangboard herausarbeiten zu können (HÖRST, 2008b; NEUMANN, 2003; MACLEOD, 2010). Desweiteren sollten im Hinblick auf die Trainingspraxis am Hangboard der ergänzende Einsatz des Hangboards sowie die Nachhaltigkeit der Kraftausdauerleistungssteigerungen überprüft werden.

Für die untersuchte Hangboardgruppe (n=12) und Kontrollgruppe (n=12) konnte anhand der deskriptiven Datenanalyse am Hangboard vom Hersteller CORE innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums an den Griffen 7, 8 und 9 eine deutliche Steigerung der durchschnittlichen Haltezeiten in Sekunden bei isometrischer Haltearbeit festgestellt werden. Demzufolge konnte anhand der deskriptiven Datenanalyse für die untersuchten Stichproben festgehalten werden, dass ein wöchentliches Kraftausdauertraining am Hangboard über einen zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum zu einer deutlichen Zunahme der lokalen (überwiegend anaeroben) Kraftausdauerleistungsfähigkeit im Klettersport beitragen kann. Für die untersuchte Hangboardgruppe (n=12), in welcher die Probanden ausschließlich einmal wöchentlich am Hangboard trainierten, konnten höchstsignifikante Kraftausdauerleistungssteigerungen am Hangboard statistisch belegt werden ( $p=0,000$ ). Für sämtliche Probanden der beiden Stichproben konnte eine Steigerung der Haltezeiten an den Griffen 7, 8 und 9 beobachtet werden, wobei sowohl für die Probanden der Hangboardgruppe (n=12) als auch für die Probanden der Kontrollgruppe (n=12) für die Griffe 7, 8 und 9 individuell unterschiedliche Ausgangswerte und Verbesserungswerte beobachtet wurden. Desweiteren wurde festgestellt, dass für die Probanden der Kontrollgruppe an den Griffen 7, 8 und 9 zu Beginn des Untersuchungszeitraums durchschnittlich höhere Ausgangswerte beobachtet werden konnten als für die Hangboardgruppe, was u.a. durch

leistungsstärkere Probanden erklärt werden konnte. Gegenüber den höheren Ausgangswerten der Kontrollgruppe konnte für die Probanden der Hangboardgruppe innerhalb des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums wesentlich höhere Verbesserungswerte für die Griffe 7, 8 und 9 beobachtet werden. Als mögliche Ursache hierfür wurden u.a. nicht ausreichend lange Regenerationszeiten sowie Überbelastungen aufgrund von zu hohen Trainingsumfängen über einen längeren Zeitraum mit entsprechend negativen Folgen auf motivationaler Ebene vermutet (NEUMANN, 2003).

Im Hinblick auf die Überprüfung der Leitfrage 2, welche ein Zusammenhang zwischen der Maximalkraft und der Kraftausdauer überprüfen sollte, konnte anhand der Ergebnisanalyse der deskriptiven Statistik im Verlauf des zwölfwöchigen Untersuchungszeitraums für beide untersuchten Stichproben eine deutliche Steigerung der Maximalkraft beobachtet werden. Für sämtliche Probanden der beiden Stichproben wurde gleichzeitig zu einer Maximalkraftzunahme über den zwölfwöchigen Untersuchungszeitraum auch eine Verbesserung der Kraftausdauerleistungsfähigkeit beobachtet, wobei die Größe der Maximalkraftzuwächse keinen Rückschluss über die Stärke der Kraftausdauerzunahmen liefern konnte. Da eine Verbesserung der lokalen Kraftausdauer ebenfalls über die Steigerung der Maximalkraft erzielt werden kann, so dass die Erscheinungsformen Maximalkraft und Kraftausdauer eng zusammenhängen, wurde herausgearbeitet, dass das Kraftausdauertraining am Hangboard im Hinblick einer bestmöglichen Trainingseffektivität durch eine Maximalkrafteinheit ergänzt werden sollte (KÖSTERMEYER, 2009; NEUMANN, 2003).

Für die Trainingspraxis am Hangboard konnte anhand der Nachuntersuchung nach dreiwöchiger Ruheperiode am Hangboard durchschnittlich geringere Haltezeiten für beide untersuchten Stichproben beobachtet werden, so dass angenommen werden

kann, dass Trainingseffekte im Kraftausdauerbereich durch das Training am Hangboard relativ schnell verloren gehen. Desweiteren konnte herausgearbeitet werden, dass das Hangboard lediglich als ergänzendes Trainingsmedium im Klettersport eingesetzt werden sollte (MACLEOD, 2010). Dabei können angestrebte Trainingseffekte am Hangboard insbesondere durch die Motivation beeinträchtigt werden (MACLEOD, 2010). Desweiteren eignet sich das Hangboardtraining weder für Trainingsanfänger noch für Kletterer mit Beschwerden im Schulter-, Ellenbogen- oder Fingerbereich (HÖRST, 2008a).

## Literaturverzeichnis

- AGENA, S. M., JENSEN, R. L., MAJCHRZAK, J. A., SCHELLINGER, R. A., WATTS, P. B., WUBBELS, C. S. (2008). *CHANGES IN EMG AND FINGER FORCE WITH REPEATED HANGS FROM THE HANDS IN ROCK CLIMBERS* [Electronic Version]. In: International Journal of Exercise Science 1(2), 62-70.
- AITCHISON, T., BRADLEY, J., BUNTIN, L., GRANT, S., MACLEOD, D., SUTHERLAND, D. L., WATT, I., WHITAKER, A. (2007). *Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance* [Electronic Version]. In: Journal of Sports Sciences, 25 (12), 1433-1443.
- AITCHISON, T., GRANT, S., HYNES, V., WHITTAKER, A. (1996). *Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers* [Electronic Version]. In: Journal of Sports Sciences 14 (4), 301-309.
- ALBESA, C., LLOVERAS, P. (2001). *Klettertraining. Optimierung der motorischen, konditionellen und mentalen Fähigkeiten*. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- APPELL, H. - J., STANG-VOSS, C. (2005). *Funktionelle Anatomie. Grundlagen sportlicher Leistung und Bewegung* (3. überarbeitete Auflage). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- BENNINGHOFF, A., DRENCKHAHN, D. (2008). *Anatomie. Makroskopische Anatomie, Histologie, Zellbiologie. Band 1* (17. Auflage). München: Urban & Fischer Verlag / Elsevier GmbH.
- BOURIER, G. (2001): *Beschreibende Statistik. Praxisorientierte Einführung. Mit Aufgaben und Lösungen* (4. Auflage). Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GmbH.
- BROUSSOULOUX, O., GUYON, L. (2004). *Escalade et Performance. PRÉPARATION et ENTRAÎNEMENT*. Paris: Amphora sports.



- BROWN, M. D., FERGUSON, R. A. (1997). *Arterial blood pressure and forearm vascular conductance responses to sustained and rhythmic isometric exercise and arterial occlusion in trained rock climbers and untrained sedentary subjects* [Electronic Version]. In: *European Journal of Applied Physiology* 76 (2), 174-180.
- BURBACH, M. (2004). *Gym Climbing: Maximizing Your Indoor Experience*. Seattle, WA: THE MOUNTAINEERS BOOKS.
- DE MARÉES, H. (2003). *Sportphysiologie* (korrigierter Nachdruck der 9. vollständig überarbeiteten und erweiterten Auflage. Köln: Sportverlag Strauss.
- HARRE, H. - D., KRUG, J., SCHNABEL, G. (2008). *Trainingslehre - Trainingswissenschaft. Leistung, Training, Wettkampf*. Unter Mitarbeit von Wolf-Dieter Kaeubler. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- HATZINGER, R., NAGEL, H. (2009). *PASW Statistics. Statistische Methoden und Fallbeispiele*. München: Pearson Education Deutschland GmbH, Pearson Studium.
- HOFFMANN, M., POHL, W. (2001): *Felsklettern Sportklettern. Alpin-Lehrplan Band 2*. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- HOFFMANN, U., ORTHMANN, P. (2009). *Schnellkurs Statistik mit Hinweisen zur SPSS-Benutzung* (sechste, überarbeitete und erweiterte Auflage). Köln: Sportverlag Strauss.
- HOHMANN, A., LAMES, M., LETZELTER, M. (2007). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (4. überarbeitete und erweiterte Auflage). Wiebelsheim: Limpert Verlag GmbH.
- HOLLMANN, W., STRÜDER, H. (2009). *Sportmedizin. Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin* (5. Auflage). Stuttgart: Schattauer GmbH.
- HÖRST, E. J. (2008a). *Conditioning for Climbers. The Complete Exercise Guide*. Guilford CT: How to climb series, FalconGuides.
- HÖRST, E. J. (2008b). *Training for Climbing. The Definitive Guide to Improving Your*

- Performance* (Second Edition). Guilford CT: How to climb series, FalconGuides.
- KELLER, P., SCHWEIZER, A. (2009). *Vertical Secrets. Technik-Training-Medizin* (2. Auflage). Zürich: Turntillburn GmbH.
- KERN, S. (2009). *Der 12. Grad*. In: Klettern. HOT ROCKS, COLD ICE, BIG WALLS 06/09, 22-31.
- KINGSLEY, A. M. (1997): *THE EFFECTS OF HANGBOARD EXERCISE ON CLIMBING PERFORMANCE AND GRIP STRENGTH IN COLLEGE AGE FEMAL INDOOR ROCK CLIMBERS*. A THESIS PRESENTED TO THE GRADUATE FACULTY UNIVERSITY OF WISCONSINS-LA CROSSE [Mikroform].
- KÖSTERMEYER, G. (2000). *Bestimmung, Bedeutung und Training der lokalen Kraftausdauer der Fingerbeuger im Sportklettern*. Neuried: Ars Una Verlagsgesellschaft mbH.
- KÖSTERMEYER, G. (2005). *Peak Performance. Klettertraining von A-Z* (4. erweiterte Auflage). Korb: Tmms-Verlag.
- KÖSTERMEYER, G. (2009): *Skript "Trainingslehre" für die DAV Trainerausbildung im Klettersport*. Unveröffentlichte Arbeit.
- KÖSTERMEYER, G., KÜPPER, T., MÖCKEL, F., ROLOFF, I., SCHÖFFL, V. R. (2006). *Development of a Performance Diagnosis of the Anaerobic Strength Endurance of the Forearm Flexor Muscles in Sport Climbing* [Electronic Version]. In: International Journal of Sports Medicine 27, 205-211.
- LOSKOT, K., NEUMANN, U. (2000). *DER XI. GRAD. KLETTERN AM RANDE DES MENSCHENMÖGLICHEN*. Köln: UDINI VERLAG, UDO NEUMANN.
- MACLEOD, D. (2010). *9 Out of 10 Climbers Make the Same Mistakes. Navigation Through the Maze of Advice for the Self-Coached Climber*. Scotland: Rare Breed Productions.
- NEUMANN, U. (2003): *LIZENZ ZUM KLETTERN 2.5*. Köln: UDINI VERLAG UDO NEUMANN.
- SHEEL, A. W. (2004). *Physiology of sport rock climbing* [Electronic Version]. In: British Journal of Sports Medicine 38, 355-359.

- HEPP, T. (2004). *Wolfgang Güllich. Leben in der Senkrechten. Eine Biographie*. Stuttgart: BOULDER VERLAG.
- STÖHR, R. (2011). *Griffbrett-Training. LORDS OF THE BOARDS*. In: Klettern. HOT ROCKS, COLD ICE, BIG WALLS 05/2011, 64-65.
- WATTS, P. B. (2004). *Physiology of difficult rock climbing* [Electronic Version]. In: European Journal of Applied Physiology 91, 361-372.
- WINTER, S. (2001). *RICHTIG Sportklettern*. München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- WINTER, S. (2004). *SPORTKLETTERN mit Kindern und Jugendlichen. TRAINING FÜR FREIZEIT, SCHULE UND VEREIN* (zweite, durchgesehene Auflage). München: BLV Verlagsgesellschaft mbH.

## Glossar

Bouldern	Klettern in Absprunghöhe ohne Seilsicherung. In der Regel wird eine Absprunghöhe von fünf Metern nicht überschritten und der Absprungbereich mit Boulderplatten abgesichert.
Campusboard	In den 90er Jahren von Wolfgang GÜLLICH eingeführtes Trainingsgerät zur Verbesserung der Schnell- und Kontaktkraft.
Erstbegehung	Erster Durchstieg einer Route im Vorstieg unabhängig vom Begehungsstil (Onsight, Rotpunkt, Flash).
Freiklettern	Aus dem Englischen <i>Freeclimbing</i> . Beim Freiklettern werden Seil, Haken und Gurt nur zu Sicherheitszwecken verwendet.
Lead	Englischer Begriff für das Vorsteigen beim Sportklettern.
Onsight	Sturzfremde Begehung einer unbekannteren Route im Vorstieg beim ersten Versuch.
Rotpunkt	Sturzfremde Begehung einer bekannten Route im Vorstieg von unten aus.
Sloper	Reibungsgriff, bei dem die Finger in der Regel flach aufgelegt werden und demnach keine Beugung in den Fingergelenken zu verzeichnen ist.
Sportklettern	Moderne Form des Freikletterns, bei dem der Leistungsaspekt im Mittelpunkt steht.
UIAA-Schwierigkeitsskala	Tabelle zur Schwierigkeitsbewertung einer Route. Für Mitteleuropa sind die UIAA-Skala, die sächsische und die französische Skala von der größten Bedeutung