

UNIVERSITÄT FREIBURG, SCHWEIZ
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE FAKULTÄT
DEPARTEMENT FÜR MEDIZIN

In Zusammenarbeit mit der
EIDGENÖSSISCHEN HOCHSCHULE FÜR SPORT MAGGLINGEN

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN LEISTUNGSTESTS UND DER WETTKAMPFLEISTUNG
BEI NACHWUCHSATHLETEN IM SPORTKLETTERN

Abschlussarbeit zur Erlangung des Masters in
Bewegungs- und Sportwissenschaften
Option Unterricht

Referent: Dr. Urs MÄDER

Betreuer: Dr. Micah GROSS

Pirmin SCHEUBER

Alpnach, 10. März 2015

Dank

Mein Dank gilt allen, die mir das Erstellen meiner Arbeit ermöglicht und mich dabei unterstützt haben.

Den Probanden und Helfern für ihren grossen Einsatz und ihre Spontanität bei den Tests.

Dem Schweizerischen Alpen Club SAC und Swiss Climbing für die sehr grosse Unterstützung und ihre Offenheit.

Ganz besonders Kevin Hemund, dem Nachwuchsverantwortlichen von Swiss Climbing, für seine wertvolle und kompetente Unterstützung bei der ganzen Planung, Umsetzung und Auswertung des Testing Day.

Schlussendlich meinem Referenten Dr. Urs Mäder und meinem Betreuer Dr. Micah Gross für die grosszügige und wohlwollende Unterstützung während der ganzen Zeit.

Inhaltsverzeichnis

Dank	2
Inhaltsverzeichnis.....	3
Zusammenfassung	5
1 Einleitung	6
1.1 Hintergrund und Ausgangslage	6
1.2 Entwicklung des Sportkletterns.....	7
1.2.1 Allgemeine Entwicklung	7
1.2.2 Sportklettern als Wettkampfsport.....	7
1.3 Trainingswissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Sportklettern	8
1.3.1 Anthropometrie Wettkampfklettern	8
1.3.2 Physiologische Anforderung Wettkampfklettern und Sportklettern	10
1.3.3 Psychologische Anforderungen Wettkampfklettern und Sportklettern	16
1.3.4 Profil und Erkenntnisse Nachwuchs Wettkampfklettern.....	17
1.4 Selektionsinstrument PISTE Swiss Olympic	19
1.4.1 Selektionsinstrument „Testing Day“ Swiss Climbing SAC	19
1.5 Ziel und konkrete Fragestellungen	21
1.5.1 Ziel	21
1.5.2 Fragestellungen	21
2 Methode.....	22
2.1 Untersuchungsgruppe	22
2.2 Untersuchungsdesign.....	22
2.3 Untersuchungsverfahren/-instrumente	23
2.3.1 Wettkampfergebnisse	23
2.3.2 Antrittshöhe mittels „adapted Grant foot raise“	24
2.3.3 Kletterspezifische Beweglichkeit Aussenrotation mittels „Froschposition“	25
2.3.4 Standweitsprung	26
2.3.5 Kletterspezifische Beweglichkeit mittels „lateral foot reach“	26
2.3.6 Einhändige Maximalkraft Fingerbeuger.....	27
2.3.7 Statische Kraftausdauer Fingerbeuger.....	28
2.3.8 Technik Standardbewegung Sportklettern.....	29
2.3.9 Technik Bewegungspräzision Sportklettern.....	29
2.3.10 Technikorientierte Kletterleistung Routenklettern	29
2.3.11 Speedroute	30
2.3.12 Klimmzug ABC.....	30

2.3.13	Kraftausdauer Rundzirkel.....	31
2.3.14	Rumpfkraft ventral	31
2.3.15	CH Kreuz.....	32
2.3.16	12 Minuten Dauerlauf	32
2.4	Datenanalyse	33
2.4.1	Datenauswertung	33
2.4.2	Statistik.....	33
3	Resultate	34
4	Diskussion	39
4.1	Beantwortung der Fragestellung / Allgemeine Diskussion	39
4.2	Leistungstests Kraft Fingerbeuger und Schultergürtel	41
4.3	Leistungstests Beweglichkeit	42
4.4	Leistungstests Technik	43
4.5	Leistungstests Allgemeine Anforderungen	44
4.6	Bedeutung für die Praxis	46
4.7	Stärken und Schwächen der Studie	46
4.8	Weiterführende Fragestellungen	47
5	Konklusion	48
	Literaturverzeichnis.....	49
	Eigenständigkeits- und Urheberrechtserklärung	55
	Anhang	56
	Anhang A: Info und Einverständniserklärung.....	56
	Anhang B: Warm Up.....	57
	Anhang C: Beurteilungsskala Tests Standardbewegung, Bewegungspräzision und Technikorientierte Kletterleistung.....	58

Zusammenfassung

Einleitung: Sportklettern hat sich in den vergangenen Dekaden aus dem klassischen Bergsteigen zu einer weltweit populären Sportart entwickelt. Diese Entwicklung hat, wie in fast keiner anderen Sportart, einen rasanten Anstieg des Leistungsniveaus mit sich gebracht, welcher auch im Bereich der Nachwuchskletterer stattgefunden hat. Ziel dieser Arbeit war es, die Leistungstests der Testbatterie von Swiss Climbing SAC, der Testing Day, auf einen Zusammenhang mit der Wettkampfleistung von Nachwuchskletterern zu untersuchen.

Methoden: Als Probanden wurden je 63 männliche und weibliche Nachwuchsathleten der Sportart Sportklettern getestet, welche Mitglieder der Nachwuchsnationalmannschaft oder eines Regionalkaders waren. Die Probanden absolvierten während der nationalen Wettkampfsaison diverse Sportkletterwettkämpfe. Am Ende der Saison wurden während dem nationalen Testing Day die zehn bestehenden sowie fünf neue Leistungstests durch alle Probanden absolviert. Eine deskriptive Statistik und die Korrelationen nach Spearman wurden errechnet.

Resultate: Mit der Wettkampfleistung aller Probanden korrelieren die Tests Klimmzug ABC ($r_s = 0.41$, $p < 0.001$), statische Kraftausdauer ($r_s = 0.44$, $p < 0.001$), Maximalkraft ($r_s = 0.46$, $p < 0.001$), Bewegungspräzision ($r_s = 0.49$, $p < 0.001$), Technik Routenklettern ($r_s = 0.51$, $p < 0.001$) und Rundzirkel ($r_s = 0.64$, $p < 0.001$) am stärksten. Weiter zeigen die Resultate, dass bei den weiblichen Probanden die Tests statische Kraftausdauer ($r_s = 0.59$, $p < 0.001$) und Klimmzug ABC ($r_s = 0.62$, $p < 0.001$) am grössten mit der Wettkampfleistung korrelieren. Bei den männlichen Probanden korrelieren die Tests Maximalkraft ($r_s = 0.49$, $p < 0.001$) und Rundzirkel ($r_s = 0.74$, $p < 0.001$) am grössten.

Diskussion und Konklusion: Die ermittelten Resultate geben erstmals Einblick in die Anforderungen und Zusammenhänge der Wettkampfleistung bei Nachwuchskletterern. Diese können im Bereich Trainingswissenschaft der Sportwissenschaft und zur Optimierung und Weiterentwicklung des Testing Days von Swiss Climbing eingesetzt werden. Weiter können die Resultate der Studie als Mittel- und Referenzwerte für die kurz- und langfristige Selektion von Nachwuchsathleten verwendet werden.

Weitere Studien mit den verwendeten Leistungstests, im Bereich Nachwuchs- und Elitewettkampfkletterern, sind nötig, um die Ergebnisse dieser Studie zu erweitern und zu bestätigen.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Ausgangslage

Sportklettern hat sich in den vergangenen Dekaden aus dem klassischen Bergsteigen zu einer weltweit populären Sportart entwickelt. Diese Entwicklung hat, wie in fast keiner anderen Sportart, einen rasanten Anstieg des Leistungsniveaus mit sich gebracht. Schwierigkeitsgrade, welche vor 20 Jahren nur von wenigen Profis geklettert wurden, werden heute von 10 jährigen Nachwuchskletterern gemeistert. Gründe dafür sind viele vorhanden, vor allem aber hat der Sport mit dem Beginn internationaler Wettkämpfe auch das wissenschaftliche Interesse der Forschung auf sich gelenkt. Dadurch sind gerade im Bereich der Trainingswissenschaft viele Erkenntnisse hervorgebracht worden, welche eine rasante Entwicklung dieses Sportes ermöglicht haben.

Momentan bestehen internationale Wettkämpfe aus den drei Disziplinen Speed, Bouldern und Lead, welche im Bereich der Elite und auch im Nachwuchsbereich abgehalten werden. So verfügen die meisten Länder, in denen Sportklettern als Wettkampfsport betrieben wird, über ein System im Bereich des Leistungssportes Sportklettern. Diese Systeme sind so verschieden wie die unterschiedlich entwickelten Trainingsphilosophien in den Ländern, sind aber der Grundstein für einen funktionierenden Leistungssport. Teil dieser Systeme ist auch der Bereich des Nachwuchssports, welcher auch in der Schweiz fester Bestandteil des Leistungssportes ist. So sollen junge Talente frühzeitig entdeckt und gefördert werden. Um eine geeignete Talentselektion durchzuführen, sind in der Schweiz alle nationalen Sportverbände seit dem Jahr 2010 verpflichtet, sich nach dem Talent Selektionsinstrument von Swiss Olympic zu orientieren. Dieses Instrument soll helfen, mittels verschiedensten Tests die tatsächlich geeignetsten Nachwuchsathleten zu finden und zu selektionieren.

Diese Arbeit soll dazu beitragen, die Leistungstests des Selektionsinstruments von Swiss Climbing beim Sportklettern durch Korrelationsanalysen zu validieren und später auch optimieren. Dazu werden im Folgenden zuerst die Entwicklung des wettkampfmässigen Sportkletterns und aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Sportklettern aufgearbeitet. In einem weiteren Schritt werden die verschiedenen Tests der Leistungstestbatterie Sportklettern mit Erkenntnissen der Literatur verglichen und mögliche Forschungslücken aufgezeigt.

1.2 Entwicklung des Sportkletterns

1.2.1 Allgemeine Entwicklung

Sportklettern, wie es heute in verschiedensten Disziplinen betrieben wird, hat sich ursprünglich aus dem klassischen Bergsteigen entwickelt. Geht es beim klassischen Bergsteigen vor allem um die Besteigung eines Berges, so hat sich das Sportklettern ab Mitte der 1960er Jahre in den Bereich der sportlichen Leistung bewegt (Hill, 2007). Dabei ging es immer mehr um den Stil der Kletterei, welche sich in Richtung Freikletterei entwickelt hat. Hierbei geht es darum, eine Kletterroute mittels natürlichen Strukturen ohne technische und künstliche Hilfsmittel zu bewältigen. Wurden in den 1970er Jahren die ersten Routen im 6. Schwierigkeitsgrad geklettert, existiert heute bereits der 12. Schwierigkeitsgrad beim Sportklettern (Fryer, 2013). Diese starke Entwicklung ist auf verschiedene Gründe zurückzuführen: Material Entwicklung, verbesserte Trainingsmöglichkeiten, grösseres Verständnis der Trainingswissenschaft beim Sportklettern und die wettkampfmässige Entwicklung. Auch die Mitgliederzahlen in Klettervereinen und nationalen Verbänden haben sich in letzten Jahrzehnten massiv erhöht (BMC, 2009; Powers, 2001). Somit hat sich Sportklettern in vielen Ländern zu einem beliebten Breitensport entwickelt, welcher in diversen Arten ausgeübt wird.

1.2.2 Sportklettern als Wettkampfsport

Die ursprüngliche Herkunft des wettkampfmässigen Kletterns kommt von den Speedwettkämpfen aus der ehemaligen Sowjetunion Russlands. Anfangs der 1940 Jahre wurden dort bereits Wettkämpfe ausgetragen, welche aber nur auf nationaler Stufe durchgeführt wurden. Nach der sporthistorischen Aufzeichnung der Union Internationale des Associations d'Alpinisme UIAA (2013) existieren seit 1985 regelmässig internationale Sportkletterwettkämpfe. Diese wurden zu Beginn vor allem in der Disziplin Lead und später auch in den Disziplinen Bouldern und Speed ausgetragen. Wurden die ersten Wettkämpfe an natürlichen Felsen durchgeführt, finden heute alle internationalen Wettkämpfe an künstlichen Strukturen statt. Als weitere Meilensteine des wettkampfmässigen Sportkletterns können die erste World Series von 1988, die erste Elite Weltmeisterschaft 1991 und die erste Jugendweltmeisterschaft 1992 genannt werden. 2007 wurde dann die International Federation of Sport Climbing IFSC gegründet und die Sportart wurde im Jahr 2010 vom Internationalen Olympischen Komitee IOC offiziell anerkannt. Zwar wird Sportklettern 2011 auf die Shortlist für die Olympischen Spiele 2020 aufgenommen, wird 2013 aber dann nicht als definitive Sportart für die Olympi-

schen Spiele aufgenommen. 2014 wurde das wettkampfmässige Sportklettern aber als Demonstrationssportart der Youth Olympic Games in Nanjing, China, durchgeführt.

Heute zählt der IFSC über 80 Mitgliedsstaaten und die Elite Weltcups zählen regelmässig über 100 Teilnehmer und Teilnehmerinnen. Die Wettkämpfe sind teils zu grossen Sportevents gewachsen, werden live im Fernsehen übertragen und entwickeln sich immer noch.

1.3 Trainingswissenschaftliche Erkenntnisse aus dem Sportklettern

Mit dem steigendem Interesse des Sportkletterns in den letzten Jahrzehnten hat auch die wissenschaftliche Forschung in dieser Sportart zugenommen. Inzwischen gibt es über 400 veröffentlichte Studien im Bereich Sportklettern (Fryer, 2013), welche sich mit den unterschiedlichsten Teilbereichen beschäftigen. Die ersten Studien Ende der 1970er bis 1990er haben sich vor allem mit dem Bereich der Verletzungen und Überbelastungen (Bannister & Foster, 1986; Bollen, 1988; Cole, 1990; Wyatt et al., 1996) beim Sportklettern beschäftigt. Weitere namhafte Studien im Bereich der Verletzungen (Peters, 2001; Schöffl & Kuepper, 2006; Schöffl & Schöffl, 2006; Wright, Royle & Marshall, 2001) haben sich seit dem Beginn des modernen Wettkampfkletterns vermehrt diesem Bereich gewidmet.

Die Bereiche Anthropometrie, physiologische und psychologische Anforderungen beim Sportklettern folgten ab Mitte der 1980er Jahre bis heute in grosser Anzahl wissenschaftlicher Studien. Da diese von grosser Wichtigkeit für das Anforderungsprofil des Sportkletterns und deren Entwicklung sind, werden die wichtigsten Erkenntnisse in den jeweiligen Bereichen kurz zusammengefasst.

1.3.1 Anthropometrie Wettkampfklettern

Watts, Martin und Durtschi (1993) haben in einer der ersten Studien die Anthropometrie von Wettkampfkletterern während einem Lead Weltcup untersucht. Dabei wurden 21 männliche und 18 weibliche Probanden untersucht, welche mindestens in den Halbfinal klettern konnten. Die Autoren kamen zur Erkenntnis, dass die Probanden verglichen mit anderen Athleten kleiner und leichter sind und einen sehr tiefen Körperfettgehalt besitzen. Diese Erkenntnisse bestätigen Mermier et al. (2000) die aber zum weiteren Schluss kommen, dass „a large portion of the variance in climbing performance can be explained by components consisting of trainable variables.“ (S.365).

Weiter wurden auch ethnische Hintergründe von Wettkampfkletterern untersucht, um allfällige Unterschiede im Bereich der Anthropometrie festzustellen. So kamen España-Romero et

al. (2006) zur Erkenntnis, dass sich spanische Elitekletterer in den Bereichen Körperfettgehalt, Körpergrösse und Gewicht nicht signifikant von anderen Weltcup Kletterern unterscheiden. Cheung et al. (2011) untersuchten chinesische Spitzenkletterer. Die Autoren kommen zu folgender Konklusion: „Chinese elite sport climbers presented general anthropometric and physiological characteristics similar to western elite climbers. This included lower values for: body mass, body mass index, percent body fat...“ (S.28).

Somit wurden im Bereich Körpermasse und Körpergrösse keine einheitlichen Daten gefunden. Grant et al. (1996) weist aber trotzdem darauf hin, dass „in activities where body mass is repeatedly lifted against gravity, extra mass, in the form of fat or large muscle mass is disadvantageous“ (S.309). Der Ape Index, welcher das Verhältnis Körpergrösse zu Spannweite der Arme angibt, wird in einem Review von Giles et al. (2006) im Durchschnitt mit + 2.5cm angegeben. Damit befinden sich Kletterer aber im Durchschnitt der normalen Bevölkerung (Mermier et al., 2000). Jedoch kommen Giles et al. (2006) zur Folgerung, dass „but as reach is perceived as advantageous in climbing, a positive ape index may be beneficial“ (S.534).

Existieren in der Disziplin Leadklettern sehr viele Studien im Bereich der Anthropometrie, so haben sich der Disziplin Bouldern nur zwei Studien gewidmet. Michailov et al. (2009) haben während einem Boulder Weltcup 18 männliche und 7 weibliche Probanden untersucht. Dabei kamen sie zur Erkenntnis, dass im Bereich der Körpergrösse, Gewicht, Muskelmasse und BMI keine signifikanten Unterschiede zu Leadkletterern bestehen. Jedoch besitzen die untersuchten Boulderer einen signifikant höheren Körperfettanteil. Dies erklären sich die Autoren folgendermassen: „These facts could be explained with the differences in the character of the two disciplines and the adaptations which the two types of exercise provoke. Sport climbing competition time is 3 - 10 minutes, while Bouldering is more intensive and usually lasts only seconds“ (S. 235). Macdonald und Callender (2011) kommen in ihrer Studie, in welcher zwölf Elite Boulderer untersucht wurden, zu gleichen Ergebnissen. Damit zeigt sich, dass die verschiedenen Disziplinen beim Klettern auch leicht unterschiedliche anthropometrische Voraussetzungen erfordern. Jedoch sind diese Voraussetzungen nicht so leistungslimitierend, wie die im folgenden Abschnitt beschriebenen physiologischen und psychologischen Faktoren.

1.3.2 Physiologische Anforderung Wettkampfklettern und Sportklettern

Die physiologischen Anforderungen, welche die Leistung beim Klettern relevant beeinflussen, werden hier in den einzelnen Kapiteln genauer beschrieben.

1.3.2.1 Fingerbeuger Muskulatur

Die Maximalkraft der Fingerbeuger Muskulatur wurde sehr früh als wichtiger Leistungsfaktor beim Klettern betrachtet. Deshalb wurde in diversen Studien (Watts et al., 1993, 1996, 2000; Grant et al., 1996, 2001; Mermier et al., 2000; Sheel et al., 2004) die Maximalkraft der Fingerbeuger mittels Handgrip Dynamometer gemessen. Elitekletterer verfügen nach der Aussage von Grant et al. (1996) über eine signifikant grössere Maximalkraft als Nichtkletterer, wenn diese normalisiert zum Körpergewicht wird. Mermier et al. (2000) fanden weitere signifikante Unterschiede im Bereich der Maximalkraft zwischen weiblichen und männlichen Kletterern. Watts (2004) und Giles et al. (2006) kamen aber zum Schluss, dass die Methode zur Bestimmung der Maximalkraft der Fingerbeuger mittels Handgrip Dynamometer nicht kletterspezifisch und deshalb nicht optimal ist.

Ein weiteres Verfahren zur Bestimmung der Maximalkraft der Fingerbeuger wurde erstmals von Köstermeyer und Weineck (1995) beschrieben. Die Autoren haben durch die Entlastung an einer 2cm breiten Holzleiste das restliche Körpergewicht des Kletterers mittels einer Kraftmessplatte gemessen. Dabei hatten Kletterer eine signifikant höhere Maximalkraft als Nichtkletterer.

Diese Methode wurde weiter von Michailov et al. (2009) während einem Boulder Weltcup verwendet. Bei den 13 getesteten Elite Kletterern konnte ein signifikanter Zusammenhang ($r = 0.63$, $p < 0.05$) zwischen der relativen Maximalkraft und dem Kletterniveau festgestellt werden. Der Parameter Kletterniveau wurde mittels Befragung als persönliche Bestleistung beim Klettern evaluiert. Kein signifikanter Zusammenhang konnte jedoch zwischen der Wettkampfleistung des Weltcups und der Maximalkraft gefunden werden. Die Autoren erklären sich dies folgendermassen: „The specific strength and relative strength appear to be important factors for outdoor bouldering performance, but success in competition depends on the summary effect of the decisive factors, including unstudied mental factors“ (S. 237).

Auch an die Kraftausdauer der Fingerbeuger Muskulatur wird beim Klettern durch die wiederholenden isometrischen Belastungen eine grosse Anforderung gestellt.

Ferguson und Brown (1997) haben Elitekletterer und Nichtkletterer mittels einer speziellen Apparatur zur Bestimmung der Kraftausdauerfähigkeit der Fingerbeuger Muskulatur getestet.

Dabei mussten die Probanden bis zur Erschöpfung mit 40% Intensität der jeweiligen maximal voluntary contraction (MVC) fünf Sekunden belasten und zwei Sekunden Pause machen. Durch diese intermittierenden und isometrischen Belastungen konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Elitekletterern und den Nichtkletterern (523s vs. 420s) gefunden werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Quaine et al. (2003), welche je zehn Elitekletterer und Nichtkletterer verglichen haben. Dabei mussten die Probanden einen sensorgesteuerten Klettergriff abwechselungsweise fünf Sekunden mit 80% MVC belasten und danach fünf Sekunden Erholung einhalten. Dieser Test wurde bis zur totalen Ermüdung durchgeführt und zeigte, dass Elitekletterer signifikant mehr Kontraktion ausführen können als Nichtkletterer.

Ein simpler Tests zur Bestimmung der Kraftausdauer mittels hängen an einer Holzleiste bis zur Erschöpfung wurde beispielsweise von Balas et al. (2012) untersucht. In der Studie wurden 136 männliche und 69 weibliche Kletterer und Kletterinnen mit unterschiedlichen Kletterniveaus getestet. Die Probanden mussten solange wie möglich mit gestreckten Armen an einer 2.5cm breiten Holzleiste hängen. Die Autoren konnten einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Kletterniveau und der Hangzeit feststellen. Bei den weiblichen Probanden wurde eine signifikante Korrelation von $r=0.81$, bei den männlichen Probanden von $r=0.87$ gemessen.

Einen kletterspezifischen Leistungstest zur Bestimmung der Kraftausdauerfähigkeit entwickelten Schöffl et al. (2006). Die Autoren untersuchten 28 männliche Kletterer mit verschiedenen Kletterniveaus, welche aber alle als sehr gute Kletterer einzustufen sind. Die Probanden mussten an einer geneigten und rotierenden Kletterwand einen Stufentest mit jeweils 70 Sekunden Belastung und 30 Sekunden Pause durchführen. Die Autoren konnten bei der Gruppe der besten Kletterer einen signifikant grossen Zusammenhang zwischen der Wettkampfleistung und dem Stufentest sowie zwischen dem maximalen Kletterniveau und dem Stufentest feststellen. Darum kommen die Autoren zum Schluss, mit diesem Testprotokoll einen validen und reliablen sportspezifischen Test entwickelt zu haben.

Fryer (2013) untersuchte 38 Probanden mit unterschiedlichen Kletterniveaus mittels einem kletterspezifischem Griffapparat auf deren Kraftausdauerfähigkeit und der Erholungsfähigkeit bei diversen Belastungen. Die Probanden mussten eine durchgehende isometrische Belastung von 40% MVC und später eine intermittierende Belastung von zehn Sekunden Belastung mit 40% MVC gefolgt von drei Sekunden Erholung absolvieren. Der Autor kommt zur Konklusion:

As ability level increases climbers are able to maximally deoxygenate both the Flexor Digitorum Profundus and the Flexor Carpi Radialis more. Even when this greater max-

imal deoxygenation is taken into consideration, the time to half recovery in both the Flexor Digitorum Profundus and the Flexor Carpi Radialis after both sustained and intermittent contractions were significantly faster in elite and advanced rock climbers. This greater deoxygenation and increased speed of recovery may be due to higher level rock climbers having a greater oxidative capacity, an increased capillary density, and/or a greater influence of the metaboreflex. (Fryer, 2013, S. 229)

1.3.2.2 Schultergürtel

Die Wichtigkeit der Kraft im Schultergürtel wurde von einigen Studien (Grant et al. 1996, 2001; Mermier et al., 2000) als wichtiger Leistungsfaktor beim Sportklettern genannt. Mittels Klimmzügen und blockieren in gebeugter Armposition wurde die Leistung gemessen. Dabei haben Elitekletterer in einer Untersuchung von Grant et al. (1996) signifikant bessere Werte in den vorher genannten Tests erzielt als die Kontrollgruppe. Weiter konnten Grant et al. (2001) aufzeigen, dass weibliche Eliteathleten, verglichen mit normalen Kletterinnen, über eine grössere Kraftleistung im Bereich des Schultergürtels verfügen. Jedoch sind diese Werte signifikant tiefer als jene der männlichen Eliteathleten. Auch Giles et al. (2006) kommen zur Ansicht, dass „due to increased demand placed on the upper body during climbing of increased difficulty, it could be suggested that possessing greater strength and endurance in the arms and shoulders would be advantageous“ (S. 538).

Balas et al. (2012) haben in einer dreijährigen Studie Leistungstestdaten von 136 männlichen (MW= 27 jährig) und 69 weiblichen (MW= 26 jährig) Kletterern gesammelt. Die Autoren konnten einen starken Zusammenhang (Männer, $r=0.7$; Frauen, $r=0.8$) zwischen dem „bent-arm hang“ Test und dem Kletterniveau feststellen. Weiter konnten sie mittels diesem und anderen spezifischen Leistungstests signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern und den einzelnen Niveaus der Kletterer feststellen. So kommen sie zur Konklusion:

Simple tests, such as grip strength, bent-arm hang, finger hang, and impedance analysis to assess upper body strength, endurance and body composition, together with volume of climbing and climbing experience, can satisfactorily predict climbing performance. The proposed structural model with the latent variable hand arm strength and endurance explained 97% of the variance in climbing performance. This structural model does not provide a full understanding of the structure of climbing performance, but emphasizes the role of specific hand arm strength and endurance. (Balas et al., 2012, S. 24)

Stankovic et al. (2014) haben in einer aktuellen Studie 32 Wettkampfkletterer (MW=27 jährig) mittels verschiedenen Tests im Bereich Kraft getestet. Dabei konnten mittels den Tests „einarmiges Blockieren bei 90°“, „beidarmiges hangen an schulterbreiter Klimmzugposition“ und „beidarmiges hangen an sehr breiter Klimmzugposition“ über 45% der Leistung der Kletterer erklärt werden. Die Studie zeigt die Wichtigkeit der spezifischen Kraft des Schultergürtels für Athleten des Klettersportes.

1.3.2.3 Rumpf

Grant et al. (1996) haben in einer der ersten Studien die Rumpfkraft von fortgeschrittenen Kletterern und Freizeitkletterern mit anderen Sportlern verglichen. Jeder Kategorie gehörten zehn männliche Probanden an, welche auf dem Rücken liegend mit 90 Grad Knieflexion die Wand mit den Füßen berührten. Mittels einer Geschwindigkeit von 25 Wiederholungen pro Minute mussten die Probanden so lange wie möglich im vorgegebenen Rhythmus dynamische Rumpfbeugen absolvieren. Die Autoren kamen zum Schluss: „no differences were found among the groups for the curl-up test. Thus abdominal endurance would appear to be either not a characteristic of elite climbers or a general requirement for all three groups of subjects“ (S. 309).

Später haben Grant et al. (2001) den oben genannten dynamischen Rumpftest mit weiblichen Probanden durchgeführt. Dazu wurden jeweils zehn fortgeschrittene Kletterinnen, Freizeitkletterinnen und sportlich aktive Frauen getestet. Keine signifikanten Unterschiede konnten zwischen den drei verschiedenen Gruppen gefunden werden. Der Tests zur Bestimmung der Rumpfkraft wurde auch hier als zu wenig sportartenspezifisch bezeichnet.

In einer Untersuchung von Benito et al. (2013) wurden die beim Klettern involvierten Muskeln mittels Videoanalyse untersucht. Die Studie untersuchte Wettkampfkletterer während dem spanischen Klettercup zwischen 2009 und 2010. Dabei wurden von 72 männlichen Elitekletterern über 7000 Kletterbewegungen analysiert. Die Autoren nennen konklusiv die Rumpfmuskulatur als eine der wichtigsten beteiligten Muskeln beim Klettern. Bei praktisch allen Bewegungen konnte eine Beteiligung der Rumpfmuskulatur festgestellt werden, jedoch nennen die Autoren keine genauen Muskelgruppen.

Den Zusammenhang zwischen Rumpfmuskelaktivität und Wandneigung haben Grzybowski et al. (2014) durch EMG erforscht. Mittels verschiedenen statischen Kletterpositionen wurde bei unterschiedlicher Wandneigung die Aktivität verschiedener Rumpfmuskulatur gemessen. Beim jeweiligen Loslassen einer Hand während der Kletterposition konnten Unterschiede der

Muskelaktivität des Obliquus externus und internus, sowie des Rectus abdominis gemessen werden. Die Unterschiede waren in den jeweiligen Muskeln im Vergleich zwischen 0 und 12 Grad Wandneigung signifikant. Obwohl die Studie keine professionellen Kletterer untersuchte, zeigen die Resultate die Wichtigkeit der Rumpfmuskulatur bei zunehmender Wandneigung.

Obwohl die Wichtigkeit der Rumpfmuskulatur in vielen namhaften Trainingsbüchern (Horst, 2008; Soles, 2008) und Studien (Philipps et al., 2012) erwähnt wird, existieren keine, dem Autor bekannten, kletterspezifischen Rumpf-Leistungstests in wissenschaftlicher Literatur.

1.3.2.4 Beweglichkeit

Beweglichkeit hat im Klettersport in den letzten Jahren viel Aufmerksamkeit erhalten, ist jedoch immer noch weniger erforscht als andere physiologische Aspekte. Durch die komplexeren Bewegungen beim Wettkampfklettern wurden aber trotzdem schon früh diverse Beweglichkeitstests und -messungen mit Kletterern durchgeführt. Die ersten Messungen wurden mit den Tests „sit and reach“ sowie „leg span“ (Grant et al. 1996, 2001) durchgeführt. Die Autoren kamen zur Erkenntnis, dass Elitekletterer eine signifikant grössere Beweglichkeit mittels dem Test „leg span“ haben. Weitere Tests wurden im Bereich der „range of motion“ der Schulter- und Hüftgelenke (Mermier et al., 2000; Wall et al., 2004) und hohem antreten der Füsse (Grant et al. 1996) durchgeführt. In allen Studien konnten keine signifikanten Zusammenhänge mit der Kletterleistung gefunden werden. Giles et al. (2006) stellten kritisch fest, dass die oben genannten Studien zu wenig kletterspezifische Tests absolvierten und damit nicht valide seien. Diese kritische Meinung unterstützen auch weitere Autoren (Sheel, 2004; Watts, 2004) und verweisen auf die Notwendigkeit weiterer Forschung in diesem Bereich. Im Bezug zur Wichtigkeit der Beweglichkeit, schreiben Giles et al. (2006): „it could be suggested that flexibility is not a necessary determinant of climbing success, although climbing-specific flexibility could be valuable to climbing performance“ (S.539).

Durch diese Erkenntnisse angeregt, haben Draper et al. (2009) die Reliabilität und Validität verschiedener kletterspezifischer Beweglichkeitstests evaluiert. Beim Test „foot-loading flexibility“ mussten die Probanden einbeinig möglichst hoch auf einen Tritt stehen und sich auf diesem in eine stabile Position bringen. Der „adapted Grant foot-raise“ Test verlangte ebenfalls das möglichst hohe Positionieren eines Beines, jedoch ohne Klettergriffe. Ähnlich wie bei der lateralen Spagat Position, wurde beim Test „lateral foot reach“ die maximal erreichba-

re Distanz zwischen zwei Tritten gemessen. In ihrer Konklusion sind die wohl aktuellsten und wichtigsten Schlussfolgerungen im Bereich der Beweglichkeit ersichtlich:

Our findings indicate that flexibility is linked with performance, and the higher ability climbers had better levels of flexibility, as measured through the tests we administered. The foot-loading flexibility test is a valid and reliable measure that assesses the ability of a climber to use an extreme range of hip flexion. The test is suggested as a laboratory measure using a test apparatus such as the climbaflex board. The adapted Grant foot-raise and the lateral foot reach provide valid and reliable field tests that could be conducted at any climbing centre. Our results suggest that flexibility is an important component of fitness for rock climbers and should be addressed in any training or rehabilitation program. (Draper et al., 2009, S.85)

1.3.2.5 Metabolische Beanspruchung

Die metabolische Belastung beim Klettern in den Bereichen Sauerstoffaufnahme, Blutlaktatwerten und der Herzfrequenz wurde mittels diversen Protokollen untersucht. Kletterspezifische Protokolle finden sich vor allem in den folgenden Studien.

Schöffl et al. (2006) untersuchten 28 männliche Elite-Kletterer in drei verschiedenen Kletterniveaugruppen. Die Probanden mussten an einer geneigten und rotierenden Kletterwand einen Stufentest mit jeweils 70 Sekunden Belastung und 30 Sekunden Pause bis zur totalen Erschöpfung durchführen. Der Mittelwert der erreichten Stufen war 5.8, was einer Kletterlänge von 39 Metern entspricht. Die Probanden erreichten im Mittelwert einen maximalen Blutlaktatwert von 5.0mmol/l, welcher nach 3 Minuten um bis zu 4.5mmol/l absank. Die Herzfrequenz bei Abbruch des Tests betrug im Mittelwert 185bpm und sank nach der dritten Minute bis 115bpm. Die Autoren schliessen die tieferen Laktatwerte im Vergleich mit anderen Sportarten auf die weniger und kleineren beanspruchten Muskelgruppen zurück. Weiter kommen sie zum Schluss, dass „blood lactate analysis of climbing ergometry cannot be used directly for training guidance as in endurance sports with aerobic and anaerobic thresholds, but it can be used for retrospective analysis of training methods, longitudinal and cross sectional studies“ (S. 210). Weiter kommen die Autoren zur Erkenntnis, dass nicht die absolute Herzfrequenz ein wichtiger Parameter sei, sondern vor allem eine möglichst schnelle Erholung während den einzelnen Stufen. Je grösser der Abfall der Herzfrequenz während der Pause, desto grösser ist die sportspezifische Erholung.

Balas et al. (2014a) untersuchten 26 männliche Kletterer mit verschiedenen Kletterniveaus. Die Probanden absolvierten einen Laufbandtest, zwei submaximale und einen maximalen kletterspezifischen Test bis zur Erschöpfung. Die kletterspezifischen Tests wurden an einer Boulderwand mittels einem Boulder von 15 Kletterzügen durchgeführt, welcher in einem Rundgang absolviert wurde. Die submaximalen Tests wurden bei 90 und 105 Grad Wandneigung mit jeweils fünf Rundgängen durchgeführt. Der maximale Test wurde bei 95, respektive 105 Grad Wandneigung je nach Kletterniveau gestartet. Nach jeweils drei Minuten wurde die Wandneigung um 10 Grad erhöht. Alle Klettertests wurden mit einer standardisierten Geschwindigkeit durchgeführt. Folgende $\dot{V}O_2$ - und Herzfrequenzmittelwerte wurden gemessen: 25.8 ml·kg⁻¹·min⁻¹, 130bpm (submaximal 90°); 32.4 ml·kg⁻¹·min⁻¹, 146bpm (submaximal 105°); 40.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹, 178bpm (maximaler Test); 59.7 ml·kg⁻¹·min⁻¹, 193bpm (Laufbandtest). Weiter konnte eine signifikante Korrelation zwischen dem $\dot{V}O_{2 \text{ climbing-peak}}$ und dem Kletterniveau bei 90 Grad ($r=0.82$) und 105 Grad ($r=0.84$) gefunden werden. Auch die Herzfrequenz während den submaximalen Tests korrelierte signifikant mit dem Kletterniveau (90°, $r=0.43$; 105°, $r=0.78$). Der grösste Zusammenhang konnte jedoch zwischen dem Kletterniveau und dem maximalen Klettertest festgestellt werden ($r=0.89$). Beim maximalen Klettertest wurden 69% des $\dot{V}O_{2 \text{ max}}$ des Laufbandtests erreicht, was die Autoren zu folgender Aussage kommen lässt: „This perhaps suggests that the $\dot{V}O_{2 \text{ climbing-peak}}$ is not influenced by the level of aerobic fitness. However, climbers with low aerobic fitness (less than 45ml·kg⁻¹·min⁻¹) may be limited during climbing to exhaustion by the cardiorespiratory system“ (S. 4).

1.3.3 Psychologische Anforderungen Wettkampfklettern und Sportklettern

Wissenschaftliche Studien im Bereich der psychologischen Anforderungen und deren Auswirkungen beim Klettern existieren bis zum jetzigen Zeitpunkt nur in sehr kleiner Anzahl.

Hodgson et al. (2008) untersuchten zwölf fortgeschrittene Sportkletterer mittels drei verschiedenen Kletterrouten. Während den Untersuchungen wurden die Plasma Cortisol Konzentration sowie Fragebögen zur Bestimmung der subjektiven Angst und dem Selbstvertrauen eingesetzt. Die Autoren kommen zur Erkenntnis, dass an den Athleten eine hohe Anforderung im Bereich der Konzentration und des Selbstvertrauens gestellt wird (S. 17).

Zehn fortgeschrittene Kletterer wurden während dem Onsight- und Leadklettern von Draper et al. (2008) untersucht. Als Onsightklettern wurde das erstmalige Klettern einer unbekannten Kletterroute gewertet. Beim normalen Leadklettern war die Kletterroute den Athleten bereits

bekannt. Dabei wurde mittels Fragebögen zur Bestimmung des psychologischen Empfindens und weiteren Komponenten die Leistung während dem Klettern beurteilt. Die Studie konnte signifikante Unterschiede zwischen dem Onsight- und dem Leadklettern mittels des Empfindens der somatischen und kognitiven Angst feststellen.

Sanchez et al. (2010) untersuchten während einem Wettkampf 19 männliche Elitekletterer. Die Probanden mussten unmittelbar vor dem Wettkampf einen Fragebogen im Bereich somatische und kognitive Angst sowie Selbstvertrauen ausfüllen. Die Resultate wurden mittels der erreichten Kletterleistung und anderen Faktoren verglichen. Die Autoren kommen zu gleichen Ergebnissen wie Hodgson et al. (2008) und Draper et al. (2008) und schreiben in ihrer Konklusion:

Findings showed that successful climbers reported higher pre-performance levels of somatic anxiety and climbed the most difficult part of the route more slowly than their unsuccessful counterparts. The psychological states preceding elite climbing competition appeared to be an important factor in determining success, even when differences in baseline ability were taken into account. (Sanchez et al., 2010, S. 358)

Stankovic et al. (2011) beschreiben in einem Review die Wichtigkeit des Visualisierens beim Sportklettern. Zusammenfassend kommen sie zum Schluss, dass die untersuchten Studien klar zeigen, dass ein möglichst genaues Visualisieren die Leistung beim Klettern verbessern kann. Zudem könne das Visualisieren helfen, sich besser auf die sportliche Leistung zu konzentrieren.

1.3.4 Profil und Erkenntnisse Nachwuchs Wettkampfklettern

Watts et al. (2003) haben 90 junge Wettkampfkletterer und Wettkampfkletterinnen zwischen 9 und 18 Jahren auf ihre anthropometrischen Merkmale untersucht. Verglichen wurden die Resultate mit einer Kontrollgruppe von Gleichaltrigen ohne Klettererfahrung. Die wichtigsten Erkenntnisse der Studie beschreiben die Autoren folgendermassen:

High level young competitive climbers present general anthropometric characteristics similar to elite adult climbers. These include relatively small stature, low body mass, low sum of skinfolds, and high handgrip/mass ratio. Relative to age matched athletic non-climbers, climbers also appear to be more linear in body type with narrow shoulders relative to hips. Body composition differences exist between climbers and non-climbing athletes despite equivalent BMI. (Watts et al., 2003, S. 424)

Einige Jahre später kamen Schöffl et al. (2011) zu ähnlichen Resultaten, indem sie Athleten der deutschen Nachwuchs Kletternationalmannschaft untersuchten. Die neun männlichen und sieben weiblichen Athleten waren im Mittelwert 17 Jahre alt und kletterten zwischen dem siebten und achten französischen Schwierigkeitsgrad. Sie kletterten seit vier bis zehn Jahren und wurden auf diverse anthropometrische und hormonelle Faktoren untersucht. Ähnlichkeiten zur Studie von Watts et al. (2003) fanden die Autoren in den Bereichen des BMI und Fettgehalt, betonen aber die unterschiedlichen Messgeräte im Bereich der Fettgehaltmessung. Auch konnte kein Zusammenhang mittels des Ape Index und dem Kletterniveau der Athleten gefunden werden. Den Unterschied beim Kletterniveau der männlichen und weiblichen Probanden beschreiben die Autoren wie folgt: „the boys climbed significantly better than the girls even though they had been climbing for a comparable length of time and that they spent about the same time for training per week“ (S.483). Durch verschiedene hormonelle Messungen konnten die Autoren auch feststellen, dass die jungen Athleten durch das starke Training keine ernsthaften Abnormitäten der Wachstums- und Hormonentwicklung aufzeigten.

Balas et al. (2011) haben 35 Nachwuchskletterer (MW=15jährig) und 59 Elitekletterer (MW=26jährig) auf diverse Unterschiede untersucht. Die Autoren kommen zur Erkenntnis, dass im Bereich des Körperfettgehalts, Schultergürtelkraft und der relativen Fingerkraft keine signifikanten Unterschiede bestehen. Jedoch weisen sie darauf hin, dass die Kraftausdauer der Nachwuchskletterer signifikant besser war, als bei den Elitekletterer: „there were found significant differences in finger hang time. The finger hang belongs to the strongest predictors of climbing performance and the enhanced finger endurance in youth is probably compensated by better technique and tactic in adult climbers“ (S. 35).

Wichtige allgemeine Erkenntnisse und Ratschläge im Bereich des Trainings mit Nachwuchsathleten beim Klettern liefern Morrison und Schöffl (2007). Unter anderem weisen die Autoren auf die Gefahr eines zu tiefen Körperfettgehaltes bei Athleten in der Pubertät hin: „In adolescence, the combined or independent factors of maintaining a negative energy intake and low body fat can alter and delay pubertal development...“ (S. 859). Weiter verweisen sie in ihrem Review auf die Wichtigkeit des altersgerechten Trainings hinsichtlich Intensität und Umfang. Auch sollten allgemeine anthropologische Daten regelmässig aufgezeichnet und verglichen werden. Als wichtigen Punkt nennen sie auch, dass „up to about 12 years old, children have a limited capacity to develop an adaptive metabolic response to specific training, but possess an accelerated ability for motor development“ (S. 859). Abschliessend weisen Morrison und Schöffl (2007) darauf hin, dass sehr wenig über junge Athleten im Klettersport bekannt ist und es mehr Forschung in diesem Bereich benötigt.

1.4 Selektionsinstrument PISTE Swiss Olympic

Als Dachverband des privatrechtlich organisierten Bereichs des Sports in der Schweiz ist Swiss Olympic für diverse Aufgaben verantwortlich. Ein wichtiger Bereich dabei ist die leistungsorientierte Nachwuchsförderung, in welcher zusammen mit dem Bundesamt für Sport jährlich mehrere Millionen Schweizer Franken investiert werden. Diese Gelder fliessen an die Sportverbände in der Schweiz und werden nach verschiedenen Kriterien verteilt. Unter anderem werden als Basis die sogenannten Swiss Olympic Talent Cards als wichtiges Instrument verwendet. Karteninhaber werden auch von zahlreichen Gemeinden und Kantonen mit finanzieller und infrastruktureller Hilfe unterstützt. Man unterscheidet je nach Potential der Nachwuchssportler zwischen nationaler, regionaler und lokaler Talents Card. Für die jährliche Vergabe dieser Karten müssen die Sportverbände in der Schweiz seit dem Jahr 2010 eine Selektionsrangliste an Swiss Olympic übermitteln. Diese Selektion muss nach dem entwickelten Instrument „Prognostische Integrative Systematische Trainer Einschätzung“ (PISTE) erfolgen, welches von Swiss Olympic und seinen Partner entwickelt wurde (Rüdisüli et al., 2008). Das Selektionsinstrument PISTE soll den Verbänden dabei auch helfen, die Selektion und Förderung von Talenten zu verbessern und damit die Selektionsqualität nachhaltig zu erhöhen.

Folgende Beurteilungskriterien werden im Selektionsinstrument PISTE nach Rüdisüli et al. (2008) integriert:

- Wettkampfleistung (frühes und spätes Nachwuchsalter)
- Leistungstests (generelle und sportartspezifische Tests)
- Leistungsentwicklung (Wettkämpfe und Leistungstests)
- Leistungsmotivation (motivationale Verhaltenstendenz, Zielorientierung)
- Athletenbiographie (Belastbarkeit, Umfeld, körperbauliche Voraussetzungen, Trainingsaufwand, Trainingsalter)
- Biologischer Entwicklungsstand (relatives Alter, früh/spät entwickelt)

Die sportartspezifische Gewichtung dieser vorgegebenen Kriterien obliegt den Verbänden und muss von diesen entwickelt und angepasst werden.

1.4.1 Selektionsinstrument „Testing Day“ Swiss Climbing SAC

Auch der Sportverband Swiss Climbing Schweizer Alpen Club (SAC) muss seine Selektionen nach den Vorgaben des Selektionsinstruments PISTE durchführen. Der Selektionsprozess wird dabei am jährlich stattfindenden Testing Day (Hemund, Madlener und Sigrist; 2012)

durchgeführt, bei welchem die verschiedenen SAC Regionalzentren ihre 9- bis 16jährigen Athleten mit Potential für eine Swiss Olympic Card anmelden und betreuen. Dabei bildet der Testing Day auch die Grundlage für verschiedene Kaderselektionen und ist für diverse Bereiche ein wichtiges Instrument von Swiss Climbing SAC. Die Leistungstestbatterie des Testing Day existiert seit dem Jahr 2010 und wurde nach Vorgaben der PISTE entwickelt. Diese enthält über zehn verschiedene Leistungstests, anthropologische Messungen und Befragungen, welche detaillierter im Nachwuchsförderkonzept von Swiss Climbing SAC nach Hemund et al. (2012) beschrieben sind. Die zu Selektionszwecken durchgeführten Tests sollten also den sportartspezifischen und allgemeinen Anforderungen der Sportart Sportklettern entsprechen, um die geeignetsten Talente im Sportklettern gezielt fördern zu können.

Durch wissenschaftliche Literatur sind in diesem Kapitel die aktuellsten Erkenntnisse der Anforderungen des wettkampfmässigen Sportkletterns ersichtlich. Diese haben sich in den vergangenen Jahren, genauso wie das leistungsorientierte Sportklettern, stark entwickelt. Um dieser Entwicklung standhalten zu können, bedarf es einer angepassten Struktur im Spitzensport der Elite wie auch im Nachwuchsbereich. Da sich bei vielen Verbänden die Talentselektion über das Instrument der PISTE von Swiss Olympic definiert, muss dieses möglichst dem aktuellsten Stand der jeweiligen Sportart entsprechen. Das PISTE Selektionsinstrument von Swiss Climbing SAC, der Testing Day, wurde 2010 eingeführt und hat sich bisher gut bewährt. Jedoch fehlen im Vergleich zur aktuellen Literatur zum Beispiel sportartenspezifische Leistungstests im Bereich der funktionellen Beweglichkeit, Maximalkraft und statischen Kraftausdauer. Bis zum jetzigen Zeitpunkt konnte auch eine Validierung der entsprechenden Leistungstests des Testing Day von Swiss Climbing noch nicht durchgeführt werden. Diese würde aber einen wichtigen Einblick und Vergleich der verwendeten Tests und Selektionsinstrumente geben und auch die Chance bieten, diese allenfalls zu optimieren. Die verwendeten Leistungstests könnten je nach Validität auch als Trainings- und Steuerungstools in den einzelnen Kadern und der Nationalmannschaft verwendet werden. Zudem wären so auch Mittel- und Referenzwerte für die kurz- bis langfristige Selektion von Nachwuchstalente vorhanden.

1.5 Ziel und konkrete Fragestellungen

1.5.1 Ziel

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die bestehenden Leistungstests der Testbatterie von Swiss Climbing SAC (Testing Day) zusammen mit einigen neuen Tests auf einen Zusammenhang mit der Wettkampfleistung zu untersuchen. Dadurch soll unter anderem eine Grundlage zur Optimierung der Testbatterie evaluiert werden und erstmals Tests im Nachwuchsbereich in diesem Ausmass überprüft werden. Weiter sollen durch die Resultate auch Mittel- und Referenzwerte für die zukünftige Ableitung im Bereich Training erarbeitet werden. Bei einigen Tests fehlen zudem Angaben zur Reliabilität, was ein weiterer Bestandteil dieser Studie sein soll.

1.5.2 Fragestellungen

- a) Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den vorhandenen und neuen Leistungstests mit der Wettkampfleistung der Nachwuchsathleten?
- b) Gibt es bei den ermittelten Referenzwerten Unterschiede zwischen den weiblichen und männlichen Nachwuchsathleten und in den verschiedenen Kategorien?

2 Methode

2.1 Untersuchungsgruppe

Als Probanden wurden je 63 männliche und weibliche Athleten der Sportart Sportklettern getestet. Von diesen waren sechs männliche und neun weibliche Probanden Mitglieder der Schweizer Sportklettern Nationalmannschaft des Schweizer Alpen Club (SAC), die restlichen Probanden stammten aus den verschiedenen Regionalkadern des SAC. Folgende Teilnehmerzahlen resultierten aus den verschiedenen Kategorien: U18 = 13; U16 = 39; U14 = 39; U12 = 28; U10 = 7. Als Einschlusskriterien wurden eine Teilnahme an der nationalen Wettkampfsreihe des SAC und das Absolvieren der Tests am Testing Day von Swiss Climbing vorausgesetzt.

Die Charakteristik der einzelnen Versuchspersonen wurde mit einem Fragebogen vor dem Test und anthropometrischen Messungen erhoben und ist der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1

Charakterisierung der Versuchspersonen

	Alter	Grösse	Gewicht	Ape Index	Kletterniveau
	Jahre	cm	kg	Grösse/Spannweite	UIAA
Herren $n = 63$	13.1 ± 2.1	156.3 ± 13.6	49.6 ± 9.6	1.03 ± 0.02	8.5 ± 0.9
Damen $n = 63$	13.2 ± 2.2	152.4 ± 11.0	42.8 ± 8.6	1.02 ± 0.02	8.1 ± 0.8

Anmerkungen. Daten als Mittelwerte und \pm Standardabweichung dargestellt. UIAA = maximale Rotpunktbegehung nach UIAA Skala.

Die Versuchspersonen wurden mittels Informationsbroschüre über das Ziel und den Ablauf der Studie informiert und haben dazu jeweils vor dem Beginn der Tests eine Einverständniserklärung (Anhang A) unterschrieben. Minderjährige Athleten durften nur mittels schriftlicher Zustimmung der Eltern an der Studie teilnehmen.

2.2 Untersuchungsdesign

Die Probanden absolvierten zwischen dem 12.04.2014 und dem 04.10.2014 verschiedene Wettkämpfe in den Disziplinen Bouldern, Speed und Lead. Die Wettkämpfe wurden nach dem Reglement für nationale Wettkämpfe des SAC (2014) durchgeführt und die entsprechende Rangierung mit Punkten bewertet. Danach absolvierten alle Versuchspersonen in randomi-

sierter Reihenfolge während des Testing Day 2014 von Swiss Climbing verschiedene Leistungstests im nationalen Leistungssportzentrum in Bern. Die Tests wurden an zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt und fanden an unterschiedlichen Tageszeiten statt, unterschieden sich aber nicht in der Gesamttestdauer. Der grösste Unterschied zwischen den Testzeiten betrug fünf Stunden. Zudem wurden alle Tests vom Versuchsleiter überwacht und von den jeweils gleichen Testleitern durchgeführt. Die Probanden absolvierten alle Tests in der gleichen Reihenfolge, wie unten in Kapitel 2.3 detailliert beschrieben wird. Die Tests 2.3.2 bis 2.3.7 wurden Zwecks dieser Studie zum ersten Mal mit den Versuchspersonen durchgeführt, alle anderen Tests waren den Versuchspersonen aus der jährlich durchgeführten Testbatterie bereits bekannt. Alle Probanden wurden angehalten, in den letzten 48h vor den Tests auf intensive Trainingseinheiten zu verzichten.

Die Bestimmung der Objektivität und Reliabilität der Tests (2.3.7 bis 2.3.13) wurde mittels üblichem Verfahren mit 15 Probanden im Vorfeld durchgeführt. Dabei absolvierten zufällig ausgewählte Probanden in randomisierter Reihenfolge die Tests nach den üblichen Messverfahren. Drei Tage später wurde der Prozess wiederholt und die Werte für Reliabilität und einzeln der Objektivität berechnet.

2.3 Untersuchungsverfahren/-instrumente

Die Versuchspersonen absolvierten vor den Tests ein standardisiertes Aufwärmen (Anhang B), welches vom jeweiligen Kaderverantwortlichen überwacht wurde. Mittels persönlichem Fragebogen wurden die persönlichen Daten zu Alter und maximal gekletterter Kletterroute evaluiert. Danach wurden Messungen im Bereich der Körpergrösse, Armspannweite, Grösse und Gewicht durchgeführt. Die Versuchspersonen wurden angehalten, sich möglichst maximal auszulasten und allfällige Probleme oder Schmerzen sofort mitzuteilen. Die Tests wurden jeweils in der unten aufgeführten Reihenfolge durchgeführt.

2.3.1 Wettkampfergebnisse

Während dem Jahr 2014 wurde in verschiedenen Kategorien für Herren und Damen mehrere Wettkämpfe als Schweizer Cup Gesamtwertung durchgeführt. Die Kategorien bestanden aus jeweils zwei Jahrgängen und waren wie folgt aufgeteilt: Herren U12 (2003/2004), Damen U12 (2003/2004), Herren U14 (2001/2002), Damen U14 (2001/2002), Herren U16 (1999/2000), Damen U16 (1999/2000), Herren U18 (1997/1998), Damen U18 (1997/1998).

Für die am Testing Day teilnehmenden Jahrgänge 1999 bis 2004 wurden folgende Wettkämpfe durchgeführt: Drei Boulder-, zwei Speed- sowie zwei Leadwettkämpfe. Dabei wurde pro Disziplin ein Wettkampf als Schweizer Meisterschaft durchgeführt. Bei Teilnehmern und Teilnehmerinnen des Jahrgangs 1998 wurden zwei Boulderwettkämpfe, ein Speed- sowie ein Leadwettkampf durchgeführt. Auch in dieser Kategorie wurde pro Disziplin je ein Wettkampf als Schweizer Meisterschaft ausgetragen.

Der Jahrgang 2005 (U10) der Damen und Herren wurde am Testing Day ebenfalls getestet, aber aufgrund fehlender nationaler Wettkämpfe nicht mit den Wettkampfergebnissen verglichen. Trotzdem wurden diese Probanden für alle anderen Vergleiche gewertet.

Alle Wettkämpfe wurden nach Reglement für nationale Wettkämpfe des SAC (2014) durchgeführt. Die vier besten Wettkämpfe aller Disziplinen, ohne die Schweizer Meisterschaften, wurden evaluiert und entsprechend mit Punkten als Gesamtwertung bewertet. Weiter wurden die Punkte der besuchten Schweizer Meisterschaften im Mittelwert als zusätzliche Wertung gezählt, da diese Wettkämpfe einen grösseren Stellenwert haben.

Für diese Studie wurde der Mittelwert zwischen den Punkten der Gesamtwertung und den Punkten der Schweizer Meisterschaften als relevante Wettkampfleistung verwendet.

2.3.2 Antrittshöhe mittels „adapted Grant foot raise“

Die Antrittshöhe wurde mittels dem Protokoll „adapted Grant foot raise“ nach Draper et. al (2009) durchgeführt und verfügt über eine sehr hohe Test-Retest Reliabilität ($r=0.93$; Draper et al., 2009). Der Test wurde an einer senkrecht geneigten Wand mit Kletterschuhen durchgeführt (Abbildung 1) und war den Probanden bereits von älteren Messungen bekannt. Zuerst stellten sich die Probanden mit Blick an die Wand und berührten mit ihren beiden Händen, jeweils auf Höhe der Schultern, die Wand. Der Abstand von der Wand zu den Fussspitzen betrug 23cm. Die Handflächen wurden neben der Schulter an der Wand platziert und mussten diese mit allen Fingern berühren. Danach musste der Proband mit seiner rechten Fussspitze entlang der vorgegebenen Messlinie mit seinen Kletterschuhen den höchstmöglichen Punkt für zwei Sekunden an der Wand berühren. Hierbei waren eine Plantarflexion des linken Sprunggelenkes und eine Bewegung des Oberkörpers erlaubt, einzig die Handflächen mussten an Ort gehalten werden. Der Wert wurde auf 0.5cm genau gemessen und mittels der Körpergrösse relativiert. Jede Versuchsperson hatte einen Versuch.



Abbildung 1. Testvorgang bei Antrittshöhe mittels „adapted Grant foot raise“. Quelle: Draper, N., Brent, S. & Hodgson, C. (2009).

2.3.3 Kletterspezifische Beweglichkeit Aussenrotation mittels „Froschposition“

Die kletterspezifische Beweglichkeit wurde mittels dem Test der „Froschposition“ nach Nachbauer (1990) durchgeführt und verfügt über eine sehr hohe Test-Retest Reliabilität ($r=0.95$; Nachbauer, 1990). Der Proband liegt mit Kletterschuhen rücklings auf dem Boden und berührt mit den lateralen Fussflächen die 6cm hohe Vorrichtung (Abbildung 2). Weiter müssen beide Fersen die 30cm breite Vorrichtung berühren, welche den Abstand zwischen den beiden Fersen normiert. Die Hohlkreuzhaltung wurde mittels einklemmen von einem 2cm dicken Messstab zwischen der „Spinae iliacae posterior superior“ und dem Boden verhindert. Die Oberarme mussten in 90 Grad Abduktion gestreckt werden und die Knieflexion betrug ebenfalls 90 Grad, welche jeweils mit einem Goniometer überprüft wurden. Der Proband musste in dieser Stellung eine möglichst grosse Aussenrotation beider Hüften erreichen, indem seine Knie einen möglichst kleinen Abstand zum Boden hatten. Die Position musste zwei Sekunden gehalten werden und wurde gleichzeitig auf beiden Seiten auf 0.5cm genau gemessen. Hierbei wurde auf beiden Seiten die weiteste Distanz des Knies (Epicondylus medialis oder Vastus medialis) zum Boden gemessen und anschliessend der Mittelwert beider Seiten gewertet. Jede Versuchsperson hatte einen Versuch.

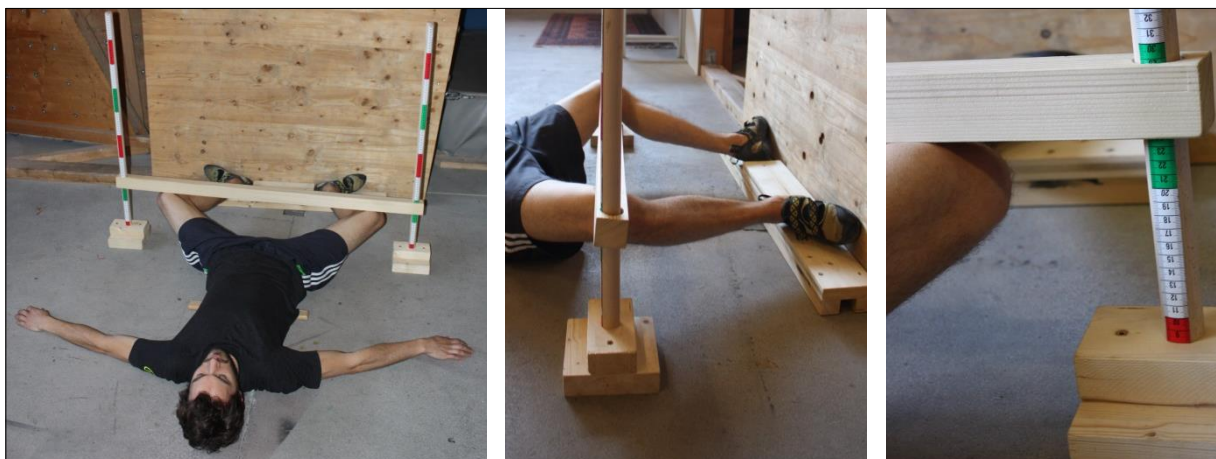


Abbildung 2. Testvorgang bei Aussenrotation mittels „Froschposition“.

2.3.4 Standweitsprung

Der Standweitsprung wurde zur Überprüfung der Schnellkraft der unteren Extremitäten mittels dem Protokoll von Rosser et. al (2008) absolviert. Dieser Test weist über eine ausgezeichnete Test-Retest Reliabilität ($r=0.95$; Markovic et al., 2004) auf und gilt als valides Messinstrument ($r=0.86$ mit CMJ Höhe; Rosser et al., 2008). Die Versuchspersonen mussten sich mit Turnschuhen hinter eine vorgegebene Startlinie stellen und mittels Ausholbewegung der Arme und Beine möglichst weit von der Linie wegspringen. Der Sprung musste beidbeinig und stehend gelandet werden und wurde auf 1.0cm genau gemessen. Es wurde der hinterste Punkt der Ferse als Messpunkt verwendet. Die Probanden hatten jeweils zwei Versuche, wobei der bessere Versuch gewertet wurde. Zwischen den Versuchen hatten die Probanden mindestens eine Minute Pause.

2.3.5 Kletterspezifische Beweglichkeit mittels „lateral foot reach“

Als kletterspezifischer Beweglichkeitstest im Bereich der Abduktion der unteren Extremitäten wurde der „lateral foot reach“ nach dem Protokoll von Draper et. al (2009) verwendet, welcher über eine sehr hohe Test-Retest Reliabilität ($r=0.93$; Draper et al., 2009) verfügt. Der Test wurde an einer senkrecht geneigten Kletterwand mit Kletterschuhen (Abbildung 3) durchgeführt und von allen Probanden zum ersten Mal absolviert. Der Proband musste sich dabei mit Blick zur Wand vor die Messapparatur stellen und den linken Fuss auf den definierten Klettergriff platzieren, welcher auf 20cm Höhe an der Wand anliegend befestigt war. Der rechte Fuss konnte bis zur Markierung am Boden bewegt werden. Die Markierung war 80cm

vom linken Fusstritt entfernt und senkrecht zur Kletterwand ausgerichtet. Weiter fasste der Proband nun zwei Klettergriffe auf Schulterhöhe und versuchte seinen rechten Fuss soweit wie möglich auf dem Massband, welches auf Tritthöhe an der Wand befestigt war, zur rechten Seite hin zu bewegen. Dabei durfte der rechte Fuss nicht am Boden abgestützt werden und die maximale Seitwärtsbewegung musste für zwei Sekunden gehalten werden. Jede Versuchsperson absolvierte einen Versuch, wobei der weiteste Abstand zwischen linkem Fusstritt und der Fussspitze auf 0.5cm genau gewertet wurde.

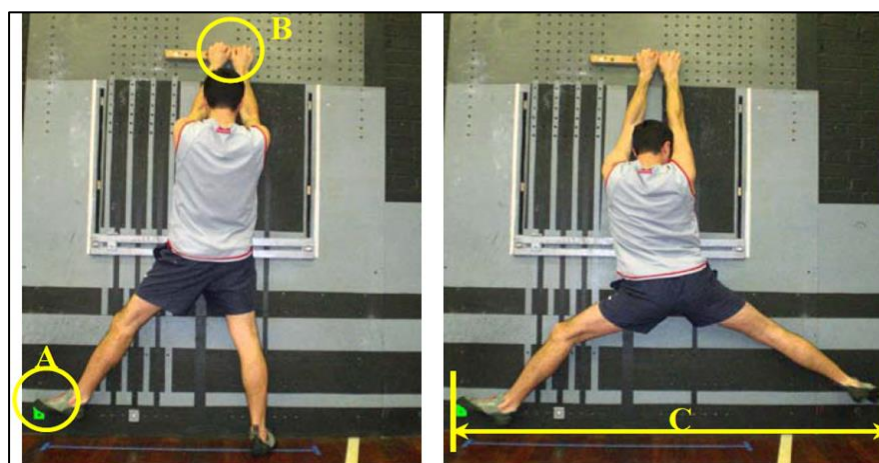


Abbildung 3. Testvorgang bei Antrittshöhe mittels „lateral foot reach“.

Quelle: Draper, N., Brent, S. & Hodgson, C. (2009).

2.3.6 Einhändige Maximalkraft Fingerbeuger

Die Maximalkraft der Fingerbeuger wurde mittels einhändigen Belastens an einer Holzleiste (Abbildung 4) mittels des Protokolls von Köstermeyer und Weineck (1995) durchgeführt. Der Test verfügt über eine hohe Test-Retest Reliabilität ($r=0.9$; Köstermeyer & Weineck, 1995) und wurde auch in anderen Studien in ähnlichem Stil eingesetzt. Durchgeführt wurde der Test an einer 15 Grad geneigten Holzplatte mit Holzleisten (Wood grips small campus rungs, Metolius, USA) mit einer Dicke von 20mm. Die Leisten waren in einem Abstand von 20cm horizontal montiert. Mit Blick zu dieser Holzplatte stellten sich die Versuchspersonen auf eine Kraftmessplatte (Quattrojump, Kistler, Schweiz). Der Proband musste nun eine Leiste mit der dominanten Hand auf Kopfhöhe belasten. Die Hangposition sollte dabei zwischen 180 und 130 Grad Ellbogen- und Schultergelenkflexion sein (Balas et. al; 2014b). Das Benutzen des Daumens war während der Belastung nicht erlaubt und die Finger sollten entweder hängend oder halb aufgestellt (Amca et. al; 2012) auf der Leiste platziert werden. Auf das Kommando

des Testleiters „Eins, Zwei und Ziehen“ musste der Proband für drei Sekunden möglichst stark an der Leiste ziehen, wobei beide Fussflächen die Kraftmessplatte immer berühren mussten. Durch die Kraftmessplatte wurden während der Belastung die Bodenreaktionskräfte gemessen. Aus dem Kraft-Zeit-Verlauf wurde durch die Mess-Software die maximale Kraft mittels Körpergewicht berechnet. Dabei wurde vom Körpergewicht der Versuchsperson das Minimum der Kraftkurve subtrahiert und so in Prozent der relativen Entlastung in einer Datenbank abgespeichert. Jede Versuchsperson hatte einen Versuch.



Abbildung 4. Testvorgang bei einhändiger Maximalkraft der Fingerbeuger.

2.3.7 Statische Kraftausdauer Fingerbeuger

Die statische Kraftausdauer wurde mittels eines kletterspezifischen Trainingsgeräts gemessen. Hierfür wurde ein Hangboard (Zlatboard, vertical limits, Version 2014) verwendet, welches mittels elektronischer Zeitmessung eine statische Belastung in Sekunden messen kann. Die Test-Retest Reliabilität des Tests wurde im Vorfeld der Tests überprüft und kann als sehr gut ($r=0.91$) bezeichnet werden. Der Proband musste sich mit beiden Händen an den genormten „competition“ Griffen bis zur totalen Erschöpfung festhalten, welche 2cm breit sind und über gerundete Kanten verfügen. Die Hangposition sollte dabei zwischen 180 und 130 Grad Ellbogen- und Schultergelenkflexion sein (Balas et. al; 2014b). Das Benutzen des Daumens war während der Belastung nicht erlaubt und die Finger sollten entweder hängend oder halb aufgestellt (Amca et. al; 2012) auf der Leiste platziert werden. Die Zeit zwischen Beginn und loslassen des Griffes wurde mittels elektronischer Zeitmessung des Trainingsgerätes gemessen und schriftlich auf 0.01 Sekunden genau festgehalten. Jeder Proband hatte dabei einen Versuch.

2.3.8 Technik Standardbewegung Sportklettern

Im Bereich der Technik wurde zur Überprüfung der Standardbewegung der Test nach dem Protokoll Swiss Climbing von Hemund et al. (2012) durchgeführt. Die Test-Retest Reliabilität ($r=0.87$) und Objektivität ($r=0.9$) wurden im Vorfeld getestet und können als gut bezeichnet werden. Dabei wurden dem Probanden verschiedene Aufgaben zu der ihm bekannten Standardbewegung Sportklettern gestellt. Es mussten jeweils 8 Kletterzüge an einem definierten Boulder geklettert werden. Pro Durchgang wurden folgenden Aufgaben hinzugefügt, welche der Proband möglichst genau umsetzen musste: Genaue Bewegungsvorbereitung, Verharren vor den Griffen, Körperschwerpunktverlagerung und Schütteln an jedem Griff. Als Versuchsleiter wurde an beiden Tagen derselbe Experte mit diplomierter Berufstrainer Ausbildung eingesetzt, welcher die Probanden mittels vorgegebener Skala (Anhang C) bewertete. Jeder Proband hatte einen Versuch bei der jeweiligen Übung und absolvierte alle Übungen nacheinander.

2.3.9 Technik Bewegungspräzision Sportklettern

Die Bewegungspräzision Sportklettern wurde nach dem Protokoll Swiss Climbing von Hemund et al. (2012) durchgeführt. Dieser Tests weist eine sehr gute Test-Retest Reliabilität ($r=0.85$) und Objektivität ($r=0.91$) auf, welche im Vorfeld bestimmt wurden. Die Versuchsperson absolvierte folgende Übungen an einem definierten Boulder: Auf kleine Tritte stehen, Trittwechsel, wechselseitiges Eindrehen und Sprungtritt aus Ruheposition. Alle Probanden absolvierten die Übungen in der genannten Reihenfolge und wurden nach vorgegebener Skala (Anhang C) bewertet. Jeder Proband hatte einen Versuch pro Übung und absolvierte diese nacheinander. Der Versuchsleiter, welcher an beiden Tagen zum Einsatz kam, verfügte über eine diplomierte Berufstrainer Ausbildung.

2.3.10 Technikorientierte Kletterleistung Routenklettern

Der Test der technikorientierten Kletterleistung wurde nach dem Protokoll Swiss Climbing von Hemund et al. (2012) durchgeführt. Die im Vorfeld getestete Test-Retest Reliabilität ($r=0.84$) und Objektivität ($r=0.93$) können als sehr gut bezeichnet werden. Die Probanden mussten zuerst eine steile und dann eine flache Sportkletterroute mit dem Schwierigkeitsgrad 6c klettern. Dabei wurde an der flachen Wand folgendes bewertet: Bewegungen in unübersichtlichem Gelände, Positionierung Körperschwerpunkt, Belasten der Griffe und das Antre-

ten. Weiter wurde in der steilen Kletterroute auf folgende Punkte geachtet: Rhythmuswechsel, Beschleunigungsfähigkeit, zielorientiertes Bewegen und das Nutzen von Ruhepunkten. Pro Route hatten die Probanden jeweils nur einen Versuch und wurden nach einer vorgegebenen Skala bewertet (Anhang C). An beiden Tagen kam derselbe Versuchsleiter zum Einsatz, welcher die Ausbildung zum diplomierten Berufstrainer absolviert hatte. Für die Studie wurde nur die Bewertung der steilen Route gewertet.

2.3.11 Speedroute

Durch den Test „Speedroute“ wurde der Bereich Schnelligkeit an einer Speedroute nach dem Protokoll Swiss Climbing von Hemund et al. (2012) getestet. Die Test-Retest Reliabilität wurde im Vorfeld der Studie überprüft und kann als ausgezeichnet ($r=0.91$) angegeben werden. Hierbei wurde die Zeit mittels Stoppen per Handstoppuhr auf 0.01 Sekunden genau gemessen. Die Probanden absolvierten die Speedroute mit Schwierigkeitsgrad 5a jeweils zwei Mal hintereinander, wobei nur die bessere Zeit gewertet wurde. Zwischen den beiden Durchgängen wurde eine Pause von mindestens einer Minute eingehalten.

2.3.12 Klimmzug ABC

Dieser Test diente zur Überprüfung der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit im Bereich Kraft des Schultergürtels. Hierbei wurde das Protokoll Swiss Climbing von Hemund et al. (2012) verwendet. Der im Vorfeld durchgeführte Reliabilitätstest weist eine ausgezeichnete Test-Retest Reliabilität ($r=0.92$) auf. An einer Klimmzugstange mit einem Durchmesser von 25mm musste der Proband folgende Ausführung bewältigen: Klimmzug A (hängen mit gestreckten Armen, Klimmzug mit Kinn über die Stange, zurück in Ausgangsposition), Blockieren (hochziehen bis 90 Grad Ellbogenflexion, fünf Sekunden blockieren, zurück in Ausgangsposition), Klimmzug B (hängen mit gestreckten Armen, Klimmzug mit Kinn über die Stange, zurück in Ausgangsposition). Dieser Ablauf wurde bis zur Erschöpfung oder unsauberer Ausführung (Kinn nicht mehr über Stangenhöhe) fortgeführt. Jede der oben genannten Bewegungen ergab einen Punkt. Den Probanden stand jeweils ein Versuch zur Verfügung.

2.3.13 Kraftausdauer Rundzirkel

Mit dem Rundzirkel wurde die sportartenspezifische Kraftausdauer ermittelt. Diese wurde nach dem Protokoll Swiss Climbing von Hemund et al. (2012) durchgeführt. Die Test-Retest Reliabilität wurde im Vorfeld getestet und kann als sehr gut ($r=0.88$) bezeichnet werden. Der standardisierte Boulderkreisel wurde an einer 40 Grad steilen Wand mit verschiedenen Griffen (Comp pinches M 2010, Enterprise, USA) versehen. Ein Rundzirkel entsprach 8 Kletterzügen, welche für die 9-12 jährigen und 13-16 jährigen Probanden mit unterschiedlichen Hand- und Fusstritten versehen waren, um den altersgerechten Aspekt der Entwicklung zu berücksichtigen. Jede Versuchsperson hatte einen Versuch, wobei die Anzahl gehaltener Griffe gewertet wurden und es keine Zeitvorgabe gab. Nach jedem Rundkreisel mussten die Probanden an den Startgriffen jeweils die Bewegungsrichtung ändern (Uhrzeiger-Gegenuhrzeiger-Uhrzeiger usw.) Die Benutzung von Magnesia war während dem Klettern erlaubt, jedoch war das Schütteln der Arme zur Erholung nicht erlaubt.

2.3.14 Rumpfkraft ventral

Zur Bestimmung der ventralen Rumpfkraft wurde der standardisierte Rumpfkrafttest von Swiss Olympic nach dem Manual „Leistungsdiagnostik Kraft“ von Tschopp (2003) durchgeführt. Der oft verwendete Test weist unter männlichen Spitzensportler eine sehr gute Test-Retest Reliabilität ($r=0.84$; Tschopp et al., 2001) und bei jungen Männern ebenfalls eine annehmbare Test-Retest Reliabilität ($r=0.77$; Wyss, 2007) auf. Der Test startete mit folgender Position: Unterarmstütz auf dem Boden, Oberarme vertikal, Unterarme parallel, Daumen nach oben, Beine gestreckt, Kontakt des spinae iliaca posterior superior mit der Messapparatur. Die Messapparatur wurde nach den Vorgaben des Protokolls so eingestellt, dass der Proband eine Gerade zwischen Rücken und Beine bildete. Nach dem Einnehmen dieser Startposition wurde die Messung gestartet. Der Proband musste in dieser Position im Sekundentakt die Füße wechselseitig um 2-5cm abheben, wobei die Knie immer gestreckt gehalten werden mussten. Als Abbruchkriterium zählten die freiwillige Aufgabe, der dritte Kontaktverlust mit der Messapparatur oder das Maximum von 180 Sekunden. Jeder Proband hatte einen Versuch, in welchem die maximale Belastung in Sekunden gewertet wurde.

2.3.15 CH Kreuz

Der CH Kreuz Test diente zur Bestimmung der Schnelligkeit und koordinativen Leistungsfähigkeit unter Zeitdruck. Das Protokoll des „Swiss Ski Power Test“ nach Vogt und Rosser (2013) wurde hierbei als Grundlage verwendet. Die Objektivität dieses Tests wird als sehr hoch ($r = > 0.99$ zwischen Handstoppzeit und elektronischer Messung; Rosser et al., 2008) und die Test-Retest Reliabilität als sehr gut ($r = 0.88$, Rosser et al., 2008) beschrieben. Der Lauf wurde auf einer Hartplatzunterlage in Turnschuhen abgehalten. Die Ausführung des Tests sah folgendermassen aus: Auf der Startlinie bereitstehen (kein fliegender Start), nach Startzeichen vorwärts in Richtung Hut A sprinten, seitwärts nach links zu B, seitwärts zurück zu A, vorwärts zu C, rückwärts zu A, seitwärts nach rechts zu D, seitwärts zurück zu A und rückwärts durchs Ziel. Der Körper des Probanden musste während dem ganzen Test nach vorne orientiert sein und die Seitwärtsbewegungen durften nicht mittels Beinüberkreuzungen durchgeführt werden. Als weiterer Fehler wurde das Verschieben der Markierungshüte gewertet. Bei einem Fehler wurde der Durchgang als ungültig gewertet. Nach dem Startkommando „Achtung-Los!“ wurde vom Versuchsleiter die Zeit mittels Handstoppuhr auf 0.01 Sekunden genau gemessen. Jeder Proband hatte für den Test zwei Versuche, wobei der bessere gewertet wurde. Zwischen den beiden Versuchen hatten die Probanden mindestens zwei Minuten Erholungszeit.

2.3.16 12 Minuten Dauerlauf

Der 12 Minuten Dauerlauf, auch Cooper Test genannt (Cooper; 1968), diente zur Überprüfung der allgemeinen aeroben Leistungsfähigkeit. Dieser Test weist unter Nachwuchssportlern eine sehr gute Test-Retest Reliabilität ($r = 0.9$; Rosser et al., 2008), gute Validität ($r = 0.9$ zu VO_{2max} ; Cooper et al., 1968) und sehr hohe Objektivität ($r = 0.97$ zwischen Lehrer- und Schülermessung Rosser et al., 2008) auf. Der Test wurde auf einem Hartplatz mit einer Rundendlänge von 100m durchgeführt, welcher alle 20m über einen Markierungskegel verfügte. Die Probanden starteten dabei auf das Kommando „Bereit-Fertig-Los!“ des Versuchsleiters und absolvierten während den 12 Minuten so viele Meter wie möglich. Vor dem Start wurden alle Probanden instruiert, möglichst regelmässig zu laufen und nach dem Schlusspfeiff noch zur nächsten Markierung zu marschieren. Alle zwei Minuten wurde die Zwischenzeit vom Versuchsleiter durchgegeben. Die Probanden hatten einen Versuch und wurden nach ihrer gelaufenen Distanz auf 20m genau bewertet.

2.4 Datenanalyse

2.4.1 Datenauswertung

Die Datenerhebung und -aufbereitung wurde mittels Tabellenkalkulationsprogramm Excel (Microsoft Excel für Windows XP 2010, Microsoft Corporation, Redmond, USA) durchgeführt. Für die Datenauswertung wurden die Wettkampfergebnisse der offiziellen Rangliste von Swiss Climbing entnommen. Die Werte der Tests „Antrittshöhe“ und „lateral foot reach“ wurden mittels der Körpergrösse relativiert und für die Datenauswertung benutzt.

Alle Daten wurden, wie beschrieben, unverändert den Testresultaten entnommen und für die statistische Auswertung verwendet.

2.4.2 Statistik

Aus den Daten wurden deskriptiv Mittelwerte und Standardabweichungen für Geschlechts- und Alterskategorien ermittelt. Entsprechend der Fragestellungen wurden mittels Korrelationskoeffizienten verschiedene Zusammenhänge geprüft. Die Daten wurden mittels Shapiro-Wilk Test auf ihre Normalverteilung geprüft. Da die Wettkampfleistung und acht weitere Tests keine Normalverteilung aufwiesen, wurden anschliessend mittels Spearman-Korrelationen die Zusammenhänge zwischen der Wettkampfleistung und den Testwerten geprüft. Für alle statistischen Tests wurde ein p-Wert < 0.05 als signifikant angenommen.

Mit dem Statistikprogramm SPSS (IBM SPSS Statistics 19, IBM Corporation, Armonk, USA) wurden alle Berechnungen vorgenommen.

3 Resultate

In Tabelle 2 sind die Testresultate als Mittelwerte und Standardabweichungen aller Probanden und getrennt nach Geschlecht ersichtlich.

Tabelle 2

Testresultate der Probanden nach Geschlecht

		Total	Männlich	Weiblich
		<i>n</i>		
		126	63	63
Kletterniveau	(UIAA)	8.31 ± 0.86	8.49 ± 0.87	8.13 ± 0.82
Antrittshöhe	(G/cm)	0.70 ± 0.09	0.68 ± 0.08	0.72 ± 0.10
Aussenrotation	(cm)	21.70 ± 3.46	21.68 ± 3.23	21.72 ± 3.70
Standweitsprung	(cm)	189.6 ± 25.7	198.8 ± 27.0	180.2 ± 20.7
Lateral foot reach	(G/cm)	1.19 ± 0.06	1.18 ± 0.06	1.20 ± 0.06
Maximalkraft	(% KG)	0.74 ± 0.11	0.77 ± 0.11	0.71 ± 0.11
Statische Kraftausdauer	(sec)	55.98 ± 21.69	61.05 ± 20.86	50.65 ± 21.42
Standardbewegung	(Pkt.)	57.71 ± 20.18	57.14 ± 21.52	58.29 ± 18.89
Bewegungspräzision	(Pkt.)	66.95 ± 21.02	70.29 ± 21.10	63.62 ± 20.56
Technik Routenklettern	(Pkt.)	56.38 ± 20.96	59.43 ± 19.80	53.33 ± 21.78
Speed	(sec)	10.86 ± 3.37	10.02 ± 3.23	11.70 ± 3.32
Klimmzug ABC	(Pkt.)	12.33 ± 4.36	13.59 ± 4.31	11.08 ± 4.06
Rundzirkel	(Griffe)	43.42 ± 31.90	48.42 ± 33.04	38.51 ± 30.18
Rumpf ventral	(sec)	157.9 ± 37.9	165.1 ± 30.8	150.6 ± 43.0
CH Kreuz	(sec)	15.26 ± 1.21	14.87 ± 1.09	15.66 ± 1.21
12min Lauf	(m)	2385 ± 319	2548 ± 227	2220 ± 315

Anmerkungen. Daten als Mittelwerte und ± Standardabweichung dargestellt. UIAA = maximale Rotpunktbegehung nach UIAA Skala, % KG = Prozent des Körpergewichts, Pkt. = Punkte nach Bewertungsskala, G/cm = Verhältnis Körpergrösse pro erreichte cm.

Die Testresultate sind in Tabelle 3 nach den verschiedenen Alterskategorien als Mittelwerte und Standardabweichungen dargestellt.

Tabelle 3

Testresultate der Probanden nach Alterskategorie

		U12	U14	U16	U18
		<i>n</i>			
		28	39	39	13
Kletterniveau	(UIAA)	7.80 ± 0.67	8.23 ± 0.73	8.67 ± 0.63	9.28 ± 0.73
Antrittshöhe	(G/cm)	0.72 ± 0.10	0.71 ± 0.11	0.69 ± 0.08	0.70 ± 0.08
Aussenrotation	(cm)	20.27 ± 2.78	21.83 ± 4.06	22.35 ± 2.90	23.46 ± 3.44
Standweitsprung	(cm)	173.3 ± 16.3	184.8 ± 16.1	203.0 ± 23.3	218.2 ± 24.3
Lateral foot reach	(G/cm)	1.21 ± 0.05	1.20 ± 0.06	1.19 ± 0.07	1.16 ± 0.07
Maximalkraft	(% KG)	0.72 ± 0.11	0.74 ± 0.10	0.75 ± 0.12	0.81 ± 0.11
Statische Kraftausdauer	(sec)	54.81 ± 18.34	56.24 ± 21.34	55.73 ± 22.22	67.31 ± 22.63
Standardbewegung	(Pkt.)	51.57 ± 17.73	54.15 ± 18.65	65.30 ± 16.44	73.23 ± 21.99
Bewegungspräzision	(Pkt.)	67.86 ± 17.90	67.69 ± 19.88	70.16 ± 18.47	71.38 ± 27.07
Technik Routenklettern	(Pkt.)	49.86 ± 19.61	54.77 ± 16.39	60.11 ± 19.61	76.00 ± 22.45
Speed	(sec)	13.00 ± 2.61	10.79 ± 2.25	9.20 ± 2.37	7.90 ± 2.31
Klimmzug ABC	(Pkt.)	10.71 ± 3.94	11.64 ± 3.68	13.35 ± 4.58	16.15 ± 3.39
Rundzirkel	(Griffe)	47.61 ± 28.49	47.92 ± 34.82	36.41 ± 26.03	59.83 ± 40.30
Rumpf ventral	(sec)	153.6 ± 39.4	157.6 ± 36.6	161.5 ± 36.4	175.3 ± 11.9
CH Kreuz	(sec)	15.79 ± 1.22	15.28 ± 0.85	14.72 ± 1.05	15.56 ± 0.78
12min Lauf	(m)	2240 ± 390	2434 ± 227	2465 ± 270	2504 ± 279

Anmerkungen. Daten als Mittelwerte und ± Standardabweichung dargestellt. UIAA = maximale Rotpunktbegehung nach UIAA Skala, % KG = Prozent des Körpergewichts, Pkt. = Punkte nach Bewertungsskala, G/cm = Verhältnis Körpergrösse pro erreichte cm, U12/U14/16/U18= Kategorie unter 12/14/16/18 Jahren mit jeweils männlichen und weiblichen Probanden.

Aufgrund von zu wenigen Wettkampfergebnissen wurden insgesamt 18 Probanden für die statistischen Zusammenhänge mit der Wettkampfleistung ausgeschlossen. Mit der Wettkampfleistung aller Probanden korrelieren die Tests Klimmzug ABC ($r_s = 0.41, p < 0.001$), statische Kraftausdauer ($r_s = 0.44, p < 0.001$), Maximalkraft ($r_s = 0.46, p < 0.001$), Bewegungspräzision ($r_s = 0.49, p < 0.001$), Technik Routenklettern ($r_s = 0.51, p < 0.001$) und Rundzirkel ($r_s = 0.64, p < 0.001$) am stärksten (Tabelle 4).

Tabelle 4

Korrelationen nach Spearman mit der Wettkampfleistung der Probanden nach Geschlecht

		Total	Männlich	Weiblich
		<i>n</i>		
		108	53	55
Antrittshöhe	(G/cm)	0.19 *	0.31 *	0.09
Aussenrotation	(cm)	- 0.10	-0.10	- 0.08
Standweitsprung	(cm)	0.20	0.14	0.37 **
Lateral foot reach	(G/cm)	0.15	0.15	0.17
Maximalkraft	(% KG)	0.46 ***	0.49 ***	0.45 ***
Statische Kraftausdauer	(sec)	0.44 ***	0.30 *	0.59 ***
Standardbewegung	(Pkt.)	0.31 **	0.33 *	0.25 *
Bewegungspräzision	(Pkt.)	0.49 ***	0.48 ***	0.40 ***
Technik Routenklettern	(Pkt.)	0.51 ***	0.48 ***	0.54 ***
Speed	(sec)	0.37 ***	- 0.33 *	- 0.47 ***
Klimmzug ABC	(Pkt.)	0.41 ***	0.24	0.62 ***
Rundzirkel	(Griffe)	0.64 ***	0.74 ***	0.55 ***
Rumpf ventral	(sec)	- 0.14	0.04	0.18
CH Kreuz	(sec)	- 0.29 *	- 0.19	- 0.23
12min Lauf	(m)	0.16	0.07	0.31 *

Anmerkungen. % KG = Prozent des Körpergewichts, Pkt. = Punkte nach Bewertungsskala, G/cm = Verhältnis Körpergrösse pro erreichte cm, Signifikanzniveau: * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$.

Bei den weiblichen Probanden korrelieren die Tests statische Kraftausdauer ($r_s = 0.59, p < 0.001$) und Klimmzug ABC ($r_s = 0.62, p < 0.001$) am grössten mit der Wettkampfleistung. In Abbildung 5 ist die Korrelation der weiblichen Probanden ($n = 55$) zwischen der Wettkampfleistung und dem Test Klimmzug ABC ersichtlich.

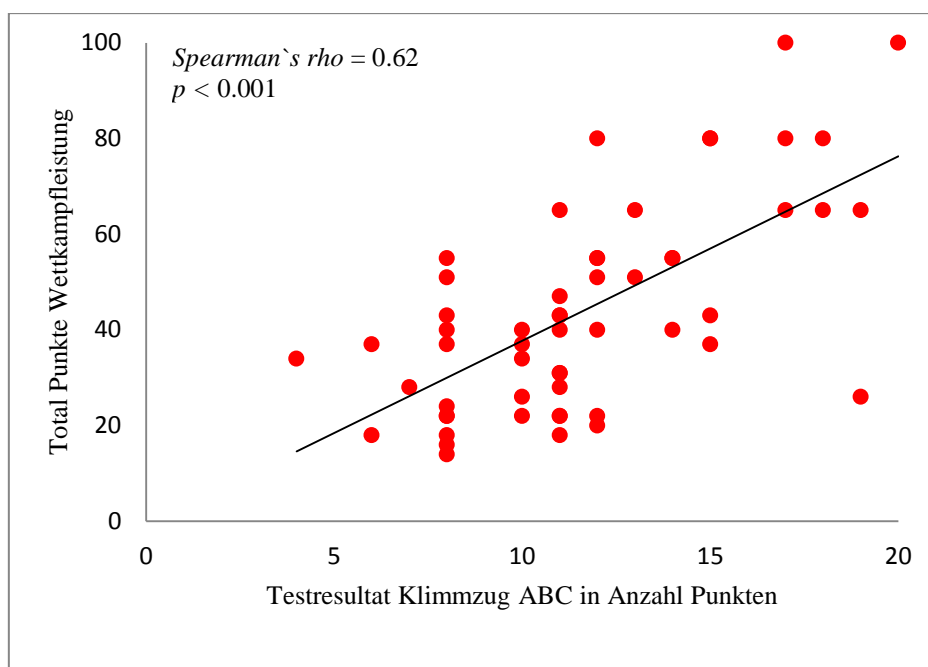


Abbildung 5. Zusammenhang zwischen der Anzahl erreichten Punkten beim Test „Klimmzug ABC“ und dem Wettkampfergebnis der weiblichen Probanden ($n = 55$). Dargestellt sind die Rohwerte.

Die Korrelation zwischen der Wettkampfleistung und dem Test Rundkreisel (Abbildung 6) korreliert bei den männlichen Probanden ($n = 53$) am grössten ($r_s = 0.74$, $p < 0.001$).

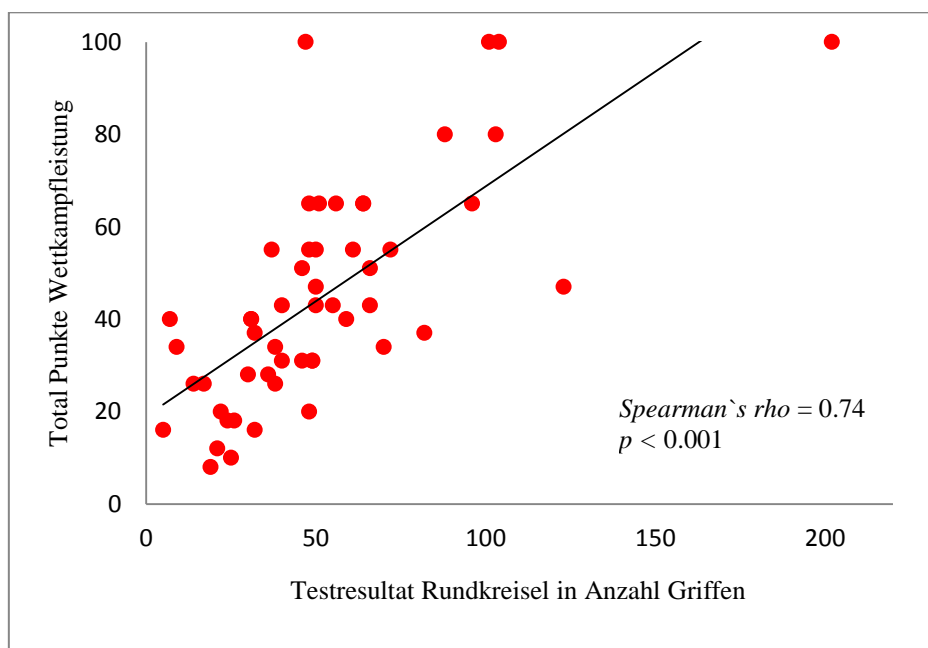


Abbildung 6. Zusammenhang zwischen der Anzahl erreichten Griffen beim Test „Rundkreisel“ und dem Wettkampfergebnis der männlichen Probanden ($n = 53$). Dargestellt sind die Rohwerte.

In Tabelle 5 sind die Korrelationen der Wettkampfleistung mit den verschiedenen Alterskategorien ersichtlich. Zwischen dem Test Rundzirkel besteht in allen Alterskategorien eine grosse bis sehr grosse signifikante Korrelation mit der Wettkampfleistung.

Tabelle 5

Korrelationen nach Spearman mit der Wettkampfleistung der Probanden nach Alterskategorie

		U12	U14	U16	U18
		<i>n</i>			
		24	37	36	11
Antrittshöhe	(G/cm)	- 0.28	0.26	0.17	0.54
Aussenrotation	(cm)	0.25	- 0.06	0.26	- 0.33
Standweitsprung	(cm)	0.33	0.32	0.29	0.16
Lateral foot reach	(G/cm)	0.25	0.04	0.33 *	0.28
Maximalkraft	(% KG)	0.35	0.27	0.62 ***	0.29
Statische Kraftausdauer	(sec)	0.35	0.39 *	0.41 *	0.58
Standardbewegung	(Pkt.)	0.18	0.17	0.41 *	0.45
Bewegungspräzision	(Pkt.)	0.36	0.60 ***	0.39 *	0.58
Technik Routenklettern	(Pkt.)	0.72 ***	0.32	0.59 ***	0.58
Speed	(sec)	- 0.78 ***	- 0.47 **	- 0.72 ***	- 0.05
Klimmzug ABC	(Pkt.)	0.60 **	0.25	0.42 **	0.20
Rundzirkel	(Griffe)	0.76 ***	0.52 **	0.61 ***	0.74 *
Rumpf ventral	(sec)	0.56 **	0.22	- 0.03	- 0.05
CH Kreuz	(sec)	- 0.37	- 0.13	- 0.44 **	0.22
12min Lauf	(m)	0.14	0.41 *	0.05	0.13

Anmerkungen. % KG = Prozent des Körpergewichts, Pkt. = Punkte nach Bewertungsskala, G/cm = Verhältnis Körpergrösse pro erreichte cm, U12/U14/16/U18= Kategorie unter 12/14/16/18 Jahren mit jeweils männlichen und weiblichen Probanden, Signifikanzniveau: : * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$, *** = $p < 0.001$.

4 Diskussion

4.1 Beantwortung der Fragestellung / Allgemeine Diskussion

Die Resultate zeigen, dass mit der Wettkampfleistung (WL) aller Probanden die Kraft-Tests Klimmzug ABC, statische Kraftausdauer und Maximalkraft, die technischen Tests Bewegungspräzision und Technik Routenklettern sowie die kletterspezifische Kraftausdauer des Rundzirkeltests am stärksten korrelieren (Tabelle 4). Die Leistungstests mit der grössten Korrelationen der WL bestehen somit nur aus kletterspezifischen Tests. Diese verteilen sich vor allem auf die physischen Leistungstests des Parameters Krafts sowie zwei subjektive Tests, bei welchen die Technik von Experten beurteilt wurde. Somit kann darauf geschlossen werden, dass die elementaren Voraussetzungen der WL im Bereich Kraft mittels Maximalkraft der Fingerbeuger, statischer und dynamischer Kraftausdauer sowie Klimmzüge definiert werden können. Um diese physischen Voraussetzungen umzusetzen, scheinen die beiden Technik Aspekte beim Routenklettern und bei verschiedenen Bewegungspräzisions Aufgaben von grosser Wichtigkeit. Der grosse Zusammenhang zwischen der WL und dem Leistungstest Rundzirkel kann darauf geschlossen werden, dass der Test sehr kletterspezifisch ist und damit eine sehr gute Aussage über die Kletterleistung geschlossen werden kann.

Weiter zeigen die Resultate, dass bei den weiblichen Probanden die Tests statische Kraftausdauer und Klimmzug ABC am grössten mit der WL korrelieren. Bei den männlichen Probanden korrelieren die Tests Maximalkraft und Rundzirkel am grössten. Somit gibt es bei den Tests mit den grössten Korrelationen einige Unterschiede zwischen den männlichen und weiblichen Probanden. Das Kletterniveau liegt bei den Damen etwas tiefer als bei den Herren (8.1 vs. 8.49, Tabelle 2). Weiter ist bei den beiden Geschlechtern ein grosser Unterschied beim Zusammenhang der WL mit dem Test statische Kraftausdauer festzustellen. Bei den weiblichen Probanden korreliert dieser Test ziemlich gross mit der WL, bei den Herren ist nur ein schwacher Zusammenhang ersichtlich. Dies könnte auf den eher statischen und kontrollierten Kletterstil vieler Damen im Vergleich zu den Herren zurückzuführen sein. Zudem würde diese Erklärung auch den Unterschied der Zusammenhänge der beiden Geschlechter beim Rundzirkel Test erklären, welche in dynamischer Kletterform absolviert wird. Bei den Herren korreliert dieser Test am grössten mit der WL. Auch bei den Damen konnte mittels diesem Test ein signifikanter Zusammenhang gefunden werden, dieser ist aber deutlich kleiner. Der Test Klimmzug ABC erreicht bei den Damen eine deutlich grössere Korrelation als bei den Herren und kann somit ebenfalls zu den wichtigen Leistungsvoraussetzungen für die WL der weiblichen Probanden bezeichnet werden. Die grösseren Muskelgruppen der Zug-,

Stütz- und Haltemuskulatur des Schultergürtels sind also gerade bei den Damen von grosser Wichtigkeit für die WL. Bei den Herren zeigen auch die etwas grösseren Mittelwerte dieses Tests (Tabelle 2), dass diese Muskelgruppen, auch bedingt durch die physiologischen Voraussetzungen, besser ausgebildet sind und so nicht direkt für die WL entscheidend sind. Die subjektiven Tests der Technikbewertungen zeigen bei beiden Geschlechtern ähnliche Korrelationen auf (Tabelle 4) und können allgemein als wichtige Parameter zur Umsetzung der anderen Leistungsfaktoren der WL genannt werden.

Bei den Tests, welche am stärksten mit der Wettkampfleistung korrelieren, gibt es diverse Unterschiede zwischen den verschiedenen Alterskategorien (Tabelle 5). Der Maximalkrafttest zeigt nur bei der U16 Kategorie einen signifikant grossen Zusammenhang mit der WL. Bei den anderen Kategorien sind eher moderate Korrelationen ersichtlich, welche sich nicht gross unterscheiden. Beim Test Klimmzug ABC konnte ein grosser Zusammenhang mit der WL ($r_s = 0.60, p < 0.01$) bei der Kategorie U12 festgestellt werden. Danach ist in den folgenden Kategorien eine abnehmende Stärke der Korrelationen (Tabelle 5) ersichtlich. Dies kann auf die Entwicklung der Schultergürtelmuskulatur zurückgeführt werden, in welcher die Mittelwerte der Kategorien (Tabelle 3) in diesem Test stark ansteigen. Somit verliert dieser Parameter in den älteren Kategorien an Einfluss auf die WL. Der Zusammenhang zwischen der WL und dem Test Rundzirkel ist in allen Kategorien gross bis sehr gross. Somit kann dieser Test als einer der wichtigsten Leistungstest genannt werden, welcher sehr kletterspezifisch ist. Die subjektiven Tests der Klettertechnik zeigen verschiedene Entwicklungen. Zum einen gewinnt der Test der Standardbewegung mit der Erhöhung der Alterskategorie an Bedeutung, obwohl der Zusammenhang mit der WL immer nur im moderaten Bereich liegt. Zum anderen kann beim Leistungstest Technik Routenklettern keine bestimmte Entwicklung der Zusammenhänge festgestellt werden. In den Kategorien U12 und U16 ist jedoch eine starke Korrelation mit der WL vorhanden. Der Test Bewegungspräzision zeigt ebenfalls moderate bis grosse Zusammenhänge mit der WL (Tabelle 5). Es kann aber auch hier keine spezielle Entwicklung zwischen den Alterskategorien festgestellt werden. Die absoluten Werte aller drei subjektiven Tests der Technik entwickeln sich aber mit Erhöhung der Alterskategorie positiv, was einer Verbesserung der Klettertechnik der Athleten entspricht.

Die Anthropometrie der Probanden entspricht jener der vorhandenen Literatur über junge Kletterer und Kletterinnen (Balas, 2011; Watts, 2003). Auch im Bereich des Kletterniveaus finden sich in der jeweiligen Alterskategorie ähnliche Werte mit den Probanden von Schöffl et al. (2011).

4.2 Leistungstests Kraft Fingerbeuger und Schultergürtel

Beim Test Maximalkraft können bei beiden Geschlechtern eine moderate bis grosse Korrelation mit der WL festgestellt werden. Bei der Kategorie U16 kann innerhalb der Alterskategorien der grösste Zusammenhang mit der WL ($r_s = 0.62$, $p < 0.001$) gefunden werden. In dieser Kategorie scheint die Maximalkraft besonders an Bedeutung zu haben und bis zu der Kategorie U18 steigen die Mittelwerte nochmals um 6% Prozent an (Tabelle 3). Gründe dafür könnten die natürliche physiologische Entwicklung in diesem Alter sowie eine Erhöhung der Trainingsinhalte in diesem Bereich sein. Die in der Literatur (Michailov et al., 2009) beschriebenen Zusammenhänge sind in dieser Studie zwar etwas tiefer, jedoch trotzdem signifikant gross. Die kurze Testdauer und sehr kletterspezifische Messung (Köstermeyer & Weineck, 1995; Michailov et al., 2009) können ebenfalls bestätigt werden. Da bei Nachwuchskletterern keine dem Autor bekannten Studien in diesem Bereich vorhanden sind, können keine Vergleiche mit gleichaltrigen Athleten gemacht werden. Die Daten liefern aber Aufschluss auf die Entwicklung während den verschiedenen Alterskategorien und den beiden Geschlechtern. Der Zusammenhang zwischen dem Test statische Kraftausdauer und der WL ist bei den weiblichen Probanden am grössten ($r_s = 0.59$, $p < 0.001$). Die Zusammenhänge mit der WL sind bei den männlichen Probanden und den Alterskategorien moderat. Die Korrelationswerte steigen jedoch innerhalb der Alterskategorien an, was auf eine zunehmende Wichtigkeit bei der WL in den älteren Kategorien schliessen könnte. Im Vergleich zu Balas et al. (2012), welche mittels diesem Test eine sehr grosse Korrelation zum Kletterniveau feststellten, sind die Zusammenhänge zur WL dieser Studie klar tiefer. Dies kann auf die unterschiedlichen Anforderungen der WL im Vergleich zum Kletterniveau im Bereich der statischen Kraftausdauer liegen.

Die Resultate des Tests Klimmzug ABC bestätigen den Vergleich mit bestehender Literatur. Balas et al. (2012) konnten einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem bent-arm hang und dem Kletterniveau der Probanden feststellen. Obwohl in der vorliegenden Studie eine erweiterte Testform des bent-arm hang und ein Zusammenhang mit der WL untersucht wurden, wurden ähnliche Parameter miteinander verglichen. Die Korrelationswerte des Klimmzug ABC Tests, respektive bent-arm hang, weisen in beiden Studien bei den weiblichen Probanden einen grösseren Zusammenhang auf, als bei den männlichen Probanden. Ebenfalls sind die allgemeinen Werte bei den weiblichen Probanden etwas tiefer. Die Wichtigkeit der Kraft im Bereich Schultergürtel, welche von den beschriebenen Studien (Grant et al. 1996,

2001; Mermier et al., 2000; Giles et al., 2006; Stankovic et al. 2014,) hervorgehoben wurde, bestätigen auch die Resultate dieser Studie.

Die kletterspezifische Kraftausdauer, welche mit dem Rundzirkel Test absolviert wurde, weist bei beiden Geschlechtern über alle Alterskategorien klar die grössten Zusammenhänge mit der WL auf (Tabelle 4). Auch weisen die Testresultate in den einzelnen Kategorien grosse bis sehr grosse Zusammenhänge (Tabelle 5) auf. Die sehr grossen Zusammenhänge mit der Wettkampfleistung bestätigen die Resultate von Schöffl et al. (2006) und Balas et al. (2014a), welche einen ähnlichen Kraftausdauertest bis zur Erschöpfung untersucht hatten. Erklären lassen sich die sehr grossen Zusammenhänge sicher durch die grosse Kletterspezifität des Tests. Ebenfalls berücksichtigt der Test die Grösse der Athleten, indem für die Altersgruppen mittels verschiedenen Rundzirkeln getestet wurden. Weiter werden beim Test die Aspekte der Technik und des Kletterrhythmus miteinbezogen, was zusätzlich der Wettkampfleistung des Leadkletterns sehr nahe kommt. Werden die absoluten Werte der beiden Geschlechter verglichen, ist ersichtlich, dass die männlichen Probanden deutlich höhere Werte als die weiblichen Probanden aufweisen (Tabelle 2). Dies ist auf die physiologischen Ausprägungen der beiden Geschlechter zurückzuführen. Durch Training und die physiologische Entwicklung kann eine natürliche Steigerung der Leistung in diesem Test bei den Alterskategorien angenommen werden, welche auch zwischen der Kategorie U12/U14 und U18 klar ersichtlich ist.

4.3 Leistungstests Beweglichkeit

Die Resultate der Antrittshöhe, welche mittels dem Test „adapted Grant foot raise“ durchgeführt wurde, bestätigen den moderaten Zusammenhang zwischen der WL, respektive dem Kletterniveau (Draper et al. 2009). Die grösste Korrelation mit der WL konnte bei den männlichen Probanden festgestellt werden ($r_s=0.31$, $p < 0.05$). Bei den weiblichen Probanden sowie den verschiedenen Alterskategorien konnten keine signifikanten Korrelationen gefunden werden (Tabelle 4/5). Die weiblichen Probanden weisen zudem leicht höhere Werte auf, innerhalb der Alterskategorien weisen die Werte jedoch nur minimale Unterschiede auf.

Der Zusammenhang beim Test „lateral foot reach“ mit der WL ist bei dieser Studie, im Vergleich des Tests mit dem Kletterniveau von Draper et al. (2009), etwas tiefer. Nur bei der Kategorie U16 kann eine moderate Korrelation mit der WL festgestellt werden ($r_s=0.33$, $p < 0.05$). Interessant ist der Vergleich der Mittelwerte bei den Alterskategorien. Weist die Kategorie U12 den grössten Wert auf, so nehmen die Werte bis zur ältesten Kategorie U18 stetig

ab. Gründe dafür könnten die mit dem Wachstum veränderten Verhältnisse der Körpergrösse/Länge der Extremitäten oder eine reduzierte Beweglichkeit sein.

Der Test zur Bestimmung der kletterspezifischen Aussenrotation der Hüfte weist nur kleine Zusammenhänge mit der WL auf. Die Mittelwerte der beiden Geschlechter sind sehr ähnlich, jedoch können auch bei diesem Test mit steigendem Alter verminderte Werte in den Kategorien festgestellt werden. Obwohl die Werte zwischen den Alterskategorien nur um bis zu 3cm abnehmen, könnten diese einen beträchtlichen Einfluss auf die Kletterleistung haben, da sich der Körperschwerpunkt damit von der Wand wegschiebt. Mittels dem Test Aussenrotation der Hüfte konnte zwar kein signifikanter Zusammenhang mit der WL festgestellt werden, jedoch könnte eine grössere Hüftbeweglichkeit Vorteile beim Klettern haben. Zu dieser Konklusion kommen auch Grant (1995), Giles et al. (2006) und Draper et al. (2009), da ein grosser Teil der Kletterbewegungen die Hüftbeweglichkeit in Anspruch nimmt. Die eher tiefen Korrelationen der Beweglichkeitstests bestätigen die beschriebene Literatur. Jedoch sind die Tests in ihrer Funktion sehr kletterspezifisch und könnten sehr gut für individuelle Messungen und als Vergleiche mit anderen Niveaugruppen verwendet werden. Leider fehlen Werte anderer Nachwuchskletterer, um diese mit den Probanden dieser Studie vergleichen zu können. Um bei den grossen Bewegungsamplituden die passiven Strukturen nicht zusätzlich zu belasten, könnte die Beweglichkeit zudem eine wichtige Rolle spielen.

4.4 Leistungstests Technik

Die drei Tests im Bereich Technik (Standardbewegung, Bewegungspräzision, Routenklettern) wurden alle subjektiv von Experten bewertet und es findet sich keine Literatur, welche die Technik bei Kletterleistungen untersucht hat. Somit ist dies die erste dem Autor bekannte Studie, welche diesen Parameter untersucht hat. Alle drei Tests weisen eine sehr gute Objektivität und Reliabilität auf, was klar für die Bewertung der Experten spricht. Wie bereits oben beschrieben, steigen bei allen drei Tests mit dem Alter auch die Bewertungswerte und somit die Qualität der Technik. Bei den Tests Standardbewegung und Routenklettern ist eine starke Verbesserung der älteren Kategorien ersichtlich (Tabelle 3). Die Werte des Tests Bewegungspräzision weisen in den verschiedenen Kategorien nur sehr geringe Unterschiede auf und sind im Vergleich mit den beiden anderen Tests grösser. Trotzdem finden sich moderate Korrelationen zwischen der WL und dem Test Bewegungspräzision in allen Kategorien. Auch die Korrelationen des Tests Routenklettern mit der WL sind moderat bis sehr gross. Dieser Test kann auch als sehr kletterspezifisch beurteilt werden, da die Probanden eine Kletterroute ähnlich

wie bei der WL absolvieren mussten. Trotz der moderaten Schwierigkeit der Testroute können Probanden mit einem besseren Kletterniveau sich wohl eher besser auf die bewerteten Aspekte konzentrieren. Dies könnte neben der allgemeinen Verbesserung durch das jahrelange Training ein Grund für die klar besseren Werte der ältesten Kategorien sein. Der Test Standardbewegung weist unter den subjektiven Tests die tiefsten Korrelationen mit der WL auf. Jedoch steigt der Zusammenhang mit der WL mit steigendem Alter kontinuierlich an, was für eine wichtigere Rolle in den höheren Alterskategorien spricht. Zwischen den männlichen und weiblichen Probanden können in allen drei subjektiven Techniktests sehr ähnliche Werte festgestellt werden.

4.5 Leistungstests Allgemeine Anforderungen

Der Leistungstest der Speedroute zeigt bei den Kategorien U12 ($r_s = -0.78, p < 0.001$) und U16 ($r_s = -0.72, p < 0.001$) einen sehr grossen Zusammenhang mit der WL auf. Bei den anderen beiden Kategorien ist nur eine moderate Korrelation vorhanden. Die teilweise grossen Korrelationen könnten auf die koordinative Bewegungsanforderung der Speedroute zurückzuführen sein. Athleten mit einem guten Bewegungsrepertoire und einer guten Hand-Bein Koordination haben sowohl an den verschiedenen Wettkämpfen wie auch in der Speedroute grosse Vorteile. Auch können entwicklungsbedingte Bereiche der Anthropometrie vor allem akzelebrierten Athleten einen Vorteil verschaffen. Dies würde auch die sehr kleine Korrelation der Altersgruppe U18 ($r_s = -0.05$) erklären, in welcher bei den Athleten nicht mehr so grosse Unterschiede in der Entwicklung wie in den jüngeren Kategorien zu finden sind. Jedoch ist bei der Kategorie U18 die kleine Probandengruppe zu beachten. Die Mittelwerte der Kategorien in Tabelle 3 zeigen, dass sich mit der Entwicklung der Athleten die Kletterzeiten zwischen U12 und U18 stark verbessern. Die männlichen Probanden weisen im Mittelwert einen etwas besseren Zeit im Vergleich mit den weiblichen Probanden (10.02s vs. 11.70s) auf, welche auf die natürliche Physiologie der beiden Geschlechter zurückzuführen ist.

Zur Bestimmung der Schnellkraft der unteren Extremitäten wurde der Standweitsprung durchgeführt. Die Resultate zeigen bei den weiblichen Probanden eine moderate Korrelation mit der WL ($r_s = 0.37, p < 0.01$). Zudem weisen die weiblichen Probanden im Vergleich mit den männlichen Probanden im Mittelwert einen um 18cm tieferen Wert auf (Tabelle 2). Gleichaltrige Athleten von Swiss Ski (Vogt & Rosser, 2013) weisen auch in diesem Test höhere Werte bei den weiblichen (1.96m vs. 1.80m) und männlichen (2.13m vs. 1.99m) Probanden auf. Dies kann auf die grössere Beanspruchung und Fokussierung im Training der Swiss

Ski Athleten zurückzuführen sein. Jedoch zeigen die Werte auch, dass bei den Kletterern noch einige Verbesserungen in diesem Bereich möglich wären. Weibliche Athleten mit einer besseren Schnellkraft können diese also zu einem bestimmten Teil bei der WL umsetzen. Gerade bei den Disziplinen Speed und Bouldern, welche viele dynamische Bewegungen beinhalten, könnte eine gute Schnellkraft der unteren Extremitäten von noch grösserem Vorteil sein.

Die kleinen Korrelationen bei den weiblichen und männlichen Probanden der WL mit dem Test Rumpf ventral bestätigen die vorhandene Literatur (Grant et al. 1996, 2001). Dabei scheint die Rumpfmuskulatur ein aktiver Parameter beim Klettern zu sein (Benito et al., 2013; Grzybowski et al., 2014), welcher aber mittels dem durchgeführten Test keinen direkten Zusammenhang mit der WL hat. Die verschiedenen Alterskategorien zeigen eine Zunahme der Leistung mit steigendem Alter. Jedoch kann nur in der Kategorie U12 ein signifikanter Zusammenhang ($r_s = 0.56$, $p < 0.01$) mit der WL festgestellt werden. Im Vergleich mit männlichen gleichaltrigen Athleten (Schmid, 2011) von Sportsportarten weisen die männlichen Probanden dieser Studie deutlich höhere Werte im Test Rumpf ventral auf (95sec vs. 165sec). Die Mittelwerte aller Probanden sind im Vergleich zu den Mittelwerten diverser Spitzensportler (Tschopp, 2003), welche ein Durchschnittsalter von 20.51 aufweisen, praktisch gleich gross. Zum einen spricht dies für die guten Werte der Nachwuchskletterer, jedoch scheint der Test Rumpf ventral vor allem für die älteren Kategorien zu wenig sportartenspezifisch zu sein. Auch wurde in dieser Studie ein Maximum von 180 Sekunden benutzt, welches in anderen Sportarten und deren Testbatterien nicht der Fall ist. Mit der Erhöhung der maximalen Belastungszeit, vor allem bei den älteren Kategorien, könnte der Test allenfalls etwas aufgewertet werden.

Der CH Kreuz Test diene zur Bestimmung der Schnelligkeit und koordinativen Leistungsfähigkeit unter Zeitdruck. In allen Kategorien und über die totalen Werte der Probanden konnten nur schwache Korrelationen mit der WL festgestellt werden. Der grösste Zusammenhang mit der WL ist in der Kategorie U16 ersichtlich, in welcher auch der Mittelwert aller Kategorien am kleinsten ist (Tabelle 3). Im Vergleich mit gleichaltrigen Athleten von Swiss Ski (Vogt & Rosser, 2013) können bei den weiblichen (14.91sec vs. 15.66sec) sowie männlichen (14.09sec vs. 14.87) Probanden dieser Studie langsamere Werte gefunden werden. Dies kann auf die unterschiedlichen Anforderungen der beiden Sportarten zurückgeführt werden.

Die moderaten Zusammenhänge des Tests 12 Minuten Lauf mit der WL bestätigen die Aussagen von Balas et al. (2014), dass die allgemeine aerobe Leistungsfähigkeit nicht einen direkten Einfluss auf die WL hat. Bei den Mittelwerten der verschiedenen Kategorien zeigt sich eine Verbesserung mit steigender Alterskategorie. Gleichaltrige Athleten von Swiss Ski (Vogt

& Rosser, 2013) weisen auch in diesem Test höhere Werte bei den weiblichen (2475m vs. 2220m) und männlichen (2755m vs. 2548m) Probanden auf. Somit kann der 12 Minuten Lauf Test zur Bestimmung der allgemeinen aeroben Leistungsfähigkeit genutzt werden, welche aber auch bei Nachwuchskletterern keinen grossen Zusammenhang mit der WL hat.

4.6 Bedeutung für die Praxis

Die in dieser Studie ermittelten Resultate können im Bereich der Trainingswissenschaft des Sportkletterns in Zukunft eingesetzt werden. So könnte das Training in den verschiedenen getesteten Bereichen genauer auf Entwicklungen beobachtet werden. Auch geben die Mittelwerte der verschiedenen Alterskategorien Anhaltspunkte für zukünftige Tests und Evaluierungen. Die bestehenden Tests des Testing Day von Swiss Climbing weisen alle gute bis sehr gute Gütekriterien auf und sind somit als sehr gutes Selektionsinstrument zu bezeichnen. Bei den erstmals durchgeführten Tests wurden im Bereich der Beweglichkeit zwar keine grossen Korrelationen gefunden, diese könnten in Zukunft aber sehr gut die Testbatterie optimieren. Die Beweglichkeitstests sind sehr kletterspezifisch und könnten somit den jungen Athleten Anhaltspunkte zu ihrem Leistungszustand in diesem Bereich liefern. Die Tests Kraftausdauer und Maximalkraft würden sich als sehr gute Trainings- und Steuerungstools in den einzelnen Kadern und der Nationalmannschaft eignen. Allgemein sind nun fundierte Mittel- und Referenzwerte für die kurz- und langfristige Selektion von Nachwuchsathleten vorhanden.

4.7 Stärken und Schwächen der Studie

Als Schwäche der vorliegenden Studie kann die unterschiedliche Zusammensetzung der Probandenanzahl bei den Alterskategorien genannt werden. Vor allem die Alterskategorie U18 weist über eine eher tiefe Probandenanzahl auf. Weiter war auch die Anzahl auszuschliessender Athleten grösser als angenommen. Mehrere Athleten mussten aufgrund von zu wenigen Wettkämpfen für die Berechnung der Korrelationen ausgeschlossen werden. Die Testmotivation kann im Allgemeinen als sehr gross beschrieben werden, da die bisherigen Tests des Testing Day für diverse Selektionen genutzt wurden. Auch können durch die qualifizierten Testleiter und die hohen Werte der Gütekriterien allgemeine Messfehler ausgeschlossen werden. Durch die erstmalige Durchführung einiger Tests wurden dort sicher für alle Athleten die gleichen Bedingungen geschaffen. Bei den bestehenden Tests des Testing Day kann nicht

nachgewiesen werden, wieviel die Athleten spezifisch für die ihnen bekannten Tests trainiert haben.

4.8 Weiterführende Fragestellungen

In zukünftigen Studien wäre es interessant herauszufinden, ob die ermittelten Resultate auch bei Elite Wettkampfkletterern Gültigkeit aufweisen. Auch Studien mit gezielten Trainingsinterventionen und Pre- und Postmessungen wären aufschlussreich, um allfällige Veränderungen des Trainings auf die Wettkampfleistung feststellen zu können. Hinsichtlich des Selektionsinstruments von Swiss Climbing könnten in Zukunft die Bereiche relative age, psychische Faktoren und ein kletterspezifischer Rumpftest weiterentwickelt werden. Weiter bleibt auch die Frage offen, wie gross die Zusammenhänge der Tests mit den einzelnen Disziplinen Speed, Lead und Bouldern sind.

5 Konklusion

Die vorliegende Studie ist die erste, dem Autor bekannte Studie, welche sich gezielt mit unterschiedlichen Leistungstests bei Nachwuchskletterern in diesem Umfang auseinandergesetzt hat. Die Resultate zeigen, dass mit der Wettkampfleistung aller Probanden die Tests Klimmzug ABC ($r_s = 0.41, p < 0.001$), statische Kraftausdauer ($r_s = 0.44, p < 0.001$), Maximalkraft ($r_s = 0.46, p < 0.001$), Bewegungspräzision ($r_s = 0.49, p < 0.001$), Technik Routenklettern ($r_s = 0.51, p < 0.001$) und Rundzirkel ($r_s = 0.64, p < 0.001$) am stärksten korrelieren. Weiter zeigen die Resultate, dass bei den weiblichen Probanden die Tests statische Kraftausdauer ($r_s = 0.59, p < 0.001$) und Klimmzug ABC ($r_s = 0.62, p < 0.001$) am grössten mit der Wettkampfleistung korrelieren. Bei den männlichen Probanden korrelieren die Tests Maximalkraft ($r_s = 0.49, p < 0.001$) und Rundzirkel ($r_s = 0.74, p < 0.001$) am grössten.

Die ermittelten Resultate geben erstmals Einblick in die Anforderungen und Zusammenhänge der Wettkampfleistung bei Nachwuchskletterern. Diese können im Bereich Trainingswissenschaft der Sportwissenschaft und zur Optimierung und Weiterentwicklung des Testing Days von Swiss Climbing eingesetzt werden. Weiter können die Resultate der Studie als Mittel- und Referenzwerte für die kurz- und langfristige Selektion von Nachwuchssportathleten verwendet werden.

Weitere Studien mit den verwendeten Leistungstests, im Bereich Nachwuchs- und Elitewettkampfkletterern, sind nötig, um die Ergebnisse dieser Studie zu erweitern und zu bestätigen.

Literaturverzeichnis

- Amca, A.M., Vigouroux, L., Aritan, S. & Berton, E. (2012). Effect of hold depth and grip technique on maximal finger forces in rock climbing. *Journal of Sports Sciences*, 30:7, 669-677.
- Balas, J., Vomarko, L. & Strejciova, B. (2011). Anthropometric and strength characteristics in young and elite climbers. *Kinanthropologica*, 47, 26-33.
- Balas, J., Pecha, O., Martin, A. & Cochrane, B. (2012). Hand–arm strength and endurance as predictors of climbing performance. *European Journal of Sport Science*, 12:1, 16-25.
- Balas, J., Panáčková, M., Strejciova, B., Martin, J.M., Cochrane, D.J., Kalab, J. & Draper, N. (2014a). The Relationship between Climbing Ability and Physiological Responses to Rock Climbing. *The Scientific World Journal*, Vol. 14, 1-6.
- Balas, J., Panáčková, M., Kodejška, J., Cochrane, D.J. & Martin, J.M. (2014b). The role of arm position during finger flexor strength measurement in sport climbers. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14, 345-354.
- Bannister, P., & Foster, P. (1986). Upper limb injuries associated with rock climbing. *British Journal of Sports Medicine*, 20(2), 55-55.
- Benito, A.M., Sedano, S., Redondo, J.C. & Cuadrado, G. (2013). Análisis cualitativo de las implicaciones musculares de la escalada deportiva de alto nivel en competición. *International Journal of Sport Science*. 32(9), 154-180.
- BMC. (2009). The British Mountaineering Council Annual Report 1 - 23. BMC. Manchester
- Bollen, S. R. (1988). Soft tissue injury in extreme rock climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 22(4), 145-147.
- Cheung, W. W., Tong, T. K., Morrison, A. B., Leung, R. W., Kwok, Y. L., & Wu, S. (2011). Anthropometrical and physiological profile of Chinese elite sport climbers. *Medicina Sportiva*, 15(1), 23-29.
- Cole, A. T. (1990). Fingertip injuries in rock climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 24(1), 14-14.

- Cooper, K.H. (1968): A means of assessing maximal oxygen intake. Correlation between field and treadmill testing. *Journal of American Medicine Association* 203, 201–204.
- Draper, N., Jones, G. A., Fryer, S., Hodgson, C., & Blackwell, G. (2008). Effect of an on-sight lead on the physiological and psychological responses to rock climbing. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7(4), 492-498.
- Draper, N., Brent, S. & Hodgson, C. (2009). Flexibility assessment and the role of flexibility as a determinant of performance in rock climbing. *International Journal of Performance Analysis of Sport*, 9, 67-89.
- Draper, N., Dickson, T., Blackwell, G., Fryer, S., Priestley, S., Winter, D. & Ellis, G. (2011). Self-reported ability assessment in rock climbing. *Journal of Sport Sciences*, 29:8, 851-858.
- España Romero, V., Ortega Porcel, F. B., García-Artero, E., Ruiz, J. R., & Gutiérrez Sainz, A. (2006). Performance, anthropometric and muscle strength characteristics in spanish elite rock climbers. *Selección*, 15(4), 176-183.
- Ferguson, R. A., & Brown, M. D. (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. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 76(2), 174-180.
- Fryer, S. (2013). *Physiological and psychological contributions to on-sight rock climbing, and the haemodynamic responses to sustained and intermittent contractions*. Unveröffentlichte Doktorarbeit, University of Canterbury, Canterbury
- Giles, L., Rhodes, E., & Taunton, J. (2006). The Physiology of Rock Climbing. *Sports Medicine*, 36(6), 529-545.
- Grant, S., Hynes, V., Whittaker, A., & Aitchison, T. (1996). Anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of elite and recreational climbers. *Journal of Sports Sciences*, 14, 301-309.
- Grant, S., Hasler, T., Davies, C., Aitchison, T.C., Wilson, J. & Whittaker, A. (2001). A comparison of the anthropometric, strength, endurance and flexibility characteristics of female elite and recreational and non-climbers. *Journal of Sports Science*, 19, 499-505.

- Grzybowski, C., Donath, L. & Wagner, H. (2014). Association between Trunk Muscle Activation and Wall Inclination during Various Static Climbing Positions: Implications for Therapeutic Climbing. *Sportverletzungen und Sportschäden*, 28, 75-84.
- Hemund, K., Madlener, G. & Sigrist, H.P. (2012). *Nachwuchs Förderkonzept Swiss Climbing SAC*. Unveröffentlichte Arbeit, Schweizer Alpen-Club, Bern.
- Hill, H. (2007). *Sport climbing: Technical skills for climbing bolted routes*. Cumbria, UK: Cicerone.
- Hodgson, C. I., Draper, N.,McMorris, T., Jones, G. A., Fryer, S.,& Coleman, I. (2008). Perceived anxiety and plasma concentrations following rock climbing with differing safety-ropeprotocols. *British Journal of Sports Medicine*, 33, 14-18.
- Horst, E. J. (2008). *Training for climbing, 2nd: The definitive guide to improving your performance*: Falcon. New Castle.
- Köstermeyer, G. & Weineck, J. (1995). Necessity of one-finger-training for the increase of performance in climbing. Comparison of force development between one- and four-finger maximum contraction. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*; 46:3, 56-62.
- Macdonald, J. H. & Callender, N. (2011). Athletic profile of highly accomplished boulderers. *Wilderness & Environmental Medicine*, 22(2), 140-143.
- Markovic, G., Dizdar ,D., Jukic I. & Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18: 551–555.
- Mermier, C. M., Janot, J. M., Parker, L. D., & Swan, J. G. (2000). Physiological and anthropometric determinants of sport climbing performance. *British Journal of Sports Medicine*, 34, 359-366.
- Michailov, M. L., Mladenov, L. V., & Schöffl, V. R. (2009). Anthropometric and strength characteristics of world-class boulderers. *Medicina Sportiva*, 13(4), 231-238.
- Morrison, A.B. & Schöffl, V. (2007). Review of the physiological responses to rock climbing in young climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 852–861.

- Nachbauer, W. (1991). *Étude sur les caractéristiques motrices spécifiques des grimpeurs de haut niveau*. In C. Dupuy, Actes du colloque E.N.S.A. Chamonix. S. 192-196. Chamonix: E.N.S.A.
- Phillips, K. C., Sassaman, J. M., & Smoliga, J. M. (2012). Optimizing rock climbing performance through sport-specific strength and conditioning. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 1-18.
- Quaine, F., Vigouroux, L., & Martin, L. (2003). Effect of simulated rock climbing finger postures on force sharing among the fingers. *Clinical Biomechanics*, 18(5), 385-388.
- Rosser, T., Müller, L., Lüthy, F & Vogt, M. (2008). Basistests SUISSE Sport Test Konzept: Validierung einer sportmotorischen Basistestbatterie für den Schul- und Nachwuchssport. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 56:3, 101-111.
- Rüdisüli, R., Birrer, D., Bürgi, A., Feldmann, R., Fuchslocher, J., Held, L., Hollenstein, C., Müller, H., Romann, M., Rauber, K., Tschopp, M. & Vogt, M. (2008). *Manual Talentdiagnostik und -selektion*. Bern: Swiss Olympic.
- Sanchez, X., Boschker, M. S. J., & Llewellyn, D. J. (2010). Pre-performance psychological states and performance in an elite climbing competition. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(2), 356-363.
- Schmid, K. (2011). *Entwicklung von Leistungswerten beim Grundkrafttest Rump mit männlichen sportgewohnten Spisportlern im Alter von 12-14 Jahren*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, EHSM, Magglingen.
- Schöffl, V. R., & Kuepper, T. (2006). Injuries at the 2005 World Championships in rock climbing. *Wilderness & Environmental Medicine*, 17(3), 187-190.
- Schöffl, V. R., Möckel, F., Köstermeyer, G., Roloff, I., & Küpper, T. (2006). Development of a performance diagnosis of the anaerobic strength endurance of the forearm flexor muscles in sport climbing. *International Journal of Sports Medicine*, 27(03), 205-211.
- Schöffl, V. R., & Schöffl, I. (2006). Injuries to the finger flexor pulley system in rock climbers: current concepts. *The Journal of Hand Surgery*, 31(4), 647-654.
- Schöffl, I., Schöffl, V., Dötsch, J., Dörr, H.G. & Jüngert, J. (2011). Correlations Between High Level Sport-Climbing and the Development of Adolescents. *Pediatric Exercise Science*, 23, 477-486.

- Sheel, A. W. (2004). Physiology of sport rock climbing. *British Journal of Sports*, 38, 355-359.
- Soles, C. (2008). *Climbing: Training for peak performance: The Mountaineers Books*. Soles. Seattle.
- Stankovic, D., Raković, A., Joksimovic, A., Petkovic, E. & Joksimovic, E. (2011). Mental imagery and visualization in sport climbing training. *Activities in Physical Education & Sport* 39, 35-38.
- Stankovic, D., Ignjatović, M., Raković, A., Puletić, M. & Hodžić, S. (2014). The strenth of sport climbers. *Physical Education and Sport*, 12, 11-18.
- Technische Kommission Sportklettern des Schweizer Alpen-Club SAC (2014, März). Reglement für nationale Sportkletterwettkämpfe. [Reglement]. Heruntergeladen von <http://www.sac-cas.ch/nc/wettkampfsport/sportklettern/baechli-swiss-climbing-cup.html?cid=2246&did=1002139&sechash=4c3d73e8>
- Thompson, S. (2011). *Unjustifiable risk?: The story of British climbing*: Cicerone Press. Cumbria.
- Tschopp, M., Bouban P., Hübner, K. & Marti, B. (2001). Messgenauigkeit eines 4-teiligen, standardisierten dynamischen Rumpfkrafttests: Erfahrungen mit gesunden männlichen Spitzensportlern. *Schweizerische Zeitschrift Sportmedizin Sporttraumatologie* 49: 67–72.
- Tschopp, M. (2003). *Leistungsdiagnostik Kraft*. [Dokument der Qualitätsentwicklung Swiss Olympic]. Heruntergeladen am 04.11.2014 von http://www.swissolympic.ch/Portaldatta/41/Resources/03_sport/verbaende/sportmedizin/downloads/leistungsdiagnostik/manual_leistungsdiagnostik_kraft,_1._teil_d.pdf
- UIAA. (2013). *Climbing Competitions History* [Dokument der geschichtlichen Entwicklung]. Heruntergeladen am 01.11.2014 von <https://www.ifsc-climbing.org/index.php/aboutifsc/what-is-the-ifsc/history>.
- Vogt, M. & Rosser, T. (2013). *Swiss Ski Power Test Ski Alpin*. [Testbeschreibung Manual]. Heruntergeladen von http://www.swiss-ski.ch/fileadmin/media/ausbildung/documents/Power_Test/Swiss-Ski_Power_Test_2013_Beschreibung_Ski_Alpin_de.pdf

- Wall, C. B., Starek, J. E., Fleck, S. J., & Byrnes, W. C. (2004). Prediction of indoor climbing performance in women rock climbers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 77-83.
- Watts, P. B, Martin, D.T, & Durtschi, S. (1993). Anthropometric profiles of elite male and female competitive sport rock climbers. *Journal of Sports Sciences*, 11(2), 113-117.
- Watts, P., Newbury, V., & Sulentic, J. (1996). Acute changes in handgrip strength, endurance, and blood lactate with sustained sport rock climbing. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36(4), 255.
- Watts, P. W., Joubert, L. M., Lish, A. K., Mast, J. D., & Wilins, B. (2003). Anthropometry of young competitive sport rock climbers. *British Journal of Sports Medicine*, 37, 420-424.
- Watts, P. B. (2004). Physiology of difficult rock climbing. *European Journal of Applied Physiology*, 91(4), 361-372.
- Wright, D. M., Royle, T. J., & Marshall, T. (2001). Indoor rock climbing: who gets injured? *British Journal of Sports Medicine*, 35(3), 181-185.
- Wyatt, J. P., McNaughton, G. W., & Grant, P. T. (1996). A prospective study of rock climbing injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 30(2), 148-150.

Eigenständigkeits- und Urheberrechtserklärung

„Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Veröffentlichungen oder aus anderweitig fremden Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.“

Alpnach, 10.März 2015

Pirmin Scheuber

„Der Unterzeichnende anerkennt, dass die vorliegende Arbeit ein Bestandteil der Ausbildung, Einheit Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität Freiburg ist. Er überträgt deshalb sämtliche Urhebernutzungsrechte (dies beinhaltet insbesondere das Recht zur Veröffentlichung oder zu anderer kommerzieller oder unentgeltlicher Nutzung) an die Universität Freiburg.“

Die Universität darf dieses Recht nur im Einverständnis des Unterzeichnenden an Dritte übertragen.

Finanzielle Ansprüche des Unterzeichnenden entstehen aus dieser Regelung keine.

Alpnach, 10. März 2015

Pirmin Scheuber

Anhang

Anhang A: Info und Einverständniserklärung

swiss climbing
 Schweizer Alpen-Club SAC
 Club Alpin Suisse
 Club Alpino Svizzero
 Club Alpin Svizzer



Liebe Eltern

Anbei finden Sie Informationen zu der Studie, welche dieses Jahr im Zusammenhang mit dem Swiss Climbing Testing Day durchgeführt wird. Die Studie wird offiziell von Swiss Climbing unterstützt.

Alle Teilnehmer werden vor dem offiziellen Teil des Swiss Climbing Testing Day fünf kleine Tests im Bereich Beweglichkeit und Kraft absolvieren. Diese sollen helfen, den Testing Day in Zukunft zu optimieren. Die Testresultate zählen nicht zur diesjährigen Wertung. Weiter werden alle anderen Daten der jährlich absolvierten Testbatterie mit den neuen Tests verglichen und in die Studie einfließen.

Die Studie soll Swiss Climbing helfen, die Resultate des Testing Day besser zu verstehen, Mittel- und Richtwerte für die Zukunft zu erhalten und die Tests evtl. auch als Trainingstool einzusetzen.

Da ihr Kind noch nicht volljährig ist, benötigen wir ihre Unterschrift und somit ihr Einverständnis zur Verwendung der Testdaten ihres Kindes. Wir bitten Sie den unteren Teil auszufüllen und an „pirmin_scheuber@hotmail.com“ zu senden oder ihrem Kind am kommenden Wochenende mitzugeben.

Sollten Sie Fragen haben, dürfen Sie sich jederzeit an Pirmin Scheuber wenden.

Vielen Dank für ihr Verständnis
 Freundliche Grüsse

Pirmin Scheuber

Kevin Hemund
 Nachwuchsverantwortlicher
 Swiss Climbing SAC

Bitte diesen Teil ausfüllen:

„Ich habe die oben genannten Informationen durchgelesen und verstanden. Die Daten des Testing Day 2014 werden vertraulich behandelt und dürfen von der Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen (EHSM) sowie der Universität Fribourg nur in anonymisierter Form für Studienzwecke verwendet werden. Hiermit erlaube ich meinem Kind an besagten Tests des Testing Day 2014 teilzunehmen.“

Name und Vorname des Kindes:

Unterschrift Elternteil:

Projektleiter: Dr. Micah Gross, Eidg. Hochschule Sport Magglingen, Ressort Leistungssport

Verantwortlicher Projekt Masterarbeit: Pirmin Scheuber

Projekttitel: Validierung und Optimierung einer Leistungstestbatterie im Sportklettern

Anhang B: Warm Up

Warm up Testing Day 2014

Lieber Testing Day Teilnehmer,

Unten findest du eine Anleitung zum Aufwärmen für den Testing Day. Je besser du die Punkte einhältst, desto weniger wird das Testergebnis durch externe Faktoren beeinflusst. Dies führt zu einer höheren Testqualität und einer besseren Vergleichbarkeit der Resultate.

Folgendes Warm up wird vor dem Beginn des Testing Days 2014 empfohlen:

- 10 min allgemeines Herz Kreislauf Aufwärmen mit ansteigender Intensität
- 5 min allgemeines Mobilisieren der Gelenke und leichtes Kräftigen
- 3 x 30 leichte Kletterzüge mit ansteigender Intensität
- 5 min Stretching der geprüften Beweglichkeit Tests

Echauffement des Testing Day 2014

Chères et chers participant(e)s des Testing Day,

Ci-dessous, tu trouveras les directives de l'échauffement pour les Testing Day. Plus tu respectes ces points, moins les résultats des tests seront influencés par des facteurs externes. Ceci permet donc d'obtenir une meilleure qualité de test ainsi qu'une meilleure comparaison des résultats.

L'échauffement suivant est conseillé avant le début des Testing Days 2014:

- 10min d'échauffement général du système cardio-vasculaire avec élévation progressive de l'intensité
- 5 min de mobilisation générale des articulations et léger renforcement
- 3 x 30 mouvements d'escalade légers avec élévation progressive de l'intensité
- 5 min de stretching des composantes évaluées dans les tests de souplesse

Anhang C: Beurteilungsskala Tests Standardbewegung, Bewegungspräzision und Technikorientierte Kletterleistung

Beurteilung Standardbewegung:

- Umsetzen von Anweisungen, Bewegungsvorbereitung, -ausführung und -abschluss, Körperschwerpunkt, Verharren, Schütteln

Beurteilung Bewegungspräzision:

- Fusspräzision, unnötige Hüpfen, Gleichgewicht, Körperschwerpunkt -Verlagerung

Beurteilung Technikorientierte Kletterleistung:

- Bewegungen in unübersichtlichem Gelände, Positionierung Körperschwerpunkt, Belasten der Griffe, Antreten, Rhythmuswechsel, Beschleunigungsfähigkeit, zielorientiertes Bewegen, Ausnutzen von Ruhepunkten

Punktgrundlage	Tendenz	Punkte für Bewertung
3 - Sehr gut	↑ gegen oben	100
3 - Sehr gut	⇒ Mitte	88
3 - Sehr gut	↓ gegen unten	76
2 - Genügend	↑ gegen oben	64
2 - Genügend	⇒ Mitte	52
2 - Genügend	↓ gegen unten	40
1 - Ungenügend	↑ gegen oben	28
1 - Ungenügend	⇒ Mitte	16
1 - Ungenügend	↓ gegen unten	4