

# Leistungslimitierende Faktoren der lokalen Muskelausdauer des Unterarmbeugers


*Eine empirische Untersuchung zur Bedeutung des Blutflusses für die Ausdauerleistung beim Sportklettern.*



Prüfender:  
**Prof. Dr. Norbert Maassen**

Hausarbeit am Institut für  
Sportwissenschaft

Autor:  
**Felix Leuoth**

  
Hannover, 2. August 2016

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>II</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Lokale Muskelausdauer beim Sportklettern</b>	<b>3</b>
2.1 Blutfluss und Leistungsfähigkeit . . . . .	4
<b>3 Methodik</b>	<b>6</b>
3.1 Studiendesign . . . . .	6
3.2 Probanden . . . . .	6
3.3 Versuchsaufbau . . . . .	7
3.4 Messtechniken . . . . .	8
3.5 Durchführung . . . . .	9
3.6 Auswertung . . . . .	10
<b>4 Vorstellung der Ergebnisse</b>	<b>11</b>
4.1 Deskriptive Analyse . . . . .	11
4.2 Hypothesentests . . . . .	13
<b>5 Diskussion</b>	<b>15</b>
5.1 Methodendiskussion . . . . .	15
5.2 Ergebnisdiskussion . . . . .	16
<b>6 Zusammenfassung und Fazit</b>	<b>17</b>
<b>Literatur</b>	<b>i</b>
<b>A Anhang</b>	<b>iii</b>
A.1 Erklärung zur selbstständigen Anfertigung . . . . .	v

## Abbildungsverzeichnis

3.1	Profil der Halteleiste . . . . .	7
3.2	Seitenansicht der Halteleiste . . . . .	7
3.3	Körperposition während des Halteintervalls . . . . .	8
4.1	Unterschiedliche Haltezeiten zwischen Test 1 und Test 2 (N=10). . . . .	11
4.2	Vergleich $t_{H1}$ zu $t_{H2}$ (N=10). . . . .	11
4.3	Beispielhafter Vergleich der Hb-Konzentration in Test 1 (oben) und Test 2 (N=1). HHb (blau), O <sub>2</sub> Hb (rot) und tHb sind je in $\mu$ Mol in untersuchtem Gewebe angegeben. Messreihen wurden zu Beginn des ersten Halteintervalls (Zeitpunkt S) auf null gesetzt. Abbruch des Versuchs erfolgte zum Zeitpunkt A. . . . .	12
4.4	Beispielhafter Vergleich des gemessenen TSI-Werts in Test 1 (oben) und Test 2 (N=1). Erstes Halteintervall startete zum Zeitpunkt S. Der Versuch endete zum Zeitpunkt A. . . . .	12
A.1	Campusboard im Escaladrome Hannover. . . . .	iv
A.2	Hängen am Campusboard bei hängenden Fingern. . . . .	iv

## Tabellenverzeichnis

3.1	Skala für subjektives Anstrengungsempfinden, modifiziert nach Köstermeyer (2014) und Medernach (2014). . . . .	10
5.1	Produktmoment Korrelation (N=9) . . . . .	15
A.1	Tabelle zur Umrechnung gängiger Schwierigkeitsskalen in S-Score zur Einstufung der Rotpunktleistung der Probanden. Modifiziert nach Brent, Draper, Hodgson und Blackwell (2009). . . . .	iii

## Abkürzungsverzeichnis

FDP	.....	Musculus flexor digitorum profundus
FTI	.....	Force-Time-Integral
Hb	.....	Hämoglobin
HHb	.....	desoxiginierten Hämoglobins
IHT	.....	Intermittent Hängetest
MVC	.....	maximale willkürliche Kontraktion
NIRS	.....	Nah-Infrarot-Spektroskopie
O <sub>2</sub>	.....	Sauerstoff
O <sub>2</sub> Hb	.....	oxiginierten Hämoglobins
S-Score	.....	Study Score, Schwierigkeitsskala
t <sub>ges</sub>	.....	gesamt Testdauer
t <sub>H</sub>	.....	Haltezeit
tHb	.....	totale Hämoglobinkonzentration

## 1 Einleitung

Das Sportklettern ist eine sehr junge Sportart, die in ihrer heutigen Form am Ende der 1960er Jahren in den USA entstand. Seit dem haben sich innerhalb des Sportkletterns neue Disziplinen wie das Bouldern und Speedklettern gebildet und es entwickelten sich international einheitliche Wettkampfformen. Auf Basis des „Trial-and-Error“-Prinzips entwarfen die Kletterer<sup>1</sup> eigene Trainingsmethoden, wobei sie sich auch an sportwissenschaftlichen Erkenntnissen aus anderen Disziplinen orientierten (Moffatt, 2009). Kletterbezogene sportwissenschaftliche Forschung gibt es seit dem Ende der 1980er Jahre, z. B. durch Güllich und Kubin (1989). Dementsprechend sind auch heute noch grundlegende kletterspezifische Phänomene nur oberflächlich untersucht, wie beispielsweise die Ausdauerkomponente des Kletterns. Medernach (2014) beschreibt sie als die periphere Ermüdungswiderstandsfähigkeit der Unterarmflexoren (Musculus flexor digitorum profundus und Musculus flexor carpi radialis) bei isometrischer Muskelkontraktion mit wiederkehrenden, mehr oder weniger langen Unterbrechungen während des Weitergreifens zum nächsten Griff (i.d.R. einseitige Entlastung der Arme) oder während Schüttelstellen, in denen eine ein- oder beidseitige Entlastung der Arme erfolgen könne.

Es zeichnet sich ab, dass die physiologischen Prozesse beim Sportklettern sehr komplex und nicht vergleichbar mit anderen Sportarten sind (Michailov, 2014). Dementsprechend müssen sportartspezifische Messverfahren konstruiert werden, die zur Entwicklung sportartspezifischer Modelle der physiologischen Prozesse beitragen. Als Beispiel seien der *Intermittent Hängetest* (IHT) unter Verwendung des *Force-Time-Integrals* (FTI) zur Bestimmung der Ausdauerleistung beim Klettern genannt (Cutts & Bollen, 1993; Ferguson & Brown, 1997). Beim IHT wird das Be- und Entlasten eines Klettergriffs bei vorgegebenen Halte- und Ruhezeiten simuliert, wobei sich an klettertypischen Belastungszeiten orientiert wird. Die Messung der Leistung erfolgt entweder über die summierte Haltezeit bis zum Versuchsabbruch oder bei fortschrittlichen Testgeräten über Druckplatten, die die Haltekraft am Griff messen können. Bei letzterer Methode werden die gemessenen Haltekräfte mit der Haltezeit multipliziert woraus das FTI resultiert. Jüngere Untersuchungen nutzten diese Tests um aufzuzeigen, dass die Oxiginierung und Durchblutung der Unterarme leistungslimitierende Faktoren für die Ausdauerleistung beim Klettern sind (Fryer u. a., 2015; Thompson, Farrow, Hunt, Lewis & Ferguson, 2015; Baláš u. a., 2015). Ein Teil dieser Ergeb-

---

<sup>1</sup>Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für alle Geschlechter.

nisse soll im Rahmen der Arbeit experimentell reproduziert werden und Ursachen für diese Befunde diskutiert werden. Dabei soll die Rolle der Durchblutung im Zentrum stehen und belegt werden, dass die Durchblutung der Unterarmflexoren eine leistungslimitierende Größe für die kletterspezifische Ausdauer darstellt. Die forschungsleitende Fragestellung lautet daher: Stellt die Durchblutung der Unterarmflexoren eine leistungslimitierende Größe für die kletterspezifische Ausdauer dar? Dies ließe sich zeigen, sofern die Verminderung der Durchblutung im Unterarm zu einer Reduzierung der kletterspezifischen Ausdauerleistung führe. Dies stellt somit die zugrundeliegende Forschungshypothese dar. Da keine Messapparate zu Verfügung stehen, um sie zu beantworten, muss ein geeignetes Messgerät im Rahmen der gegebenen finanziellen und institutionellen Möglichkeiten entwickelt werden. Durch die Bereitstellung ihrer Räumlichkeiten wurde die Untersuchung von der Kletterhalle Escaladrome Hannover dankenswerterweise unterstützt.

## 2 Lokale Muskelausdauer beim Sportklettern

Die Fähigkeit, eine gegebene Leistung über einen möglichst langen Zeitraum zu erhalten, wird als Ausdauer bezeichnet. Wird weniger als  $\frac{1}{7}$  bis  $\frac{1}{6}$  der gesamten Skelettmuskulatur beansprucht, spricht man von lokaler Muskelausdauer andernfalls von allgemeiner Ausdauer. Diese Festlegung des Grenzwerts beruht auf der Annahme, dass die Leistung derartig kleiner Muskelgruppen nicht durch ein gesundes kardiopulmonales System beeinflusst wird. Dies wird als morphologische Unterscheidung der Ausdauerarten bezeichnet. Biochemisch unterteilen sich die Ausdauerarten jeweils in aerobe und aneorobe Ausdauer. Die aeroben Stoffwechselfvorgänge werden üblicherweise durch dynamische Arbeit angesprochen. Bei statischer Arbeit erfolgt die Energiebereitstellung bis zu einem Einsatz von 15% der Maximalkraft ausschließlich auf dem aeroben Weg (Hollmann & Strüder, 2009). Bei höheren Belastungen bewirkt der intramuskuläre Druck, der durch die Anspannung des Muskels entsteht, eine Kapillarkompression, die die Muskeldurchblutung reduziert (de Marées & Heck, 2002).

Es stellt sich nun die Frage, welche Form der lokalen Muskelausdauer für das Sportklettern relevant ist. Medernach (2014) stellt fest, dass die Belastung der Unterarme beim Greifen über 15% der Maximalkraft liegt und sogar hohe Belastungsintensitäten von 80% der maximalen statischen Kraft erreicht werden. Da bei einer Belastungsintensität von über 35% bis 50% der Maximalkraft der Anteil der anaeroben Energiebereitstellung immer stärker ansteigt, ist die lokale anaerobe Muskelausdauer der Unterarmmuskulatur ebenfalls leistungsbestimmend. Es kann bei der Energiebereitstellung von einer anaerob-aeroben Mischform gesprochen werden (Medernach, 2014). Eine weitere Unterscheidung der Muskelausdauerarten erfolgt nach biophysikalischen Maßstäben. Es wird zwischen statischer und dynamischer Arbeit unterschieden. Beim Klettern arbeiten die Unterarmflexoren vor allem isometrisch (MacLeod, 2012; Medernach, 2014). Es handelt sich bei der kletterspezifischen Ausdauer also um eine Form der lokalen statischen Muskelausdauer, bei der weder die anaerobe noch die aerobe Energiebereitstellung überwiegt.

Auf die lokale anaerobe statische Muskelausdauer wirken sich mehrere leistungslimitierende Faktoren aus. Das sind die anaerob entwickelbare Energiemenge, die von der Qualität und Quantität der entsprechenden Energiedepots abhängt, und die lokale und zentrale Ermüdung. Ebenfalls gibt es einen positiven Zusammenhang zwischen der maximalen statischen Kraft, die der Muskel erbringen kann und seiner lokalen statischen Ausdauer (Hollmann & Strüder, 2009).



In relativ leichten Kletterpassagen oder während Ruhephasen verringert sich der intramuskuläre Druck, wodurch die Blutzufuhr wieder erhöht und die Sauerstoffzufuhr wieder hergestellt wird (MacLeod u. a., 2007; Hollmann & Strüder, 2009). Eine vermehrte Energiegewinnung auf aeroben Weg ist somit möglich. Die lokale aerobe statische Muskelausdauer wird durch die Kapazität des mitochondrialen Stoffwechsels, die Größe des lokalen Kohlenhydratdepots und des intrazellulären Sauerstoffangebots pro Zeiteinheit limitiert (de Marées & Heck, 2002; Hollmann & Strüder, 2009). Laut Medernach (2014) sei letzteres für die Kletterer von besonderer Relevanz. Die Wiederherstellung der Sauerstoffbereitstellung, bzw. die Steigerung des verfügbaren Sauerstoffs pro Zeiteinheit in den Ruhephasen sei nach MacLeod u. a. (2007) ein bestimmender Faktor für die Ausdauerleistung beim Klettern. Die Autoren betrachteten in ihrer durch eine Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) gestützten Untersuchung vordergründig die Steigerung des verfügbaren oxigenierten Hämoglobins ( $O_2Hb$ , vgl. 2.1) in den Ruhephasen. Auf Basis ihrer Ergebnisse ließen sich 41,1% der Varianz der Ausdauerleistung durch die Reoxiginierung (Vgl. 2.1) während der Ruhephasen erklären, woraus sie schließen, dass diese leistungsbestimmend ist. Fryer u. a. (2015) konnten bei Spitzenkletterern eine signifikant höhere Deoxiginierung während der Haltephasen und eine schnellere Reoxiginierung in den Ruhephasen im Vergleich zu Kletterern mit niedrigeren Leistungsniveaus feststellen. Die Leistungen wurden jeweils mittels eines IHT und dem FTI bestimmt.

### 2.1 Blutfluss und Leistungsfähigkeit

Da die Leistung der lokalen aeroben statischen Muskelausdauer durch die intrazellulär bereitgestellten Sauerstoff begrenzt ist, hängt die Leistungsfähigkeit auch vom Blutfluss im Gewebe ab. Schließlich erfolgt der Transport von Nährstoffen, Stoffwechselprodukten, Elektrolyten, Gasen, wie dem  $O_2$ , und anderen Stoffen über das Blut (de Marées & Heck, 2002). Eine Herabsetzung der Durchblutung und folglich der bereitgestellten Sauerstoffmenge, zieht eine Leistungsreduzierung mit sich (Hollmann & Strüder, 2009). Im folgenden werden Mechanismen genannt, die einen Einfluss auf Durchblutung und Sauerstoffbereitstellung haben.

Für den Sauerstofftransport ist vor allem der rote Blutfarbstoff Hämoglobin (Hb) zuständig. An seinem zweiwertigen Eisenatom ( $Fe^{++}$ ) werden durch den Oxiginierung (auch Oxigenation) genannten Vorgang  $O_2$  gebunden. Bei durchschnittlich 15 g Hb pro 100 ml Blut

können in dieser Menge maximal 20 ml O<sub>2</sub> angelagert werden. Ein deutlich geringer Teil (0,3 ml O<sub>2</sub>/100 ml Blut) des transportierten Sauerstoffs wird physikalisch im Blut gelöst. Der Stoffaustausch zwischen Blut und Gewebe erfolgt im Kapillargebiet. Dabei diffundiert der Stoff, z. B. das O<sub>2</sub>, durch die Kapillarwand in den Raum zwischen den Zellen und weiter in die Muskelzelle. Der Abtransport von Stoffen aus der Zelle erfolgt auf umgekehrtem Weg. Die Diffusionsrate hängt von dem vorherrschenden Partialdruckgefälle bei Gasen, bzw. dem Konzentrationsgefälle bei gelösten Substanzen ab. Die Menge der diffundierenden Stoffe hängt zusätzlich von der Größe der Diffusionsfläche und Länge der Diffusionswege ab. Je höher das Partial- oder Konzentrationsgefälle, je größer die Diffusionsfläche und je kürzer der Diffusionsweg, desto größer die Stoffmenge, die pro Zeiteinheit diffundieren kann. Ein sehr geringer Teil des Stoffaustausches erfolgt zudem über Filtration, auf Grund des unterschiedlich hohen Drucks in der Kapillare und den Zellzwischenräumen. Die Stoffmenge, die über diesen Weg ausgetauscht wird, hängt neben dem Filtrationsdruck auch von der Permeabilität der Kapillarwand und der Größe der Austauschfläche ab. Darüber hinaus wird die Gewebedurchblutung durch den peripheren Gefäßwiderstand limitiert. Veränderungen dieses Widerstandes werden hauptsächlich durch drei Mechanismen gesteuert: den vasokonstriktorisch wirkenden sympathischen Nervenfasern, den cholinergen sympathischen Nervenfasern und durch lokal-chemische Regulation (de Marées & Heck, 2002).

Bei muskulärer Arbeit reagiert der Körper auf den gesteigerten Sauerstoffbedarf mit einer Öffnung verschlossener Kapillaren, um damit die Zahl der blutdurchströmten Kapillaren zu erhöhen. Dadurch erhöht sich sowohl die Diffusionsfläche als auch die Blutmenge im Gewebe. Dieser Effekt und eine mögliche Steigerung der Kapillanzahl bei ausdauertrainierten Sportlern, deren Existenz umstritten ist, wird auch als *verbesserte Kapillarisation* bezeichnet (de Marées & Heck, 2002). Die muskuläre Arbeit wirkt sich auch auf die Affinität des Hämoglobins aus, O<sub>2</sub> zu binden. Diese sinkt bei steigender Wasserstoffionenkonzentration und Bluttemperatur, steigendem CO<sub>2</sub>-Partialdruck und einem steigendem Gehalt an Diphosphoglyzerat in den Erythrozyten. Da bei muskulärer Arbeit die Bluttemperatur steigt, vermehrt Kohlendioxid vorliegt und die H<sup>+</sup>-Ionenkonzentration steigt, gibt das Hämoglobin eine höhere O<sub>2</sub>-Menge an den Muskel ab (de Marées & Heck, 2002).

## 3 Methodik

Die Testreihe besteht aus zwei IHTs in verschiedenen Ausführungen, die im Abstand von wenigen Tagen durchgeführt werden. Im Folgenden wird der Studienablauf detailliert dargestellt. Fortan werden die Mittelwerte und Standardabweichungen erhobener Daten in der Form „Mittelwert  $\pm$  SD“ wiedergegeben.

### 3.1 Studiendesign

Jeder Proband durchlief zwei IHTs die unter standardisierten Bedingungen durchgeführt wurden. Die Probanden durften die 36 Stunden vor den Testläufen keine kletterähnlichen Tätigkeiten, also z. B. Bouldern, Kletterrouten schrauben oder Krafttraining, ausführen. Die Durchführung der ersten Testreihe erfolgte bei allen Athleten am selben Tag; der zweite Termin nach einer Pause von einem oder zwei Tagen. Der Versuchsaufbau war dabei verschiedenartig, sodass der intraindividuelle Vergleich der Leistung analysiert wird. Das Design wurde durch einen Pretest (n=4) auf seine Funktionalität untersucht. Der in der Studie durchgeführte Versuchsaufbau unterschied sich jedoch in wenigen Punkten von dem im Pretest gewählten Ablauf (Vgl. 3.3).

### 3.2 Probanden

Für den Aufbau der Studie war es notwendig Probanden zu gewinnen, die eine ähnlich gute Fingerkraft aufweisen (Vgl. 3.3). Daher wurden die Probanden nach ihrer maximalen rotpunkt Leistung im Bouldern befragt (Draper u. a., 2011), unter der Annahme, dass die maximale Boulderleistung und maximale Fingerkraft korrelieren. Etwas rotpunkt zu klettern bedeutet eine Kletterstrecke stückweise zu erarbeiten und sie dann sturzfrei zu durchsteigen (Hoffmann, 2008). Die durchschnittliche Boulderleistung betrug  $10,2 \pm 1,3$  Study Score (S-Score) und alle Probanden sind als *Advanced* oder *Elite* zu klassifizieren (siehe A.1). Bei der durchschnittlichen Leistung im Leadklettern ergab sich bei 8 der 10 Probanden ein niedriger S-Score im Vergleich zur Boulderleistung; im Mittel lag er bei  $8,1 \pm 2,6$ . Einer der Probanden wies lediglich einen S-Score von 4 auf und ist im Lead als *Intermediate* einzustufen (Brent, Draper, Hodgson & Blackwell, 2009), ein anderer konnte zu diesem Punkt keine Angaben machen.

Auf eine Probandeneinwilligungserklärung wurde verzichtet, da keine invasiven Eingriffe vorgenommen wurden. Aus diesem Grund wurden auch Jugendliche, die nicht volljährig sind, aber das 16. Lebensjahr erreicht haben, als Probanden zugelassen. Das mittlere Alter der Probanden betrug  $23,7 \pm 5$  Jahre. Alle Probanden waren männlich. Ihre durchschnittliche Körpergröße betrug  $1,82 \pm 0,07$  m und das mittlere Gewicht lag bei  $72,1 \pm 8$  kg (BMI:  $21,7 \pm 1,6$ ).

### 3.3 Versuchsaufbau

Die IHTs wurden an einem modifizierten Campusboard durchgeführt. Es handelt sich um ein kletterspezifisches Trainingsgerät, das aus einer 20 Grad überhängenden Holzplatte besteht, an der zwischen 1 und 4 cm tiefe und ca. 50 cm Breite Holzleisten horizontal im Abstand von etwa 15 cm befestigt wurden (Vgl. Abb. A.1). Um eine vergleichbare Griffform wie im Versuchsaufbau von Medernach (2014) zu erreichen, wurde eine Holzleist um 5 mm verschmälert, sodass sich eine 3,5 mm tiefe Auflagefläche ergab (Vgl. Abb. 3.1). An dieser Auflagefläche hing der Proband während des Tests mit beiden Händen an hängenden Fingern (Vgl. Abb. A.2). Der Daumen durfte dabei in keiner Weise als Unterstützung benutzt werden. Der Griffabstand konnte frei gewählt werden, jedoch soll er während der Testläufe identisch bleiben. Die gewählten Griffstellen durften variieren, damit der Proband keinen schweißgenässten Teil der Campusleiste halten musste. Es war den Probanden ein einmaliges Strecken der Finger pro Ruheintervall gestattet. Eine Kontraktion der Unterarmflexoren oder das Ausschütteln der Arme war wiederum untersagt.



Abb. 3.1: Profil der Halteleiste

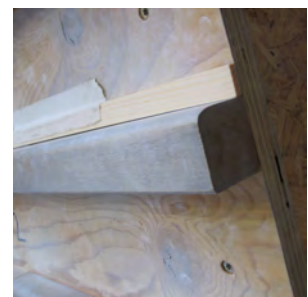


Abb. 3.2: Seitenansicht der Halteleiste

In dieser Untersuchung wurde auf eine Bestimmung der maximalen willkürlichen Kontraktion der Unterarmflexoren (MVC) verzichtet. Es stand für diese Studie kein geeignetes Messgerät zur Bestimmung des Werts, noch zur Durchführung des IHT bei einem prozentual gegebenen MVC-Level, wie es alle aktuellen großen Studien durchführen (z. B. Baláš, Panáčková, Kodejška, Cochrane & Martin, 2014; Fryer u. a., 2015; Baláš u. a., 2015), zu Verfügung. Um

diese Problematik zu minimieren wurden lediglich leistungsstarke Boulderer als Probanden zugelassen, da anzunehmen ist, dass sich ihr Fingerkraft-Niveau ähnelt.

Der Einsatz von Magnesia war nur vor Beginn des IHT gestattet. Das Hängen erfolgte, wie in Abb. 3.3 dargestellt, an leicht gebeugten Armen. Endstellungen der Gelenke wurden vermieden, sodass die Ellenbogengelenke zwischen  $30^\circ$  und  $50^\circ$  gebeugt waren und die Schultergelenke eine Abspreizung von  $130^\circ$  bis  $150^\circ$  aufwiesen (Baláš u. a., 2014).

Die Belastungs- und Ruhephasen werden in einem Verhältnis von 2:1 durchgeführt (Medernach, 2014). Das Halteintervall dauert 8 Sekunden und das Ruheintervall 4 Sekunden. Während des Ruheintervalls stehen die Probanden und die Arme werden bei dem ersten Tests nach oben gestreckt,



Abb. 3.3: Körperposition während des Halteintervalls

aber im zweiten Test nach unten. Durch die veränderte Positionierung sollte im zweiten Test eine höhere Durchblutung festzustellen sein. Der Versuchsaufbau orientiert sich an einer Untersuchung von Maassen und Schneider (1997), die bei einem Handergometertests eine verminderte Durchblutung durch die Durchführung mit vertikaler statt horizontaler Armposition simulierten. Im Gegensatz zum Pretest durften die Probanden im zweiten Testaufbau die Arme nicht ausschütteln. Dies hätte zu einer noch höheren Durchblutung führen können, wodurch die Vergleichbar- und Reproduzierbarkeit durch unterschiedliche Schütteltechniken gestört worden wäre.

### 3.4 Messtechniken

Die Durchblutungsmessung wurde mit einem NIRS-System, genauer dem Portamon der Firma Artinis Medical Systems (Niederlande), durchgeführt. Das Gerät misst mit einer Frequenz von 10 Hz mittels Nah-Infrarot-Strahlung die Konzentrationsveränderung des oxige-

nierten Hb, des deoxiginierten Hb (HHb) und gesamten Hämoglobins (tHb) des unter dem Gerät befindlichen Gewebes. Es gibt je relative Konzentrationsänderungen seit Messbeginn an. Die Messdaten werden per Bluetooth auf einen Laptop übertragen und können an ihm in Echtzeit im Programm Oxysoft (Artinis Medical Systems, Niederlande) eingesehen werden. Oxysoft errechnet zudem den *tissue saturation index* (TSI), der den prozentualen Anteil des im Blut befindlichen oxigenierten Hämoglobins angibt. Als Zeitgeber während des IHT wurde die Android-App „Interval Timer“ des Entwicklers dreamspark verwendet.

### 3.5 Durchführung

Die Probanden begannen den Testlauf jeweils mit einer 15- bis 20-minütigen Erwärmung in der 12 bis 15 Boulder im subjektiven Schwierigkeitsgrad von *sehr leicht* bis *etwas anstrengend* geklettert werden mussten. Damit die Probanden passende Boulder wählen, wurden ihnen zu den schriftlichen Hinweisen zur Versuchsdurchführung auch eine Skala zur Einschätzung des subjektiven Anforderungsniveaus (Köstermeyer, 2014)) gereicht (siehe Tab. 3.1). Auf die Erwärmung folgte eine Pause von sieben Minuten, in der der Ablauf des Tests noch einmal besprochen und das NIRS-Gerät am Probanden befestigt wurde. Das Gerät wurde oberhalb des Musculus flexor digitorum profundus (FDP) platziert, da dieser der dominante Muskel bei der gewählten Handposition ist (Schweizer & Hudek, 2011). Um den Muskel zu lokalisieren, wurde bei gebeugtem Handgelenk auf der Linie zwischen Epicondylus medialis humeri und Handwurzel die härteste Stelle palpiert. Auf ihr wurde das mit einer klaren Plastikhülle versehene Portamon mit Tape befestigt. Um verfälschende Lichtmissionen zu verhindern, wurde der Arm auf der Höhe des Geräts mit einer schwarzen Stulpe überzogen.

Etwa 30 Sekunden vor Beginn des IHT stellte sich der Proband vor das Campusboard. Die Arme durften erst in einem 5-sekündigen Intervall vor dem Test erhoben und an der Leiste positioniert werden. Dann startete das erste Halteintervall, das in Oxysoft markiert wurde. Es erfolgte ein Wechsel zwischen einem 8-sekündigen Halteintervall und einer 4-sekündigen Ruhephase. Den Probanden wurden die Intervallenden jeweils mit einem Countdown mitgeteilt. Da beim ersten Test, die Hände während der Ruhephase nahe der Griffleiste verweilten, war ein pünktliches Zugreifen sichergestellt. Bei dem zweiten Testlauf hätte das Heben der Arme zu unterschiedlichen Zeitpunkten zu unterschiedlich langen Verweildauer

---

0	Sehr leicht	Aufwärboulder
1	Leicht	Boulder nicht besonders anstrengend
2	Etwas anstrengend	Boulder kann sicher geklettert werden
3	Anstrengend	Boulder kann 2-3 mal geklettert werden
4	Schwer	Boulder kann gerade noch geklettert werden
5	Maximal	Boulder kann bei besten Bedingungen einmal geklettert werden

---

Tab. 3.1: Skala für subjektives Anstrengungsempfinden, modifiziert nach Köstermeyer (2014) und Medernach (2014).

in den unterschiedlichen Armpositionen führen können. Deshalb mussten die Probanden die Arme 1,5 s vor Ablauf des Ruheintervalls heben.

Die Probanden wurden nicht angefeuert, aber auf kleinere Fehler, z. B. Hängen in Endstellung oder zu spätes Heben der Arme, hingewiesen. Größere Fehler hätten einen Abbruch des Testlaufs nach sich gezogen, wozu es jedoch nicht kam. So wurde der Test lediglich abgebrochen, sobald sich der Proband während eines Halteintervalls auf den Boden absetzt. Der Zeitpunkt des Absetzens wurde wiederum in Oxysoft festgehalten.

### 3.6 Auswertung

Die Bestimmung der Haltezeit in Sekunden ( $t_H$ ) erfolgte rechnerisch auf Basis der gesamten Testdauer ( $t_{ges}$ ) und der absolvierten Intervallstufen ( $n_{stufe}$ ). Es wurde angenommen, dass die Probanden die Pausenzeiten exakt eingehalten haben, sodass folgende Näherung gilt:  $t_{ges} - 4 s * n_{stufe} = t_H$ . Zur statistischen Auswertung wurde Microsoft Excel und das Statistikpaket R mit RStudio (RStudio, Inc.) genutzt.

## 4 Vorstellung der Ergebnisse

Die Durchführung der Testläufe erfolgte im Sommer bei stark schwankenden Temperaturen. Der erste Test wurde bei einer Raumtemperatur von 22 °C durchgeführt. Beim zweiten Test lag die Raumtemperatur bei 27,5 °C.

### 4.1 Deskriptive Analyse

Die Probanden erreichten während des ersten Testlaufs eine durchschnittliche Haltezeit von  $99,7 \pm 34,7$  s und im zweiten Test eine Haltezeit von  $109,8 \pm 37,2$  s (Vgl. Abb. 4.1). Der durchschnittliche Zeitunterschied zwischen den Tests lag bei  $10,1 \pm 8$  s und die durchschnittliche Steigerung der Probanden lag bei  $10,55 \pm 7,6$  %. Mit Ausnahme eines Probanden lagen alle Leistungen im zweiten Test höher als im ersten (Vgl. Abb. 4.2)

Die Auswertung der mit dem NIRS gemessenen Blutwerte ergab einen regelmäßigen Wechsel des Steigens und Sinkens des  $O_2Hb$ , des  $tHb$  und des TSI bei allen Probanden unabhängig vom Testaufbau (Vgl. Abb. 4.3 und 4.4). Während einer kurzen Anpassungsphase von etwa zwei Halte- und einem Ruheintervall nahm die  $O_2Hb$  und der TSI stark ab und die  $HHb$  stark zu, sofern man die Konzentrationen dieser ersten Phase mit dem weiteren Versuchsverlauf vergleicht. Danach zeigte sich ein zyklischer Verlauf der  $O_2Hb$ , der  $tHb$  und des TSI. Während des Halteintervalls fielen die drei Werte exponentiell bis zum Intervallende. In den ersten beiden Sekunden des Ruheinter-

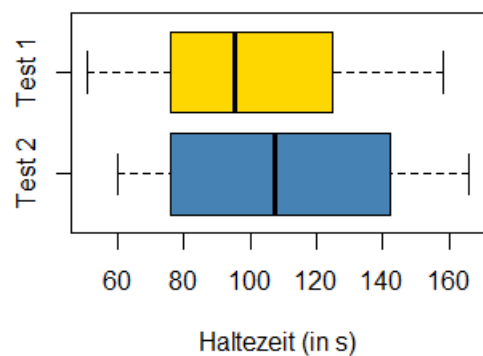


Abb. 4.1: Unterschiedliche Haltezeiten zwischen Test 1 und Test 2 (N=10).

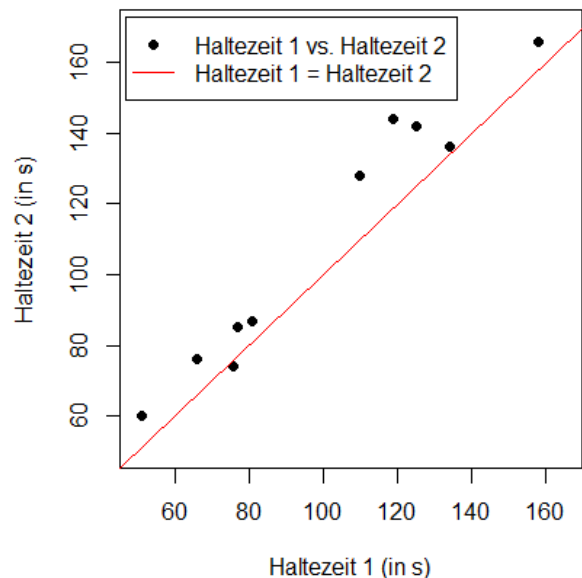


Abb. 4.2: Vergleich  $t_{H1}$  zu  $t_{H2}$  (N=10).



## 4 VORSTELLUNG DER ERGEBNISSE

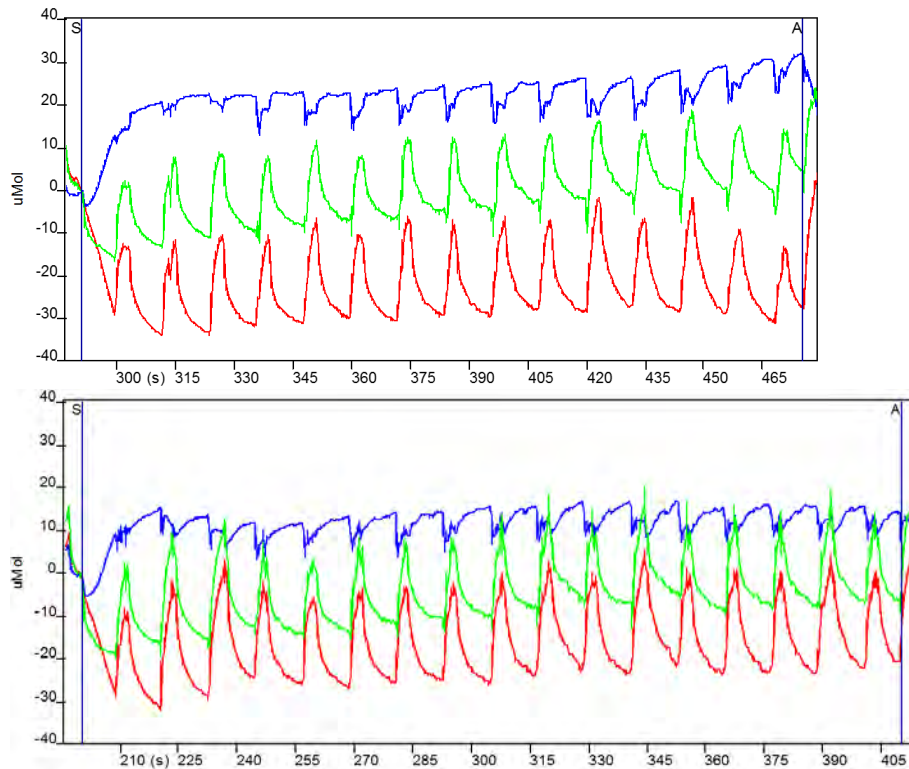


Abb. 4.3: Beispielhafter Vergleich der Hb-Konzentration in Test 1 (oben) und Test 2 (N=1). HHb (blau), O<sub>2</sub>Hb (rot) und tHb sind je in  $\mu\text{Mol}$  in untersuchtem Gewebe angegeben. Messreihen wurden zu Beginn des ersten Halteintervalls (Zeitpunkt S) auf null gesetzt. Abbruch des Versuchs erfolgte zum Zeitpunkt A.

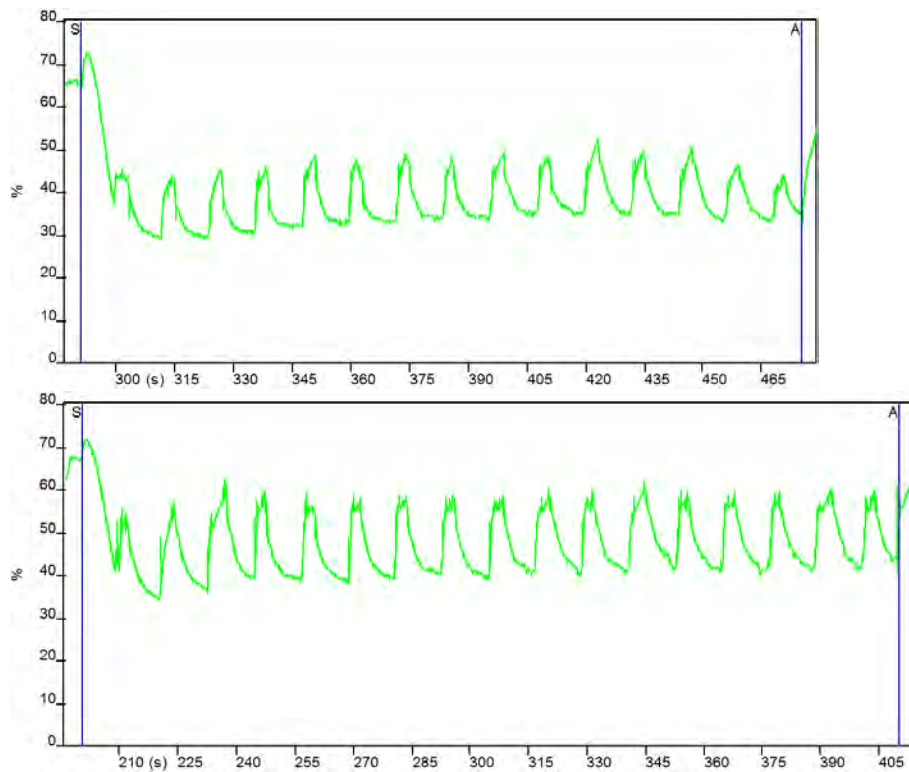


Abb. 4.4: Beispielhafter Vergleich des gemessenen TSI-Werts in Test 1 (oben) und Test 2 (N=1). Erstes Halteintervall startete zum Zeitpunkt S. Der Versuch endete zum Zeitpunkt A.

valls stiegen  $O_2Hb$  und  $tHb$  stark an, woraus auch ein hoher Anstieg des TSI resultierte. Ab der dritten Sekunde flachte der Anstieg ab. Zum Intervallende wurden die Ausgangswerte, die zu Beginn des Halteintervalls gemessen wurden, wieder erreicht. Dadurch gab es während des Tests bei den meisten Probanden keine Tendenz zu einem langfristigen Sinken der  $O_2Hb$ -, bzw.  $tHb$ -Konzentrationen. Bei zwei Probanden zeigte sich im Verlauf jedoch eine leichte Steigerung der Konzentrationen.

Bei der  $HHb$ -Konzentration konnte zwischen den Probanden keine regelmäßigen Verläufe festgestellt werden. In den einzelnen Testläufen zeigt sich jedoch ebenfalls nach einer kurzen Anpassungszeit ein zyklischer Verlauf. Im Vergleich zum  $O_2Hb$  war die Schwankungsbreite jedoch deutlich geringer.

Vor dem Versuchsabbruch konnte bei einigen Probanden eine verminderte  $O_2Hb$ -, bzw.  $tHb$ -Konzentration im letzten Ruheintervall gemessen werden. Es gab jedoch auch Probanden, bei denen das letzte Ruheintervall ähnliche Konzentrationsänderungen wie die vorherigen Intervalle aufwies und es trotzdem zu einem Versuchsabbruch kam. Es konnte keine Regelmäßigkeiten zum Versuchsabbruch festgestellt werden.

Im Vergleich zwischen den Tests zeigte sich eine tendenziell höhere Zunahme der Durchblutung während des Ruheintervalls im zweiten Test, die Auswertung gestaltete sich in diesem Punkt als kompliziert (Vgl. 5.1). Das Muster der Durchblutung, also der  $tHb$ -Konzentration, war beim ersten Test regelmäßiger als beim zweiten. Der Konzentrationsverlauf während der einzelnen Phasen eines Probanden verhielten sich beim ersten Test deutlich regelmäßiger, als beim zweiten, bei dem die Arme deutlich mehr bewegt wurden.

### 4.2 Hypothesentests

Um die Forschungshypothese, dass die Verminderung der Durchblutung im Unterarm zu einer Reduzierung der kletterspezifischen Ausdauerleistung führt, zu überprüfen, müssen die individuellen Leistungen der Probanden mittels eines gepaarten t-Tests analysiert werden. Dafür werden Hypothese und Alternative aufgestellt:

$H_0$ : Der Unterschied zwischen den gemessenen Haltezeiten ist rein zufällig.

$H_1$ : Der Unterschied ist bei einem Signifikanzniveau von 1% überzufällig.

Bevor der t-Test zum Vergleich der Haltezeiten angewendet werden kann, muss die Verteilungen auf Varianzhomogenität und hinsichtlich einer gegebenen Normalverteilung über-

prüft werden (Bös, Hänsel & Schott, 2004). Ersteres erfolgt mittels F-Test. Es kann ein empirischer F-Wert von 1,17 ermittelt werden, der kleiner als der theoretische F-Wert von 3,18 ist ( $df_1=9$ ,  $df_2=9$ ). Damit ist die Varianzhomogenität gezeigt. Die Überprüfung der  $t_{H1}$  und  $t_{H2}$  erfolgt über die Ermittlung der Schiefe und des Exzess der Verteilungen. Da keine signifikanten Unterschiede zwischen den aus den Daten ermittelten Werten und den bei einer Normalverteilung zu erwartenden vorliegen ( $p=.05$ ), können  $t_{H1}$  und  $t_{H2}$  als normalverteilt angesehen werden. Die Anwendung eines gepaarten t-Tests ist somit zulässig.

Der gepaarte t-Test ergab einen empirischen t-Wert von 4,01, der größer als der theoretischen t-Wert von 2,82 ist ( $p=.01$ ,  $df=9$ ). Damit muss die Alternativhypothese angenommen werden: Die Leistungsunterschiede sind überzufällig.

## 5 Diskussion

### 5.1 Methodendiskussion

Um die Reliabilität des Tests zu erhöhen, hätte ein Split-Half-Verfahren durchgeführt werden können. Am ersten Testtag hätte die Hälfte der Probanden den Testlauf mit hängenden Armen und die andere mit gestreckten durchführen können. Die Probanden hätten am zweiten Termin den jeweils anderen Test durchgeführt. Dadurch hätte auch der Einfluss der Temperaturschwankung von 5,5 °C beurteilt werden können, da die durchschnittlichen Haltezeitunterschiede der Testtage keinen Unterschied aufweisen dürften. So kann nur vermutet werden, dass die Schwankung keinen Einfluss hatte. Denn es könnte durch die höhere Bluttemperatur die Sauerstoffabgabe des Hämoglobins gesteigert sein und damit auch die Ausdauerleistung höher (Vgl. 2.1). Jedoch könnte die vermehrte Schweißbildung und folglich weniger Reibung auch zu einer Reduzierung der Leistung führen.

Im Gegensatz zu anderen Untersuchungen der kletterspezifischen Ausdauer konnte diese Studie weder bei einem vorher festgelegten MVC-Wert durchgeführt werden, noch die Leistung über das FTI bestimmt werden, da kein geeignetes Testgerät zu Verfügung stand. Ebenfalls konnte der MVC der Probanden nicht bestimmt werden. Um den Einfluss der MVC auf die Ergebnisse zu reduzieren, wurden nur leistungsstarke Probanden zugelassen. Dabei wurde die Boulderleistung als Prädiktor für die Fingerkraft verwendet. Da die Boulderleistung bei allen Probanden wie gewünscht hoch war, kann davon ausgegangen werden, dass die Gruppe bezüglich der Fingerkraft leistungshomogen ist.

Bei der Entwicklung des Testgeräts wurde beachtet, dass es sich um eine kletterspezifische Konstruktion handelt. Die Griffgröße wurde wie bei einer vergleichbaren Studie gewählt. Außerdem hat sich das zugrundeliegende Campusboard als Trainingsgerät etabliert. Zusammen mit dem IHT wurde ein Messinstrument geschaffen, mit dem die Ausdauerleistung valide messbar sein sollte. Errechnet man die Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten nach Pearson für die Lead-Leistung und  $t_{H1}$ , bzw.  $t_{H2}$ , zeigt sich in der Stichprobe ein signifikanter Zusammenhang (Vgl. Tab 5.1;  $p=.01$ ,  $N=9$ ). Da es einen starken Zusammenhang zwischen der Ausdauerleistung und der rotpunkt Leistung gibt (Baláš, Pecha, Martin & Cochrane,

	Lead Leistung	
	r	r <sup>2</sup>
$t_{H1}$	0,7737	0,5986
$t_{H2}$	0,7875	0,6174

Tab. 5.1: Produktmoment Korrelation (N=9)

2012), deutet dieses Ergebnis darauf hin, dass die kletterspezifische Ausdauerleistung mit dem Testaufbau gemessen wird.

Ob der Versuchsaufbau tatsächlich zu einer gesteigerten Durchblutung während der Pause führte, könnte auf Basis der mit der NIRS erhobenen Daten ermittelt werden. Dazu müsste die relativen Veränderungen der tHB-Konzentration während der Ruheintervalle bestimmt werden. Hier wäre eine Unterscheidung zwischen der Anpassungsphase, der Hauptphase und eventuell der Phase vor dem Abbruch notwendig. Das Extrahieren der Daten und die zusätzlich benötigte Auswertung wäre mit einem erheblichen Aufwand verbunden, der dem Charakter dieser Hausarbeit nicht gerecht würde.

### **5.2 Ergebnisdiskussion**

In der Auswertung konnte gezeigt werden, dass die in der Untersuchung gemessenen Haltezeiten bei gesenkten Armen in der Ruhephase signifikant höher sind als bei nach oben gestreckten Armen. Da bei gesenkten Armen eine höhere Durchblutung vorliegt, kann dieser Faktor als leistungslimitierend angesehen werden. Die erhobenen Daten zeigten einen zyklischen Verlauf der Durchblutung, die während des Hängens abnahm und während der Ruhephase wieder zunahm.

Während der Anpassungsphase zu Beginn der Tests sank die tHb-Konzentration stark. Dies lässt sich durch den Anstieg des intramuskulären Drucks erklären, der das Blut aus dem Gewebe drückt (Vgl. 2.1). Nach der Anpassungsphase sank die tHb-Konzentration und der TSI während des Testverlaufs im Mittel jedoch nicht weiter ab. Aus letzterem lässt sich schließen, dass dem Muskel während jeder Haltephase die gleiche Sauerstoffmenge zu Verfügung stand, bzw. durch den Muskel genutzt wurde. Letzteres würde wiederum bedeuten, dass der Anteil der aeroben gewonnenen Energie konstant ist.

Das Muster der Oxygenierung während der Ruhephasen, also der steile Anstieg des O<sub>2</sub>Hb in der ersten Hälfte der Phase und dem Absinken der Zunahme in der zweiten Phase, deckt sich mit den Ergebnissen von MacLeod u. a. (2007).

## 6 Zusammenfassung und Fazit

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde ein Testgerät zur Ermittlung der kletterspezifischen Ausdauerleistung konstruiert. An ihm wurden je zwei intermittent Hängetests von 10 Probanden bei unterschiedlicher Durchblutung der Unterarme durchgeführt, wobei die Haltezeit und Oxigenierung des Musculus flexor digitorum profundus ermittelt wurde. Anhand der gewonnenen Daten konnte gezeigt werden, dass mit Steigerung der Durchblutung im Unterarm auch eine signifikante Steigerung der kletterspezifischen Ausdauer einhergeht. Daraus folgt, dass die Durchblutung der Unterarme eine leistungslimitierende Größe für die kletterspezifische Ausdauer darstellt. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Untersuchungen von Baláš u. a. (2015). Für die Durchführung eines IHT bedeutet dieses Ergebnis jedoch auch, dass sich geringste Veränderungen der Armposition während der Ruhephasen auf die Leistung der Probanden auswirken können. Eine einheitlich Position muss daher im Versuchsaufbau festgeschrieben werden. Es kann jedoch keine Empfehlung für nach oben oder den nach unten gestreckte Arme ausgesprochen werden. Für die erste Variante sprechen der hohe Grad an Reproduzierbarkeit, da z. B. kein Zeitpunkt zum Heben der Arme eingehalten werden muss, und eine höhere Ähnlichkeit der Durchblutungswerte in den jeweiligen Phasen. Dagegen spricht, dass das Verweilen in dieser Armposition für eine Kletterbewegung untypisch ist. Beim Weitergreifen ergeben sich zwangsläufig Veränderungen der Armpositionen im Raum. Somit könnte das Senken der Arme in den Ruhephasen eine höhere Ähnlichkeit zu einer tatsächlich durchgeführten Kletterbewegung aufweisen. Ein Vergleich der Durchblutungswerte zu in echten Kletterbedingungen gemessenen Werten könnte darüber Aufschluss geben. Aus den gewonnenen Daten könnte zudem der tatsächliche Durchblutungszuwachs ermittelt werden.

Für den aktiven Sportkletterer werden diese Ergebnisse vermutlich nicht überraschend sein, da er gespürt hat, dass das Schütteln seiner Arme seine Ausdauerleistung verbessert. Doch ist es die Aufgabe der Sportwissenschaftler den Schritt weg vom eingangs erwähnten „Trial-and-Error“-Prinzips zu gehen und einer sich professionalisierenden Sportart auch eine wissenschaftliche Grundlage ihrer vorhandenen Erfahrungen zu liefern. Dazu soll diese Untersuchung ihren Teil beitragen.

## Literatur

- Baláš, J., Michailov, M., Giles, D., Kodejška, J., Panáčková, M. & Fryer, S. (2015). Active recovery of the finger flexors enhances intermittent handgrip performance in rock climbers. Zugriff am 13. Juli 2016 unter <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2015.1119198>.
- Baláš, J., Panáčková, M., Kodejška, J., Cochrane, D. J. & Martin, A. J. (2014). The role of arm position during finger flexor strength measurement in sport climbers. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(2), 345–354.
- Baláš, J., Pecha, O., Martin, A. J. & Cochrane, D. (2012). Hand–arm strength and endurance as predictors of climbing performance. *European Journal of Sport Science*, 12(1), 16–25.
- Bös, K., Hänsel, F. & Schott, N. (2004). *Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft: Planung - Auswertung - Statistik*. Hamburg: Czwalina.
- Brent, S., Draper, N., Hodgson, C. & Blackwell, G. (2009). Development of a performance assessment tool for rock climbers. *European Journal of Sport Science*, 9(3), 159–167.
- Cutts, A. & Bollen, S. R. (1993). Grip strength and endurance in rock climbers. *Journal of Engineering in Medicine*, 207(2), 87–92.
- de Marées, H. & Heck, H. (2002). *Sportphysiologie*. Edition Sport. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Draper, N., Dickson, T., Blackwell, G., Fryer, S., Priestley, S., Winter, D. & Ellis, G. (2011). Self-reported ability assessment in rock climbing. *Journal of sports sciences*, 29(8), 851–858.
- 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., Stoner, L., Lucero, A., Witter, T., Scarrott, C., Dickson, T., ... Draper, N. (2015). Haemodynamic kinetics and intermittent finger flexor performance in rock climbers. *International journal of sports medicine*, 36(02), 137–142.
- Güllich, W. & Kubin, A. (1989). *Sportklettern heute: Technik-Taktik-Training*. München: Bruckmann.
- Hoffmann, M. (2008). *Sportklettern: Technik, Taktik, Sicherung*. Panico Fachwissen mit Hand und Fuß. Köngen: Panico-Alpinverlag.
- Hollmann, W. & Strüder, H. K. (2009). *Sportmedizin – Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin*. Stuttgart: Schattauer.
- Köstermeyer, G. (2014). *Peak Performance: Klettertechnik und Klettertraining von A - Z*. Korb: tmms-Verlag.
- Maassen, N. & Schneider, G. (1997). Mechanism of fatigue in small muscle groups. *International journal of sports medicine*, 18(4), 320–S321.
- MacLeod, D., Sutherland, D., Buntin, L., Whitaker, A., Aitchison, T., Watt, I., ... Grant, S. (2007). Physiological determinants of climbing-specific finger endurance and sport rock climbing performance. *Journal of sports sciences*, 25(12), 1433–1443.
- MacLeod, D. (2012). *9 von 10 Kletterern machen die gleichen Fehler*. München: riva.
- Medernach, J. (2014). *Einsatz sportartspezifischer Trainingsmethoden im Wettkampfbouldern* (Diss., Deutschen Sporthochschule Köln, Köln).
- Michailov, M. L. (2014). Workload Characteristic, Performance limiting Factors and Methods for Strength and Endurance Training in Rock Climbing. *Medicina Sportiva*, 18(3), 97–106.

- Moffatt, J. (2009). *Jerry Moffatt - Revelations*. Sheffield: Vertebrate Publishing.
- Schweizer, A. & Hudek, R. (2011). Kinetics of crimp and slope grip in rock climbing. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(2), 116–121.
- Thompson, E. B., Farrow, L., Hunt, J. E. A., Lewis, M. P. & Ferguson, R. A. (2015). Brachial artery characteristics and micro-vascular filtration capacity in rock climbers. *European journal of sport science*, 15(4), 296–304.



## A Anhang

<b>Climbing Level</b>	<b>Study Score</b>	<b>UIAA</b>	<b>Französisch</b>	<b>Fontainebleau</b>
Novice	1	≤ 5-	≤ 4+	≤ 4
	2	5 bis 6-	5	4
Intermediate	3	6	5+	5
	4	6+ bis 7-	6a bis 6a+	5+
	5	7	6b	6a
Advanced	6	7+ bis 8-	6b+ bis 6c+	6a+
	7	8 bis 8+/9-	7a bis 7b	6b bis 6b+
	8	9- bis 9	7b+ bis 7c	6c bis 6c+
	9	9+	7c+	7a bis 7a+
Elite	10	9+/10-	8a	7b bis 7b+
	11	10- bis 10	8a+ bis 8b	7c bis 7c+
	12	10+ bis 10+/11-	8b+ bis 8c	8a bis 8a+
	13	11-	8c+	8b bis 8b+
	14	≥ 11	≥ 9a	8c bis 8c+

Tab. A.1: Tabelle zur Umrechnung gängiger Schwierigkeitsskalen in S-Score zur Einstufung der Rotpunktleistung der Probanden. Modifiziert nach Brent, Draper, Hodgson und Blackwell (2009).



Abb. A.1: Campusboard im Escaladrome Hannover.



Abb. A.2: Hängen am Campusboard bei hängenden Fingern.

## **A.1 Erklärung zur selbstständigen Anfertigung**

Hiermit versichere ich, Felix Leuoth, dass ich die anliegende Arbeit *„Leistungslimitierende Faktoren der lokalen Muskelausdauer des Unterarmbeugers – Eine empirische Untersuchung zur Bedeutung des Blutflusses für die Ausdauerleistung beim Sportklettern“* selbst angefertigt habe und alle für die Arbeit verwendeten Quellen und Hilfsmittel in der Arbeit vollständig angegeben habe.

Ich habe die Arbeit noch nicht zum Erwerb eines anderen Leistungsnachweises eingereicht.

Mit der Übermittlung meiner Arbeit auch an externe Dienste zur Plagiatsprüfung durch Plagiatssoftware erkläre ich mich einverstanden.

Hannover, 2. August 2016