



Hochschule für Forstwirtschaft
Rottenburg

Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Bachelorarbeit

Im Studiengang

B. Sc. Forstwirtschaft

Der Treppenaufstieg in der Baumpflege – eine Analyse auf der Grundlage der auftretenden Gelenkwinkel

Vianne Kublick

Allgemeine Angaben

Verfasserin: Vianne Kublick
Sülchenstraße 38
72108 Rottenburg
Studiengang B.Sc. Forstwirtschaft
Matrikelnummer: 201828

Erstprüfer: Prof. Dr. Dirk Wolff
Professur für Waldarbeit und Forsttechnik
Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Zweitprüferin: Ruth Morell
Institut für Arboristik
Neckarhalde 84
72108 Rottenburg am Neckar

Hochschule: Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg Schadenweilerhof
72108 Rottenburg am Neckar

Copyright

© 2024

D-72108 Rottenburg am Neckar

Alle Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form ohne schriftliche

Genehmigung reproduziert oder über elektronische Systeme verbreitet werden. Die Genehmigung ist bei

dem Autor einzuholen. Bei gesperrten Arbeiten ist jegliche Art der Weiterverbreitung verboten.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während meines Studiums und der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Ich bedanke mich herzlichst bei meinem Betreuer der Bachelorarbeit, Prof. Dr. Dirk Wolff und meiner Zweitprüferin Ruth Morell, die mich während des gesamten Prozesses betreuten. Zudem danke ich auch Herrn PD Dr. Benjamin Steinhilber vom Universitätsklinikum Tübingen für seine fachliche Hilfe bei der Aufbereitung des Themas sowie der Bereitstellung der Aufnahmematerialien.

Ein besonderer Dank gilt außerdem meinen Eltern, die mich durch das gesamte Studium hindurch unterstützt hat und mir jederzeit zur Seite standen.

Außerdem bedanke ich mich bei meiner Freundin Charlotte Reiß für ihre wertvolle Unterstützung, ihre Geduld und dafür, dass sie für mich immer eine hilfreiche Anregung hatte. Zuletzt möchte ich mich noch herzlichst bei Lena Walz für ihre Hilfe bei den Deutschen Baumpflegetagen bedanken sowie bei Marlen Röhrenbach für die vielen kleinen Hinweise und Verbesserungsvorschläge. Abschließend danke ich meinen Freundinnen und Freunden für die gute Zeit während des Studiums.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	I
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Anhangsverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Zusammenfassung.....	1
Abstract	2
1 Einleitung.....	3
2 Stand des Wissens	5
<i>2.1 Erläuterung der Grundbegriffe</i>	<i>5</i>
2.1.1 Baumpflege.....	5
2.1.2 Seilklettertechnik (SKT)	6
2.1.3 Aufstiegstechniken mit Kletterseilen.....	6
<i>2.2 Entwicklung der Seilklettertechnik</i>	<i>7</i>
2.2.1 Einfachseiltechnik (EST).....	7
2.2.2 Körperschubtechnik	8
2.2.3 Doppelseiltechnik (DdRT)	9
2.2.4 Fußklemmtechnik (Footlock)	9
2.2.5 Wechsellaufstieg.....	10
<i>2.3 Sicherheitsauflagen für die kletternde Baumpflege</i>	<i>11</i>
<i>2.4 Ausrüstung und Materialien.....</i>	<i>12</i>
<i>2.5 Ergonomie.....</i>	<i>13</i>
2.5.1 Bewertung physischer Belastungen.....	13
2.5.2 Neutral-Null-Methode zur Messung von Gelenkbeweglichkeit	14

2.5.3 Belastungen für Arboristinnen und Arboristen	15
3 Methodisches Vorgehen	17
3.1 <i>Material</i>	17
3.1.1 Kamerasystem.....	17
3.1.2 CRF-Fragebogen.....	17
3.1.3 Pseudonymisierungstabelle	19
3.1.4 Borg-Skala	20
3.1.5 Software zur Winkelerfassung	21
3.2 <i>Versuchsaufbau</i>	21
3.3 <i>Versuchsdurchführung</i>	22
3.3.1 Datenaufnahme.....	22
3.3.2 Ablauf der Aufnahmen.....	23
3.4 <i>Auswertung der Daten</i>	25
3.4.1 Generation der Bilddaten aus den Videosequenzen.....	25
3.4.2 Erfassung der Aufstiegsgeschwindigkeiten	25
3.5 <i>Statistische Auswertung</i>	25
4 Ergebnisse	27
4.1 <i>Deskriptive Ergebnisse</i>	27
4.1.1 Geschlechterverteilung.....	27
4.1.2 Altersverteilung.....	28
4.1.3 Körpergrößen	28
4.1.4 Erfahrungsjahre in der Baumpflege	29
4.1.5 Wöchentliche Kletterstunden	30
4.1.6 Aufstiegsgeschwindigkeiten	30
4.1.7 Bevorzugte Schrittgrößen	31
4.2 <i>Auswertung der Gelenkwinkel</i>	32
4.3 <i>Statistische Tests</i>	34
4.3.1 Unterschiede zwischen dem 1. und 2. Aufstieg der auftretenden Gelenkwinkel	35

4.3.2 Zusammenhang zwischen der Erfahrung der Kletternden in Jahren, ihren Wochenkletterstunden und dem Anstrengungsempfinden	36
4.3.3 Korrelation zwischen dem Anstrengungsempfinden und den einzelnen Gelenkwinkeln	38
4.3.4 Korrelation zwischen der Erfahrung der Kletternden, ihren Wochenkletterstunden und den gemessenen Gelenkwinkeln.....	39
5 Diskussion	41
<i>5.1 Diskussion des verwendeten Materials.....</i>	<i>41</i>
5.1.1 Videokamera-System	41
5.1.2 CRF-Fragebogen.....	41
5.1.3 Versuchspersonen.....	42
5.1.4 Auswertungs-Software ‚Meter Angle 360‘	42
<i>5.2 Diskussion der Methodik</i>	<i>43</i>
5.2.1 CRF-Fragebogen.....	43
5.2.2 Durchführung der Datenerhebung.....	43
5.2.3 Gelenkwinkelmessungen	44
<i>5.3 Diskussion der Ergebnisse.....</i>	<i>45</i>
5.3.1 Repräsentativität der Stichprobe.....	45
5.3.2 Hypothesentest (t-Test).....	46
5.3.3 Bevorzugte Schrittgrößen	46
5.3.4 Gelenkwinkel DGUV Ampelsystem.....	47
6 Fazit	49
Literaturverzeichnis.....	50
Anhang.....	VIII
Eidesstattliche Erklärung	56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abfolge der Füße beim Footlocken	10
Abbildung 2: Ausgangsstellung der Neutral-Null-Stellung	15
Abbildung 3: Beweglichkeitstest vom Ellenbogengelenk	18
Abbildung 4: Beweglichkeitstest vom Schultergelenk	19
Abbildung 5: Beweglichkeitstest des Sprunggelenk	19
Abbildung 6: Eingezeichnete Gelenkwinkel bei einem Probanden.....	21
Abbildung 7: Skizze der Kamerapositionen	22
Abbildung 8: Ablauf der Datenaufnahmen aus dem Studiendesign.....	24
Abbildung 9: Kreisdiagramm zur Geschlechterverteilung der Stichprobe	27
Abbildung 10: Säulendiagramm zur gruppierten Altersverteilung nach Geschlecht	28
Abbildung 11: Säulendiagramm der Körpergrößen in Klassen	29
Abbildung 12: Säulendiagramm der Erfahrungsjahre	30
Abbildung 13: Säulendiagramm der Wochenkletterstunden.....	30
Abbildung 14: Aufstiegsgeschwindigkeiten am Einfachseil mittels Treppenaufstieg mit großen und kleinen Schritten.....	31
Abbildung 15: Säulendiagramm mit den bevorzugten Schrittgrößen	32
Abbildung 16: Streudiagramm der Abhängigkeit des Anstrengungsempfindens beim Aufstieg mit großen Schritten und den Wochenkletterstunden in Klassen	38
Abbildung 17: Streudiagramm Kniewinkel mit Wochenkletterstunden in Klassen für den Aufstieg mit kleinen Schritten	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Winkelkategorien.....	14
Tabelle 2: Borg-RPE-Skala	20
Tabelle 3: Gelenkwinkeltabelle	33
Tabelle 4: t-Test der Gelenkwinkel für gepaarte Stichproben	35
Tabelle 5: Kletterstunden pro Woche	36
Tabelle 6: Erfahrung in Jahren in Klassen	36
Tabelle 7: Spearman-Korrelation der Klassen Erfahrung und Wochenkletterstunden und dem Anstrengungsempfinden	37
Tabelle 8: Spearman-Korrelation der Gelenkwinkel 1-6 und dem Anstrengungsempfinden für den Aufstieg mit kleinen Schritten.....	38
Tabelle 9: Spearman-Korrelation der Gelenkwinkel 1-6 und dem Anstrengungsempfinden für den Aufstieg mit großen Schritten	39
Tabelle 10: Spearman-Korrelation der Erfahrung der Kletternden, ihren Wochenkletterstunden und den gemessenen Gelenkwinkeln beim Aufstieg mit kleinen Schritten (A)	39
Tabelle 11: Spearman-Korrelation der Erfahrung der Kletternden, ihren Wochenkletterstunden und den gemessenen Gelenkwinkeln beim Aufstieg mit großen Schritten (B)	39

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Liste der mitgeführten Ausrüstung während der einzelnen Aufstiege.....	VIII
Anhang 2: Studienteilnehmendeninformation	IX
Anhang 3: Einwilligungserklärung zur Studie.....	XIII
Anhang 4: Befragung der subjektiv wahrgenommenen Anstrengung	XV
Anhang 5: CRF-Fragebogen zur Studie	XVII
Anhang 6: Test der Winkeldifferenzen auf Normalverteilung	XIX

Abkürzungsverzeichnis

CRF.....	Case Report Form
DdRT.....	Doubled Rope Technique
DGUV.....	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
PSA.....	Persönliche Schutzausrüstung
SKT.....	Seilklettertechnik
SRT	Single Rope Technique
SVLFG	Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau

Zusammenfassung

Das Baumklettern ist eine besonders flexible Arbeitsmethode, die es ermöglicht, auch schwer zugängliche Bereiche in Baumkronen zu erreichen, ohne Schäden an den Bäumen zu verursachen. Die Belastungen für die ausführenden Personen sind dabei vielseitig und umfassen sowohl physische als auch psychische Aspekte. Diese Arbeit untersucht speziell die Belastungen, die auf die Gelenkwinkel während des in der Branche weit verbreiteten Treppenaufstiegs wirken.

Hierzu wurden auf den Deutschen Baumpflegetagen 2024 in Augsburg mithilfe einer kamerabasierten Beobachtung Gelenkwinkel während des Aufstiegs erfasst. Jede Probandin und jeder Proband absolvierten zwei Aufstiege mit großen sowie kleinen Schrittgrößen. Ergänzend kam ein CRF-Fragebogen zum Einsatz.

Die Auswertung betrachtete ausgewählte Parameter, darunter die wahrgenommene Anstrengung nach der Borg-Skala, und prüfte verschiedene Korrelationen. Zur Einschätzung der Gelenkwinkel wurde ein vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung veröffentlichtes Bewertungssystem genutzt.

Die Ergebnisse zeigen Unterschiede zwischen Aufstiegen mit kleinen und großen Schrittgrößen am Kletterseil. Diese Unterschiede äußern sich sowohl in der wahrgenommenen Anstrengung als auch in den beobachteten Gelenkstellungen. Besonders häufig wurde eine kritische Stellung des Schultergelenks festgestellt. Diese Arbeit liefert einen ersten Einblick in die Gelenkwinkelbelastungen beim Treppenaufstieg in der Baumpflege und bildet eine Grundlage für weiterführende Forschungen in diesem Bereich.

Abstract

Tree climbing is an especially flexible work method that allows access to hard-to-reach areas in treetops without causing damage to the trees. The stresses and strains on the people carrying out the work are varied and include both physical and psychological aspects. This study specifically examines the stress exerted on joint angles during the widely used rope-walking ascent technique in the industry.

To this end, joint angles were recorded during the ascent at the German Tree Care Conference 2024 in Augsburg using camera-based observation. Each participant performed two ascents, employing both small and large step sizes. Additionally, a CRF questionnaire was utilized to gather complementary data.

The analysis focused on selected parameters, including perceived exertion measured with the Borg Scale, and explored various correlations. To evaluate the joint angles, a rating system published by the Institute for Occupational Safety of the German Social Accident Insurance (DGUV) was applied.

The results reveal differences between ascents using small and large step sizes on the climbing rope. These differences are evident in both perceived exertion and observed joint positions. Notably, critical positions of the shoulder joint were frequently identified. This study provides an initial insight into the joint angle stresses involved in rope-walking ascents in tree care and lays the foundation for further research in this field.

1 Einleitung

Durch Faktoren wie stark steigende Temperaturen, zunehmende Extremwetterereignisse und der fortschreitenden Versiegelung von Flächen wächst auch der Bedarf an fachgerechter Pflege und Erhaltung der Stadtbäume rasant (Umweltbundesamt, 2016). Um die oft schwerzugänglichen Bäume zu erreichen, ist das Klettern in die Baumkronen mit Hilfe der Seilklettertechnik unerlässlich (Münchner Baumkletterschule, 2007). Diese Zugangstechnik stellt dabei nicht nur spezielle Anforderungen an die zum Einsatz kommende Ausrüstung, sondern verlangt auch den kletternden Baumpflegerinnen und Baumpfleger Fachwissen sowie ein hohes Maß an Belastungsfähigkeit ab. Um die physische und psychische Belastung während der Arbeit möglichst gering zu halten, wird versucht, die Arbeitsumgebung und -mittel optimal an die Bedürfnisse des menschlichen Körpers anzupassen (Schmauder & Spanner-Ulmer, 2022). Dies soll dabei helfen, gesundheitliche Beeinträchtigungen jedweder Art zu vermeiden – also ergonomische Arbeitsbedingungen zu schaffen.

Aufgrund der natürlichen, vielfältigen und situationsabhängigen Arbeitsbedingungen beim Baumklettern, lassen sich entsprechende Bewegungsabläufe schwer kategorisieren und somit analysieren. Der Aufstieg am Seil als entsprechender Arbeitsplatz stellt den wohl am ehesten vergleichbaren und somit analysierbaren Bewegungsablauf der Baumkletterinnen und Baumkletterer dar (B. Steinhilber & R. Morell, persönliche Kommunikation, 6. März 2024). Trotz zahlreicher Weiterentwicklungen von Seilgeräten blieb die Methode des Treppenaufstiegs seit Jahren weitgehend unverändert. Da es bisher keine ergonomische Analyse auf der Grundlage der auftretenden Gelenkwinkel und dem Anstrengungsempfinden im Bereich des Baumkletterns gibt, eignet sich die Methode des Treppenaufstiegs, um erste Erkenntnisse in diesem Bereich zu gewinnen.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, eine ergonomische Analyse des Treppenaufstiegs am Einfachseil durchzuführen, wobei mithilfe von Videokameras die entstandenen Gelenkwinkel verglichen werden. Zusätzlich wird die Belastung des Herz-Kreislauf-Systems nach dem Aufstieg mittels der Borg-Skala eingeschätzt.

Die Ergebnisse sollen Aufschluss darüber liefern, ob sich die verwendete Methodik eignet, um auch andere Bewegungsabläufe des Baumkletterns zu bewerten und wenn ja, welche Parameter Auswirkungen auf die Ergonomie in diesem Zusammenhang haben.

2 Stand des Wissens

2.1 Erläuterung der Grundbegriffe

2.1.1 Baumpflege

Unter dem weitgefassten Begriff der Baumpflege versteht man „[...] das Pflanzen, Überwachen, Erhalten, Pflegen und Sanieren von Bäumen in ihrem urbanen Umfeld“ (European Arboricultural Council 2000, S.11). Um Bäume fachgerecht zu Pflegen setzt es ein umfassendes Wissen über baumbiologische und -physiologische Prozesse voraus (European Arboricultural Council, 2000). Betrachtet man den „gesunden“ Baum in seiner natürlichen Umgebung als offenes System, welches in stetigem Austausch mit der Umwelt steht, kann dieser viele Jahrhunderte bestehen. Umso naturfremder und damit umso mehr sein Standort jedoch von unserem menschlichen Handeln geprägt wird, desto höher wird sein Pflegebedarf und desto wichtiger ist eine fachgerechte Baumpflege (Siewniak & Kusche, 2020).

Um positiv auf das Baumumfeld, das -wachstum und die -entwicklung einzuwirken werden in der Baumpflege verschiedene Maßnahmen genutzt. So lassen sich Standortbedingungen durch Belüftung, Be- bzw. Entwässerung, Dünung oder Freistellen des Baumes verbessern (Siewniak & Kusche, 2020).

Ebenso liegt die Herstellung der Verkehrssicherheit der Bäume im urbanen und vielfrequentierten Raum im Tätigkeitsbereich der Baumpflege (Stobbe, 2022). Die rechtliche Grundlage hierzu liefert das Bürgerliche Gesetzbuch in §823 Abs. 1: „Wer vorsätzlich oder fahrlässig das Leben, den Körper, die Gesundheit, die Freiheit, das Eigentum oder ein sonstiges Recht eines anderen widerrechtlich verletzt, ist dem anderen zum Ersatz des daraus entstehenden Schadens verpflichtet.“ (BGB 2002, § 823 Abs. 1, S. 306). Konkret bedeutet dies für die Praxis, dass die Bäume festgelegte Anforderungen erfüllen müssen, um als verkehrssicher zu gelten. Dazu gehören die Gewährleistung der Stand- und Bruchsicherheit sowie das Einhalten des Lichtraumprofils über Straßen und Gehwegen (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, 2017).

2.1.2 Seilklettertechnik (SKT)

Unter der in der baumpflegerischen Branche weit verbreiteten Abkürzung SKT verbirgt sich der Begriff der Seilklettertechnik. Ein Arbeitsverfahren, das verwendet wird, um (baumschonend) kletternd bis in die Baumkrone zu gelangen und von dort aus eine fachgerechte Baumpflege ausführen zu können (Münchner Baumkletterschule, 2008). Der grundlegende Unterschied zum Sportklettern besteht darin, dass Baumkletterer sich hauptsächlich hängend in ihren Seilsystemen bewegen, die Seile also immer straff halten. Diese Technik ist entscheidend, da sie es ermöglicht, nur minimalen Druck auf die Äste auszuüben, was sowohl den Baum schont als auch die Sicherheit des Kletterers erhöht (Freeworker, 2021).

Um gewerblich in Bäumen klettern zu dürfen und dort verschiedene Arbeiten auszuführen, ist der Nachweis des SKT-A Scheines nötig. In einem Kurs werden entsprechende Sach- und Fachkunde für das sichere Klettern vermittelt. Die Voraussetzungen für die Teilnahme hat die SVLFG festgesetzt und umfassen neben körperlicher Eignung auch eine Grundfachkunde und eine Ersthelferausbildung (B09 Seilklettertechnik, 2014).

Nach dem erfolgreichen absolvieren des Kurses, darf die Seilklettertechnik zur Arbeitspositionierung angewendet werden und die Handsäge im Baum verwendet werden (Siewniak & Kusche, 2020). Der SKT-A Schein stellt damit die erste Qualifikationsstufe des Seilkletterns dar und vermittelt den sicheren, verantwortungsbewussten Umgang mit der Technik (SVLFG Anerkannte Fortbildungsstätte Seilklettertechnik, o. J.).

2.1.3 Aufstiegstechniken mit Kletterseilen

Im Folgenden werden Möglichkeiten beschrieben, kletternd in Baumkronen aufzusteigen. Dabei werden andere Techniken, wie die Verwendung von Steigeisen oder einer Hubarbeitsbühne nicht weiter beleuchtet.

2.2 Entwicklung der Seilklettertechnik

Bis in die 1970er Jahre wurden Leitern als mechanische Steighilfen verwendet, um in den Baumkronen bis in den Feinstbereich zu gelangen. Es folgten hydraulische Hubarbeitsbühnen, die besonders durch das bequeme Erreichen von Ästen und den sicheren Stand die Leitertechnik im Baum ablösten (von Malek et al., 1999). Den Anfang des Single-Rope-Kletterns legte Dr. Karl Prusik, der 1931 den noch heute bekannten „Prusik-Knoten“ erstmals anwendete (Sparrow 2009 zitiert nach Overhill, 2017).

Seit den 1990er Jahren wird die Seilklettertechnik in Deutschland praktiziert (Kowalewski, 2008). Zu dieser Zeit wurde noch viel mit selbstentwickelten Ausrüstungsteilen gearbeitet, da eine entsprechende Reglementierung erst 2001 durch die Berufsgenossenschaft erfolgte (Kowalewski, 2008; Siewniak & Kusche, 2020). Durch die folgende Normierung der Ausrüstung konnte ein Zugewinn an Sicherheit geschaffen werden (Kowalewski, 2008). Darüber hinaus erfolgte im Jahr 2001 die Genehmigung zur Verwendung der Motorsäge im Baum durch kletternde Baumpflegerinnen und Baumpfleger (Münchener Baumkletterschule, 2008).

Eine Möglichkeit die kletternden Aufstiege am Seil einzuteilen ist die Systematisierung in stehende Seilsysteme und solche, die mit einem umlaufenden Seil arbeiten. Häufig wird in diesem Zusammenhang im ersten Fall von der Einfachseiltechnik (EST) (*single rope technique; SRT*) und im zweiten Fall von der Doppelseiltechnik (*doubled rope technique; DdRT*) gesprochen (Freeworker, 2021). Grundsätzlich müssen aber für alle Aufstiegsvarianten selbstblockierende Klemmmechanismen verwendet werden (Münchener Baumkletterschule, 2007).

Um am stehenden Seil aufzusteigen haben sich in den letzten Jahren und Jahrzehnten viele Varianten und später Variationen entwickelt. Die folgenden Ausführungen sind daher nicht abschließend und umfassen nur einen Bruchteil der möglichen Aufstiegsvarianten.

2.2.1 Einfachseiltechnik (EST)

Für den Aufstieg am stehenden Einfachseil ist ein einzelner angeschlagener Seilstrang die Voraussetzung. Um diesen zu erzeugen, wird bei der Sicherung des Seils zwischen dem Stamm- und dem Kronenanker unterschieden (Wienand, 2018). Maßgebend für die Verwendung der Aufstiegstechnik sind im Vorhinein der Einbau des stehenden Seils sowie

die Wahl passender Aufstiegsgeräte. Grundsätzlich müssen alle Seileinstellvorrichtungen, die für den Zweck des Aufstiegs verwendet werden der Europäischen Norm (EN) 12841 entsprechen (B09 Seilklettertechnik, 2014). Diese unterteilt alle Seileinstellvorrichtungen weiter in drei Typen (Edelrid, 2006). Die Aufstiegsmethoden und -techniken sind sehr verschieden und hängen von Faktoren wie der Länge des Aufstiegs, dem Erfahrungsgrad und der vorhandenen Muskelkraft ab, jedoch sollte das gewählte System möglichst die Hauptmuskelgruppen des Kletternden beanspruchen (Jepson, 2009)

2.2.1.1 Treppenaufstieg

Als Treppenaufstieg wird eine Aufstiegsmethode bezeichnet, die häufig am Einfachseil angewendet wird. Sie zählt zu den effizientesten Aufstiegsmethoden, da beide Füße aktiv einbezogen werden. Eine verbreitete Variante besteht in der Verwendung einer Fußsteigklemme an einem Fuß, kombiniert mit einer Trittschlinge am anderen. Die Trittschlinge ist über eine Steigklemme am Seil befestigt, welche sich in eine Richtung verschieben lässt. Die Verbindung zwischen Kletternden und Trittschlinge erfolgt häufig durch einen elastischen Gummizug (Stapf, 2015).

Zur Sicherung wird in der Regel eine Seileinstellvorrichtung gemäß der Norm EN 12841 verwendet. Während des Aufstiegs dienen die Arme primär als Stabilisatoren, um eine aufrechte Haltung am Seil zu gewährleisten. Die treppenähnliche Bewegung entsteht durch das abwechselnde Belasten der Füße und das entgegengesetzte Anheben der Knie. Gleichzeitig bewegen die Hände das Seil körpernah nach oben (Lingens, 2014).

2.2.2 Körperschubtechnik

Bei der Körperschubtechnik wird ein umlaufendes Seilsystem genutzt. Um bei dieser Technik am Seil aufsteigen zu können, muss die kletternde Person den Klemmmechanismus (Klemmknoten oder mechanisches Klemmgerät) durch Entlasten des Seils lösen und ihn anschließend händisch nach oben schieben (Münchener Baumkletterschule, 2008). Dabei können verschiedene Methoden zum Stoppen am Seil verwendet werden, wie beispielsweise der Blake-Knoten mit oder eine Prusikschlinge (Jepson, 2009). Bei der Körperschubtechnik wird das Becken rasch und kraftvoll in Richtung des Ankerpunkts bewegt, wodurch das Seil entlastet und der Knoten mit einer Hand zügig nach oben geschoben werden kann (Münchener Baumkletterschule, 2008).

Wenn sich die kletternde Person in der Nähe des Stamms befindet, kann sie ihre Füße leicht versetzt gegen den Stamm drücken, um die Aufwärtsbewegung zu unterstützen (Münchener Baumkletterschule, 2008). Die Reibung, die zwischen der Astgabel und dem Seil entsteht, hilft dabei, das eigene Gewicht vorübergehend zu halten und den Klemmmechanismus nach oben zu schieben (Jepson, 2009). Wenn kein Kontakt zum Stamm besteht, erfolgt die Bewegung ebenfalls explosiv und wird durch das schnelle nach hinten Bewegen des Oberkörpers unterstützt (Münchener Baumkletterschule, 2008). Eine Modifizierung der einfachen Körperschubtechnik ist das Einsetzen der Fußklemmtechnik. Hierbei wird die Effektivität durch Körperstreckung und das Einsetzen der Beinmuskulatur gesteigert. Der gleiche Effekt tritt auch auf, wenn eine Fußsteigklemme oder Trittschlinge am laufenden Ende des Kletterseils verwendet wird (Jepson, 2009).

2.2.3 Doppelseiltechnik (DdRT)

Im Gegensatz zur Einfachseiltechnik (SRT) verwendet die Doppelseiltechnik (DdRT) zwei parallel verlaufende Seilstränge, die durch einen Umlenkpunkt geführt werden. Sie ist eines der Standardverfahren in der professionellen Baumpflege, da sie Kletternden durch das Flaschenzugprinzip einen hohen Komfort bietet. Dieses Prinzip sorgt dafür, dass die aufzuwendende Kraft halbiert wird, was die Arbeit über längere Zeiträume kräfteschonend macht. Allerdings wird der Seilweg dabei verdoppelt, wodurch der Aufstieg langsamer und weniger effizient wird. Daher wird die DdRT primär bei Arbeiten im Baum und der Positionierung eingesetzt, weniger beim direkten Aufstieg. Durch die Verwendung eines Kambiumschoners lässt sich die entstehende Reibung am Anschlagpunkt minimieren und das Kambium des Baumes wird geschützt (Jepson, 2009).

2.2.4 Fußklemmtechnik (Footlock)

Die gesicherte Fußklemmtechnik, auch bekannt als Footlocken, stellt eine materialsparende und effektive Methode des Seilaufstiegs dar. Sie erfordert jedoch viel Training, bis sich eine hohe Aufstiegsgeschwindigkeit mit ihr erreichen lässt (Niedersächsische Landesforsten, 2007). Footlocken eignet sich besonders gut bei Aufstiegen, in denen das Seil frei hängt und nicht direkt am Baumstamm anliegt (Jepson,

2009). Durch einen Klemmknoten, meist ein Prusikknoten, der direkt in den Klettergurt eingebunden wird, ist die Kletterin oder der Kletterer permanent gesichert (Lilly, 2005). Beim Footlocken wird das Körpergewicht durch die Beine nach oben gedrückt, während der Körper gleichzeitig mit den Armen herangezogen wird. Die Füße klemmen dabei das Kletterseil durch Umschlagen ab, sodass das gesamte Körpergewicht in dieser Position von den Füßen getragen wird, während der Klemmknoten nach oben geschoben wird (siehe Abbildung 1). Anschließend übernehmen die Arme das Körpergewicht, während die Füße herangezogen werden. Mithilfe desselben Prinzips klemmen sie das Seil erneut ab, wodurch der nächste Aufstiegsschritt folgen kann (Sadewasser, 2013).

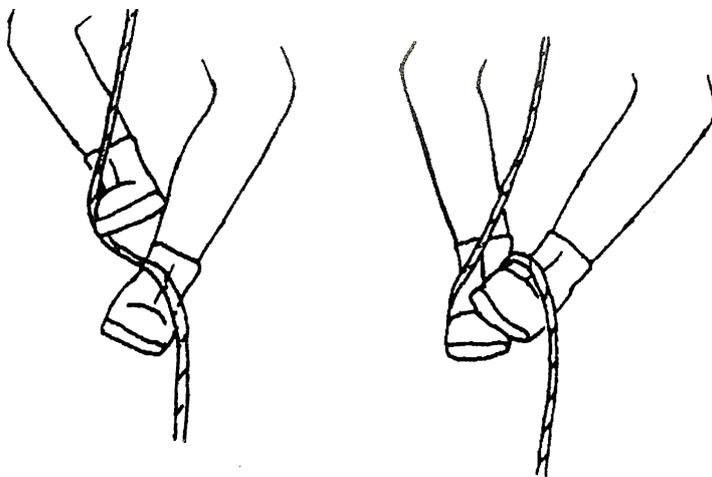


Abbildung 1: Abfolge der Füße beim Footlocken (Niedersächsische Landesforsten, 2007, S. 89)

2.2.5 Wechselaufstieg

Der Wechselaufstieg kommt dann zum Einsatz, wenn man über seinen Aufstiegsankerpunkt weiter in die Baumkrone klettern möchte (Münchner Baumkletterschule, 2008). Um den Grundsatz des Baumkletterns zu gewährleisten und ständig durch mindestens eine Sicherung gegen einen Absturz gesichert zu sein, nutzt die kletternde Person nun zusätzlich ein Halteseil (auch: Kurzsicherung), um sich abwechseln mit dem Kletterseil sowie dem Halteseil zu sichern (Jepson, 2009). Dies geschieht bis zum Erreichen des endgültigen Ankerpunkts (Münchner Baumkletterschule, 2008). Obwohl der Wechselaufstieg eine sichere und praxistaugliche Methode darstellt, wird er nicht als klassische Aufstiegstechnik am Einfach- oder Doppelseil betrachtet werden. Daher wird in dieser Arbeit nicht näher auf diese Technik eingegangen.

2.3 Sicherheitsauflagen für die kletternde Baumpflege

In Deutschland gelten in Bezug auf die Arbeitswelt verschiedene Vorschriften und Regeln, die von staatlicher Seite, dem Unfallversicherungsträger oder anderer Regelsetzer entstammen (Schmauder & Spanner-Ulmer, 2022). An der Spitze der Systematik steht dabei das Grundgesetz, welches die körperliche Unversehrtheit in Artikel 2 schützt (Art 2 GG, 1949). Als zuständige Berufsgenossenschaft ist die Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (SVLFG), neben der Unfallkasse, Träger der gesetzlichen Unfallversicherung und verantwortlich für die Verhütung von Unfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren (REHADAT, o. J.). Die Präventionsarbeit ist dabei eine vorrangig gesetzliche Verpflichtung. Demzufolge müssen die Berufsgenossenschaften „[...] mit allen geeigneten Mitteln Arbeitsunfälle und Berufskrankheiten sowie arbeitsbedingte Gesundheitsgefahren [...] verhüten [...]“ (SGB VII, 1996, § 1 Abs. 1, S. 1254). Dazu stehen ihnen verschiedene regulierende Möglichkeiten zur Verfügung.

Als staatliches Recht und damit bindend für alle Unternehmen mit Abreitnehmenden gelten Arbeitsschutzgesetze. Besonders im Zusammenhang mit dem Baumklettern sind dort:

- das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG),
- das Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG) und
- das Siebte Buch Sozialgesetzbuch (SGB VII)

zu nennen (SVLFG, o. J.).

Um die allgemein gehaltenen und auf eine Vielzahl an Fällen übertragbaren Gesetze zu konkretisieren, gibt es zu einigen vom Gesetzgeber verfasste Verordnungen (SVLFG, o. J.-b). Diese sind ebenso bindend wie Gesetze. Technische Regeln spezifizieren gezielt Verordnungen und Gesetze. Sie sind zwar nicht zwingend umzusetzen, liefern jedoch positive Beispiele dafür, wie übergeordnete Rechtsnormen erreicht werden können (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, o. J.). Zusätzlich ist die SVLFG befugt, eigene Unfallverhütungsvorschriften zu erlassen, die für alle versicherten Personen und Unternehmen bindend gelten (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, o. J.). Diese Befugnis beruht auf § 15 SGB VII: 'Die Unfallversicherungsträger können unter Mitwirkung der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e. V. als autonomes Recht Unfallverhütungsvorschriften

über Maßnahmen zur Verhütung von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren oder für eine wirksame Erste Hilfe erlassen, soweit dies zur Prävention geeignet und erforderlich ist und staatliche Arbeitsschutzvorschriften hierüber keine Regelung treffen [...] (SGB VII, 1996, § 15, Abs. 1, S. 1254). Bei der SVLFG heißen alle Unfallverhütungsvorschriften Vorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz (VSG) und sind über die Website permanent einsehbar (SVLFG, o. J.).

Für alle Seilkletternden Personen hat der Anhang 1 der VSG 4.2 „Sicherheitsregeln für die Durchführung von seilunterstützten Arbeitsverfahren in der Baumkrone“ eine besondere Bedeutung. Sie beschreibt in zehn Punkten (Unfallverhütungsvorschrift Gartenbau, Obstbau und Parkanlagen, 2000, S. 10-15):

- den Zweck,
- die Anforderungen an Personen,
- die Leitung und Aufsicht,
- den Körperschutz,
- die Ausrüstung für die Seilklettertechnik,
- die Rettung und Erste-Hilfe,
- Seilunterstützte Arbeiten,
- den Werkzeug- und Geräteeinsatz,
- den Arbeitseinsatz und
- die Aufbewahrung, Wartung, Materialkontrolle.

Ebenso regelt die VSG 4.2 in ihrem Anhang 2 die Voraussetzungen und Fortbildungsinhalte zum Erwerb der Fachkunde in der Seilklettertechnik (Unfallverhütungsvorschrift Gartenbau, Obstbau und Parkanlagen, 2000, S. 16).

2.4 Ausrüstung und Materialien

Aufgrund von körperlichen Voraussetzungen, persönlichen Präferenzen und der jeweiligen Beanspruchung der Kletterausrüstung gibt es eine Vielzahl an Variationen. Dennoch gibt es eine Grundausrüstung, die sogenannte persönliche Schutzausrüstung (PSA), die bei keinem Baumkletternden fehlen darf.

Die Mindestausrüstung umfasst dabei:

- Einen Klettersitzgurt entsprechend EN 813 / 358/ 361,

- Ein Kletterseil gemäß EN 1891,
- Eine Seileinstellvorrichtungen nach EN 12841,
- Ein Halteseil mit Verstelleinrichtung der Norm EN 358,
- Einen Kletterhelm gemäß EN 12492 oder EN 397 oder EN 14052 (mit entsprechendem Kinnriemen),
- Verbindungsmittel (Karabiner) der Norm EN 354 sowie
- Ein Erste-Hilfe-Set (B09 Seilklettertechnik, 2014).

2.5 Ergonomie

Das Wort Ergonomie hat seinen Ursprung im Griechischen und setzt sich aus „ergon“ [ἔργον] = Arbeit und „nomos“ [νόμος]= Gesetz; Gesetzmäßigkeit zusammen (Schmauder & Spanner-Ulmer, 2022, S.13). „Ergonomie kann damit als Lehre von der menschlichen Arbeit bezeichnet werden“ (Schmauder & Spanner-Ulmer, 2022, S. 14).

Während in der Physik die Arbeit ein Produkt aus Kraft und Weg ist ($W = F * s$), kann die Arbeit im Sinne der Ergonomie als „zweck- und zielgerichtete menschliche Tätigkeit beschrieben“ werden (Schmidtke, 1993). Dabei sind die Bereitstellung von Gütern als Sachleistungen oder Dienstleistungen die Ziele der menschlichen Arbeit (Schmauder & Spanner-Ulmer, 2022).

2.5.1 Bewertung physischer Belastungen

In Deutschland lässt sich fast jeder vierte Arbeitsunfähigkeitstag auf eine Muskel-Skelett-Erkrankung zurückführen, außerdem sind sie eine der häufigsten Ursachen für Frühverrentung (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2022). Die Gründe der Erkrankungen sind verschieden, jedoch gelten erzwungene Körperhaltungen zu den am weitesten verbreiteten (Bauer et al., 2016). Um den erhöhten körperlichen Belastungen entgegenzuwirken ist es wichtig, diese zu erkennen und entsprechend zu beurteilen (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2022). Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung teilt die, bei der Arbeit auftretenden, Belastungen wie folgt ein:

- Tätigkeiten mit manueller Lastenhandhabung
- Tätigkeiten mit erzwungenen Körperhaltungen (Zwangshaltungen)
- Tätigkeiten mit erhöhten Ganzkörperkräften oder Körperfortbewegung
- Sich ständig wiederholende Tätigkeiten/manuelle Arbeitsprozesse und

- Tätigkeiten mit Einwirkung von Hand-Arm- oder Ganzkörpervibrationen (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2022).

Beim Aufsteigen am Seil spielen im besonderen erzwungenen Körperhaltungen eine Rolle, da diese durch extreme Gelenkwinkelstellungen gekennzeichnet sind (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, 2022). 2015 wurde vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) ein einfach anzuwendendes Instrument geschaffen, womit Gelenkwinkelstellungen während der Arbeit bewertet werden können. Durch das gewählte ‚Ampelsystem‘ (siehe Tabelle 1) lässt sich nahezu jede Bewegung einordnen und entsprechend der Belastung der Gelenke beurteilen.

Tabelle 1: Winkelkategorien (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 2015)

Winkelkategorie in der Farbe	Einstufung in Worten
Grün	Neutral bzw. akzeptabel
Gelb	Mittelgradig bzw. bedingt akzeptabel
Rot	endgradig bzw. nicht akzeptabel

2.5.2 Neutral-Null-Methode zur Messung von Gelenkbeweglichkeit

Die Neutral-Null-Methode, auch als Null-Durchgangsmethode bekannt, ist ein Verfahren zur Messung und Dokumentation der Gelenkbeweglichkeit (Von Salis-Soglio, 2015). Erstmals wurde diese Methode 1936 durch Cave und Roberts beschrieben und wird seit 1971, nach der Publikation von Debrunner, einer Gemeinschaftsarbeit des Arbeitskreises für orthopädische Dokumentation der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie & Traumatologie und der schweizerischen Gesellschaft für Orthopädie, nahezu unverändert angewendet (Simmel et al., 2017). Das Grundprinzip der Neutral-Null-Methode beruht dabei auf der Erfassung der Gelenkstellung mittels Winkelmesser, somit ist die Messung der Winkel einfach umsetzbar und reproduzierbar (Von Salis-Soglio, 2015). Es können sowohl aktive als auch passive Bewegungsauslässe durch dies Verfahren erfasst werden (Von Salis-Soglio, 2015). Die Neutral-Null-Ausgangsstellung kann wie folgt beschrieben werden und ist der Abbildung 2 zu entnehmen (Von Salis-Soglio, 2015):

- Eine aufrechte, gerade Stellung,
- gestreckte Kniegelenke,

- Füße zeigen nach vorne,
- Arme parallel zum Rumpf,
- Ellbogen- und Handgelenke gestreckt,
- Handflächen in der Sagittalebene,
- Finger gestreckt,
- Daumen an zweitem Finger angelegt.

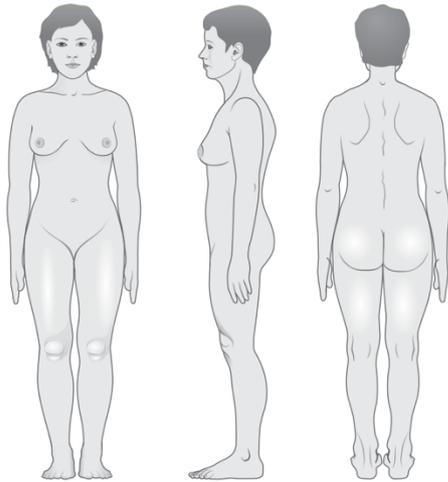


Abbildung 2: Ausgangsstellung der Neutral-Null-Stellung (Von Salis-Soglio, 2015, S. 15)

2.5.3 Belastungen für Arboristinnen und Arboristen

Personen, die in der Baumpflege tätig sind, sind kontinuierlich körperlichen Belastungen ausgesetzt. Diese entstehen durch wiederholte Bewegungen, intensive Kräfteinsätze und unergonomische Körperhaltungen. Insbesondere letztere resultieren aus dem hohen Kraftaufwand und der muskulären Beanspruchung bei der Nutzung von Geräten wie Motorsägen, der häufigen Ausführung von Bewegungen über Schulterhöhe sowie der Bedienung von Maschinen (Micheletti Cremasco et al., 2019). Zudem problematisch ist, dass viele Arbeitsmittel nicht genau auf die Bedürfnisse von Baumpflegenden abgestimmt sind (Abramuszkinová Pavlíková et al., 2024). Außerdem kommen weitere ergonomische Herausforderungen durch unebenes Gelände oder das Arbeiten in großen Höhen hinzu.

Durch die immer wiederkehrende physische Belastung können langfristig körperliche Schäden entstehen. Chronische Rückenschmerzen sowie Verletzungen im Schulter-Nacken-Bereich treten häufig bei Personen auf, die körperlich anspruchsvolle Tätigkeiten ausüben (Buckle & Devereux, 1999). Ebenso können bei schwerer Arbeit kurzfristig der

Blutdruck sowie die Herzfrequenz stark ansteigen, was langfristig zu Herzbeschwerden führen kann (Abramuszkinová Pavlíková et al., 2024). Durch das erhöhte Absturzrisiko, das Arbeiten mit scharfen Werkzeugen im Baum und weiterer baumtypischer Gefahren, sind Arboristinnen und Arboristen im allgemeinen einem höheren Unfallrisiko ausgesetzt (Staněk et al., 2022).

Neben den starken körperlichen Belastungen, spielt auch die kognitive Beanspruchung für Baumpflegende eine entscheidende Rolle. In der Studie von Abramuszkinová Pavlíková et al. wurde unter anderem nachgewiesen, dass psychischer Stress durch Überwachungsarbeiten sich deutlich negativer auf die Gesundheit der Probandinnen und Probanden auswirkt als die untersuchten physischen Aspekte.

3 Methodisches Vorgehen

Da das Spektrum an Aufstiegstechniken in der Baumpflegebranche sehr vielfältig ist und da die Präferenzen der Kletternden entsprechend breit gestreut sind, musste eine Technik gewählt werden, die von möglichst vielen beherrscht wird. In den letzten Jahren hat sich der Treppenaufstieg in Fachkreisen als eine der beliebtesten und am weitesten verbreiteten Techniken etabliert. Daher war anzunehmen, dass diese Technik vielen Kletternden vertraut ist und sich somit gut für die geplanten Aufnahmen eignet (B. Steinhilber & R. Morell, persönliche Kommunikation, 6. März 2024).

Da im Rahmen dieser Arbeit ein besonderes Augenmerk auf eine ergonomische Einschätzung gelegt werden sollte, diente der Leitfaden „Bewertung physischer Belastungen gemäß DGUV-Information 208-033“ des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung als Grundlage. Um die dort aufgeführten Gelenkwinkelbereiche (siehe Kapitel 2.4.1) aufzunehmen wurde eine kameragestützte Beobachtung durchgeführt mit ergänzenden Befragungen zu den demografischen Daten und jeweiligen Anstrengungsempfinden der Probandinnen und Probanden.

3.1 Material

3.1.1 Kamerasystem

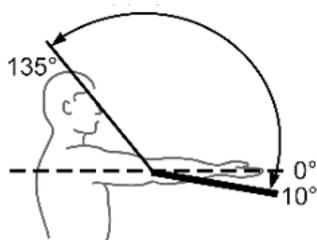
Das für die Aufnahmen genutzte Kamerasystem wurde vom Institut für Arbeitsmedizin, Sozialmedizin und Versorgungsforschung des Uniklinikums Tübingen und ergänzend vom Digitalisierungsteam der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg zur Verfügung gestellt. Bei dem System handelte es sich um einen Panasonic „HDC-SD800 Full HD Camcorder“ mit 35mm Weitwinkel und Leica Dicomar Objektiv sowie ergänzend einer Sony PXW Z90, gesteuert von einem tvONE 1T-C2-750 Scaler. Die beiden Videokameras standen auf höhenverstellbaren Stativen.

3.1.2 CRF-Fragebogen

Die Case Report Form (kurz CRF) ist ein spezielles standardisiertes Dokument in klinischen Studien zur Sammlung von studienspezifischen Daten (Bellary et al., 2014). Für die Erhebung der personenbezogenen Daten wurde ein solches Dokument, auf Grundlage bereits durchgeführter Studien des Uniklinikums Tübingen, erstellt (Anhang 4).

Es wurden dort neben den demografischen Daten auch eventuelle körperliche Einschränkungen und vorangegangene Verletzungen, die die Ergebnisse beeinflussen können, erfasst. Um diese potenziellen Einschränkungen besser einschätzen zu können, wurden alle Probandinnen und Probanden gebeten, eine Funktionsprüfung der wichtigsten Gelenke durchzuführen, diese Prüfung wurde im Vorfeld zusammen mit Herrn Benjamin Steinhilber erarbeitet (B. Steinhilber, persönliche Kommunikation, 16. März 2024). Sie bestand aus:

- Dem Nackengriff: bei dem beide Hände in den Nacken gelegt werden, mit dem Daumen auf den Boden zeigend (Raschke & Haas, 2006).
- Dem Schützengriff: bei dem beide Hände auf die Lendenwirbelsäule (LWS) gelegt werden, die Daumen in Richtung des Kopfes zeigen (Raschke & Haas, 2006).
- Beweglichkeitstest des Ellenbogengelenks: bei dem dieser im 90° gestreckten Zustand vom Körper 10° in Richtung Boden und 135° in Richtung des Kopfes angewinkelt bzw. gestreckt werden sollte (siehe Abbildung 3) (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, o. J.)



Streck./Beugg.

Abbildung 3: Beweglichkeitstest vom Ellenbogengelenk nach Messblatt für obere Gliedmaßen (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, o. J.-a)

- Beweglichkeitstest des Schultergelenks: bei dem der körperwärts bis zu 40° herangezogen werden sollte und in kreisender Bewegung seitwärts bis über den Kopf in eine 180° Stellung gezogen werden sollte (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, o. J.) Abbildung 4.

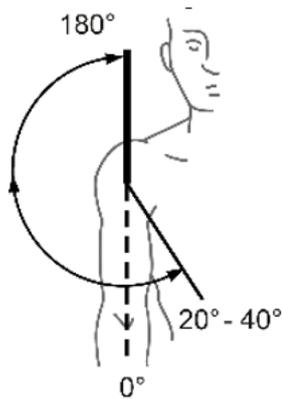


Abbildung 4: Beweglichkeitstest vom Schultergelenk nach Messblatt für obere Gliedmaßen (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, o. J.)

- Beweglichkeitstest des Sprunggelenks: welches von der Neutralen Stellung sowohl 20° in Richtung Knie gezogen werden sollte und bis zu 40 ° in Richtung Boden (siehe Abbildung 5) (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, o. J.)

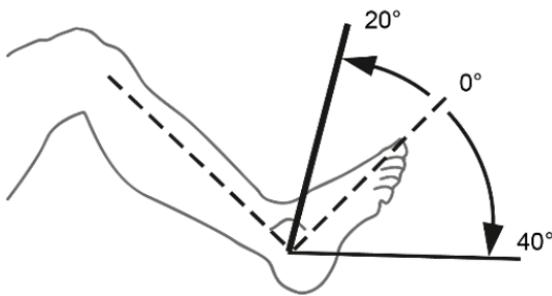


Abbildung 5: Beweglichkeitstest des Sprunggelenk nach Messblatt für untere Gliedmaßen (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, o. J.-b)

3.1.3 Pseudonymisierungstabelle

Um die persönlichen Daten der Probandinnen und Probanden zu schützen und Rückschlüsse auf ihre Person zu verhindern, wurde eine Pseudonymisierungstabelle verwendet. Diese Maßnahme dient dem Datenschutz und gewährleistet, dass sensible Informationen nicht direkt mit den Identitäten der Teilnehmenden verknüpft werden können. Dabei handelt es sich per Definition um „[...] das Ersetzen des Namens und anderer Identifikationsmerkmale durch ein Kennzeichen zu dem Zweck, die Bestimmung des Betroffenen auszuschließen oder wesentlich zu erschweren“ (BDSG a.F., 2009, §3 Abs.6a). Die Klarnamen wurden lediglich im CRF-Fragebogen erfasst und nicht auf andere Datenblätter übertragen. Obwohl sie für den Studieninhalt nicht relevant sind, ist ihre Erfassung notwendig, um eine spätere Löschung der Daten zu ermöglichen. Sie werden in keinem anderen Zusammenhang innerhalb der Studie verwendet. Die 3- bis 4-stelligen

Pseudonyme setzen sich aus rein zufällig generierten Ziffern und Buchstaben zusammen, was bei 35 Teilnehmenden eine hohe Anonymität gewährleistet.

3.1.4 Borg-Skala

Die Borg-Skala dient der Ermittlung der wahrgenommenen Anstrengung während körperlicher Arbeit (Bundesdatenschutzgesetz a.F., 2009; Löllgen & Ulmer, 2004). Beruhend auf 15 verbal beschriebenen Anstrengungsstufen ermöglicht sie den Probandinnen und Probanden persönliche Empfindungen durch numerische Werte darzustellen (Borg, 1998; Löllgen & Ulmer, 2004). Da das Anstrengungsempfinden eine starke Korrelation zu anderen Messgrößen der Ergometrie, wie Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und Lactatwerten aufweist, lässt sich mithilfe der Borg-RPE-Skala auch ohne Messungen dieser, Annahmen über eben diese Werte treffen (Löllgen & Ulmer, 2004). RPE steht im Zusammenhang mit der Borg-Skala für 'ratings of perceived exertion' (Borg, 2004). Basierend auf psychophysikalischen und psychophysiologischen Prinzipien und Experimenten dient die Skala heute zur Abschätzung des Anstrengungsempfinden in verschiedenen Situationen von Arbeit.

Die RPE-Skala wird wie folgt eingeteilt (Borg, 1998, S. 47):

Tabelle 2: Borg-RPE-Skala (eigene Darstellung)

RPE-Wert	Anstrengungsempfinden in Worten	geschätzte Herzfrequenz (RPE x 10)
6	überhaupt nicht anstrengend	60
7	extrem leicht	70
8		80
9	sehr leicht	90
10		100
11	leicht	110
12		120
13	etwas anstrengend	130
14		140
15	anstrengend	150
16		160
17	sehr anstrengend	170
18		180
19	extrem anstrengend	190
20	maximal anstrengend	200

Aufgrund der linearen Korrelation zwischen der Leistung und dem Anstrengungsempfinden erhält man durch Multiplikation des RPE-Wertes mit dem Faktor 10 annähernd die zugehörige Herzfrequenz (Löllgen & Ulmer, 2004).

3.1.5 Software zur Winkelerfassung

Zur Erfassung von Gelenkwinkeln in Fotos wurde die App-basierte Software ‚Angle Meter 360‘ vom Anbieter Softonic verwendet. Dabei wurden die, im Vorhinein aus den Videosequenzen entnommenen, Bilder einzeln in die Applikation geladen und durch händisches Markieren der Extremitätenachsen die Winkel erfasst. Die Positionen der Gelenke wurden durch die App mithilfe von Punkten im Bild markiert, die entsprechenden Winkelschenkel durch graue Linien, welche an ihren Enden ebenfalls durch einen weißen Punkt markiert sind (siehe Abbildung



Abbildung 6: Eingezeichnete Gelenkwinkel 2 und 3 mit Angle Meter 360 bei einem Probanden (eigene Aufnahmen)

6). Um eine einheitliche Datenstruktur zu gewährleisten, wurden die Winkel vor dem Übertragen in die Excel-Datei auf ganze Zahlen gerundet. Nachkommastellen wurden nicht berücksichtigt.

3.2 Versuchsaufbau

Für den Versuch wurden um das installierte Einfachseil beide Videokameras im 90° zueinander versetztem Winkel aufgebaut, sodass der gewählte Bildausschnitt der Panasonic Kamera 1,10 m betrug. Die Kletternden konnten somit einmal in Rückenansicht und einmal seitlich aufgenommen werden (siehe Abbildung 7).

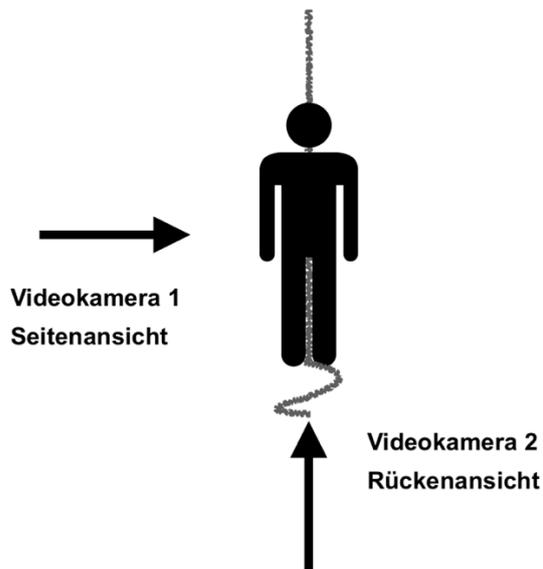


Abbildung 7: Skizze der Kamerapositionen (eigene Darstellung)

Um beide Videokameras steuern zu können wurden sie mit dem Scaler sowie einer dort angeschlossenen externen Festplatte, welche als Speichermedium diente, verbunden. Courant stellte nicht nur den Ankerpunkt über ihrem Messestand zur Verfügung, sondern auch ein passendes semistatisches 70m Kernmantelseil (Squir V2 Red, \varnothing 11,5mm). Außerdem hatten alle Kletternden die Möglichkeit, während der Versuche die von Courant bereitgestellte Persönliche Schutzausrüstung (PSA) zu nutzen und zu testen, bestehend aus Klettergurt, Halteseil mit Verstellvorrichtung, Helm und Seilklemmvorrichtung (Hersteller: Petzl) für den SRT- Einsatz. Die Fußsteigklemmen stammten aus dem eigenen Ausrüstungssortiment der Autorin bzw. aus dem Bestand der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg, während Ruth Morell die Kniestiegeklemme zur Verfügung stellte. Eine detaillierte Auflistung der verwendeten Ausrüstung befindet sich im Anhang 1. Das Systemgewicht, das bei jedem Aufstieg konstant mitgeführt wurde, betrug etwa 4,5 kg. Geringe Schwankungen aufgrund unterschiedlicher Konfektionsgrößen der Klettergurte wurden dabei nicht berücksichtigt.

3.3 Versuchsdurchführung

3.3.1 Datenaufnahme

Um gesicherte wissenschaftliche Daten zu erlangen und einen gleichen Versuchsaufbau zu gewährleisten, wurde das Kamerasystem am 22. April 2024 auf den Augsburgener Baumpflegetagen am Messestand von Courant aufgebaut und durch 2 Probandinnen

validiert. Der Aufbau wurde über den gesamten Aufnahmezeitraum nicht verändert und erst am 25. April, nach Ende der Messe, abgebaut.

Während des Testversuches und den ersten 3 Aufnahmen zeigte sich:

- Dass die Erfassung der Herzfrequenz mittels einer Pulsuhr und die anschließende Datenübertragung sowie Anonymisierung den Arbeitsfluss erheblich beeinträchtigt.
- Dass eine kurze mündliche Vorstellung der Arbeit und das papierlose Ausfüllen der Datenschutzerklärung sowie des Fragebogens schnell und im Besonderen ohne anschließendes Zuordnen erfolgen kann.
- Dass bei erhöhtem Andrang an Probandinnen und Probanden das Steuern des Kamerasystems, das Vorstellen des Projektes und die Befragung als Einzelperson kaum zeitgleich durchführbar ist.

Resultierend aus diesen Erkenntnissen, wurde sich bei der Erfassung der Anstrengung auf die Einschätzung mittels Borg-Skala beschränkt und die Herzfrequenzmessung verworfen. Ebenso wurden im Verlauf der Aufnahmen alle Formulare papierlos den Probandinnen und Probanden überreicht.

Gesteuert wurde eine der Kameras durch eine Panasonic Fernbedienung, die zweite wurde händisch gestartet bzw. gestoppt. Die Videosequenzen wurden respektiv auf einer Festplatte bzw. SD-Karte gespeichert.

3.3.2 Ablauf der Aufnahmen

Der Ablauf der Datenaufnahmen folgte dem Studiendesign der Teilnehmendeninformation (vgl. Anhang 2). Die Planung erfolgte so, dass der Zeitaufwand für jeden Teilnehmenden maximal 30 Minuten betrug (siehe Abbildung 8). Bevor der jeweils erste Seilaufstieg erfolgte, wurden alle Teilnehmenden mit dem Ablauf der Aufnahmen vertraut gemacht und die wichtigsten Parameter des CRF-Fragebogens erfasst, ebenso wurde von allen Probandinnen und Probanden die schriftliche Datenschutzerklärung unterzeichnet (vgl. Anhang 3). Dies war das einzige Dokument, auf dem der Klarnamen eingetragen wurde, alle anderen Erfassungen erfolgten im Anschluss unter Verwendung des Pseudonyms. Um nach den Aufstiegen am Seil, möglichst ohne Zeitverlust, eine direkte Einschätzung der Anstrengung zu erhalten, wurde die Borg-RPE-Skala bereits an dieser Stelle vorgesellt. Im Anschluss folgte das Anprobieren und Einstellen der PSA sowie der entsprechenden Aufstiegshilfen und die Einweisung der

Startposition zu den Kameras. Nachdem alle Materialien den Umständen entsprechend angepasst worden waren – da eine individuelle Feinjustierung meist über Jahre hinweg erfolgt und nicht in kurzer Zeit mit anderer Ausrüstung reproduziert werden kann – erfolgte der jeweils 1. Aufstieg der Personen. Um zu verhindern, dass durch die Abfolge von großen und kleinen Schritten während des Treppenaufstiegs eine Korrelation mit anderen Parametern entsteht, haben die Probandinnen und Probanden abwechselnd die Schrittgrößen zugewiesen bekommen, in den folgenden Tabellen mit A (kleine Schritte) und B (große Schritte) gekennzeichnet. Im direkten Anschluss, sobald die Kletternden wieder sicher am Boden standen, wurden sie nach ihrem persönlichen Anstrengungsempfinden gefragt und Sie gebeten es anhand der Borg-RPE-Skala numerisch zu beschreiben. Da eine Ruhephase von mindestens 10 Minuten im Anschluss des 1. Aufstiegs nötig ist, um auch den 2. Aufstieg mit einem Ruhepuls zu starten sowie eine möglichst geringe Vorbelastung zu erzeugen, diente diese Zeit meist zur vollständigen Beantwortung des CRF-Fragebogens. Es folgte der 2. Aufstieg aus der gleichen Startposition wie der erste, ebenso lief die Anstrengungseinschätzung nach Borg synchron zur ersten Befragung ab. Nach dem Ablegen der PSA endete auch die jeweilige Erfassung der Person.

Studiendesign: Ergonomie in der Baumpflege – welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht

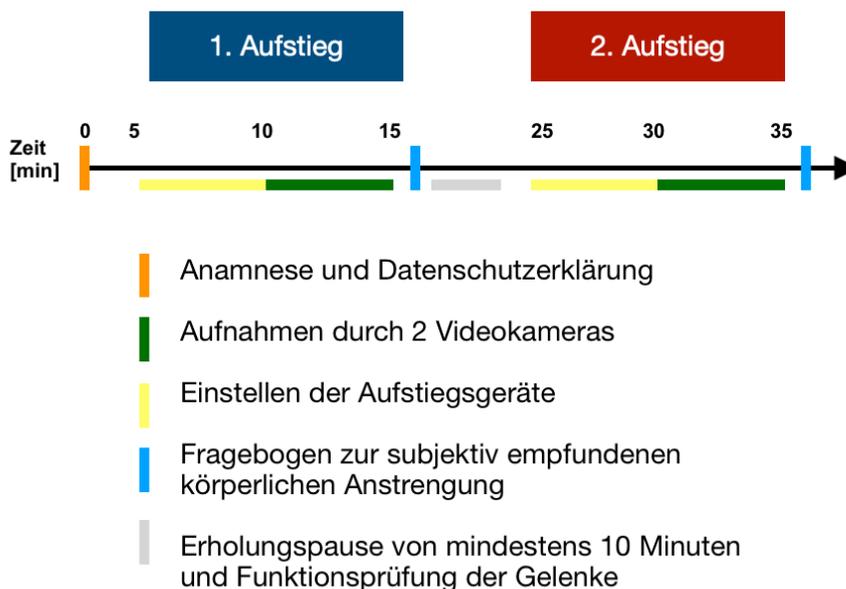


Abbildung 8: Ablauf der Datenaufnahmen aus dem Studiendesign

3.4 Auswertung der Daten

3.4.1 Generation der Bilddaten aus den Videosequenzen

Um Bilddaten aus den aufgenommenen Videosequenzen zu generieren, wurden die Videos zunächst mit der Software „QuickTime Player“ gesichtet und durch das Tool „kürzen“ in die einzelnen Bilder zerlegt. Anschließend wurde das Video bei den größten Winkeln angehalten und das entsprechende Bild gespeichert. Dieser Vorgang wurde für alle sechs Winkel pro Person und Aufstieg wiederholt.

3.4.2 Erfassung der Aufstiegseschwindigkeiten

Der durch den Kameraaufbau festgelegte Abstand zum Aufstiegsseil wurde so gewählt, dass der Bildausschnitt mit genau einem Meter dazu genutzt werden konnte, die Aufstiegseschwindigkeit im Nachhinein zu errechnen. Die Erfassung der Aufstiegseschwindigkeiten erfolgte ebenfalls mithilfe der Software „QuickTime Player“ und dem Tool „Kürzen“, da dies auf zehntel Sekunden genaue Zeitangaben ermöglichte. Aus der Zeit, die die Kletternden brauchten, um mit dem Referenzpunkt den Bildausschnitt zu betreten und kletternd zu verlassen, ergab dies die Zeit für 1 Klettermeter. Der farblich sich gut absetzende Materialkarabiner des Gurtes diente hierfür als Markierung, da dieser bei jeder Person auf die gleiche Art mitgeführt wurde. Die Geschwindigkeit (v) wurde berechnet, indem die zurückgelegte Strecke (s) durch die dafür benötigte Zeit (t) dividiert wurde.

3.5 Statistische Auswertung

Die folgende Auswertung wurde mit den Programmen Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) sowie Excel durchgeführt. Um die Fragestellungen der Bachelorarbeit zu beantworten, wurden ein t-Test mit gepaarten Stichproben sowie drei Spearman-Korrelationen gerechnet. Auf letzteres wurde aufgrund der ordinalen Skalierung der Daten zurückgegriffen.

Als Voraussetzung für die statistische Auswertung von gepaarten Stichproben mittels t-Tests muss eine Normalverteilung gegeben sein. Diese wurde in SPSS mittels der explorativen Datenanalyse getestet (Anhang 6). Hierfür wurden die Differenzen der Winkel bei den jeweiligen Aufstiegen gebildet, das heißt für jeden Winkel einzeln der 2. Aufstieg vom 1. Aufstieg subtrahiert. Es wird das Signifikanzniveau von $p < 0,05$ angenommen, um

zufällig angenommene Ergebnisse auszuschließen. Für die Interpretation der Normalverteilung wurde der Test nach Shapiro-Wilk, aufgrund der größeren Power, gewählt (Wilhelm, 2016).

4 Ergebnisse

4.1 Deskriptive Ergebnisse

Im Rahmen des CRF-Fragebogens wurden Angaben zum Alter, zum Geschlecht, zur Größe, der Erfahrung in der Buampflege (in Jahren) und der wöchentlichen Kletterstunden sowie zu Verletzungen, die den Bewegungsablauf beeinflussen, gemacht. Diese dienen dazu, Aussagen über die Repräsentativität zu treffen und verschaffen einen Gesamteindruck über die Stichprobe.

4.1.1 Geschlechterverteilung

Nach der Bereinigung der Daten, bei der aufgrund von Erkrankungen oder Verletzungen 4 Teilnehmerinnen und Teilnehmer ausgeschlossen wurden, ergibt sich bei $n = 31$ die Verteilung des Geschlechts. Im Kreisdiagramm Abbildung 9 lässt sich erkennen, dass 81 % der Teilnehmenden Männer waren (25 Personen), 16 % Frauen (5 Personen) und 3 % divers (1 Person). Demnach waren Männer in der Stichprobe überrepräsentiert. Im Bundesvergleich liegt die Geschlechterverteilung bei 49.35 % Frauen und 50.65% Männern (DESTATIS Statistisches Bundesamt, 2024). Aus methodischen Gründen kann das dritte Geschlecht (divers) nicht berücksichtigt werden, weshalb diese Geschlechtsausprägungen durch ein definiertes Umschlüsselungsverfahren auf die Geschlechter männlich und weiblich verteilt werden (DESTATIS Statistisches Bundesamt, o. J.).

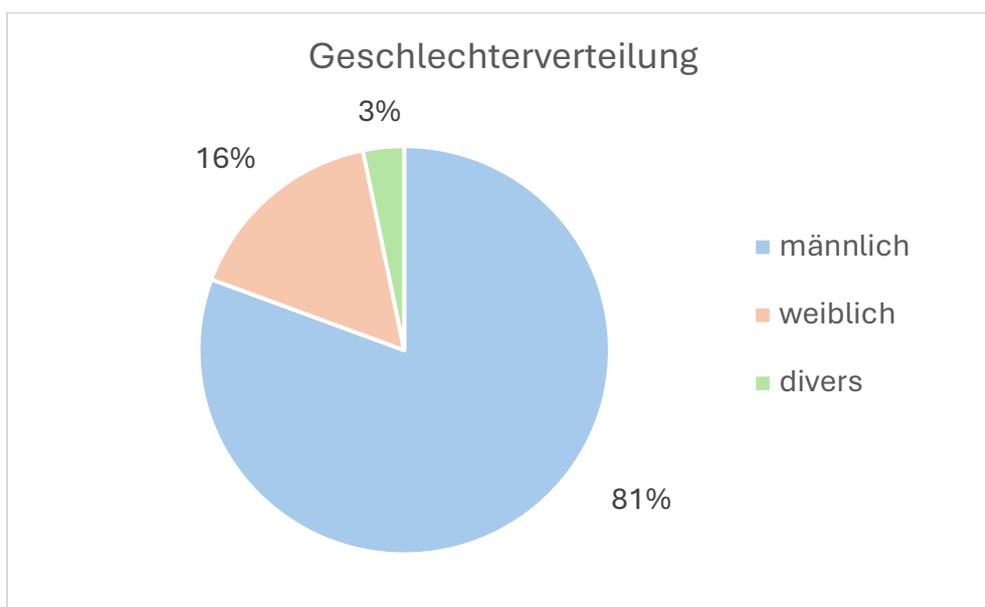


Abbildung 9: Kreisdiagramm zur Geschlechterverteilung der Stichprobe

4.1.2 Altersverteilung

An der Datenerhebung nahmen Personen im Alter von 20 bis 47 Jahren teil, mit einem durchschnittlichen Alter von 30,4 Jahren, die Standardabweichung beträgt 6,45 Jahre. Die Abbildung 10 zeigt die gruppierte Altersverteilung der Stichprobe nach Geschlechtern getrennt. Auffällig ist, dass 13 Personen der Altersgruppe 25-29 Jahre angehören, wodurch diese Gruppe dominierend auftritt. Die Altersgruppen 20-24, 30-34 und 35-39 Jahre sind mit jeweils fünf bis sieben Personen ähnlich stark repräsentiert. Die ältesten Altersgruppen (40-44 und 45-49 Jahre) sind hingegen nur mit 3 bzw. 1 Person vertreten.

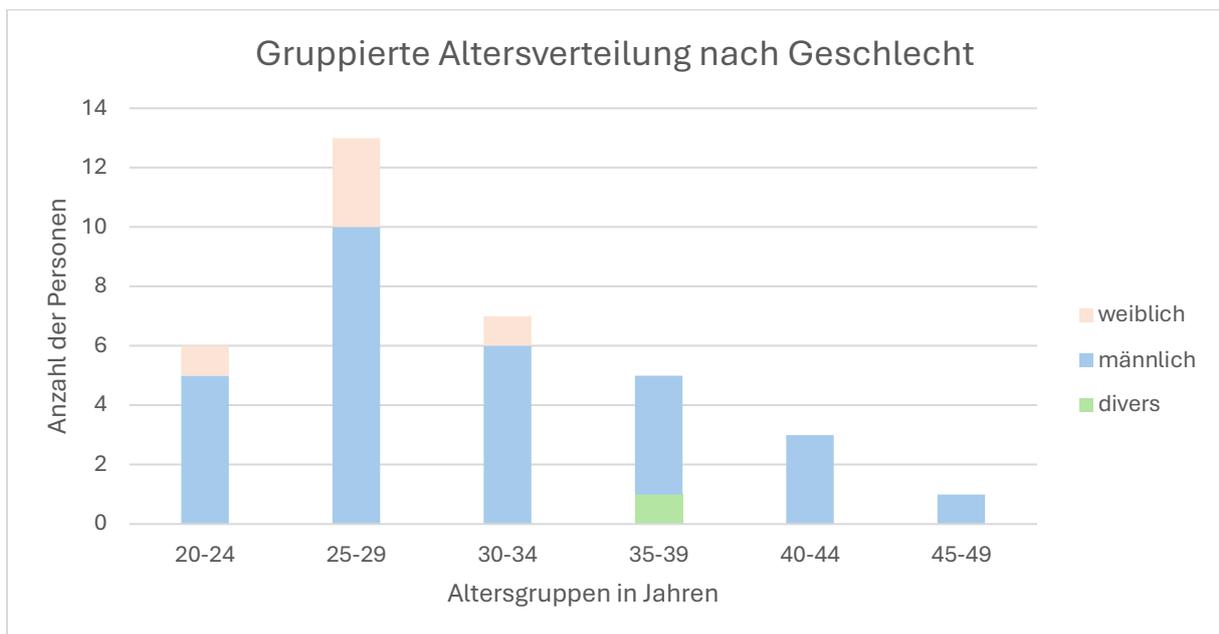


Abbildung 10: Säulendiagramm zur gruppierten Altersverteilung nach Geschlecht

4.1.3 Körpergrößen

Die durchschnittliche Körpergröße der Teilnehmenden bei $n = 31$ betrug 178,77 cm, bei einer Spannweite von 38 cm. Die kleinste Person war 164 cm groß, die größte Person 202 cm. Um eine bessere methodische Analyse zu ermöglichen, wurden die Körpergrößen in Klassen von jeweils 5 cm eingeteilt. Abbildung 11 zeigt diese Einteilung in insgesamt sieben Klassen. Die Klasse „180-184 cm“ ist mit 10 Personen am stärksten vertreten. Mit Ausnahme der ersten beiden Klassen (160-164 cm und 165-169 cm) sind alle weiteren Klassen männlich dominiert. Lediglich in 4 Klassen (160-164 cm, 165-169 cm, 175-179 cm und 180-184 cm) sind weibliche Personen vertreten.

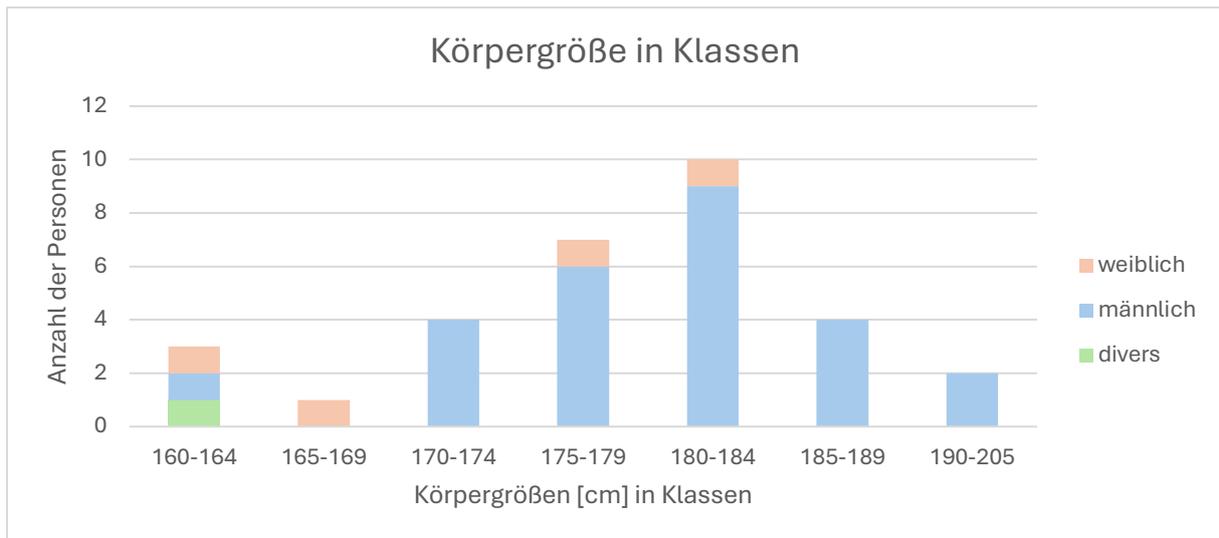


Abbildung 11: Säulendiagramm der Körpergrößen in Klassen

4.1.4 Erfahrungsjahre in der Baumpflege

Die Teilnehmenden absolvierten alle die Grundstufe der Seilklettertechnik (SKT-A) erfolgreich. Dieser Abschluss diente oftmals als Maß und somit Startzeit ab wann man Erfahrung in der Baumpflege sammelte. Die Spannweite reichte von einem halben Jahr Erfahrung bis zu 15 Jahren. Im Mittel arbeiteten die Probandinnen und Probanden 7,05 Jahre kletternd in der Baumpflege. Das Einteilen der Erfahrung in Jahren in 5 Klassen, ermöglicht eine gute analytische Auswertung. In der Abbildung 12 wird die Klasseneinteilung der Erfahrung dargestellt. Die Klasse 6-8 Jahre ist mit 9 Personen am stärksten vertreten, die Klassen 0-2, 3-5 und 9-11 Jahre folgen mit je 6 Personen. Über 12 Jahre Erfahrung haben 5 männliche Probanden. In den ersten 3 Klassen (0-2, 3-5 und 6-8) sind alle 5 Frauen vertreten, sie weichen somit vom Mittelwert, der nicht nach Geschlechtern getrennt ist, ab.

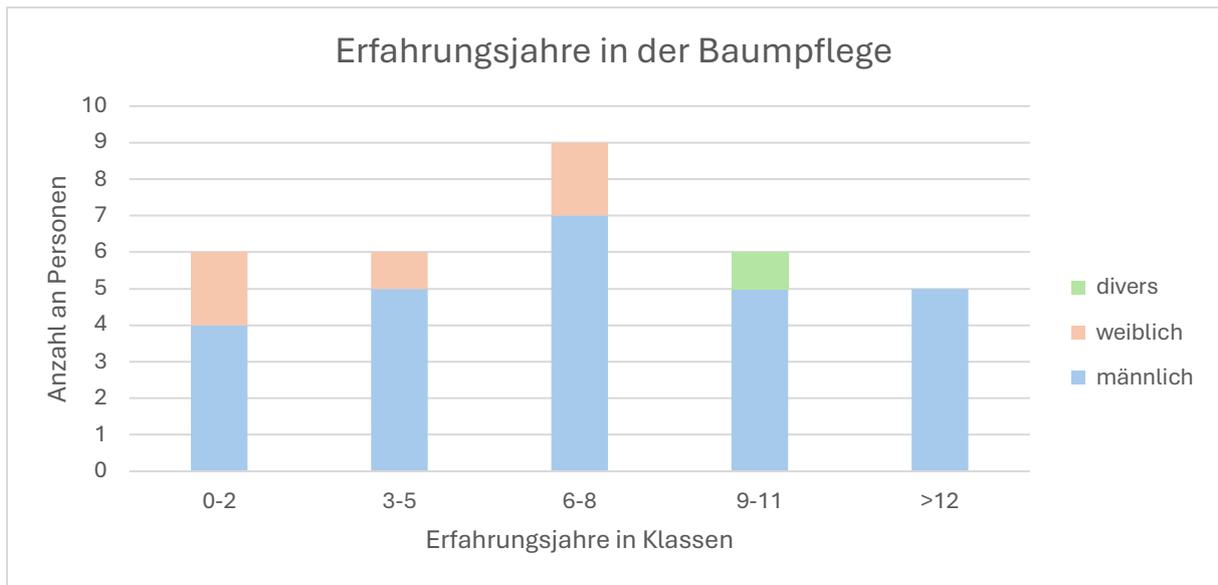


Abbildung 12: Säulendiagramm der Erfahrungsjahre

4.1.5 Wöchentliche Kletterstunden

Neben der Erfahrung in Jahren, gibt auch die wöchentliche Kletterzeit einen Aufschluss über den Trainingszustand und der Routine der Person. Das Diagramm 13 zeigt die Wochenkletterstunden der Probandinnen und Probanden mit $n = 31$ in vier Klassen, abhängig von ihrem Geschlecht. Auffällig ist, dass alle Frauen in den ersten drei Klassen vertreten sind. Über 30 Stunden in der Woche klettern in dieser Stichprobe nur Männer.

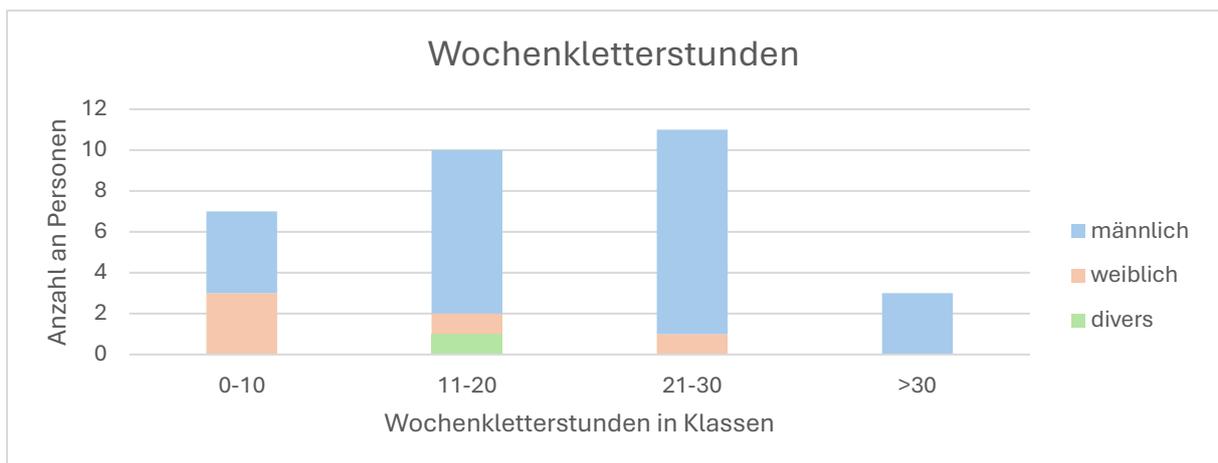


Abbildung 13: Säulendiagramm der Wochenkletterstunden

4.1.6 Aufstiegsgeschwindigkeiten

Das Liniendiagramm (Abbildung 14) zeigt die Abhängigkeit der Aufstiegsgeschwindigkeit am Einfachseil bei großen und kleinen Schritten. Auf der X-Achse sind die

Versuchsdurchgänge angegeben, auf der Y-Achse die gemessene Zeit (s) die benötigt wurde um 1 m am Kletterseil aufzusteigen. Aufgrund von einer fehlenden Angabe beträgt der Stichprobenumfang in dieser Abbildung $n = 30$. Die grüne Linie stellt den Trend der Geschwindigkeit bei kleineren Schritten dar, während die gelbe Linie den Verlauf bei größeren Schritten zeigt. Es ist ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Aufstiegsmethoden erkennbar. Bis auf drei Ausnahmen waren alle Aufstiege mit großen Schritten schneller als die mit kleinen Schritten. Dies spiegelt sich auch in den Mittelwerten wider: Mit 0,39 m/s waren die Aufstiege mit großen Schritten im Durchschnitt um 0,09 m/s schneller als die mit kleinen Schritten, die einen Mittelwert von 0,30 m/s aufwiesen. Daraus lässt sich die Tendenz vermuten, dass höhere Geschwindigkeiten beim Aufstieg am Einfachseil durch größere Schritte erreicht werden können – selbst dann, wenn die Intensität nicht bewusst erhöht wird.

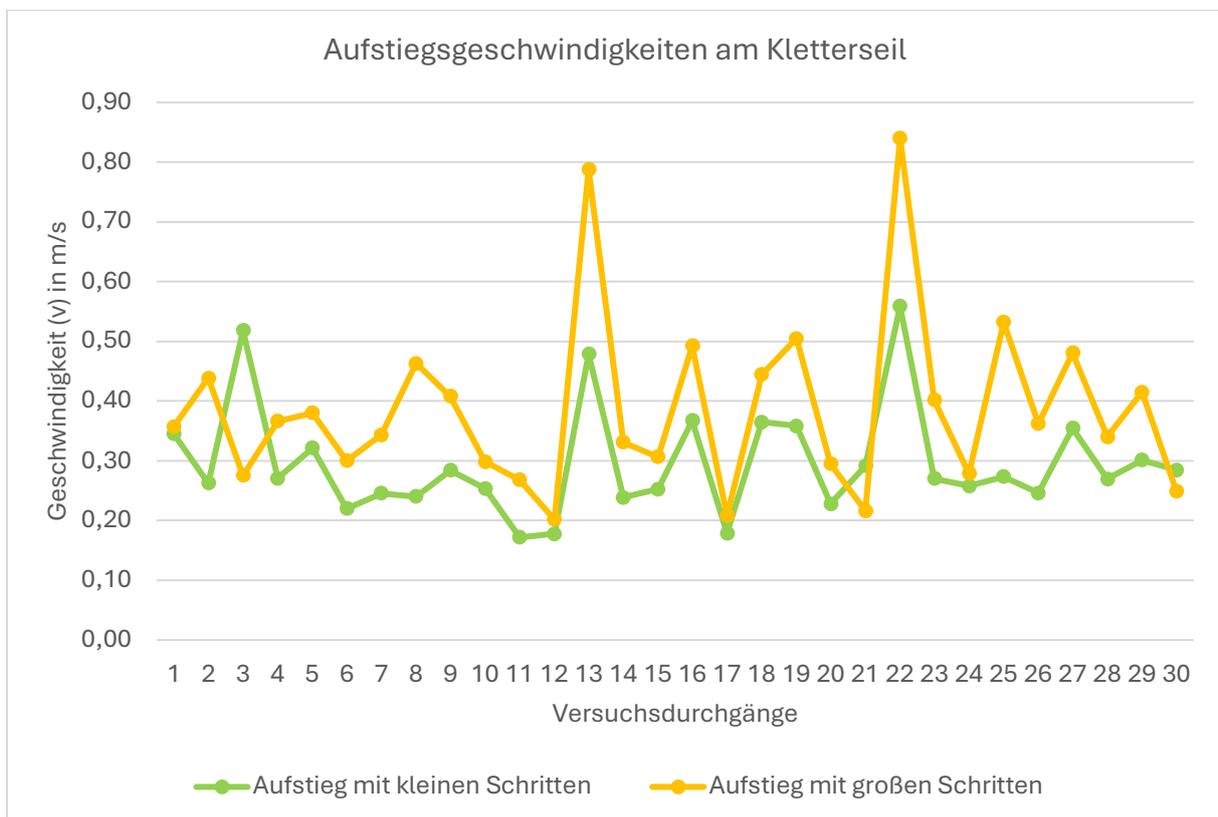


Abbildung 14: Aufstiegsgeschwindigkeiten am Einfachseil mittels Treppenaufstieg mit großen und kleinen Schritten

4.1.7 Bevorzugte Schrittgrößen

Mit deutlichem Vorsprung wurden kleinere Schrittgrößen (20) häufiger bevorzugt als größere Schritte (11). Dies ist aus der Abbildung 15 abzuleiten, der Stichprobenumfang

betrug dabei $n = 31$. Das Säulendiagramm verdeutlicht auch, dass unabhängig vom Geschlecht sowohl kleinere als auch größere Schritte im Arbeitsalltag bevorzugt werden.

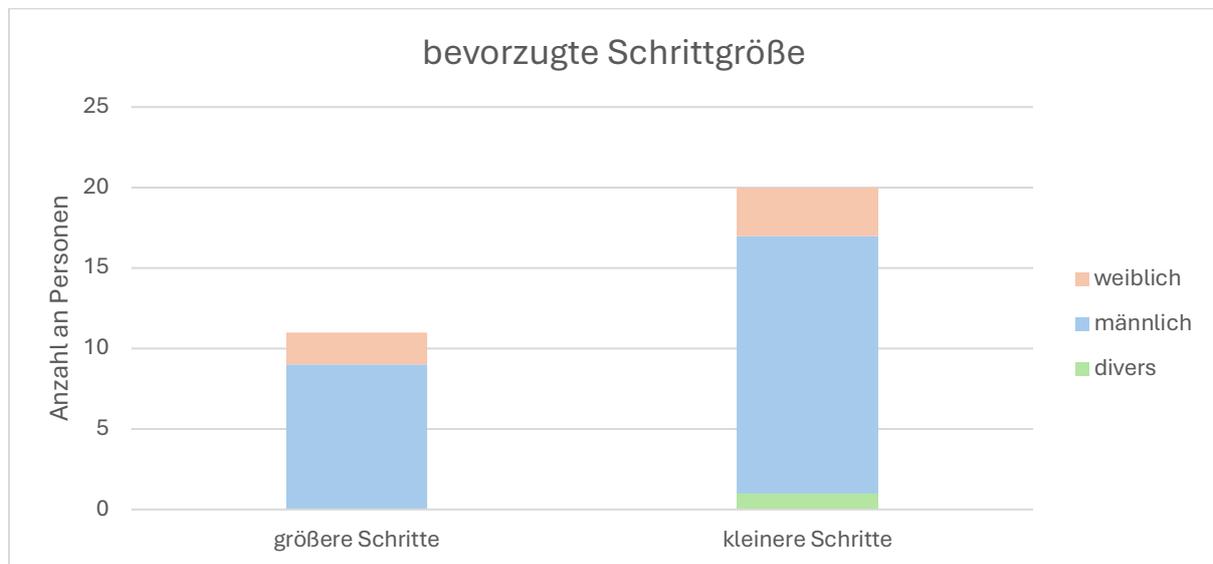


Abbildung 15: Säulendiagramm mit den bevorzugten Schrittgrößen

4.2 Auswertung der Gelenkwinkel

Bei der Auswertung der Gelenkwinkel wurde sich an der DGUV Information zur Bewertung physischer Belastung orientiert und sich der dort angewandten Farben (grün, gelb, rot) zur besseren Darstellung bedient. Die Tabelle 3 zeigt alle aufgenommenen Gelenkwinkel.

Dabei entspricht:

- Winkel 1 – der Kopfseitneigung,
- Winkel 2 – dem Schultergelenk,
- Winkel 3 – dem Ellenbogengelenk,
- Winkel 4 – der Rumpfneigung bzw. die Rumpfneigung zum Seil,
- Winkel 5 – dem Kniegelenk und
- Winkel 6 – dem Sprunggelenk.

Die Großbuchstaben A und B vor den jeweiligen Gelenkwinkeln stehen für A – Aufstieg mit kleinen Schritten und B – Aufstieg mit großen Schritten.

Tabelle 3: Gelenkwinkeltabelle (Ausgabe Excel)

AWinkel 1	AWinkel 2	AWinkel 3	AWinkel 4	AWinkel 5	AWinkel 6	B Winkel 1	B Winkel 2	B Winkel 4	B Winkel 5	B Winkel 6
5	79	105	-23	88	89	2	111	-13	101	75
1	80	91	-19	105	85	7	100	-12	85	89
6	112	49	-18	89	74	10	101	-21	84	69
1	120	38	-22	93	79	9	109	-25	86	81
4	106	33	-19	86	73	5	115	-16	83	75
	114	42	-21	90	77		101	-17	94	84
8	98	61	-22	105	69	4	111	-23	70	72
4	107	58	-24	115	93	4	111	-14	132	96
3	69	92	-32	98	87	3	98	-27	103	83
7	89	81	-21	91	104	4	105	-16	85	101
5	106	48	-19	109	94	2	116	-23	111	89
11	126	48	-11	135	107	1	87	-14	98	96
1	95	57	-31	98	84		104	-25	79	79
3	117	52	-18	110	84	2	122	-22	100	100
3	106	54	-23	110	110		112	-12	82	90
4	101	72	-22	109	81	5	98	-26	79	95
1	89	63	-19	100	88		105	-14	99	72
	115	44	-10	121	82				89	85
4	104	55	-15	86	87	2	131	-19	100	80
1	108	68	-10	98	75	3	120	-14	100	97
2	108	47	-17	116	97	2	116	-16	86	94
5	100	52	-18	106	86	8	123	-14	120	77
2	95	63	-22	73	72	6	109	-27	90	78
1	81	90		117	82	7	113	-8	96	76
1	94	79	-21	116	90	0	108	-13	80	85
3	116	41	-17	96	83	3	106	-16	64	95
4	111	47	-18	107	84	1	123	-19	102	83
1	110	55	-22	123	87	2	113	-22	71	70
4	100	69	-21	115	81	5	103	-29	77	87
2	113	39	-20	91	94	4	117	-22	92	109
3	91	72	-17	125	110	1	115	-19	90	101

Aus der Tabelle 3 kann entnommen werden, dass die Kopfseitneigung, lediglich in einem Fall den als akzeptabel eingeschätzten physiologischen Bewegungsumfang überschreitet. In 6 Fällen konnte die Kopfseitneigung aus verschiedenen Gründen nicht aufgenommen werden. Der als akzeptabel (grün) eingeschätzte physiologische Bewegungsumfang lag zwischen -10° und 10° (vgl. Abbildung 2). Markante Unterschiede zwischen dem Aufstieg mit kleinen und dem mit großen Schritten lassen sich bei der Kopfseitneigung nicht erkennen.

Der Schultergelenkwinkel (Winkel 2) konnte im A-Aufstieg von allen 31 Probandinnen und Probanden ausgewertet werden, im B-Aufstieg fehlt ein Wert. Als akzeptabel schätzt die DGUV Gelenkwinkel zwischen 0° und 20° ein, als bedingt akzeptabel zählen Werte zwischen 20° und 60° , alle Werte $> 60^\circ$ bzw. $< 0^\circ$ gelten als nicht akzeptabel. Unabhängig von der Schrittgröße wurden bei allen Aufstiegen die „rote“ Winkelkategorie erreicht. Die Mittelwerte unterscheiden sich jedoch deutlich, so hat der A-Aufstieg einen Mittelwert von $101,9^\circ$, der Aufstieg mit großen Schritten hingegen $110,1^\circ$. Es lässt jedoch bei kleinen wie auch bei großen Schritten während des Kletterns auf eine hohe Belastung des Schultergelenkes durch große Gelenkwinkel vermuten.

Die Flexion und Extension des Ellenbogengelenks (Winkel 3) wird zwischen 60° und 100° als akzeptabel eingeschätzt, alle Werte > 100° bzw. < 60° gelten als inakzeptabel. Beim Aufstieg mit kleinen Schritten haben 19 der 31 Teilnehmenden, den nicht mehr akzeptablen Bereich erreicht, beim Aufstieg mit großen Schritten lagen sogar 26 Personen außerhalb der Grenzen 60° - 100°. Beim Aufstieg mit großen Schritten nimmt der Ellenbogen häufiger Winkel ein, die als belastender gelten, im Vergleich zu den Winkelpositionen bei kleineren Schritten.

Bei der Rumpfneigung (Winkel 4) konnten je Aufstieg 30 Gelenkwinkel ausgewertet werden. Keiner der Probandinnen und Probanden hat den akzeptablen (grünen) Bereich zwischen 0° bis 20° erreicht, da alle Werte im negativen Bereich lagen.

Bei der Messung des Kniewinkels (Winkel 5) konnten alle 31 Werte je Aufstieg ermittelt werden. Als akzeptabel gelten Werte zwischen 45° und 60°. Diese wurden im Aufstieg mit kleinen Schritten in 6 Fällen, im Aufstieg mit großen in 17 Fällen erfasst. Damit profitiert der Kniewinkel von großen Schritten. Als inakzeptabel werden Werte < 0° und > 90° eingeschätzt, bedingt akzeptable Werte liegen zwischen 20° und 45°.

Der Sprunggelenkwinkel wird im Bewertungsbogen der DGUV nicht mit aufgeführt, daher erfolgt die Bewertung anhand der Abweichung zur Neutral-Null-Stellung. Das normale Bewegungsausmaß umfasst jedoch beim Anheben des Fußes (Dorsalflexion) 45° und beim Absenken des Fußes in Richtung Fußsohle (Plantarflexion) 60° (Rieger & Skawran, 2012). Die Abweichungen von der Neutral-Null-Stellung belaufen sich im A-Aufstieg auf maximal 21° Plantarflexion und 20° Dorsalflexion. Im B-Aufstieg liegt die Spanne zwischen 21° Plantarflexion und 19° Dorsalflexion. Alle Sprunggelenkwinkel liegen somit im normalen Bewegungsausmaß. Zur Berechnung des Sprunggelenkwinkels wurde die Spalte „Winkel 5“ mit 90° subtrahiert.

4.3 Statistische Tests

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der statistischen Tests (t-Test bei gepaarten Stichproben, Spearman-Korrelation) präsentiert. Es wurde ein Signifikanzniveau von 5% ($p < 0,05$) angenommen. Ziel der Tests war es Unterschiede und Zusammenhänge der aufgenommen Variablen zu untersuchen.

4.3.1 Unterschiede zwischen dem 1. und 2. Aufstieg der auftretenden Gelenkwinkel (t-Test bei gepaarten Stichproben)

Der Test auf Normalverteilung ergab bei allen sechs Winkeln ein Signifikanzniveau über 0,05 weshalb die Nullhypothese H_0 „Grundgesamtheit ist Normalverteilt und kann folgend so behandelt werden.“ angenommen werden kann.

Um einen Unterschied zwischen den Aufstiegen und den dabei erzeugten Gelenkwinkeln zu erfassen, wurde ein gepaarter t-Test durchgeführt, da die Stichproben (1. Aufstieg und 2. Aufstieg) voneinander abhängen. Es wurde ein zweiseitiger (ungerichteter) t-Test durchgeführt. Die Hypothesen für den t-Test mit gepaarten Stichproben lauten:

Nullhypothese (H_0): „Die Gelenkwinkel unterscheiden sich zwischen dem 1. und 2. Aufstieg nicht“.

Alternativhypothese (H_1): „Die Gelenkwinkel unterscheiden sich zwischen dem 1. und 2. Aufstieg“.

Bei einem $p < 0,05$ ist der Unterschied signifikant und die Nullhypothese kann nicht angenommen werden.

Tabelle 4: t-Test der Gelenkwinkel für gepaarte Stichproben (Ausgabe SPSS)

		Test bei gepaarten Stichproben						Signifikanz		
		Gepaarte Differenzen				T	df			
		Mittelwert	Std.- Abweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				Einseitiges p	Zweiseitiges p
					Unterer Wert	Oberer Wert				
Paaren 1	A Winkel 1 – B Winkel 1	-,269	3,737	,733	-1,779	1,240	-,367	25	,358	,716
Paaren 2	A Winkel 2 – B Winkel 2	-8,690	15,511	2,880	-14,590	-2,790	-3,017	28	,003	,005
Paaren 3	A Winkel 3 – B Winkel 3	8,433	22,061	4,028	,196	16,671	2,094	29	,023	,045
Paaren 4	A Winkel 4 – B Winkel 4	,750	4,934	,932	-1,163	2,663	,804	27	,214	,428
Paaren 5	A Winkel 5 – B Winkel 5	12,167	19,745	3,605	4,794	19,540	3,375	29	,001	,002
Paaren 6	A Winkel 6 – B Winkel 6	,167	9,685	1,768	-3,450	3,783	,094	29	,463	,926

Bei der Betrachtung des zweiseitigen Signifikanzniveaus ist zu erkennen, dass es Unterschiede zwischen den jeweiligen Gelenkwinkeln gibt (Tabelle 4). Für die Paare 1,4 und 6 liegt p über 5%, die Alternativhypothese kann in diesen Fällen nicht angenommen werden und es muss die Nullhypothese angenommen werden. Unterschiede beim Aufsteigen zwischen großen und kleinen Schritten lassen sich somit bei der Kopfseitneigung, der Rumpfneigung zum Seil und dem Fußwinkel nicht erkennen. Bei den Paaren 2, 3 und 5 liegt das Signifikanzniveau unter der 5%-Hürde. In diesen Fällen kann die Alternativhypothese nicht verworfen werden und wird angenommen. Es sind somit signifikante Unterschiede beim Aufsteigen zwischen großen und kleinen Schritten beim Schultergelenk, dem Ellenbogengelenk und dem Kniegelenk erkennbar.

4.3.2 Zusammenhang zwischen der Erfahrung der Kletternden in Jahren, ihren Wochenkletterstunden und dem Anstrengungsempfinden (Spearman-Korrelation)

Die Spearman Korrelation ist eine non-parametrische Methode, die Stärke des Zusammenhangs zweier Variablen zu testen. Voraussetzung ist, dass die Variablen, die miteinander korreliert werden, mindestens ordinal skaliert sind (Hemmerich, o. J.).

Um den Zusammenhang der Erfahrung der Kletternden in Jahren, den Wochenkletterstunden sowie dem Anstrengungsempfinden nach der Borg-Skala zu testen, wurden die Erfahrungsklassen (Tabelle 6), die Klassen der Wochenkletterstunden (Tabelle 5) und die Werte der Borg-Skala getrennt nach den Aufstiegen A und B miteinander korreliert. Das Signifikanzniveau liegt bei 5% ($p < 0,05$).

Die Hypothesen für die Spearman-Korrelationsrechnung lauten:

Nullhypothese (H_0): Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Variablen: Erfahrung der Kletternden, ihren Wochenkletterstunden und ihrem Anstrengungsempfinden beim Aufstieg mit kleinen oder großen Schritten.

Alternativhypothese (H_1): Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Variablen: Erfahrung der Kletternden, ihren Wochenkletterstunden und ihrem Anstrengungsempfinden beim Aufstieg mit kleinen oder großen Schritten.

Tabelle 5: Kletterstunden pro Woche

Klassengröße	Klassenname
0-4	1
5-9	2
10-14	3
15-19	4
20-24	5
25-30	6
>30	7

Tabelle 6: Erfahrung in Jahren in Klassen

Klassengröße	Klassenname
0-2	1
3-5	2
6-8	3
9-11	4
>12	5

Die Tabelle 7 zeigt die Ausgabe der Spearman-Korrelationsrechnung in SPSS.

Tabelle 7: Spearman-Korrelation der Klassen Erfahrung und Wochenkletterstunden und dem Anstrengungsempfinden (Ausgabe SPSS)

Spearman-Korrelationen

		K_Erfahrung	K_WochenStd	Borg A	Borg B	
Spearman-Rho	K_Erfahrung	Korrelationskoeffizient	1,000	,483**	-,234	-,137
		Sig. (2-seitig)	.	,007	,213	,470
		N	30	30	30	30
	K_WochenStd	Korrelationskoeffizient	,483**	1,000	-,232	-,419*
		Sig. (2-seitig)	,007	.	,217	,021
		N	30	30	30	30

** . Die Korrelation ist auf dem 0,01 Niveau signifikant (zweiseitig).

* . Die Korrelation ist auf dem 0,05 Niveau signifikant (zweiseitig).

Hochsignifikant ist der positive Zusammenhang zwischen der Erfahrung und den Wochenkletterstunden mit $p = 0,007$. Die Nullhypothese kann somit für die Variablen Erfahrung und Wochenkletterstunden nicht angenommen werden und die Alternativhypothese wird bestätigt. Dies bedeutet, dass tendenziell umso größer die Klasse der Wochenstunden, desto größer ist auch die Klasse der Erfahrung, also umso mehr Erfahrung eine Person beim Klettern hat, umso öfter klettert diese Person auch in der Woche. Der Korrelationskoeffizient (r) von $+ 0,483$ zeigt, dass die Korrelation signifikant und moderat stark ist, somit ist der Zusammenhang statistisch bedeutsam und nicht rein zufällig.

Ebenfalls signifikant ist der Zusammenhang zwischen der gewählten Einschätzung auf der Borg-Skala beim Aufsteigen mit großen Schritten und der Wochenkletterstunden in Klassen mit einem p -Wert = $0,021$. Auch hier wird die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen, die einen signifikanten Zusammenhang zwischen den Wochenkletterstunden und dem empfundenen Anstrengungsempfinden im Aufstieg mit großen Schritten annimmt. Der Korrelationskoeffizient (r) von $- 0,419$ gibt einen moderat negativen Trend an. Dies bedeutet, dass Personen die mehr Wochenkletterstunden leisten, die Anstrengung im Aufstieg mit großen Schritten geringer einschätzen als diese mit weniger Wochenkletterstunden. Abgebildet ist dieser Zusammenhang in dem untenstehenden Streudiagramm 16. Der hochsignifikante, positive Zusammenhang zwischen dem Anstrengungsempfinden mit kleinen (A) und

großen (B) Schritten ist für die Fragestellung dieser Analyse nicht relevant, daher werden diese Ergebnisse nicht weiter interpretiert.

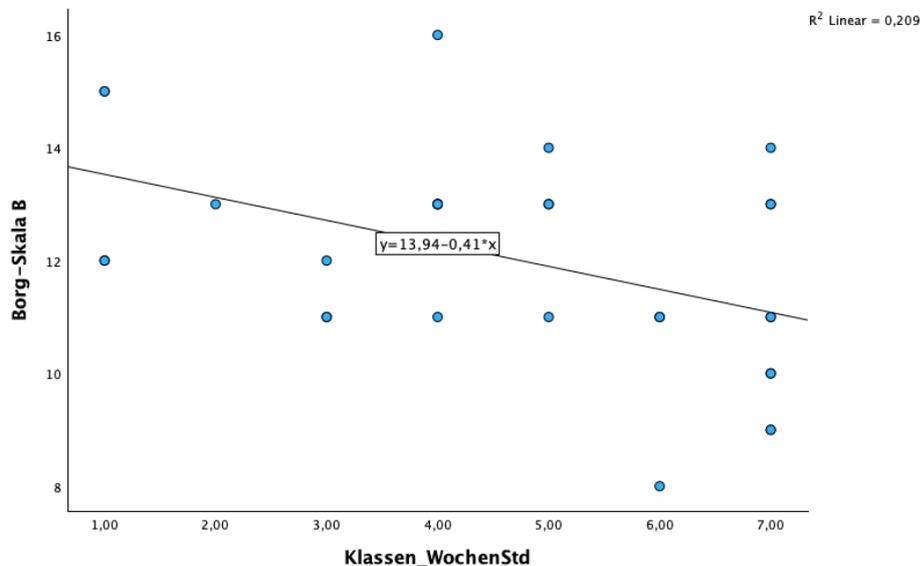


Abbildung 16: Streudiagramm der Abhängigkeit des Anstrengungsempfindens beim Aufstieg mit großen Schritten und den Wochenkletterstunden in Klassen

4.3.3 Korrelation zwischen dem Anstrengungsempfinden und den einzelnen Gelenkwinkeln (Spearman-Korrelation)

Die Hypothesen für die folgende Spearman-Korrelation lauten:

Nullhypothese (H_0): Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem empfundenen Anstrengungsempfinden der beiden Aufsteige (A und B) und den gemessenen Gelenkwinkeln (1-6).

Alternativhypothese (H_1): Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem empfundenen Anstrengungsempfinden der beiden Aufsteige (A und B) und den gemessenen Gelenkwinkeln (1-6).

Das Signifikanzniveau beträgt $p < 0,05$.

Die Tabellen 8 und 9 zeigen die Korrelationen der gemessenen Gelenkwinkel und der Werte der Borg-Skala getrennt nach den Aufstiegen (A und B).

Tabelle 8: Spearman-Korrelation der Gelenkwinkel 1-6 und dem Anstrengungsempfinden (nach der Borg-Skala) für den Aufstieg mit kleinen Schritten (Ausgabe SPSS)

		Korrelationen							
		Borg-Skala A	A Winkel 1	A Winkel 2	A Winkel 3	A Winkel 4	A Winkel 5	A Winkel 6	
Spearman-Rho	Borg-Skala A	Korrelationskoeffizient	1,000	,017	-,037	,091	,044	,243	,304
		Sig. (2-seitig)	.	,930	,844	,631	,821	,196	,103
		N	30	28	30	30	29	30	30

Tabelle 9: Spearman-Korrelation der Gelenkwinkel 1-6 und dem Anstrengungsempfinden (nach der Borg-Skala) für den Aufstieg mit großen Schritten (Ausgabe SPSS)

		Korrelationen							
		Borg-Skala B	B Winkel 1	B Winkel 2	B Winkel 3	B Winkel 4	B Winkel 5	B Winkel 6	
Spearman-Rho	Borg-Skala B	Korrelationskoeffizient	1,000	-,351	,004	-,031	,123	-,060	,090
		Sig. (2-seitig)	.	,079	,982	,870	,525	,753	,636
		N	30	26	29	30	29	30	30

In allen Fällen der Korrelation bleibt das Signifikanzniveau (p) über 5%. Es sind somit keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Gelenkwinkeln und der Werte der Borg-Skala in den jeweiligen Aufstiegen (A und B) erkennbar. Die Nullhypothese wird somit angenommen.

4.3.4 Korrelation zwischen der Erfahrung der Kletternden, ihren Wochenkletterstunden und den gemessenen Gelenkwinkeln (Spearman-Korrelation)

Die Hypothesen für die folgende Spearman-Korrelation lauten:

Nullhypothese (H₀): Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Erfahrung der Kletternden, ihren Wochenkletterstunden und den gemessenen Gelenkwinkeln (1-6).

Alternativhypothese (H₁): Es gibt einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Erfahrung der Kletternden, ihren Wochenkletterstunden und den gemessenen Gelenkwinkeln (1-6).

Das Signifikanzniveau beträgt $p < 0,05$. Die Tabellen 10 und 11 zeigen die errechneten Parameter.

Tabelle 10: Spearman-Korrelation der Erfahrung der Kletternden, ihren Wochenkletterstunden und den gemessenen Gelenkwinkeln beim Aufstieg mit kleinen Schritten (A) (Ausgabe SPSS)

		Korrelationen							
		Klasse_Erfahrung	Klassen_WochenStd	A Winkel 1	A Winkel 2	A Winkel 3	A Winkel 4	A Winkel 5	A Winkel 6
Klasse_Erfahrung	Korrelationskoeffizient	1,000	,483**	-,029	-,006	,083	-,134	-,003	-,050
		Sig. (2-seitig)	.	,007	,883	,976	,663	,488	,986
		N	30	30	28	30	30	29	30
Klassen_WochenStd	Korrelationskoeffizient	,483**	1,000	-,102	,007	-,098	-,019	-,610**	-,265
		Sig. (2-seitig)	,007	.	,606	,971	,606	,921	<,001
		N	30	30	28	30	30	29	30

Tabelle 11: Spearman-Korrelation der Erfahrung der Kletternden, ihren Wochenkletterstunden und den gemessenen Gelenkwinkeln beim Aufstieg mit großen Schritten (B) (Ausgabe SPSS)

		Korrelationen							
		Klasse_Erfahrung	Klassen_WochenStd	B Winkel 1	B Winkel 2	B Winkel 3	B Winkel 4	B Winkel 5	B Winkel 6
Klasse_Erfahrung	Korrelationskoeffizient	1,000	,483**	,118	-,044	-,177	,072	-,102	,053
		Sig. (2-seitig)	.	,007	,564	,820	,349	,711	,591
		N	30	30	26	29	30	29	30
Klassen_WochenStd	Korrelationskoeffizient	,483**	1,000	,267	,020	-,261	,325	-,088	,050
		Sig. (2-seitig)	,007	.	,187	,918	,163	,086	,643
		N	30	30	26	29	30	29	30

Eine signifikante Korrelation lässt sich zwischen dem Kniewinkel (Winkel 5) und den Wochenkletterstunden mit $p < 0,001$ ablesen. Der Korrelationskoeffizient (r) von $-0,610$ gibt dabei den negativen Trend an. Dies bedeutet, dass umso kleiner der gemessene Winkel 5 ist, umso mehr Wochenkletterstunden haben diese Personen. Im Streudiagramm (Abbildung 17) ist dieser Zusammenhang anschaulich erkennbar. Die Nullhypothese kann für die Korrelation zwischen dem Gelenkwinkel 5 und den Wochenstunden nicht angenommen werden, stattdessen wird die Alternativhypothese akzeptiert.

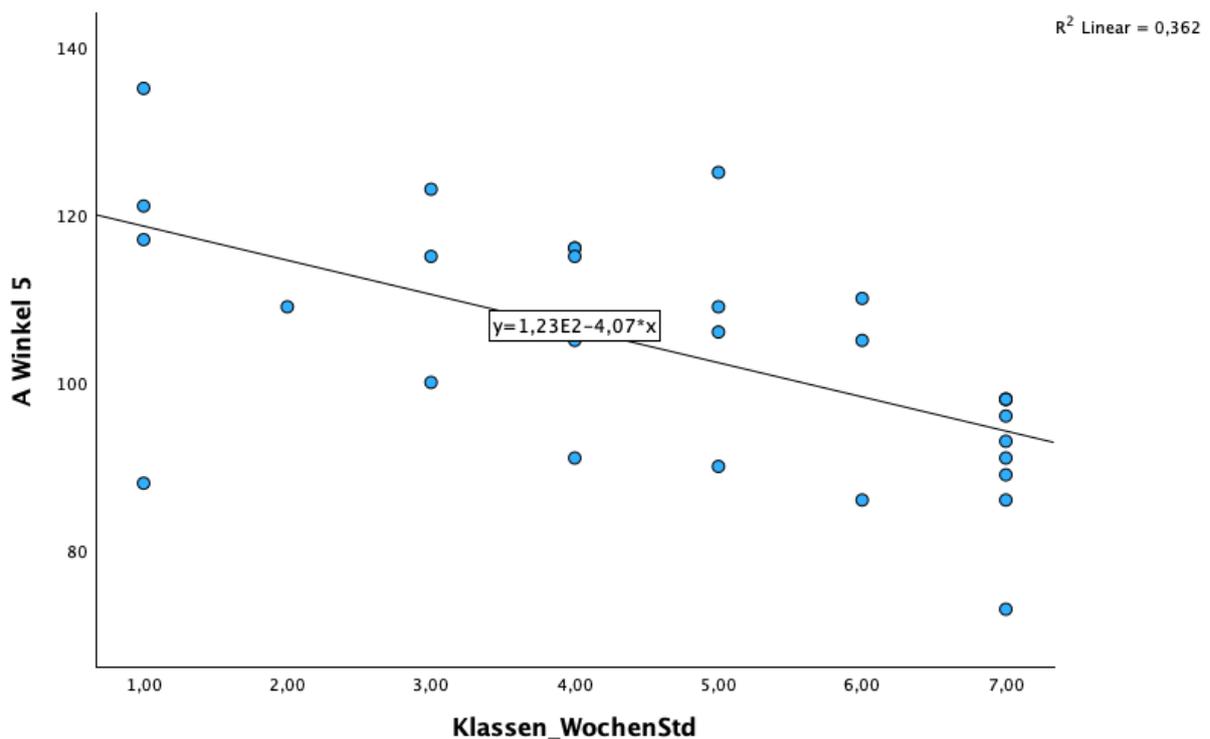


Abbildung 17: Streudiagramm Kniewinkel (Winkel 5) mit Wochenkletterstunden in Klassen für den Aufstieg mit kleinen Schritten (Ausgabe SPSS)

In allen anderen Fällen der Korrelation bleibt das Signifikanzniveau (p) über 5%. Somit lassen sich keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den übrigen Gelenkwinkeln, der Erfahrung der Kletternden und deren Wochenkletterstunden bei den Aufstiegen A und B erkennen. Die Nullhypothese kann nicht verworfen werden und muss für alle Korrelationen, mit der Ausnahme der Korrelation des Kniewinkels im A-Aufstieg und den Wochenkletterstunden, angenommen werden.

5 Diskussion

5.1 Diskussion des verwendeten Materials

5.1.1 Videokamera-System

Wegen der unvollständigen Ausstattung des Panasonic-Videokamera-Systems, das ursprünglich aus zwei Panasonic-Modellen bestand, und der Inkompatibilität der ersatzweise verwendeten Sony-Kamera, war die Auswertung zeitaufwendiger und anspruchsvoller als geplant. Die unterschiedlichen Speicherorte der Aufnahmen erschwerten zudem die Zuordnung der Daten zu den Fragebögen der Probandinnen und Probanden.

Des Weiteren musste der Aufbau den Gegebenheiten der Messe angepasst werden und erfolgte weniger weit entfernt vom Aufstiegsseil, was zu einer verhältnismäßig nahen Aufnahme der Kletternden führte. In den Videofrequenzen zeigte sich das deutlich, da die Kletterenden nur in seltenen Fällen mit ihrem ganzen Körper im Bild sind. Eine Möglichkeit das Problem der Kameraentfernung zu beheben, wäre ein Umfeld unabhängiger Aufbau mit mindestens 2,5 m Entfernung zwischen den Videokameras und dem Aufstiegsseil.

Die durch die Kletterbewegung entstehende Rotation bzw. Drehung am Seil ließ sich in vielen Fällen durch die entsprechende Gegenbewegung am Seilende ausgleichen. Dennoch ist es denkbar zukünftig mit eigens am Gurt befestigten Gummis oder Schnüren den Kletternden besser in Position zu halten. Dies erfordert jedoch genügend freien Raum um das Aufstiegsseil und neben der Steuerung der Videokameras auch zwei zusätzliche Personen, die diese Rolle übernehmen.

Ein ebenso durch den Rahmen der Messesituation bestimmender Faktor ist die Stativhöhe. Bei einer Wiederholung der Datenaufnahme könnte ein höheres Stativ dafür sorgen die ersten ‚kritischen‘ Meter zu überwinden, ohne dass diese die Aufnahmen beeinflussen.

5.1.2 CRF-Fragebogen

Der Fragebogen erwies sich als ein geeignetes Instrument zur Erfassung der demografischen Daten aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Für eine zukünftige Wiederholung des Versuchs sollte jedoch darauf geachtet werden, dass alle Angaben möglichst präzise erfolgen und keine Wertebereiche (z. B. von - bis) zugelassen werden.

Dies kann einerseits durch klar formulierte Fragen und andererseits durch vorgegebene Antwortmöglichkeiten sichergestellt werden.

5.1.3 Versuchspersonen

Ein begrenzender Faktor bei der Auswahl der Versuchspersonen war der Aufnahmeort und -zeitraum, der nicht rein zufällig ausgewählt werden konnte. Alle Teilnehmenden besuchten kostenpflichtig die Deutschen Baumpflegetage Augsburg. Zudem kletterten nur die Probandinnen und Probanden, die sich dazu bereiterklärten im Trubel der Messe aufzusteigen. Ebenso wurden gezielt weiblich gelesene Menschen angesprochen, um diese Gruppe zu repräsentieren, da sich bereits nach dem 23.04.2024 die Tendenz zeigte, dass deutlich mehr männliche Personen teilnahmen. Optimal wäre eine ausgeglichene Geschlechterverteilung, um Aussagen über alle Geschlechter treffen zu können. Zudem könnte eine Vorauswahl der Personen helfen, eine gleichmäßigere Verteilung sowohl beim Geschlecht als auch bei anderen Parametern zu erreichen.

5.1.4 Auswertungs-Software ‚Meter Angle 360‘

Die genutzte App ‚Meter Angle 360‘ ist für simple Erfassungen von Winkeln in Fotos gut geeignet. Durch das manuelle Einzeichnen der Winkelschenkel sind jedoch Ungenauigkeiten nicht auszuschließen. Eine alternative Möglichkeit wäre die Verwendung einer Software, die automatisch die menschlichen Bewegungen erkennt und entsprechende Gelenkwinkel erfassen kann. Im Rahmen der Auswertung wurde die KI gestützte Software ‚kinetic.Lab‘ getestet, aufgrund von Erkennungsschwierigkeiten der richtigen Extremitäten bzw. Gelenke, Problemen bei der richtigen Fokussierung der Probandinnen oder Probanden sowie dem nicht exakten Messen der Winkel, wurde jedoch Abstand von der Software genommen. Ein anderes Programm, welches gut für die Analyse von Gelenkwinkeln in Videosequenzen geeignet ist, ist ‚Dartfish‘. Ein Video- und Datenanalyse Anbieter, der besonders im leistungsorientierten Sport Anwendung findet (Dartfish, o. J.). Von diesem wurde jedoch aufgrund zu langer Abonnement Laufzeiten Abstand genommen.

5.2 Diskussion der Methodik

5.2.1 CRF-Fragebogen

Die durchgeführte Befragung und Aufnahme der Gelenkwinkel erwiesen sich als geeignete Methoden um Aussagen über auftretende Gelenkwinkel beim Treppenaufstieg in der Baumpflege treffen zu können. Jedoch lassen sich bei der Bewertung der Borg-Skala einige Faktoren nicht ausschließen, die zu einer Verzerrung der Daten geführt haben können. Da es sich um eine subjektive Selbsteinschätzung des Anstrengungsempfindens handelt sind Fitnesslevel, persönliche Erfahrungen und ein unterschiedliches Schmerzempfinden Faktoren, die sich möglicherweise ausgewirkt haben. Außerdem sind Verständnisprobleme und Übersetzungsfehler während der Befragung nicht auszuschließen. Ebenfalls können Effekte wie die soziale Erwünschtheit der Antworten nicht ausgeschlossen werden (Steiner & Benesch, 2021). Da es sich um eine persönliche Befragung handelte kann eine Einflussnahme durch die Interviewerinnen nicht vollständig ausgeschlossen werden, was sich möglicherweise auf die Aussagekraft der Daten ausgewirkt hat.

Im Fall dieser Bachelorarbeit kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Probandinnen und Probanden durch äußere Faktoren, wie die Messesituation, beeinflusst wurden. Für spätere Aufnahmen sollte ein Ort mit möglichst gleichen Bedingungen und wenigen Reizen geschaffen werden. Ergänzend könnte der Trainingszustand erfasst werden und eine Herzfrequenzmessung ergänzt werden.

5.2.2 Durchführung der Datenerhebung

Die Vorauswahl der teilnehmenden Personen, aufgrund der Wahl des Ortes, geschah aus forschungspraktischen Gründen, da nur ein begrenzter Zeitraum sowie Umfang für die Erhebung der Daten im Rahmen der Bachelorarbeit vorhanden waren. Während der Messe bot sich die Möglichkeit eine hohe Anzahl kletternder Baumpflegerinnen und Baumpfleger effizient anzusprechen und für eine Teilnahme zu gewinnen.

Alle Teilnehmenden sind oder waren aktiv in der Baumpflege tätig und sind somit repräsentativ, jedoch ist nicht davon auszugehen, dass sie auch die Gesamtheit der kletternden Baumpflegerinnen und Baumpfleger widerspiegeln. Außerdem kann aufgrund der persönlichen Befragung und Aufnahme eine subjektive Einflussnahme auf die Auswahl der Teilnehmenden nicht ausgeschlossen werden, auch wenn versucht

wurde dies zu vermeiden. Mimik, Gestik und äußeres Erscheinungsbild der Interviewerinnen haben zudem einen Einfluss auf die Durchführungsobjektivität und die Antwortfreiheit der Teilnehmenden (Ortmanns & Sonntag, 2023).

Aufgrund der eingeschränkten Platzverhältnisse während der Aufnahmen am Courant-Messestand, konnten nicht alle im vorhinein berechneten Abstände eingehalten werden und wurden situativ angepasst. Dies könnte man bei weiteren Untersuchungen durch einen festen Versuchsaufbau an einem unabhängigen Ort umgangen werden.

Generell kann gesagt werden, dass die persönliche Befragung zeitaufwendiger als die ursprüngliche Idee die Fragebögen auszuteilen war, jedoch aufgrund einiger Rückfragen und Verständnisfragen zum gesamten Versuch, als sinnvoll zu betrachten ist. Die vorbereiteten Proband:inneninformationen wurden in keinem Fall genutzt, da die Situation während der Messe von zu vielen äußeren Einflüssen geprägt war, sodass die persönliche Erklärung der Untersuchung bevorzugt wurde. In einem ruhigeren Umfeld ist eine detaillierte Erhebungsinformation jedoch sicher hilfreich um über den Versuchsablauf gezielt zu berichten.

5.2.3 Gelenkwinkelmessungen

Eine Herausforderung bei der fotooptischen Winkelbestimmung ist die objektivbedingte Verzeichnung, also ein Abbildungsfehler bedingt durch ein Objektiv (Nasse & Hönlinger, 2009). Dabei werden Linien, die nicht durch die Bildmitte verlaufen gekrümmt, statt gerade dargestellt (Nasse & Hönlinger, 2009). Da lediglich Fotos, die mit einem 50mm Normalobjektiv gemacht wurden zu keiner Verzerrung führen, ist anzunehmen, dass es eine leichte tonnenförmige Verzeichnung durch die Verwendung von 35mm Objektiven gegeben hat. Im Verlauf dieser Arbeit wurde die mögliche Objektivverzerrung nicht beachtet, was zu Abweichungen zwischen den gemessenen und den tatsächlichen Gelenkwinkeln geführt haben könnte. Bei einem erneuten Versuch mit höherem Forschungsumfang könnte die optische Auswertung durch eine sensorbasierte Methode, wie der Einsatz eines Exoskeletts, ersetzt werden, um diese Art von Problemen entgegenzuwirken.

Die Gelenkwinkelmessung ist eine gut durchführbare Methode um die Belastung für Gelenke zu erfassen, jedoch liefert sie ein einseitiges Bild der Belastung. Bei der für die Einschätzung der Gelenkwinkel in dieser Arbeit hauptsächlich verwendeten Bezugsquelle, werden Parameter wie die Dauer, Häufigkeit, Dynamik von Bewegungen

bzw. Statik von Haltungen und äußeren Umstände nicht mit einbezogen (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 2015). Die Ergebnisse dieser Untersuchung beziehen sich auf die auftretenden Gelenkwinkel, andere Formen der Belastung konnten im Rahmen der Bachelorarbeit nicht umgesetzt werden, daher sind die Ergebnisse der Gelenkwinkel, ergonomisch betrachtet nur bedingt belastbar.

5.3 Diskussion der Ergebnisse

5.3.1 Repräsentativität der Stichprobe

Die Größe der Stichprobe lag mit 31 Teilnehmenden im angestrebten Bereich von 30-35 Personen. Durch die Vorauswahl des Erhebungsortes gab es eine nicht neutrale Auswahl der Stichprobe. Außerdem handelt es sich um eine willkürliche Stichprobe, die nicht als repräsentativ angesehen werden kann (Ortmanns & Sonntag, 2023).

Der hohe Anteil männlicher Teilnehmer lässt sich zum einen durch den prozentual höheren Anteil männlicher Baumpfleger in der Branche erklären, zum anderen gaben einige Frauen während Gesprächen zum Untersuchungsablauf an, „nicht vor Publikum klettern zu wollen“ (Kontroverse Debatte über «Frauen in der Baumpflege», 2018).

Die ungleiche Verteilung der Geschlechter bei den Erfahrungsjahren könnte darauf zurückzuführen sein, dass der Beruf viele Jahrzehnte männlich dominiert war und erst in den letzten zehn Jahren der Frauenanteil merklich zugenommen hat.

Bei den wöchentlichen Kletterstunden, bei denen ausschließlich Männer über 30 Stunden pro Woche klettern und die meisten Frauen (3 von 5) max. 10 Stunden klettern, können verschiedene Gründe der Auslöser sein. In Deutschland arbeiteten im Jahr 2023 50% der Frauen in Teilzeit, während lediglich 13% der Männer dies tun, was ein Grund für die Verteilung der wöchentlichen Kletterstunden sein könnte (Statistisches Bundesamt, 2024). Zudem werden Berufe, bei denen körperlich schwere Arbeit verrichtet wird, häufiger von Männern ausgeführt (Statistisches Bundesamt, 2024a).

Bei der Altersverteilung lässt sich feststellen, dass besonders die Gruppe der 25–29-Jährigen überwiegt und keine Teilnehmenden über 50 Jahre alt waren. Diese Altersstruktur weicht von der allgemeinen Erwerbsbeteiligung in Deutschland 2023 ab, bei der die Altersgruppen von 25-54 Jahren ähnlich stark vertreten sind und die 55-59-Jährigen die höchste Ausprägung innehaben (Statistisches Bundesamt, 2023). Eine mögliche Erklärung dafür kann die unbewusst bevorzugte Auswahl von Teilnehmenden in

einem ähnlichen Alter wie das der Interviewerinnen sein oder auch eine brancheninterne Altersungleichheit. Es ist bekannt, dass unabhängig von der Branche jüngere Menschen bestimmte Arbeitsbedingungen weniger belastend einschätzen als Menschen ab einem Alter von 55 bis 64 Jahren (Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2014). Daher könnte die geringere Vertretung älterer Altersgruppen in der Baumpflegebranche mit den körperlich und psychisch hohen Anforderungen an diese Arbeit zusammenhängen.

5.3.2 Hypothesentest (t-Test)

Alternativ zur Spearman-Korrelationsrechnung wäre auch ein Chi²-Test zur Ermittlung von Zusammenhängen zwischen der Erfahrung der Kletternden in Jahren, ihren Wochenkletterstunden und dem Anstrengungsempfinden mit einer Kreuztabelle möglich gewesen. Aufgrund der übersichtlicheren Ausgabe der Spearman-Korrelation in SPSS wurde sich dafür entschieden.

Der positiv signifikante Zusammenhang zwischen den Wochenstunden und der Erfahrung in Jahren ließ sich erwarten. Die Gründe hierfür sind womöglich verschiedene oder persönlicher Natur. Es ist aber davon auszugehen, dass Personen mit viel Erfahrung im Job hauptberuflich arbeiten, Personen mit weniger Erfahrung wiederum nur gelegentlich in der Baumpflege arbeiten und daher weniger Wochenstunden erreichen.

Bei dem signifikanten Zusammenhang zwischen der gewählten Einschätzung auf der Borg-Skala beim Aufsteigen mit großen Schritten und den Wochenkletterstunden darf die methodische Schwäche der subjektiven Selbsteinschätzung durch die Borg-Skala nicht vernachlässigt werden. Es ist jedoch anzunehmen, dass sich durch häufigeres Klettern pro Woche, die Probandinnen und Probanden geübter im Aufstieg am Kletterseil sind und sich der Trainingseffekt positiv auf die empfundene Belastung auswirkt.

Bei der Spearman-Korrelation zwischen dem Anstrengungsempfinden und den einzelnen Gelenkwinkeln konnten keine Zusammenhänge festgestellt werden. Alternativ wäre auch ein Chi²-Test zum Test der Zusammenhänge möglich gewesen. Eine Ursache für die nicht vorhandenen Korrelationen könnte unter anderem die geringe Stichprobengröße von $n = 31$ gewesen sein.

5.3.3 Bevorzugte Schrittgrößen

Kleinere Schrittgrößen werden beim Aufstieg am Kletterseil mittels Treppenaufstieg sowohl von Männern als auch von Frauen und Personen des dritten Geschlechts

bevorzugt. Dabei können zum einen persönliche Vorlieben eine Rolle spielen, aber auch die stärkere Belastung durch größere Schritte könnte sich auf das Ergebnis auswirken.

5.3.4 Gelenkwinkel DGUV Ampelsystem

Eine mögliche Erklärung, warum in fast allen Fällen die Kopfseitneigung der Probandinnen und Probanden im akzeptablen Bereich war, ist der vestibulookuläre Reflex (VOR). Dieser dient zur Stabilisierung der Augenbewegungen während sich Kopf und Körper bewegt (Hopf & Kömpf, 2006). Ebenso ist der menschliche Körper bestrebt die Orientierung zu behalten und somit auch das Gleichgewicht im Raum zu bewahren. Das vestibuläre System (Gleichgewichtssystem) ist dafür hauptverantwortlich, welches u.a. durch Afferenzen von Innenohr, Auge und Rückenmark gesteuert wird (Schünke et al., 2022). Am besten funktioniert das Gleichgewichtssystem bei einer neutralen Körperhaltung, welches auch eine gerade Kopfhaltung umfasst.

Die ausschließlich großen Winkel $> 60^\circ$ lassen sich aufgrund verschiedener Faktoren erklären. Zum einen ist der durch die DGUV festgelegte Spielraum des Schultergelenkes klein. Bei jeglichen Arbeiten über der Brusthöhe werden Gelenkwinkel erreicht, die als nicht akzeptabel eingestuft werden. Ein Klettern ohne das Überkopfgreifen wird auf die bekannte Art und Weise nicht möglich sein. Interessant sind jedoch die knapp 10° voneinander abweichenden Mittelwerte der Aufstiege mit großen und kleinen Schritten. Aus dieser Untersuchung lässt sich keine fundierte Aussage treffen, ob kleinere Schritte beim Treppenaufstieg auch zu kleineren Gelenkwinkeln im Schultergelenk führen. Es ist jedoch aufgrund der abweichenden Mittelwerte zu vermuten und könnte durch weitere statistische Tests herausgefunden werden.

Bei der Messung des Ellenbogengelenks wurde die Abhängigkeit zum Schultergelenk nicht mit einbezogen, es ist durchaus möglich, dass es eine Korrelation zwischen dem Gelenkwinkel des Ellenbogens und der Schulter gibt. Hierzu wären weitere statistische Tests nötig.

Die durchgehend negativen Rumpfwinkel zum Kletterseil lassen sich durch die methodisch bzw. technikbedingte Anwendung des Treppenaufstiegs erklären. Das Bewertungssystem des Rumpfwinkels basiert auf einer neutralen, stehenden Haltung, bei der Neigungen nach hinten (Extension) grundsätzlich negativ bewertet werden. Aufgrund der hängenden Position haben alle Personen einen verlagerten Schwerpunkt, was eine Neigung nach vorne verhindert. Hinzu kommt der Umstand, dass das

Aufstiegsseil die Neigung des Körpers nach vorne unterbindet. Es ist nicht klar zu sagen, ob der Rumpfwinkel genügend Aussagekraft als Parameter zur Bewertung der Ergonomie in der durchgeführten Untersuchung besitzt.

Bei der Gelenkwinkelbetrachtung in dieser Arbeit wird der Winkel des Kniegelenks getrennt vom Hüftwinkel betrachtet. Dies kann zu einseitigen Ergebnissen geführt haben, da der Hüftwinkel nicht miterfasst wurde. Als mögliche Erklärung dafür, dass im B-Aufstieg mehr „akzeptable“ Winkel erreicht wurden, könnte die veränderte Körperposition durch eben diese sein.

Es ist nicht auszuschließen, dass bei einer anderen Bewertungsmethodik die Ergebnisse von dieser Studie abweichen. Eine Alternative stellt die RULA-Methode (Rapid Upper Limb Assessment) dar. Dabei werden besonders Bewegungen und Haltungen der oberen Extremitäten beurteilt und auf Grundlage dieser Beurteilung ein Punktwert errechnet. Diese liefert einen ersten Aufschluss darüber, wie die Arbeitsplatzverhältnisse eingeschätzt werden. Aufgrund der geringeren Aussagekraft der Bewertung der Gelenkwinkel bei der RULA-Methode wurde diese nicht gewählt (Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, 2007).

6 Fazit

Ziel dieser wissenschaftlichen Arbeit war es, eine ergonomische Analyse des Treppenaufstiegs am Einfachseil auf der Grundlage der auftretenden Gelenkwinkel durchzuführen und die Belastung des Herz-Kreislauf-Systems zu bewerten. Dazu führten die Probandinnen und Probanden je einen Aufstieg mit großen sowie kleinen Schritten aus.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Schrittgröße signifikante Auswirkungen auf das Schulter-, Ellenbogen- und Kniegelenk hat. Kleinere Schritte führen häufiger zu akzeptablen Gelenkwinkeln und könnten daher für ergonomischere Bewegungsabläufe empfohlen werden. Außerdem wurde festgestellt, dass erfahrene Kletterinnen und Kletterer bei kleineren Schrittgrößen, weniger von der Neutral-Null-Ausgangsstellung abweichende Kniewinkel erreichen als andere. Zudem empfinden Personen, die häufiger klettern, eine geringere Anstrengung bei größeren Schritten. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Anstrengungsempfinden und der gemessenen Gelenkwinkel konnte jedoch nicht festgestellt werden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die individuell gewählten kleineren Schritte häufiger zu akzeptabel eingeschätzten Gelenkwinkeln führten als große Schritte und daher empfohlen werden könnten.

Die Arbeit liefert erste wertvolle Einblicke in die Bewegungsabläufe beim Treppenaufstieg und welche subjektive Anstrengung von den Kletternden empfunden wird. Sie legt eine Grundlage für weiterführende Untersuchungen in diesem Gebiet und könnte für die Entwicklung von ergonomischen Schulungen nützlich sein.

Literaturverzeichnis

- § 15 SGB 7 - Einzelnorm (1996). https://www.gesetze-im-internet.de/sgb_7/__15.html
- Abramuszkinová Pavlíková, E., Robb, W., & Šácha, J. (2024). An ergonomic study of arborist work activities. *Heliyon*, 10(4), e26264.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26264>
- Art 2 GG (1949). https://www.gesetze-im-internet.de/gg/art_2.html
- Bauer, J., Hennefarth, K.-S., & Ohlendorf, D. (2016). Muskel-Skelett-Erkrankungen in der Arbeitswelt. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, 66(4), 202–204. <https://doi.org/10.1007/s40664-016-0123-7>
- Baumpflege—Seilklettertechnik & Ausrüstung | GRUBE.DE*. (o. J.). Abgerufen 4. Dezember 2024, von <https://www.grube.de/forst/baumpflege/>
- Bellary, S., Krishnankutty, B., & Latha, M. (2014). Basics of case report form designing in clinical research. *Perspectives in Clinical Research*, 5(4), 159.
<https://doi.org/10.4103/2229-3485.140555>
- Borg, G. (1998). *Borg's Perceived exertion and pain scales*. Human Kinetics.
- Borg, G. (2004, April 9). *Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität*. Deutsches Ärzteblatt. <https://www.aerzteblatt.de/archiv/41326/Anstrengungsempfinden-und-koerperliche-Aktivitaet>
- Buckle, P., & Devereux, J. (1999). *Work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders* (Agence européenne pour la sécurité et la santé au travail, Hrsg.). Office for official publications of the European communities.
- Bundesamt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. (2014). *Demografischer Wandel in der Arbeit Körperlich schwere Arbeit belastet Ältere stärker* (Factsheet 05).
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Fakten/BIBB-BAuA-05.pdf%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D1&ved=2ahUKEwiUllythL6JAxW6hP0HHdtMJKQQFnoECB0QAQ&usg=AOvVaw0_EhH0mMNzNjkYCYgozEi
- Bundesdatenschutzgesetz a.F., § 3 Bundesdatenschutzgesetz a.F. § Erster Abschnitt - Allgemeine und gemeinsame Bestimmungen (§§ 1 - 11) (2009). https://www.gesetze-im-internet.de/bdsg_2018/__3.html
- Bürgerliches Gesetzbuch* (2002) (91., überarbeitete Auflage, Stand: 6. Januar 2023, Sonderausgabe). (2023). dtv.

- Carpenter, A., & Skiera, J. (2013). *As an athlete in the green industry*.
- Dartfish. (o. J.). *Dartfish | Videoanalyselösungen zur Verbesserung der Team- und Athletenleistung*. Abgerufen 20. September 2024, von <https://www.dartfish.com>
- DESTATIS Statistisches Bundesamt. (o. J.). *Wie wird mit den Daten von Personen mit den Geschlechtsausprägungen „unbekannt“ oder „divers“ verfahren?* Statistisches Bundesamt. Abgerufen 20. Oktober 2024, von <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Methoden/Erlauterungen/geschlechtsauspraegungen.html>
- DESTATIS Statistisches Bundesamt. (2024). *Bevölkerung nach Nationalität und Geschlecht*. Statistisches Bundesamt. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/deutsche-nichtdeutsche-bevoelkerung-nach-geschlecht-deutschland.html>
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. (o. J.-a). *Messblatt für obere Gliedmaßen (nach der Neutral—0—Methode)*.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (Hrsg.). (o. J.-b). *Messblatt für untere Gliedmaßen (nach der Neutral—0—Methode)*.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V (DGUV) (Hrsg.). (2022). *DGUV Information 208-033 „Muskel-Skelett-Belastungen—Erkennen und beurteilen“*.
- Edelrid (Hrsg.). (2006). *PERSÖNLICHE ABSTURZSCHUTZAUSRÜSTUNG | SEILEINSTELLVORRICHTUNG EN 12841*.
- European Arboricultural Council (Hrsg.). (2000). *European treeworker: Handbook*. Patzer.
- Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (Hrsg.). (2017). *Zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpflege: ZTV-Baumpflege* (6. Ausg). Forschungsges. Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau.
- Freeworker. (2021, März 10). *Freeworker-Blog » SRT, DdRT, SRS, MRS: Ja, was denn nun?! Baumpflege-Blog*. <https://www.freeworker.de/2021/03/10/srt-ddrt-einfachseil-doppelseil-seilklettertechnik/>
- Hemmerich, W. A. (o. J.). *Spearman-Korrelation in SPSS | StatistikGuru.de*. Abgerufen 25. Oktober 2024, von <https://statistikguru.de/spss/spearman-korrelation/spearman-einfuehrung.html>

- Hopf, H. C., & Kömpf, D. (Hrsg.). (2006). *Erkrankungen der Hirnnerven* (S. b-002-37739). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b-002-37739>
- Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (Hrsg.). (2015). *Bewertung physischer Belastungen gemäß DGUV-Information 208-033 (bisher: BGI/GUV-I 7011) (Anhang 3)*.
- Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. (o. J.). *IFA-Fachinformationen: Regeln und Vorschriften - Erläuterungen zum Regelwerk*. Abgerufen 30. August 2024, von <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/regeln-und-vorschriften/erlaeuterungen-zum-regelwerk/index.jsp>
- Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung. (2007). *Das „Rapid Upper Limb Assessment (RULA)“* (BGI-Report 2007/2 „Muskel-Skelett-Erkrankungen der oberen Extremitäten“) [Report]. https://www.bgbau-medien.de/handlungshilfen_gb/daten/pdf/rula.pdf
- Jepson, J. (2009). *Der Ratgeber für kletternde Baumpfleger—Ein Nachschlagewerk für die Kletterpraxis in Bäumen* (2.). Beaver Tree Publishing.
- Kontroverse Debatte über «Frauen in der Baumpfleger»*. (2018). <https://www.deutsche-baumpflegetage.de/neuigkeiten/154-kontroverse-debatte-ueber-frauen-in-der-baumpfleger>
- Kowalewski, H. (2008, April 15). ART-Romantik. *Kletterblatt*, 1, 12–14.
- Lilly, S. (2005). *Tree Climbers' Guide* (3. Aufl.). Illonis Graphics, Inc. <https://auf.isa-arbor.com/lookup/doi/10.48044/jauf.2022.023>
- Lingens, D. (2014, April 30). Optimierung des Treppenaufstiegs: Der Überhandaufstieg. *Kletterblatt*, 8–9.
- Löllgen, H., & Ulmer, H.-V. (2004, April 9). *Das „Gespräch“ während der Ergometrie: Die Borg-Skala*. Deutsches Ärzteblatt. <https://www.aerzteblatt.de/archiv/41324/Das-Gespraech-waehrend-der-Ergometrie-Die-Borg-Skala>
- Micheletti Cremasco, M., Giustetto, A., Caffaro, F., Colantoni, A., Cavallo, E., & Grigolato, S. (2019). Risk Assessment for Musculoskeletal Disorders in Forestry: A Comparison between RULA and REBA in the Manual Feeding of a Wood-Chipper. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(5), 793. <https://doi.org/10.3390/ijerph16050793>
- Münchener Baumkletterschule (Hrsg.). (2007). SKT-B Skript. In *Seilunterstützte*

- Arbeitstechniken in der Baumpflege: Bd. B* (2. Aufl., S. 64).
- Münchener Baumkletterschule. (2008). SKT-A Skript. In *Seilunterstützte Arbeitstechniken in der Baumpflege: Bd. A*.
- Nasse, H. H., & Hönlinger, B. (2009). *Verzeichnung*.
- Niedersächsische Landesforsten (Hrsg.). (2007). *Seilkletter-Technik: Ausbildungshandbuch der Niedersächsischen Forstsaatgut-Beratungsstelle / Seilkletterschule Oerrel*.
- Ortmanns, W., & Sonntag, R. (2023). *Umfragen erstellen und auswerten: Kompakt und leicht verständlich für Studierende und junge Forschende* (1. Aufl.). UVK Verlag. <https://doi.org/10.24053/9783739882413>
- Overhill, J. (2017). *A Comparison of Single Rope Rigging Techniques in Caving: The differences between America and Europe*.
- Raschke, M. J., & Haas, N. P. (2006). Verletzungen der Schulter. In J. R. Siewert, *Chirurgie* (S. 805–814). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-30639-9_84
- REHADAT, I. der deutschen W. K. (o. J.). *Lexikon: Berufsgenossenschaft (BG) | REHADAT*. Abgerufen 30. August 2024, von <https://www.rehadat.de/lexikon/Lex-Berufsgenossenschaft-BG/>
- Rieger, H., & Skawran, S. (2012). *Klinische Untersuchung des Sprunggelenks*.
- Sadewasser, T. (2013). *Einführung Seilklettertechnik: Ausrüstung und Techniken* (1. Auflage). Books on Demand.
- Schmauder, M., & Spanner-Ulmer, B. (2022). *Ergonomie: Grundlagen zur Interaktion von Mensch, Technik und Organisation* (2., überarbeitete Auflage). Hanser.
- Schmidtke, H. (1993). *Ergonomie*. Carl Hanser Verlag München Wien.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., & Wesker, K. (2022). *Prometheus LernAtlas der Anatomie—Kopf, Hals und Neuroanatomie* (6., vollständig überarbeitete Auflage). Georg Thieme Verlag. <https://doi.org/10.1055/b000000615>
- Seilunterstützende Arbeitstechniken in der Baumpflege SKT-A Skript*. (2008). Münchener Baumkletterschule.
- Siewniak, M., & Kusche, D. (2020). *Baumpflege heute* (6., völlig überarbeitete Auflage). Patzer Verlag.
- Simmel, S., Settner, M., Schmidt, J., & Ernst, U. (2017). Neutral-0-Methode: Zeit für ein

- Update? *Trauma und Berufskrankheit*, 19(3), 170–174.
<https://doi.org/10.1007/s10039-017-0290-6>
- Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau (Hrsg.). (2014). *B09 Seilklettertechnik*. <https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/a4be3f7a5a7567c3/224951792c93/b09-broschuere-seilklettertechnik.pdf>
- Staněk, L., Augustin, O., & Neruda, J. (2022). Analysis of Occupational Accidents in Tree Climbers. *Forests*, 13(9), 1518. <https://doi.org/10.3390/f13091518>
- Stapf, D. (2015, April 8). Stufe um Stufe zum Optimum: „Handsfree“-Treppenaufstieg. *Kletterblatt*, 1, 14–16.
- Statistisches Bundesamt. (2023). *Erwerbsbeteiligung*. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Themen/Arbeit/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/Tabelle_n/erwerbstaetige-erwerbstaetigenquote.html
- Statistisches Bundesamt. (2024a). *Ein Viertel der Erwerbstätigen leistet häufig körperlich schwere Arbeit*. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/09/PD24_N045_13.html
- Statistisches Bundesamt. (2024b). *Teilzeitquote erneut leicht gestiegen auf 31 % im Jahr 2023*. Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2024/04/PD24_N017_13.html
- Steiner, E., & Benesch, M. (2021). *Der Fragebogen: Von der Forschungsidee zur SPSS-Auswertung* (6., aktualisierte und überarbeitete Auflage). Facultas. <https://doi.org/10.36198/9783838587882>
- Stobbe, H. (with Institut für Baumpflege). (2022). *Verkehrssicherheit und Baumkontrolle: Der Praxisleitfaden zu den FLL-Baumkontrollrichtlinien* (2., durchgesehene und aktualisierte Auflage). Haymarket Media.
- SVLFG. (o. J.-a). *SVLFG | Anerkannte Fortbildungsstätten Seilklettertechnik*. Abgerufen 8. September 2024, von <https://www.svlfg.de/anerkannte-fortbildungsstaetten-seilklettertechnik>
- SVLFG. (o. J.-b). *SVLFG | Gesetze und Vorschriften im Arbeitsschutz*. Abgerufen 30. August 2024, von <https://www.svlfg.de/gesetze-vorschriften-im-arbeitsschutz>

Umweltbundesamt. (2016). *Stadt- und Straßenbäume im Klimawandel* [Text].

Umweltbundesamt; Umweltbundesamt.

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/werkzeuge-der-anpassung/tatenbank/stadt-strassenbaeume-im-klimawandel>

Unfallverhütungsvorschrift Gartenbau, Obstbau und Parkanlagen (2000).

<https://cdn.svlfg.de/fiona8->

[blobs/public/svlfgonpremiseproduction/5eef1437acda7060/19bb627832ef/vsg4_3-forsten.pdf](https://cdn.svlfg.de/fiona8-blobs/public/svlfgonpremiseproduction/5eef1437acda7060/19bb627832ef/vsg4_3-forsten.pdf)

von Malek, J., Molitor, W., Peßler, K., & Wawrik, H. (1999). *Der Baumpfleger*.

Von Salis-Soglio, G. F. (2015). *Klinische Untersuchung der Stütz- und Bewegungsorgane*.

Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-48083-0>

Wienand, A. (2018, November 5). Vergleich der Arbeitspositionierung DdRT - SRT.

Kletterblatt, 1, 28–30.

Wilhelm, P. (2016) *Evaluation der Normalverteilungsannahme*. Universität de Fribourg

Anhang

Anhang 1: Liste der mitgeführten Ausrüstung während der einzelnen Aufstiege

Menge	Bezeichnung	Produktbezeichnung	Hersteller	Gewicht laut Hersteller	Normen
1	Baumklettergurt	Koala V1.3	Courant	1600g (Größe M/L) 1500 g (Größe S/M)	EN 358 EN 813
1	Brustgurt	Koala Chest	Courant	700g	
1	Halteseil	Flexbee 11,5mm	Courant	786g	EN 358
1	Kletterhelm	Plasma Work AQ	Kask	400g	EN 397
1	Bremselement	Chicane	Petzl	255g	
1	Klemmgerät	ZigZag Plus	Petzl	425g	CE 00082
1	Semistatikseil	Squir V2 Red	Courant	91 g/m	EN 1891 A
4	Verschlusskarabiner	OK Triact-Lock	Petzl	75g	EN 362 CE 0082

(Baumpflege - Seilklettertechnik & Ausrüstung | GRUBE.DE, o. J.)

Anhang 1: Studienteilnehmendeninformation



Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Betreuer der Hochschule:

Prof. Dr. Dirk Wolff
Professur für Waldarbeit und Forsttechnik
dirk.wolff@hs-rottenburg.de
Schadenweilerhof
72108 Rottenburg a.N.

Studienleitung:

Bachelorantin Vianne Kublick
Vianne.kublick@student-hfr.de oder
vianne.kublick@gmail.com
Tel: 0174 / 2031336

Fachliche Betreuung:

PD Dr. Benjamin Steinhilber
benjamin.steinhilber@med.uni-tuebingen.de

Aufklärungstext zur Studie „Ergonomie in der Baumpflege – welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht? “

Studienteilnehmendeninformation

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir möchten Sie fragen, ob Sie bereit sind, an der nachfolgend beschriebenen Studie teilzunehmen.

Die Studie wird im Rahmen einer Bachelorarbeit des Studiengangs Forstwirtschaft an der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg durchgeführt.

Ziel des Projektes ist es, eine ergonomische Analyse des Treppenaufstiegs am Einfachseil, unter Zuhilfenahme von Videokameras, durch den Vergleich der entstandenen Gelenkwinkeln durchzuführen. In dem Projekt wird der Einfluss verschiedener Parameter wie die Schrittlänge, Hubweite, Körperposition zum Aufstiegsseil und „korrekte“ Ausführung der Technik ausgewertet. Es wird die Belastung für das Herz-Kreislauf-System anhand der Herzfrequenz gemessen und zudem die empfundene Anstrengung nach dem Treppenaufstieg am Einfachseil unter Zuhilfenahme der Borg-Skala bewertet. Dazu sind mindestens zwei Aufstiege am Seil nötig.

Ich möchte Sie bitten, sich mir als Proband/in dafür zur Verfügung zu stellen. Die Messungen und die Bewertung der Anstrengung werden während des Aufstiegs bzw. direkt im Anschluss erfolgen.

Ihre Teilnahme an der Untersuchung ist **freiwillig**. Sie werden in diese Studie also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an der Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile.

Sie wurden bereits auf die geplante Studie angesprochen. Der nachfolgende Text soll Ihnen die Ziele und den Ablauf erläutern. Bitte zögern Sie nicht, alle Punkte anzusprechen, die Ihnen unklar sind. Sie werden danach ausreichend Bedenkzeit erhalten, um über Ihre Teilnahme zu entscheiden.

1. Warum wird diese Studie durchgeführt?

Die Studie wird im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg im Studiengang Forstwirtschaft durchgeführt. Die erhobenen Daten sollen einen ersten Überblick schaffen, welche Belastungen während des Treppenaufstiegs am Einflachseil auf den menschlichen Körper wirken. Da bis zum jetzigen Zeitpunkt noch keine vergleichbaren Daten zur Ergonomie in der Baumpflege, im speziellen während des Aufstiegs am Seil, erfasst wurden, dient die Studie in erster Linie einer Erstaufnahme. Sie ist daher auf eine qualitative Erfassung der Daten ausgelegt.

2. Wie ist der Ablauf der Studie und was muss ich bei Teilnahme beachten?

Gesamtstudiedauer

Die Dauer der Studie beträgt etwa 6 Monate, in denen sämtliche Untersuchungen durchgeführt und Daten erhoben, ausgewertet und publiziert werden.

Studiendauer pro Studienteilnehmer/in

Für Sie als einzelnen Studienteilnehmenden beträgt die Studiendauer insgesamt 2x 10 Minuten exklusive der Erholungszeit zwischen den Durchgängen.

Fallzahlen

Es ist geplant, in etwa 20-30 Probandinnen und Probanden in die Studie einzuschließen, die jeweils ein Aufstieg mit großen bzw. kleinen Schritten durchführen.

Studienort/Studienzeit

Die Analysen werden während der Augsburger Baumpflegetage vom 23.-25. April 2024 und wenn nötig zu einzelnen Terminen in verschiedenen Firmen im Mai 2024 durchgeführt.

Untersuchungsablauf

Die Untersuchungen folgen einem standardisierten Ablauf, der Abbildung 1 zu entnehmen ist.

Studiendesign

Studiendesign: Ergonomie in der Baumpflege – welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht

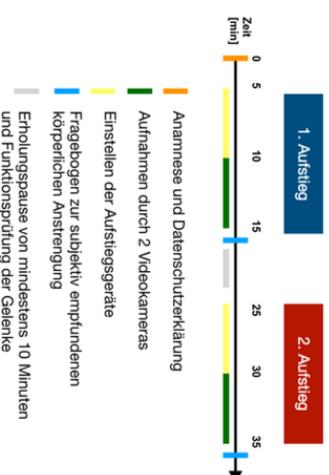


Abbildung 1: Studiendesign

Detaillierte Darstellung der einzelnen Messungen

Ablauf eines Untersuchungsdurchlaufes

- **Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien**
 - Anamnese: Nachdem Sie sich schriftlich bereit erklärt haben, an der Studie teilzunehmen, wird die Projektleiterin die genauen Ein- und Ausschlusskriterien prüfen.
 - Funktionsprüfung: Dieselbe Projektleiterin wird mit Ihnen verschiedene Funktionstests im Bereich Ihres Bewegungsapparates durchführen, um zu prüfen, ob mögliche Beeinträchtigungen vorliegen, die in der späteren Datenauswertung berücksichtigt werden sollen oder sogar einen Studienabschluss bedingen.
- **Demographische Daten (nur vor dem 1. Aufstieg)**

Ihre demographischen Daten wie Alter, Namen und Geschlecht werden erfasst.
- **Probandenfragebogen**

Vor dem ersten Aufstieg wird Ihnen ein Probandenfragebogen ausgehändigt, mit dem Angaben zu Ihrer Person, möglicherweise bestehenden Erkrankungen/Verletzungen und Ihrer beruflichen Erfahrung erfasst wird.

Beim 2. Aufstieg sind nur im vorhinigen abweichende Angaben, welche die Zeit zwischen den Aufstiegen betrifft, anzugeben. Ein zweiter vollständig ausgefüllter Probandenfragebogen ist nicht erforderlich.

Anschließend werden Sie für die Messungen vorbereitet. Das heißt Sie werden mit dem Versuchsaufbau vertraut gemacht und ein Probeaufstieg zum Einstellen der Aufstiegsgeräte ist möglich.

• **Treppenaufstieg am Einfachseil**

Die praktische Durchführung des Versuchs stellt der Treppenaufstieg, ein praxisnahes Verfahren in der Baumpflege, am Einfachseil dar. Dazu werden Ihnen als Probandinnen und Probanden zwei verschieden große Klettergurte zur Verfügung gestellt, dessen Funktionen sich nicht unterscheiden. Für den konkreten Aufstieg werden Ihnen zwei Ausführungen des Aufstiegs vorgegeben. Zu beachten ist, dass Sie bei jedem Aufstieg ein jeweils die vorgegebenen Kriterien beachten. Um möglichst reale Bedingungen zu schaffen, wird bei jedem Aufstieg festgeschriebenes Material am Gurt mitgeführt. Darunter fallen u.a. die Rettungsausrüstung (Erst-Hilfe-Set, Abschlachter mit 3 Wege Automatik Karabiner, Schraubkarabiner mit 120cm Bandschlinge, Expressschlinge mit 2 Automatik Karabinern), ein Kletterseil inklusive zwei 3 Wege Karabinern und Seilgerät sowie einer vollständigen Kurzstichrung. Das durch die Ausrüstung mitgeführte Gewicht beträgt in etwa 5310g. Um repräsentative Ergebnisse bei der Messung zu erzielen, bitten wir Sie die Intensität Ihres Aufstieges im Vergleich zu Ihrem Arbeitsalltag nicht zu verändern. Dies bedeutet, dass Sie **nicht schneller** bzw. intensiver **klettern** sollen als Sie es während Ihrer Arbeit tun, ebenso sollen Sie **nicht gezielt auf die Ausführung Ihrer Aufstiegs technik achten**. Die Studie zielt darauf ab, Unterschiede in der Ausführung zu untersuchen und mögliche Schlüsse aus verschiedenen Formen des Aufstiegs zu ziehen.

• **Einstellung der Videokameras**

Um die entstehenden Gelenkwinkel erfassen zu können, werden 2 Videokameras 90° zueinander versetzt aufgebaut. Die Kletternden werden somit einmal in Rückenansicht und einmal seitlich aufgenommen (Abbildung 2).

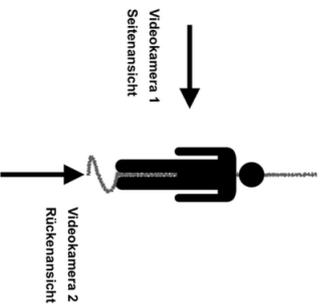


Abbildung 2: Aufbau der Videokameras (eigene Darstellung)

Die Auswertung der Gelenkwinkel erfolgt durch die spätere Analyse von einzelnen

Probanteninformation – Ergonomie in der Baumpflege – welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht?

Seite 4 von 7

Momentaufnahmen der Videos. Dabei werden Winkel im Hals- und Kopfbereich, des Oberkörpers/Rumpfbereich, sowie in den unteren Extremitäten betrachtet. Um bestmögliche Aufnahmen zu erzielen, müssen die Kletternden Personen stets seitlich zur ersten Kamera bzw. die zweite Kamera in Ihrem Rücken haben. Dies erfordert in manchen Fällen eine Korrektur der Kletternden durch Wurfleinen, welche am Klettergurt befestigt sind und somit durch leichten Zug die Position verändern lassen.

• **Messung der Herzfrequenz**

Um einen Richtwert und Vergleichswert für die Belastung des Herz-Kreislaufsystems während des Kletterns zu haben, wird mithilfe eines Herzfrequenzmessers (einer Uhr) Ihre Herzfrequenz erfasst. Der Messer wird hierfür vor dem Aufstieg manuell gestartet und ebenso gestoppt.

• **Bewertung der Anstrengung während des Aufstiegs mithilfe der Borg-Skala**

Abschließend werden Sie gebeten, rückblickend Ihre subjektiv wahrgenommene Anstrengung während des jeweiligen Aufstiegs mithilfe eines kurzen Fragebogens zu bewerten.

Anforderungen und Vorgaben

• Bitte tätigen Sie während der Erholungsphase zwischen den Aufstiegen am Seil **keinen Sport** und versuchen Sie, **körperliche Anstrengungen zu vermeiden**. Unentholte Muskeln können sich unter Umständen auf die Ergebnisse der Studie auswirken und zu falschen Messergebnissen führen.

3. Welchen persönlichen Nutzen habe ich von der Teilnahme an der Studie?

Sie werden durch die Teilnahme an dieser Studie voraussichtlich keinen direkten persönlichen Gesundheitsnutzen haben. Die Ergebnisse der Studie werden womöglich einen ersten Anhaltspunkt liefern, welchen ergonomischen Belastungen Kletternde durch den Treppenaufstieg am Einfachseil ausgesetzt sind und welche praxisnahen Empfehlungen eventuell daraus gezogen werden könnten.

4. Welche Risiken sind mit der Teilnahme an der Studie verbunden?

Der Aufstieg am Einfach Seil erfolgt auf eigenes Risiko. Durch die Kontrolle der Stundienleitung beim Einbau des Seilgerätes können Fehlanwendungen während des Aufstiegs weitestgehend ausgeschlossen werden. Bei sachgemäßer Anwendung können Risiken nahezu ausgeschlossen werden. Es kann sich unter Umständen bei maximalen Muskelkontraktionen ein **Muskelkater** einstellen. Bei einem gesunden, ausgereiften Muskel ist bei einer Maximalkontraktion keine Schädigung (z.B. Muskelzerrung) zu erwarten.

Durch die Reinigung des Herzfrequenzmessers mit Desinfektionsmittel, kann es in seltenen Fällen zu Hautirritationen durch das enthaltene Ethanol 74, 1%/2-Propanol 10% kommen.

Probanteninformation – Ergonomie in der Baumpflege – welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht?

Seite 5 von 7

Sie können Ihr Einverständnis zur Studienteilnahme ohne Angabe von Gründen jederzeit widerrufen. Daraus entstehen Ihnen keinerlei Nachteile.

5. Wer darf an dieser Studie nicht teilnehmen?

In dieser Studie werden Probandinnen und Probanden untersucht, die ein erwerbstätiges Alter haben, SKT A Ernährung haben, somit auch mindestens den SKT A Schein besitzen und prinzipiell nicht durch Erkrankungen oder Verletzungen im Bewegungsapparat eingeschränkt sind. Wer diese Anforderungen nicht erfüllt, kann nicht an der Studie teilnehmen.

6. Entstehen für mich Kosten durch die Teilnahme an der Studie? Erhalte ich eine Aufwandsentschädigung?

Durch Ihre Teilnahme an dieser Studie entstehen für Sie **keine** zusätzlichen Kosten. Für Ihre Teilnahme an dieser Studie erhalten Sie **keine** Aufwandsentschädigung.

7. Wer entscheidet, ob ich aus der Studie ausscheide?

Es ist gewährleistet, dass Sie jederzeit ohne Angaben von Gründen und ohne, dass ein Nachteil für Sie entsteht, von der Teilnahme zurücktreten können.

Unter gewissen Umständen ist es aber auch möglich, dass die Studienleiterin entscheidet, Ihre Teilnahme an der Studie vorzeitig zu beenden, ohne dass Sie auf die Entscheidung Einfluss haben. Ein Grund wäre, dass Ihre weitere Teilnahme an der Studie aus medizinischen Gründen nicht mehr vertretbar ist.

8. Informationen zum Umgang mit in einer Studie erhobenen Daten

Im Rahmen der Studie werden personenbezogene Daten (Name, Alter, Geschlecht, Erfahrungsstand in der Baumpflege, studienrelevante Erkrankungen oder Verletzungen, Videomaterial zur Dokumentation Ihrer Arbeitstratung, u.a.) erhoben und verarbeitet.

In die Verarbeitung werden, soweit erforderlich, auch Ihre Krankheitsdaten einbezogen. Die Dokumentation Ihrer Daten und deren Archivierung erfolgt pseudonymisiert und unter Ausschluss Dritter. Die Datenerhebung dient ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken und untersteht keinem kommerziellen Interesse.

Die im Rahmen der Studie erhobenen Daten können auch für künftige Forschungsvorhaben der Hochschule genutzt und weiterverarbeitet werden. Die Verarbeitung und Nutzung der pseudonymisierten Daten erfolgt auf Erhebungsbogen und elektronischen Datenträgern im Regelfall für die Dauer von 10 Jahren, soweit der Zweck der Studie, z. B. bei Einbringung in eine Datenbank und bei Langzeitstudien keine längere Speicherdauer erfordert.

Die Forschungsergebnisse aus der Studie werden in anonymisierter Form in vorwiegend Fachzeitschriften oder in wissenschaftlichen Datenbanken veröffentlicht. Bei der Veröffentlichung der Forschungsergebnisse wird Ihre Identität nicht bekannt. Die Studienleitung vor Ort kann jedoch mit Hilfe einer Dekodierungsliste bei Rückfragen die Daten zu Ihrer Person zurückführen.

Sie können jederzeit Auskunft über Ihre gespeicherten Daten verlangen und haben das Recht, fehlerhafte Daten berichtigen zu lassen. Sie können auch jederzeit verlangen, dass Ihre Daten gelöscht oder anonymisiert werden, so dass ein Bezug zu Ihrer Person nicht mehr hergestellt werden kann.

Die Studienleiterin (Yvonne Kublick, Bacheloranrätin für Forstwirtschaft) ist für die Datenverarbeitung und die Einhaltung der gesetzlichen Datenschutzbestimmungen verantwortlich.

Sollten Sie Bedenken oder Beschwerden im Hinblick auf den Datenschutz haben oder Ihre Rechte gemäß Art. 15ff. DSGVO wahrnehmen wollen, können Sie sich an folgenden Kontakt wenden: Yvonne Kublick, Süßenstraße 38, 72108 Rottenburg a.N., Tel.: 0174 2031336, E-Mail: yvonne.kublick@student-hfr.de oder yvonne.kublick@gmail.com.

Rechtsgrundlage für die Verarbeitung sind Art. 6 Abs. 1 lit. a und Art. 9 Abs. 2 lit. a Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) in Verbindung mit Ihrer Einwilligung. Für die Erhebung, Speicherung, Nutzung und Weitergabe Ihrer Daten ist Ihre ausdrückliche Zustimmung durch Unterzeichnung der Einwilligungserklärung zum Datenschutz erforderlich.

9. An wen wende ich mich bei weiteren Fragen?

Bei Fragen oder auftretenden Schwierigkeiten können Sie jederzeit, d.h. auch im Nachgang Ihrer Studienteilnahme, Kontakt mit der Studienleitung (s. Seite 1 der Probandeninformation oben) aufnehmen. Auch Fragen, die Ihre Rechte und Pflichten als TeilnehmerIn/Teilnehmer an der Studie betreffen, werden gerne beantwortet.

Anhang 2: Einwilligungserklärung zur Studie



Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Betreuer der Hochschule:

Prof. Dr. Dirk Wolff
Professur für Waldarbeit und Forsttechnik
dirk.wolff@hs-rottenburg.de
Schadenweilerhof
72108 Rottenburg a.N.

Studienleitung:

Bachelorantin Vianne Kublick
Vianne.kublick@student-hfr.de oder
vianne.kublick@gmail.com
Tel: 0174 / 2031336

Fachliche Betreuung:

PD Dr. Benjamin Steinhilber
benjamin.steinhilber@med.uni-tuebingen.de

Einwilligungserklärung zur Studie

„Ergonomie in der Baumpflege – welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht?“

Hiermit bestätige ich, dass ich als teilnehmende/r Proband/in über die oben genannte Studie aufgeklärt bin.

Meine Fragen sind alle ausreichend beantwortet worden. Mir ist bewusst, dass mit meiner Teilnahme zunächst kein persönlicher Nutzen verbunden ist, wobei mir mit der Studie kein Nachteil entsteht.

Ich wurde darüber informiert, dass die Teilnahme an den Untersuchungen vollkommen freiwillig ist und dass mein Einverständnis jederzeit und ohne Angabe von Gründen oder Nachteilen widerrufen werden kann, ohne dass dadurch Nachteile für mich entstehen.

Ich möchte an der Studie „Ergonomie in der Baumpflege – welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht“ teilnehmen, eine Kopie der Einverständniserklärung wurde mir ausgehändigt.

Ort und Datum

Unterschrift

Proband/in in Blockschrift

Ort und Datum

Unterschrift

Name Studienbetreuung

Einwilligungserklärung zum Umgang mit den in einer Studie erhobenen Daten:

Ich erkläre, dass ich mit der im Rahmen der Studie erfolgenden Erhebung und Verarbeitung von Daten und ihrer verschlüsselten (pseudonymisierten) Weitergabe einverstanden bin.

Mir ist bewusst, dass die Ergebnisse dieser Studie in Fachzeitschriften veröffentlicht werden können, allerdings in anonymisierter Form, so dass ein direkter Bezug zu meiner Person nicht hergestellt werden kann.

Ich wurde darüber informiert, dass ich jederzeit Auskunft über meine gespeicherten Daten und die Berichtigung von fehlerhaften Daten verlangen kann.

Ich weiß, dass ich jederzeit, beispielsweise beim Widerruf der Studienteilnahme, verlangen kann, dass meine bis dahin erhobenen Daten gelöscht oder unverzüglich anonymisiert werden.

Ich erkläre, dass ich über die Erhebung und Verarbeitung meiner in dieser Studie erhobenen Daten und meine Rechte angemessen informiert wurde.

Ich stimme der Verwendung der im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten in der oben beschriebenen Form zu.

Ich bin ausdrücklich damit einverstanden, dass das Studienteam auch nach Studienende zu mir Kontakt aufnehmen darf, um zu fragen, ob ich einverstanden bin, dass die im Rahmen der Studie erhobenen Daten auch für konkrete künftige Forschungsvorhaben der Hochschule bzw. der Studienleitung genutzt und weiterverarbeitet werden können.

Ja **Nein**

Kontaktinformationen:

Vianne Kublick

0174/2031336

vianne.kublick@student-hfr.de oder vianne.kublick@gmail.com

Datum

Unterschrift Proband/in

Anhang 3: Befragung der subjektiv wahrgenommenen Anstrengung



Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Pseudonym:

Betreuer der Hochschule:
 Prof. Dr. Dirk Wolff
 Professur für Waldarbeit und Forsttechnik
dirk.wolff@hs-rottenburg.de
 Schadenweilerhof
 72108 Rottenburg a.N.

Studienleitung:
 Bachelorantin Vianne Kublick
vianne.kublick@student-hfr.de oder
vianne.kublick@gmail.com
 Tel: 0174 / 2031336

Fachliche Betreuung:
 PD Dr. Benjamin Steinhilber
benjamin.steinhilber@med.uni-tuebingen.de

Befragung der subjektiv wahrgenommenen Anstrengung nach der Borg-RPE-Skala
 „Ergonomie in der Baumpflege – welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht?“

Die Borg-RPE-Skala wird zur Einordnung einer subjektiv empfundenen Anstrengung genutzt. Die Probandinnen und Probanden bewerten in einer numerischen Skala von 6-20 wie anstrengend die vorgegebene Leistung ist. Durch die Multiplikation um den Faktor 10 kann von der RPE („Rate of perceived exertion“) auf die geschätzte Herzfrequenz geschlossen werden.

Welche mittlere Anstrengung haben Sie während des ersten Treppenaufstiegs am Einfachseil empfunden? Bitte tragen Sie nur eine subjektiv empfundene Anstrengung ein!

RPE-Wert	geschätzte Herzfrequenz (RPE x 10)	Anstrengungsempfinden in Worten	subjektiv empfundene Anstrengung
6	60	überhaupt nicht anstrengend	
7	70		
8	80	extrem leicht	
9	90	sehr leicht	
10	100		
11	110	leicht	
12	120		
13	130	etwas anstrengend	
14	140		
15	150	anstrengend	
16	160		
17	170	sehr anstrengend	
18	180		
19	190	extrem anstrengend	
20	200	maximal anstrengend	

Einwilligungserklärung Ergonomie in der Baumpflege –
 welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht?

Seite 1 von 2

Pseudonym:

Welche mittlere Anstrengung haben Sie während des zweiten Treppenaufstiegs am Einfachseil empfunden? Bitte tragen Sie nur eine subjektiv empfundene Anstrengung ein!

RPE-Wert	geschätzte Herzfrequenz (RPE x 10)	Anstrengungsempfinden in Worten	subjektiv empfundene Anstrengung
6	60	überhaupt nicht anstrengend	
7	70		
8	80	extrem leicht	
9	90	sehr leicht	
10	100		
11	110	leicht	
12	120		
13	130	etwas anstrengend	
14	140		
15	150	anstrengend	
16	160		
17	170	sehr anstrengend	
18	180		
19	190	extrem anstrengend	
20	200	maximal anstrengend	

Welchen Ihrer zwei Aufstiege empfanden Sie als praxistauglicher?

- Aufstieg mit größeren Schritten
- Aufstieg mit kleineren Schritten

Haben Sie noch Anmerkungen oder Kommentare zur durchgeführten Studie?

Anhang 4: CRF-Fragebogen zur Studie



Hochschule für Forstwirtschaft Rottenburg

Pseudonym:

Betreuer der Hochschule:
Prof. Dr. Dirk Wolff
Professur für Waldarbeit und Forsttechnik
dirk.wolff@hs-rottenburg.de
Schadenweilerhof
72108 Rottenburg a.N.

Studienleitung UKT:
Bachelorantin Vianne Kublick
Vianne.kublick@student-hfr.de oder
vianne.kublick@gmail.com
Tel: 0174 / 2031336

Fachliche Betreuung:
PD Dr. Benjamin Steinhilber
benjamin.steinhilber@med.uni-tuebingen.de

CRF-Fragebogen zur Studie

„Ergonomie in der Baumpflege – welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht?“

Untersuchungsdatum:		
Alter in Jahren:		
Geschlecht:	<input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> divers	
Erfahrung in der Baumpflege (SKT A Erfahrung) in Jahren:		
Wie viele Kletterstunden beinhaltet Ihre Arbeit im Durchschnitt pro Woche (in Stunden):		
Funktionsprüfung:	<input type="checkbox"/> Nackengriff <input type="checkbox"/> Schürtzengriff <input type="checkbox"/> Ellenbogen strecken/beugen	<input type="checkbox"/> Einschluss

Einwilligungserklärung – Ergonomie in der Baumpflege – welche Gelenkwinkel werden beim Treppenaufstieg erreicht?

Seite 1 von 2

	<input type="checkbox"/> Schulter kreisen (180°- 40°) <input type="checkbox"/> Sprunggelenk heben/senken	
Einschränkung bei:		<input type="checkbox"/> Ausschluss
Verletzungen/Erkrankungen die den Bewegungsablauf beim Klettern beeinflussen:	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ausschluss
Probandeninformation gelesen/fragen:	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	
Datenschutzerklärung unterschrieben:	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<input type="checkbox"/> Ausschluss

Anhang 5: Test der Winkeldifferenzen auf Normalverteilung (Ausgabe SPSS)

Tests auf Normalverteilung

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Dif_W1	,121	25	,200*	,958	25	,375
Dif_W2	,165	25	,079	,925	25	,068
Dif_W3	,105	25	,200*	,981	25	,909
Dif_W4	,158	25	,106	,921	25	,053
Dif_W5	,169	25	,065	,920	25	,051
Dif_W6	,118	25	,200*	,972	25	,706

*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

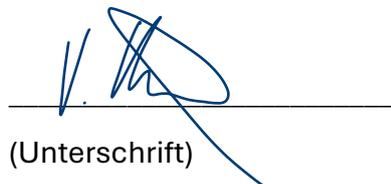
Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Vorname, Nachname und Adresse:

Vianne Charlotte Kublick
Sülchenstraße 38
72108 Rottenburg

Ort, Datum:



(Unterschrift)