

Retrospektive Analyse zur Erfassung der Inzidenz, Epidemiologie und Outcome von „Boulder-Verletzungen“ in einer chirurgischen Notaufnahme

Johanna Marie Heck

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Medicine and Health der Technischen
Universität München zur Erlangung einer
Doktorin der Zahnheilkunde (Dr. med. dent.)
genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr. Herbert Deppe

Prüfende der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. Moritz Crönlein
2. Priv.-Doz. Dr. Andrea E. Achtnich

Die Dissertation wurde am 19.07.2023 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch TUM School of Medicine and Health am 13.03.2024 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

<u>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</u>	5
<u>1 EINLEITUNG.....</u>	6
1.1 EINFÜHRUNG	6
1.2 BOULDERN	7
1.3 VERLETZUNGEN IM KLETTERSPORT	9
1.3.1 EPIDEMIOLOGIE	9
1.3.2 VERLETZUNGEN BEIM KLETTERN	10
1.3.3 VERLETZUNGEN BEIM BOULDERN	11
1.3.4 VERLETZUNGSMECHANISMEN	12
<u>2 ZIELSETZUNG.....</u>	14
<u>3 MATERIAL UND METHODEN.....</u>	15
3.1 STUDIENDESIGN UND STUDIENABLAUF	15
3.2 PATIENTENIDENTIFIKATION	15
3.2.1 EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN.....	16
3.3 DATENERHEBUNG	16
3.3.1 ERMITTELTE PARAMETER AUS DEN KRANKENAKTEN.....	16
3.3.2 ONLINE-BASIERTER FRAGEBOGEN	21
3.4 STATISTIK	22
3.4.1 METHODEN UND VERWENDETE PROGRAMME	22
3.5 DATENSCHUTZ	23
<u>4 ERGEBNISSE.....</u>	24
4.1 PATIENTENKOLLEKTIV	24
4.2 AUSWERTUNG DER KRANKENAKTEN.....	25
4.2.1 INZIDENZ	25
4.2.2 GESCHLECHTERVERTEILUNG.....	26
4.2.3 DURCHSCHNITTLICHES ALTER.....	26
4.2.4 ÄTIOLOGIE	27

4.2.5	VERLETZUNGSMECHANISMUS	27
4.2.6	VERLETZUNGSARTEN.....	28
4.2.7	VERLETZUNGSLOKALISATIONEN	30
4.2.8	VERLETZUNGSSCHWERE	33
4.2.9	ERSTVERSORGUNG	33
4.2.10	OPERATIONSART	33
4.2.11	ASSOZIATION MIT DEM GESCHLECHT.....	34
4.3	ERGEBNISSE DES ONLINE-FRAGEBOGENS	35
4.3.1	DESKRIPTIVE AUSWERTUNG.....	35
4.3.2	ASSOZIATION MIT DEM ERFAHRUNGSGRAD DES SPORTLERS.....	36
4.3.3	ASSOZIATION MIT DER HÖHE DES STURZES.....	37
4.3.4	RÜCKKEHR ZUM SPORT	38
5	<u>DISKUSSION.....</u>	39
5.1	ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.....	39
5.2	INTERPRETATION UND KRITISCHE BEWERTUNG DER ERGEBNISSE.....	40
5.2.1	INZIDENZ	40
5.2.2	EPIDEMIOLOGIE	40
5.2.3	VERTEILUNG DER VERLETZUNGSMUSTER.....	41
5.3	LIMITATIONEN.....	46
5.4	FAZIT.....	47
6	<u>ZUSAMMENFASSUNG.....</u>	48
7	<u>LITERATURVERZEICHNIS</u>	49
8	<u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</u>	55
9	<u>TABELLENVERZEICHNIS</u>	56
10	<u>ANHANG.....</u>	57
10.1	ONLINE-FRAGEBOGEN	57
10.2	STELLUNGNAHME DATENSCHUTZBEAUFTRAGTER	60
10.3	PATIENTENAUFKLÄRUNG	61

10.4	VORVERÖFFENTLICHUNG.....	64
<u>11</u>	<u>DANKSAGUNG</u>	<u>65</u>

Abkürzungsverzeichnis

AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
DAV	Deutscher Alpenverein
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
EDV	elektronische Datenverarbeitung
etc.	und so weiter (et cetera)
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
IBM	International Business Machines
ICD-10-GM	International Classification of Diseases – 10. Revision – German Modification
ID	Identifikationsnummer
IIC	Injury and Illness Severity Classification
inc.	Incorporated
Inkl.	Inklusive
IOC	International Olympic Committee
MedCom	Medical Commission
MRI	Klinikum rechts der Isar
n.a.	nicht angegeben
N.Y.	New York
NCH-OP	neurochirurgische Operation
NEISS	National Electronic Injury Surveillance System
OSICS	Orchard Sports Injury Classification System
p	probabilitas = Wahrscheinlichkeit
QR	quick response
SAP	Systemanalyse Programmentwicklung (Softwarekonzern)
SAP SE	Unternehmensname Softwarekonzern
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TUM	Technischen Universität München
UIAA	Union Internationale des Associations d'Alpinisme
URL	Uniform Resource Locator
USA	United States of America
WS	Wirbelsäule

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die Popularität der Sportart Klettern hat in den letzten Jahren eine enorme Zunahme erfahren (Lutter et al., 2017; Schweizer and Göhner Schweizer, 2019; Lanz, 2021). In den 1960er Jahren lediglich von einzelnen wenigen Bergsteigern ausgeübt (Rauch et al., 2019), klettern 2019 laut der International Federation of Sport Climbing weltweit ca. 44.500.000 Menschen (Miro et al., 2021). 2016 beschließt das International Olympic Committee (IOC) die Aufnahme der drei Subdisziplinen "Lead Climbing", "Speed Climbing" und "Bouldering" in das Programm der Olympischen Spiele 2021 in Tokyo (Schöpf, 2016; Lutter et al., 2017), obgleich Sportklettern erst sechs Jahre zuvor im Jahr 2010 durch das IOC als Sportart anerkannt wird (Schöpf, 2016). Die Auszeichnung des Kletterfilms "Free Solo" zum besten Dokumentarfilm bei der Oscarverleihung 2019 spiegelt ebenfalls das wachsende öffentliche Interesse am Klettersport wider (Miro et al., 2021).

Es wird zwischen Freiklettern (free climbing) und technischem Klettern (aid climbing) unterschieden (Schöpf, Simon, 2020). Beim technischen Klettern kommen unter anderem Seile, Haken und Trittleitern zum Einsatz und werden mit vollem Gewicht belastet, um in der Vertikalen voranzukommen (Mountaineers, 2018). Bei der heute populärsten Form des Kletterns, dem Freiklettern, werden technische Hilfsmittel lediglich zur Absicherung und nicht zur Fortbewegung genutzt. Mit Seilen und Gurten sichern sich die Sportler gegenseitig oder allein. Das Freiklettern ist wiederum in diverse Varianten aufgeteilt. Hierunter fallen unter anderem das klassische Alpinklettern am Felsen, das Sportklettern (Freiklettern mit vorinstallierten Bohrhaken), welches sowohl im Freien, in natürlicher Umgebung als auch in Kletterhallen ausgeübt werden kann (Schöpf, 2020).

Der Trend geht zum Klettern in Hallen. Laut dem Deutschen Alpenverein (DAV) gingen im Jahr 2004 etwa 18 Prozent seiner Mitglieder zum Klettern in Hallen, wohingegen es 2017 schon 27 Prozent waren. Dementsprechend nimmt auch die Anzahl an Kletterhallen zu. Waren es im Jahr 1989 erst zwanzig Anlagen (mit einer Kletterfläche über 100 Quadratmeter), so bestehen im Jahr 2018 schon etwa 500. Dies entspricht einer Zunahme um den Faktor 25. Ein Drittel der Hallen sind reine Boulderhallen und gerade in den letzten Jahren steigt ihre Anzahl stärker als

die der reinen Seilkletterhallen (e.V. (DAV), 2018). Immer mehr Kletterer entscheiden sich heutzutage für das Bouldern (ISPO.com, 2020).

1.2 Bouldern

Der Begriff Bouldern leitet sich von dem englischen Wort "boulder", zu Deutsch Felsblock ab (Wendling, n.d.) und ist als eine Unterart des Sportkletterns zu verstehen. Die Sportart kann sowohl draußen, am natürlichen Felsen, als auch drinnen in Kletterhallen, an künstlichen Wänden unter der Verwendung von Kunststoffgriffen, ausgeübt werden. (siehe Abbildung 1 und 2). Geklettert wird, wie in Abbildung 1 und 2 dargestellt, an senkrechten und geneigten Wänden (Lanz, 2021). Bouldern wird als Freizeit- sowie als Wettkampfsport praktiziert. Ursprünglich wurde diese Art des Kletterns ausschließlich zum Trainieren für das alpine Seilklettern verwendet. In den letzten Jahren hat sich die Sportart allerdings zu einer eigenständigen Disziplin entwickelt (Josephsen et al., 2007; Lanz, 2021; Auer et al., 2021).



Abbildung 1: Bouldern am natürlichen Felsen unter Verwendung von "Crash-Pads"

(Kern, 2017)

Beim Bouldern geht es weniger um den erfolgreichen Aufstieg zu einem Gipfel, sondern vielmehr um den Kletterakt selbst. In vorgegebener Richtung werden kurze, schwierige und kraftaufwändige Routen durchklettert. Man spricht hier auch vom "Lösen eines Boulderproblems". Bis der Boulderer ein solches Boulderproblem gelöst hat, muss er die Strecke je nach Schwierigkeitsgrad viele Male wiederholen (Josephsen et al., 2007). Durch farbige Markierung der in Größe und Form variierenden, künstlichen Boulder wird der Schwierigkeitsgrad angezeigt (Abbildung 2) (Lanz, 2021).

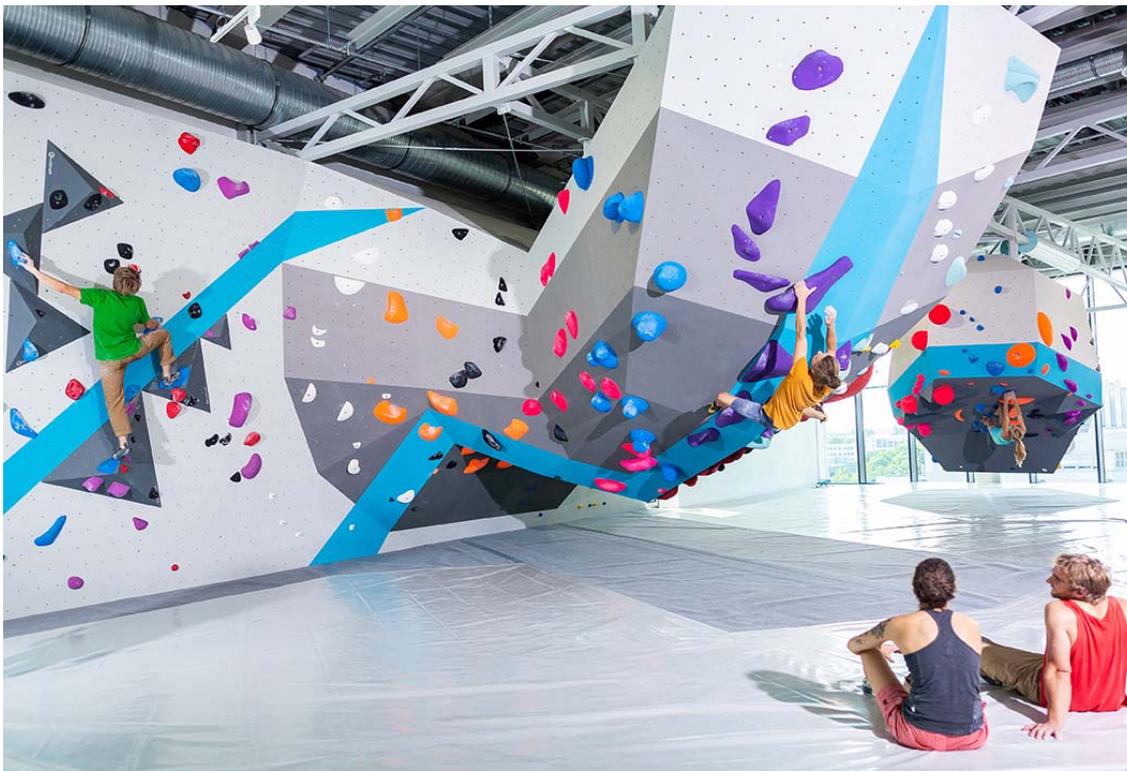


Abbildung 2: Bouldern in einer Boulderhalle

(Boulderwelt München Ost, 2022)

Im Unterschied zu anderen Klettersportarten klettern Bouldersportler ohne Sicherung durch ein Seil oder einen Klettergurt. Aus diesem Grund werden beim Bouldern nur geringere Höhen erklommen als beim traditionellen Klettern (Josephsen et al., 2007; Beal, 2011). In der Regel handelt es sich um zweieinhalb bis fünf Meter Höhe, wodurch ein Abspringen mit relativ geringem Verletzungsrisiko möglich ist. Um dieses Risiko so gering wie möglich zu halten, werden in den Hallen spezielle Weichbodenmatten flächig ausgelegt (siehe Abbildung 2). Draußen werden sogenannte tragbare "Crash-Pads" (siehe Abbildung 1) als Sicherheitsvorkehrung unter dem Bereich, in welchem sich der Boulderer gerade befindet,

verwendet (Woollings et al., 2015b; Jones et al., 2018; Lanz, 2021). So sollen Stürze abgefedert werden. Gelegentlich wird ein sogenannter "Spotter" eingesetzt. Hierbei handelt es sich um eine helfende Person, die den Sportler im Falle eines Sturzes versucht umzuleiten, um die Chance auf eine sichere Landung zu maximieren. So soll das Ausmaß der Verletzung verringert werden, indem direkte Einwirkungen auf den Kopf und den Rücken verhindert werden (Josephsen et al., 2007; Auer et al., 2021).

Über eine halbe Millionen Deutsche üben den Bouldersport zurzeit aktiv aus - Tendenz steigend (DAV, o.D.). Besonders attraktiv scheint der Individualsport unter anderem dadurch zu sein, dass nicht viel Equipment benötigt wird, jedoch auch aus sozialer Sicht (Henkel, 2019). In den Pausen, welche die Sportler zur Regeneration und psychischer Vorbereitung auf die Ausführung der nächsten Route nutzen, kommt es häufig zur Interaktion mit anderen Sportlern, z.B. um die Bewältigung der nächsten Route zu diskutieren (Lanz, 2021). Bouldern begeistert durch das Zusammengehörigkeitsgefühl als Mitglied eines großen Netzwerks und die gemeinschaftliche Atmosphäre in den Hallen (Konowalczyk, 2017).

Die steigende Begeisterung der Bevölkerung für das Bouldern bleibt auch in den Notaufnahmen nicht unbemerkt, in welchen immer häufiger Patienten mit Verletzungen, die sie sich beim Praktizieren der Sportart zugezogen haben, vorstellig werden (Nelson and McKenzie, 2009; Miro et al., 2021).

1.3 Verletzungen im Klettersport

1.3.1 Epidemiologie

Es gibt eine Vielzahl an Studien, die sich mit der Häufigkeit von Kletter-Verletzungen beschäftigen (Paige et al., 1998; Josephsen et al., 2007; Backe et al., 2009; Buzzacott et al., 2019). Nelson und McKenzie (Nelson and McKenzie, 2009) evaluierten im Jahr 2009 das Register des National Electronic Injury Surveillance System (NEISS) für Kletter-Verletzungen, die in den Jahren 1990 bis 2007 in US-Notaufnahmen behandelt wurden. Sie berichten von einem Anstieg von 1617 geschätzten Fällen im Jahr 1990 auf 2637 geschätzte Fälle im Jahr 2007. In einer Folgeanalyse der NEISS Daten der Jahre 2008 bis 2016, kommen Buzzacott et al.

(Buzzacott et al., 2019) zum Entschluss, dass sich innerhalb dieses Untersuchungszeitraums die Anzahl an Kletter-Verletzungen fast verdoppelt hat. Auch Sabbagh et al. (Sabbagh et al., 2021) bestätigen 2021 den Anstieg der Verletzungshäufigkeit beim Klettern. Allerdings unterscheiden die meisten Studien nicht zwischen Kletter- und Boulder-Unfällen (Nelson and McKenzie, 2009; Pierpoint et al., 2017; Buzzacott et al., 2019) und so variiert die geschätzte Prävalenz von kletterassozierten Verletzungen zwischen 10% und 81% (Jones and Johnson, 2016).

Dabei kommt der Teildisziplin Bouldern eine besondere Rolle zu. Sie wird als gefährlichere Variante des Klettersports im Vergleich zum normalen Sportklettern beschrieben, mit einer signifikant höheren Verletzungsrate (Woollings et al., 2015a; Lutter et al., 2021; Barrile et al., 2022). Auch der DAV schließt aus seiner Unfallstatistik, dass beim Bouldern deutlich mehr Unfälle passieren, bei denen ein Rettungsdiensteinsatz von Nöten ist, als bei anderen Arten des Kletterns (e.V. (DAV), 2020).

1.3.2 Verletzungen beim Klettern

In der aktuellen Literatur herrscht eine große Heterogenität bezüglich der Daten der Verletzungsmuster beim Klettern. Besonders bei der Betrachtung der beteiligten Extremität differieren die Angaben stark (Schöffl et al., 2018). Während Gerdes et al. (Gerdes et al., 2006) und Schöffl et al. (Schöffl et al., 2015) vor allem Verletzungen der oberen Extremität aufzeigen konnten, stellen Backe et al. (Backe et al., 2009) und Schöffl et al. (Schöffl et al., 2013) demgegenüber mehr Verletzungen der unteren Extremität fest.

Ursächlich für die starke Varianz der Daten ist in erster Linie die Betrachtung unterschiedlicher Untergruppen des Klettersports, welche mit unterschiedlichen Unfallhäufigkeiten, Verletzungsarten und -lokalisationen einhergehen (Jones and Johnson, 2016).

1.3.3 Verletzungen beim Bouldern

Die aktuelle Datenlage speziell zu Verletzungen, die beim Bouldern entstehen, ist nicht ausreichend, um verlässliche Aussagen über die Verteilung der spezifischen Verletzungsmuster für diese Disziplin treffen zu können. Die bisher vorliegenden Studien weisen erhebliche Einschränkungen auf. Die meisten Studien mit großen Fallzahlen unterscheiden nicht zwischen Kletter- und Boulder-Unfällen (Nelson and McKenzie, 2009; Pierpoint et al., 2017; Buzzacott et al., 2019). Eine einfache Übertragung der Ergebnisse von Studien zum Verletzungsmuster beim Klettern auf die Subdisziplin Bouldern ist allerdings nicht sinnvoll (Josephsen et al., 2007).

Im Gegensatz zu anderen Unterarten des Klettersports werden beim Bouldern Stürze nicht durch Gurte und Seile abgefangen. Es kommt demnach häufig zum Aufprall auf die weichen Sicherheitsmatten, was häufig zu schweren Verletzungen des Sprunggelenks und des Rückfußes führt (Morrison and Schöffl, 2007; Schöffl, V et al., 2016). Aber auch Luxationen im Bereich der oberen Extremität werden gehäuft beschrieben (Sandmann et al., 2014). Zudem ist die Belastung des muskuloskelettalen Systems durch das wiederholte Ausprobieren kurzer, anstrengender Routen eine andere als bei anderen Teildisziplinen (Lutter et al., 2021). Insgesamt führt dies zu einer höheren Verletzungsrate sowie größeren Vielfalt an Verletzungslokalisationen und -arten (Lutter et al., 2017; Schöffl et al., 2018; Lutter et al., 2020).

Auch neuere Studien können die Lücken der Datenlage bezüglich des Boulderns nicht füllen. Barrile et al. (Barrile et al., 2022) finden in ihrer ganz aktuellen Studie aus dem Jahr 2022 heraus, dass die ausgeübte Kletterdisziplin einen wesentlichen Einfluss auf die Verletzungswahrscheinlichkeit hat. In Konsens mit älteren Studien (Wright et al., 2001; Backe et al., 2009) wird insbesondere Bouldern als Risikofaktor identifiziert, da 91% (Barrile et al., 2022) der akuten Verletzungen darauf zurückzuführen sind. Allerdings ist die Aussagekraft begrenzt, da das Studienkollektiv lediglich aus 52 jungen Wettkampfkletterern mit insgesamt 56 Verletzungen besteht.

Auer et al. veröffentlichen 2021 eine Studie, welche sich ausschließlich mit Boulder-Verletzungen befasst. Betrachtet man die Verteilung der Verletzungen, welche typischerweise beim Bouldern entstehen und vergleicht die Ergebnisse mit der Verletzungsverteilung von Kletter-Verletzungen, so ergibt sich ein Unterschied um fast 30% zugunsten auf die

Beteiligung der oberen Extremität. Klettern und Bouldern scheinen in unterschiedlichem Maße zu Verletzungen der oberen Extremität zu führen.

1.3.4 Verletzungsmechanismen

Grundsätzlich können die mit Klettern assoziierten Verletzungsmechanismen in zwei Kategorien unterteilt werden (Jones and Johnson, 2016):

1. Akutes Trauma:

a. Aufprall/Anprall- Trauma:

Eine akute Verletzung, welche durch einen Sturz mit Aufprall auf den Boden oder Anprall an die Kletterfläche entsteht. In natürlicher Umgebung können zudem Gegenstände (z.B. Felsblöcke), die auf den Kletterer herabfallen, ein Anprall-Trauma verursachen.

b. Überlastungstrauma:

Eine akute Verletzung, welche nicht durch einen An- oder Aufprall entsteht. Sie entsteht durch das Ausführen einer sehr anspruchsvollen oder dynamischen Bewegung, wobei es zu einer akuten Überbelastung der Muskeln, Sehnen oder Bänder kommt.

2. Chronischer Überlastungsschaden:

Die Verletzung entsteht durch ständige Überbeanspruchung des Bewegungsapparats über einen längeren Zeitraum.

Verletzungen, die durch chronische Überbelastung der Gewebe entstehen, sind im Klettersport häufig (Wright et al., 2001; Woollings et al., 2015b). Backe et al. (Backe et al., 2009) berichten von 93% Überlastungsverletzungen, wobei häufig akute Verletzungen als Folge einer chronisch-entzündlichen Gewebeschädigung der Finger und Handgelenke auftreten.

In einer Studie von Woollings et al. ist der Sturz eine der häufigsten Verletzungsursachen (Woollings et al., 2015b). Beim Bouldern wird er sogar als häufigster Verletzungsmechanismus identifiziert (Schöffl et al., 2013).

In der Literatur wird davon ausgegangen, dass die Ätiologie der Verletzungen zwischen den verschiedenen Kletterdisziplinen unterschiedlich ist (Paige et al., 1998). Spezielle Techniken, die

für die jeweilige Disziplin typisch sind, führen zu unterschiedlichen Verletzungsmustern. Infolge immer komplexer aufgebauter Boulderwände (siehe Abbildung 2) hat sich ein dreidimensionalerer Boulderstil entwickelt, welcher unweigerlich neue, schwierigere Haltungen und Bewegungen wie z.B. den „heel hook“ von den Sportlern fordert und zum Auftreten neuer Verletzungsmuster führt (Schöffl et al., 2016; Lutter et al., 2017). Bei der Ausführung des heel hooks wird der Fuß im Bereich des Fersenbeins auf den Griff gesetzt. Durch Kontraktion der ischiocruralen Muskulatur kann hierdurch eine Stabilisierung der Position oder eine Fortbewegung an der Wand erreicht werden. Häufig muss währenddessen zusätzlich der Unterschenkel nach außen gedreht werden, was mit einer maximalen Außenrotation im Kniegelenk und Einwirkung großer Kräfte auf die beteiligten Weichgewebe einhergeht. Häufig kommt es zu Sehnenavulsionen der Hamstring-Muskulatur sowie zu Zerrungen des Tractus iliotibialis, aber auch laterale Meniskusläsionen sind nicht selten (Lutter and Schöffl, 2020). Lutter et al. berichten ebenfalls von mehr Knieverletzungen beim Bouldern durch die Verwendung des heel hooks als beim Seilklettern (Lutter et al., 2020). Beim Seilklettern kann es im Gegensatz zum Bouldern zu Verletzungen durch falsche Handhabung der Seilsicherung wie z.B. dentalen Traumata kommen (Schöffl et al., 2013).

Die Heterogenität der aktuellen Datenlage gepaart mit der steigenden Popularität und einhergehend steigender Inzidenz der Verletzungen, macht es unerlässlich sich intensiver mit dem spezifischen Verletzungsprofil von Bouldersportlern zu beschäftigen. Nur so können verlässliche Aussagen über die Epidemiologie und Verteilung der Verletzungsmuster getroffen werden.

2 Zielsetzung

Die Trendsportart Bouldern wird immer populärer und die Anzahl an Freizeit- und Leistungssportlern hat in der letzten Dekade stark zugenommen. Dadurch ist mit einer vermehrten Anzahl an Patienten zu rechnen, welche die Notaufnahme mit Verletzungen aufsuchen, die sie sich beim Bouldern zugezogen haben.

Zu den Entitäten der Verletzungsmuster und der Epidemiologie der Patienten mit Kletter-Unfällen gibt es diverse Studien (Schöffel et al., 2013; Jones et al., 2018; Buzzacott et al., 2019; Sabbagh et al., 2021), welche jedoch häufig nicht zwischen Kletter- und Boulder-Unfällen unterscheiden. Daten zur spezifischen Verletzungsverteilung bei Vorstellung in einer Notaufnahme nach einem Boulder-Unfall stehen noch aus. Ziel der nachfolgenden Arbeit ist es, Erkenntnisse über die Inzidenz und Epidemiologie von Boulder-Verletzungen zu erlangen. Zudem sollen Aussagen über die Verteilung der Verletzungsmuster hinsichtlich der anatomischen Region, des Schweregrades, der unfallchirurgischen Klassifikation und der Art der Verletzung getroffen werden. Insbesondere soll im Vergleich zu bestehenden Verletzungsanalysen untersucht werden, ob sich die Verletzungen beim Bouldern im Hinblick auf die beteiligte anatomische Region und Ausprägung von klassischen Kletter-Verletzungen unterscheiden.

Die erlangten Erkenntnisse können durch die Identifikation spezifischer Risikoparameter dazu beitragen die Prävention von Boulder-Unfällen zu verbessern. Zudem könnte durch Kenntnisse über typische Verletzungsmuster nach Boulder-Unfällen die innerklinische Primäreinschätzung verbessert werden und die Diagnostik zielgerichtet angepasst werden.

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign und Studienablauf

Das Studienprotokoll wurde im Mai 2020 von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Technischen Universität München (TUM) geprüft und genehmigt (Studiennummer 309/20 S-EB).

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine prospektiv geplante Querschnittsuntersuchung an einer historischen Kohorte. Die Befragung erfolgte anhand eines Online-Fragebogens. Die Behandlungen der Patienten waren zum Zeitpunkt der Datenerhebung bereits abgeschlossen. Es handelt sich um eine monozentrische Studie.

Die Datenerhebung erfolgte in zwei Teilschritten: der retrospektiven Datenerhebung aus den Krankenakten sowie der prospektiven Ermittlung sportmedizinischer Informationen bezüglich des Erfahrungsgrades des Sportlers, des Unfallmechanismus und der Rückkehr zum Bouldersport nach der Verletzung. Wie unter Punkt 3.2 näher beschrieben, wurde zunächst das Studienkollektiv definiert. Anschließend erfolgte die retrospektive Erhebung epidemiologischer und klinischer Daten des Patientenkollektivs (siehe Punkt 3.3.1). Der zweite, prospektive Teil der Studie beinhaltete die Kontaktierung und Einladung der Patienten zur Teilnahme an einem Online-Fragebogen mit Fragen zu ihrem Leistungsstand, zum Unfallhergang und dem weiteren medizinischen Verlauf (siehe Punkt 3.3.2).

3.2 Patientenidentifikation

Zur retrospektiven Identifikation aller Patienten, welche sich mit einer Verletzung nach einem Boulder-Unfall in der chirurgischen Notaufnahme des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München (MRI TUM) vorstellten, wurde die Schlagwort-Suchfunktion des hausinternen EDV-Systems SAP angewendet (SAP SE, Walldorf, Deutschland). Bei der Schlagwortsuche wurden alle elektronischen Arztbriefe, die zur Dokumentation in der chirurgischen Notaufnahme verwendet werden, durchsucht. Dies erfolgte in mehreren

Durchläufen. Als Erkennungswort wurde "boulder-" verwendet. Somit wurden alle Worterweiterungen wie "Bouldern", "Boulderhalle", "Bouldersport" etc. erfasst.

Um die Wahrscheinlichkeit zu reduzieren, dass Fälle aufgrund von Schreibfehlern des dokumentierenden Arztes nicht erfasst würden, wurde ebenfalls nach den Varianten "bolder-" und "bulder-" gesucht. Die Aufnahmeberichte wurden gesichtet und die Unfallanamnese auf das Vorliegen einer Boulder-Verletzung überprüft. Im Anschluss wurden alle verbliebenen Fälle zu der Studienkohorte vereint.

3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Den folgenden Kriterien nach wurden Patienten in die Studie aufgenommen:

- Behandlung in chirurgischer Notaufnahme am Klinikum rechts der Isar zwischen 01.01.2010 und 28.05.2020
- positive SAP-Schlagwortsuche für die Termini „boulder“, „bolder“ und „bulder“
- positive Überprüfung der Unfallanamnese hinsichtlich einer boulderbedingten Verletzung
- Patientenalter: 0-99 Jahre, Onlinebefragung nur wenn 18. Lebensjahr abgeschlossen

3.3 Datenerhebung

3.3.1 Ermittelte Parameter aus den Krankenakten

Zum Erhalt aller relevanten Daten bezüglich des Unfallereignisses, welches zur Verletzung führte, der Epidemiologie, des Verletzungsmusters und der durchgeführten Behandlung, wurden alle elektronischen Dokumentationsdateien aus dem SAP-System des MRI TUM eingesehen und ausgewertet.

Im Detail wurden folgende Dateien gesichtet:

- Notaufnahme Arztbrief
- Operationsbericht
- Perioperative Dokumentation
- Prämedikationsdokumentation der Anästhesiologie
- stationäre Arztbriefe
- Arztbriefe der Nachsorgeuntersuchungen

Folgende Parameter wurden durch die retrospektive Datenanalyse der Patientenakten erhoben und in eine Excel-Tabelle (Microsoft®, Microsoft Excel für Mac, Version 16) eingepflegt:

Personenbezogene, epidemiologische und biometrische Daten:

Es wurden das Alter und das Geschlecht, sowie die Größe und das Gewicht der Patienten aus den Akten extrahiert. Das Einlieferungsdatum wurde ebenfalls notiert. Außerdem wurde die Anschrift der Patienten entnommen, um sie im zweiten Teil der Studie postalisch zu kontaktieren.

Daten zum Verletzungsmechanismus:

Die Notaufnahme Arztbriefe wurden bezüglich des Unfallhergangs sorgfältig analysiert. Zunächst wurde eine grobe Einteilung vorgenommen. Hierbei wurde festgehalten, ob es sich beim Pathomechanismus um ein Trauma oder um eine Überlastungsreaktion ohne ein direkt vorausgegangenes Trauma gehandelt hatte.

Der Verletzungsmechanismus wurde daraufhin weiter in folgende Kategorien unterteilt:

- Sturz: Die Verletzung entstand durch das Aufkommen des Patienten auf der Weichbodenmatte bzw. dem Crashpad nach einem Sturz von der Kletterwand
- Distorsion: Der Patient nahm während des Kletterns an der Wand eine unphysiologische Körperhaltung ein. Er hat sich also verdreht bzw. verrenkt, wodurch es zur Verletzung kam
- Anprall: Die Ursache der Verletzung war ein Zusammenstoß eines Körperteils des Patienten mit der Kletterwand
- Überlastung: Der Verletzung ging kein Trauma-Mechanismus voraus
- Sonstige: Der Verletzungsmechanismus konnte keiner der Kategorien eindeutig zugeordnet werden oder wurde nicht gar nicht angegeben

Daten zur Verletzungslokalisierung:

Die von der Verletzung betroffene anatomische Region wurde initial mithilfe der Skelettcodierung von der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) erfasst.

Zum Vergleich mit anderen Studien wurde das Orchard Sports Injury Classification System (OSICS) (Rae und Orchard, 2007) verwendet. Das OSICS wurde auch der International Classification of Diseases (ICD-10-GM) vorgezogen, da es sich besser für Gegenüberstellungen eignet (Rae et al., 2005). Es ist einfach anwendbar, zuverlässig und steht als Download kostenlos zur Verfügung (Orchard, 2022). Der Körper wird in 19 Kategorien unterteilt und jeder Kategorie wird ein Buchstabe zugeordnet. Beispielsweise ist die Kategorie Kopf/Gesicht mit einem H und das Knie mit einem K gekennzeichnet. Weist ein Patient nach einem Sturz beim Bouldern Verletzungen an eben genannten anatomischen Regionen auf, so lautet der OSICS Code H, K (Schöffel et al., 2011).

Daten zur Verletzungsart:

Zur Feststellung der Verletzungsart wurden die Notaufnahmearztbriefe, die Operationsberichte, sowie die Röntgenbilder ausgewertet. Unterschiedlich die erste Einschätzung der Verletzungsart der Notaufnahme Arztbriefe von der Diagnose der Operationsberichte, so wurde Letztere verwendet. Es wurde differenziert zwischen folgenden Verletzungsarten:

- Wunde: Schädigung der Haut und des darunterliegenden Gewebes
- Kontusion: geschlossene Verletzung, bei der es durch stumpfe Krafteinwirkung von außen zu Gewebequetschungen kommt
- Distorsion: geschlossene Verletzung der Gelenke entstanden durch Überschreiten des physiologischen Bewegungsspielraums des Gelenks durch Krafteinwirkung von außen; es resultiert eine Verletzung des Bandapparates
- Luxation: Dislokation der gelenkbildenden Knochen mit vollständigem Kontaktverlust
- Fraktur: komplette oder inkomplette Kontinuitätsunterbrechung eines Knochens
- Schädel-Hirn-Trauma (SHT): Verletzung des Schädels mit Beteiligung des Gehirns

Des Weiteren wurde eine Unterteilung des verletzten Gewebes vorgenommen. Sie erfolgte in die Kategorien: ossäres, ligamentäres und weichteiliges Gewebe.

Für die eindeutige Klassifizierung wurde die ICD-10-Klassifikation angewandt. Frakturen wurden mithilfe der AO-Klassifikation genauer definiert.

Daten zur Verletzungsschwere:

Es wurde festgehalten, ob es sich um ein Monotrauma oder eine Kombinationsverletzung handelte.

Zur Klassifikation des Schweregrades wurde der UIAA MedCom Score - Injury and Illness Severity Classification (IIC) (Abbildung 3) verwendet. Es handelt sich hierbei um eine kletterspezifische Klassifizierung, mithilfe welcher die Schwere der Verletzung retrospektiv

bewertet werden kann. Die IIC ist sehr präzise formuliert, was die korrekte Einstufung in eine der Kategorien null bis sechs erleichtert (Schöffel et al., 2011).

- | | |
|---|--|
| 0 | Keine Verletzung oder Erkrankung |
| 1 | Leichte Verletzung oder Erkrankung, keine ärztliche Behandlung nötig, Selbsttherapie (z. B. Blasen, Prellungen, Zerrungen) |
| 2 | Mittelschwere Verletzung oder Erkrankung, nicht lebensbedrohend, mittelfristige ambulante konservative oder chirurgische Therapie, Aufsuchen eines Arztes innerhalb eines kurzen Zeitrahmens (Tage), verletzungs- oder krankheitsbedingte Arbeitsunfähigkeit, Abheilung ohne dauerhafte Schäden (z. B. unverschobene Frakturen, Bänderrisse, Ringbandrupturen, Verrenkungen) |
| 3 | Gravierendere Verletzung oder Erkrankung, nicht lebensbedrohend, aber stationäre Therapie erforderlich, umgehendes Aufsuchen ärztlicher Hilfe, verletzungs- bzw. krankheitsbedingte Arbeitsunfähigkeit, Abheilung mit oder ohne Dauerschäden (z. B. verschobene Frakturen, Wirbelbrüche, Grad-I-Schädel-Hirn-Trauma) |
| 4 | Akute Lebensgefahr, Polytrauma, notärztliche Versorgung oder Versorgung durch Rettungsassistenten erforderlich (wenn möglich), akute ärztliche Intervention nötig; wird normalerweise überlebt, aber mit Dauerschäden |
| 5 | Akute Lebensgefahr, Polytrauma, umgehende notärztliche Versorgung oder Versorgung durch Rettungsassistenten nötig (wenn möglich), akute ärztliche Intervention, Ausgang tödlich |
| 6 | Primärer Tod |

Abbildung 3: UIAA MedCom Score - Injury and Illness Severity Classification (IIC)

(Schöffel et al., 2011); in deutscher Übersetzung auf www.theuiaa.org

Daten zur Versorgung der Verletzung:

Patienten, die eine operative Versorgung erhielten wurden identifiziert.

Des Weiteren wurde evaluiert, ob eine direkte stationäre Aufnahme erfolgte und ob es sich bei der Operation um eine Notfalloperation binnen zwölf Stunden nach Aufnahme handelte. Das angewandte Verfahren wurde analysiert und daraufhin in folgende Kategorien unterteilt:

- Plattenosteosynthese
- Schraubenosteosynthese
- Ankerrefixation
- neurochirurgische Operation (NCH-OP)
- Wirbelsäulen-Stabilisation (WS-Stabilisation)

Außerdem wurde festgehalten, ob ein temporärer Fixateur externe als notfallmäßige Stabilisierung zum Einsatz kam.

3.3.2 Online-basierter Fragebogen

Zum Erstellen des Online-Fragebogens (siehe Anhang 10.1) wurde das kommerzielle Angebot der Easyfeedback GmbH genutzt (easy-feedback, 2022).

Hierfür erfolgte zunächst die Rücksprache mit dem Datenschutzbeauftragten des Klinikums rechts der Isar. Die Stellungnahme findet sich im Anhang 10.2.

Nach Fertigstellung des Online-Fragebogens wurden die Patienten postalisch kontaktiert. Sie erhielten eine ausführliche schriftliche Aufklärung (Anhang 10.3) über den Hintergrund, das Ziel, den mit der Studie verbundenen Aufwand und mögliche Risiken. Zudem enthielt das Anschreiben eine Datenschutzerklärung sowie die jeweilige Studien-ID. Die Verwendung der Studien-IDs ermöglichte die pseudonymisierte Bearbeitung des Fragebogens und später die Zuordnung der ausgefüllten Bögen zu den jeweiligen Studienteilnehmern.

Um zur Umfrage zu gelangen, wurde ein QR-Code erstellt und der Aufklärung angehängt. Alternativ konnte die URL manuell eingegeben werden.

Zu Beginn des aus sieben Items bestehenden Fragebogens wurde die Einverständniserklärung des Patienten über eine Checkbox eingeholt und er wurde aufgefordert seine Studien-ID einzugeben.

Daraufhin wurde der Patient zur ersten Frage weitergeleitet. Hier sollte er eine Aussage zum Unfallmechanismus und der geschätzten Sturzhöhe machen, sollte ein Sturz die Unfallursache gewesen sein. Die zweite Frage galt der späteren Einordnung des Erfahrungsgrades des Patienten. Dies erfolgte durch die Angabe der zum Unfallzeitpunkt absolvierten Boulder-Einheiten. Der Patient hatte die Möglichkeit zwischen < 10 (unerfahren), 10-50 (erfahren) und > 50 (sehr erfahren) Boulder-Einheiten zu wählen. Die dritte Frage forderte den Patienten zur subjektiven Einschätzung seines Leistungsniveaus auf. Er konnte zwischen "gering (Anfänger)", "mittelmäßig (Fortgeschrittener, Freizeitsportler)" und "hoch (Leistungsniveau)" wählen. Die generelle Affinität zum Sport wurde durch Frage fünf, durch die Angabe der außer Bouldern ausgeübten Sportarten zum Zeitpunkt des Unfalls, in Erfahrung gebracht. Die Rückkehr zum

Sport wurde in der fünften Frage angegeben und in der darauffolgenden Frage sollte der Patient in Wochen die verstrichene Zeit bis zu Wiederaufnahme des Bouldersports angeben. Als Letztes wurde die abschließende Diagnose erfragt. Dies geschah, um sicher zu stellen, dass etwaige Änderungen der Abschlussdiagnose, während der Weiterbehandlung in einer anderen Institution, korrekt und aktuell dokumentiert wurden. Der vollständige Fragebogen findet sich im Anhang 10.1.

3.4 Statistik

3.4.1 Methoden und verwendete Programme

Die aus den Patientenakten extrahierten und mithilfe des Online-Fragebogens gesammelten Daten wurden pseudonymisiert und in einer Excel-Tabelle (Microsoft®, Microsoft Excel für Mac, Version 16) vereint. Mithilfe des kommerziellen Statistikprogramms SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 22; Armonk, N.Y., USA) erfolgte die statistische Auswertung. Es wurde ein Signifikanzniveau von 5% definiert, das heißt in allen statistischen Berechnungen wurde ein p-Wert kleiner 0,05 als signifikant interpretiert.

Zunächst erfolgte die deskriptive Analyse des Datensatzes. Die Häufigkeiten der Variablen wurden als absolute Zahlen sowie als prozentualer Anteil angegeben. Bei Anwendung von bivariaten Analysen wurden kontinuierliche Variablen mit Mittelwert \pm Standardabweichung beschrieben. Dichotome Variablen wurden als Prozentsätze in Kreuztabellen verglichen. Der Pearson's-Chi-Quadrat-Test wurde zur Überprüfung der Signifikanz angewandt. Zur Überprüfung der Hypothesen wurden etablierte statistische Tests genutzt. Mit dem t-Test wurden die kontinuierlichen Variablen verglichen. Die Diskrepanzen bei nicht normal verteilten Variablen wurden mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests bewertet. Zur Feststellung der Art der Verteilung kam der Kolmogorov-Smirnov-Test zum Einsatz. Die multivariate Analyse wurde mit einem binären logistischen Regressionsmodell durchgeführt.

Tabellen und Diagramme wurden entweder mit Excel (Microsoft®, Microsoft Excel für Mac, Version 16) oder mit Word (Microsoft®, Microsoft Word für Mac, Version 16) erstellt. Zudem wurden Abbildungen mithilfe von Vorschau für Mac (Apple inc., Version 11) angefertigt.

3.5 Datenschutz

Zur Erfassung der Informationen aus der elektronischen Krankenakte war keine individuelle Aufklärung oder schriftliche Einwilligung notwendig. Bezugnehmend auf das Bayerische Krankenhausgesetz 5. Abschnitt „Ergänzende Bestimmungen“ Artikel 27 ist die Verwendung der bereits erhobenen Daten zu Forschungszwecken im Krankenhaus gestattet.

Die Erhebung der Daten mithilfe des Online-Fragebogens im zweiten, prospektiven Teil erfolgte pseudonymisiert unter Verwendung einer patientenspezifischen Studien-ID. Über den Hintergrund, den Zweck, den mit der Studie verbundenen Aufwand, mögliche Risiken, sowie über den Datenschutz wurden die Patienten schriftlich ausführlich aufgeklärt. Die Einwilligung in die Teilnahme an der Studie wurde über eine Checkbox bei Aufrufen des Online-Fragebogens eingeholt.

Der Anbieter easyfeedback GmbH garantiert den DSGVO-konformen Umgang mit allen Daten. Zwischen dem Studienleiter und dem Auftragsverarbeiter wurde ein Vertrag geschlossen, der dies absichert. Durch die Verwendung der Studien-IDs, waren dem Anbieter der Online-Fragebogen-Plattform zu keinem Zeitpunkt Informationen über die Identität des Patienten zugänglich.

4 Ergebnisse

Teile der hier vorgestellten Ergebnisse wurden im Journal „Injury“ unter dem Titel "Characteristics of bouldering injuries based on 430 patients presented to an urban emergency department" publiziert (Müller et al., 2022). Die Publikation findet sich im Anhang 10.4.

4.1 Patientenkollektiv

Mithilfe der Schlagwort-Suchfunktion des hausinternen EDV-Systems SAP PKIS (SAP SE, Walldorf, Deutschland) wurden alle medizinischen Berichte, die zur Dokumentation in der chirurgischen Notaufnahme verwendet werden (siehe Punkt 3.3.1), innerhalb des festgelegten Untersuchungszeitraums (01.01.2010-28.05.2020) durchsucht.

Die Durchsuchung ergab 451 Patientenakten, die den Begriff "Boulder-" oder eine ähnliche Schreibweise enthalten. Bei der genaueren Durchsicht der Dokumente stellt sich heraus, dass die Verletzung in 21 Fällen nicht auf einen Boulder-Unfall zurückzuführen sind. Zudem weisen 17 Patienten (4%) zwei Verletzungen an unterschiedlichen anatomischen Regionen auf. Somit sind 430 Patienten mit einer Anzahl von 447 Verletzungen das Ergebnis der Fallrekrutierung für den ersten retrospektiven Teil der Studie.

Der Online-Fragebogen wurde von 145 Patienten ausgefüllt. Somit besteht das Studienkollektiv für den zweiten, prospektiven Teil aus 145 Studienteilnehmern. Abbildung 2 zeigt das Flussdiagramm der Fallrekrutierung.

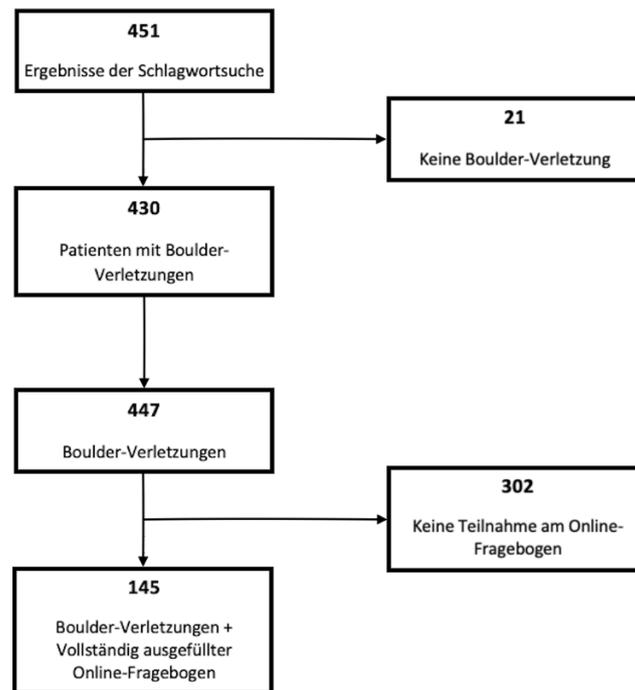


Abbildung 4: Flussdiagramm der Fallrekrutierung
(Müller et al., 2022)

4.2 Auswertung der Krankenakten

4.2.1 Inzidenz

Von 2010 bis 2019 wird innerhalb der Studienpopulation ein nahezu konstanter Anstieg der jährlichen Inzidenz verzeichnet. Die Zahl der im Zusammenhang mit dem Bouldersport registrierten Verletzungen ist von drei im Jahr 2010 auf 55 im Jahr 2019 gestiegen. Im Jahr 2018 sind es sogar 71 Verletzungen. Die Trendgrafik ist in Abbildung 3 dargestellt. Das Jahr 2020 wird hier nicht berücksichtigt, da die Daten nur bis Mai erhoben wurden. Die Verletzungshäufigkeit ist in den ersten fünf Monaten stark zurückgegangen.

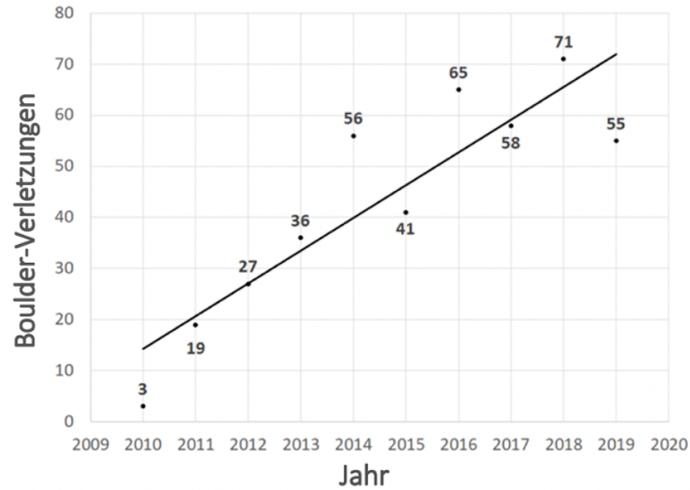


Abbildung 5: Jährliche Inzidenz der Boulder-Verletzungen
(Müller et al., 2022)

4.2.2 Geschlechterverteilung

Von den 430 in die Studie eingeschlossenen Patienten sind 243 (56,5%) weiblich und 187 (43,5%) männlich.

4.2.3 Durchschnittliches Alter

Insgesamt ergibt die Analyse der Patientendaten ein junges Studienkollektiv mit einem mittleren Alter von 28,3 +/- 6,8 Jahren am Unfalltag. Der jüngste Studienteilnehmer war zum Zeitpunkt des Unfalls 14 Jahre alt und der Älteste 49 Jahre alt.

Bei den weiblichen Patienten liegt das durchschnittliche Alter bei 27,8 +/- 6,5 Jahren und bei den männlichen Patienten bei 28,9 +/- 7,2 Jahren.

4.2.4 Ätiologie

Aus den Unfallanamnesen geht hervor, dass 359 (80,4%) Verletzungen ein tatsächliches Trauma vorangegangen war und lediglich 25 (5,6%) aus einer Überlastungsreaktion resultieren. "Tatsächliches Trauma" beschreibt in diesem Kontext einen der folgenden Verletzungsmechanismen: Sturz, „Verrenkung“ beim Klettern, Anprall an die Wand. Bei einer "Überlastungsreaktion" findet jedoch kein Unfallereignis statt. Es handelt sich hierbei um eine Überbeanspruchung durch übermäßige Belastung. Diagnosen, die im Zusammenhang mit einer Überlastungsreaktion gestellt werden, sind beispielsweise die zervikale Myalgie, die Lumbalgie oder der Muskelfaserriss.

4.2.5 Verletzungsmechanismus

Der mit Abstand häufigste Verletzungsmechanismus ist in 303 (67,8%) Fällen ein Sturz, gefolgt von einer Distorsion während des Kletterns in 36 (8,1%) und einem Anprall an die Wand in 20 (4,5%) Fällen. In 63 Fällen (14,1%) kann weder ein tatsächliches Trauma noch ein Hinweis auf eine Überlastungsreaktion aus der Anamnese eruiert werden.

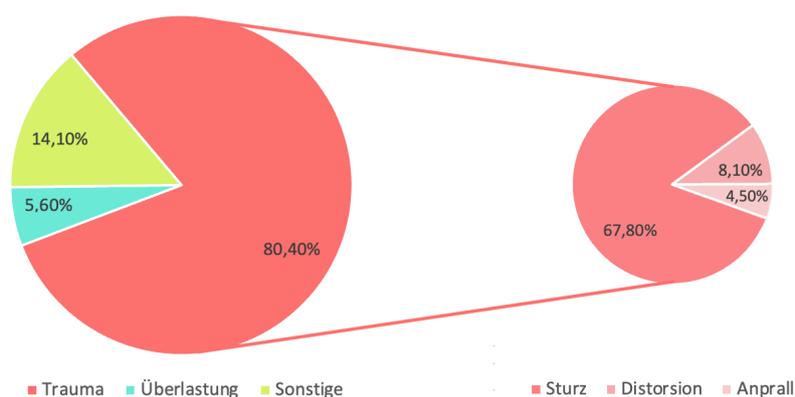


Abbildung 6: Verletzungsmechanismen

4.2.6 Verletzungsarten

Die Auswertung der Arztbriefe und der Operationsberichte ergibt als häufigste Verletzungsart die Distorsion im Sinne einer Bandläsion ohne Luxation oder Fraktur. Sie tritt in 237 (53,0%) der Fälle auf.

Bei 102 (22,8%) Verletzungen handelt es sich um Frakturen. Luxationen werden in 53 (11,9%) Fällen diagnostiziert. Zudem treten 21 (4,7) Kontusionen, 15 (3,4%) Hautwunden, 3 (0,7%) SHTs und 16 (3,6%) Verletzungen anderer Art auf. Zu Letzteren zählen beispielsweise die Lumbalgie oder die Interkostalneuralgie. Die Verteilung der Verletzungsmuster zeigt Abbildung 7.

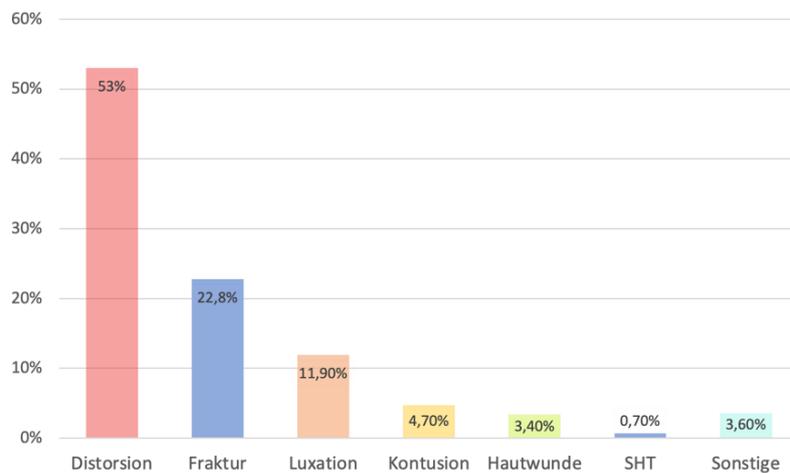


Abbildung 7: Verteilung der Verletzungsmuster

Tabelle 1 stellt detailliert die Verteilung der jeweiligen Verletzungsart auf die fünf häufigsten Verletzungslokalisationen dar. Bei Verletzungen des Sprunggelenks handelt es sich in 71,3% (n=117) um Distorsionen. Ebenso ist dies am Knie mit 76,0% (n=57), am Ellenbogen mit 32,7% (n=18) sowie an der Wirbelsäule mit 43,8% (n=14) die häufigste Verletzungsart. An der Schulter treten mit 82,1% (n=23) am häufigsten Luxationen auf.

Tabelle 1: Deskriptive Darstellung der fünf häufigsten Verletzungslokalisationen mit den jeweiligen Verletzungsarten
(Müller et al., 2022)

Anatomische Region [n / % aller Verletzungen]	Fraktur	Luxation	Distorsion	Kontusion	Wunde	Sonstige
Sprunggelenk (164 / 36.7 %)	45 (27.4)	1 (0.6)	117 (71.3)	1 (0.6)	-	-
Knie (75 / 16.8 %)	5 (6.7)	9 (12.0) *	57 (76.0)	2 (2.7)	1 (1.3)	1 (1.3)
Ellenbogen (55 / 12.3 %)	15 (27.3)	20 (26.4)	18 (32.7)	-	-	2 (3.6)
Wirbelsäule (32 / 7.2 %)	9 (28.1)	-	14 (43.8)	4 (12.5)	-	5 (15.6)
Schulter (28 / 6.3 %)	2 (7.1)	23 (82.1)	2 (7.1)	-	-	1 (3.6)

* bei allen Knieluxationen handelte es sich um Luxationen der Patella

Die Verletzungen, welche insgesamt am häufigsten diagnostiziert werden, sind die Sprunggelenksdistorsion in 117 (26,1%), die Kniegelenksdistorsion 57 (12,7%), die Sprunggelenksfraktur 45 (10,1%), die Ellenbogenluxation 20 (4,4%) und die Ellenbogendistorsion 18 (4,0%).

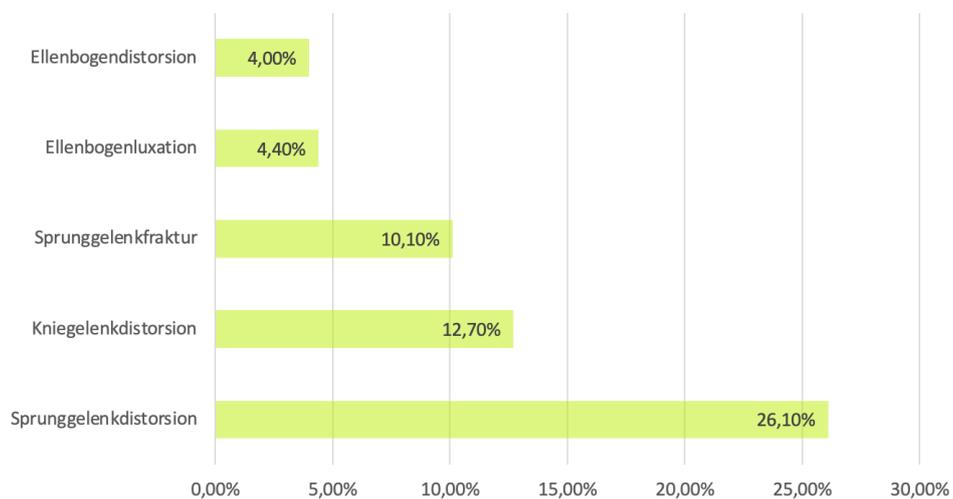


Abbildung 8: Typische Boulder-Verletzungen

Die folgenden radiologischen Bilder stellen einige dieser typischen Boulder-Verletzungen dar:



Abbildung 9: Radiologische Darstellung typischer Boulder-Verletzungen; 9A Ellenbogenluxation (Röntgenologische Darstellung); 9B instabile trimalleoläre Sprunggelenksfraktur (CT); 9C knöchernes Abrissfragment des medialen patellofemorales Bandes (MPFL) nach Patellaluxation (Röntgenologische Darstellung); 9D Fraktur des dritten Lendenwirbels (AO-Klassifikation Typ B2) (CT); 9E antero-inferiore Schulterluxation (Röntgenologische Darstellung)

(Müller et al., 2022)

4.2.7 Verletzungslokalisationen

Verletzungen mit Lokalisation an der unteren Extremität sind mit 273 (61,1%) häufiger als an der oberen Extremität mit 119 (26,6%).

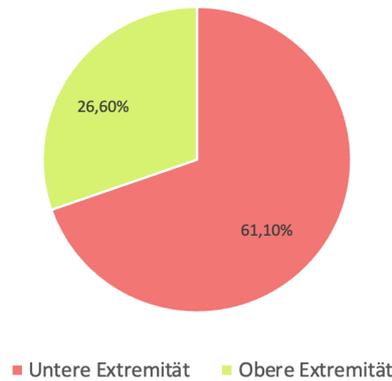


Abbildung 10: Verteilung der Verletzungen auf die Extremitäten

Am häufigsten betroffen ist das Sprunggelenk mit 164 (36,7%) Verletzungen. Der Bereich mit den zweithäufigsten Verletzungen ist das Knie mit 75 (16,8%), gefolgt von Ellbogen mit 55 (12,3%), Wirbelsäule mit 32 (7,2%) und Schulter mit 28 (6,3%). Zusammengefasst machen diese Bereiche 79,2% aller Verletzungen aus. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Verteilung der aufgetretenen Verletzungsmuster auf die genannten anatomischen Regionen.

Die genaue Verteilung der Verletzungen auf die betroffenen anatomischen Regionen illustriert Abbildung 8. Ein Vergleich bezüglich der Verletzungsverteilung mit anderen Studien ist in Tabelle 2 dargestellt.

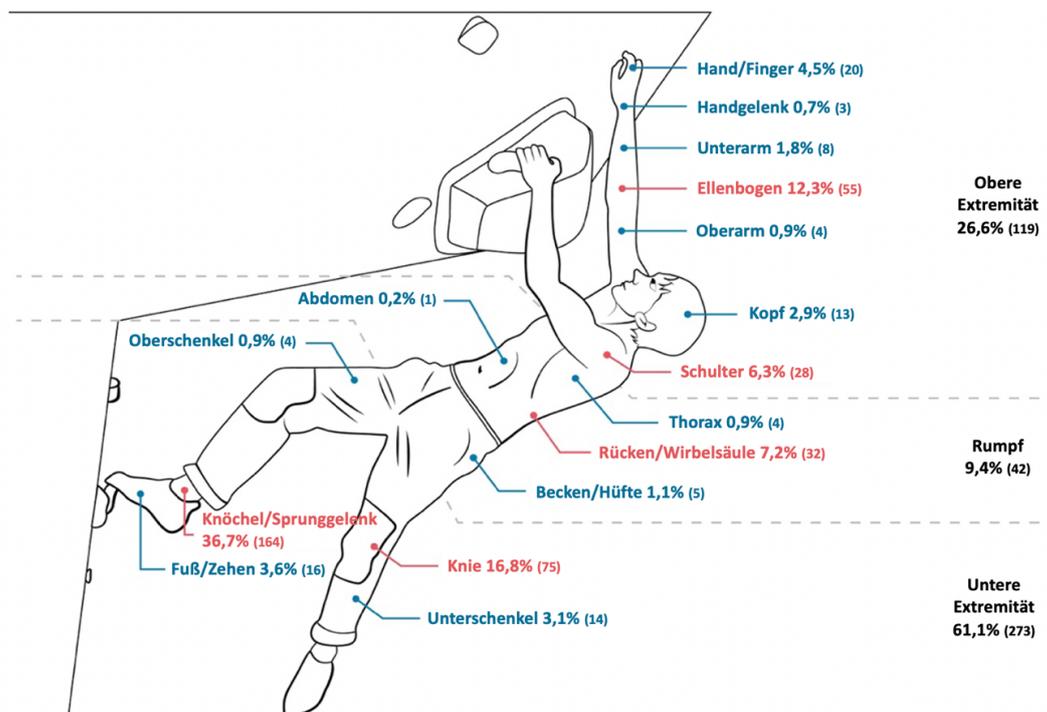


Abbildung 11: Grafische Darstellung der Verteilung der Verletzungen auf die anatomischen Regionen des Körpers

(Müller et al., 2022)

Tabelle 2: Vergleich ausgewählter Studien zu Kletter- und Boulder-Verletzungen hinsichtlich der Verteilung der Verletzungslokalisation
(Müller et al., 2022)

	OSICS	Schöffl 2015 ^a	Backe 2009 ^b	Josephsen 2007 ^c	McDonald 2017 ^d	Buzzacott 2019 ^e	Auer 2021 ^f	Müller 2021 ^g
Anzahl der Verletzungen		n = 911	n = 188	n = 133	n = 240	n = 884	n = 305	n = 447
Sportarten		Klettern und Bouldern	Klettern und Bouldern	Bouldern	Bouldern	Klettern und Bouldern	Hallen- Bouldern	Bouldern
Obere Extremität		833 (91.4)	146 (78)	97 (72.9)	161 (67.0)	25 %	181 (59.3)	119 (26,6)
Schulter	S	157 (17.2)	22 (12)	17 (12.8)	26 (10.8)	n.a.	48 (16)	28 (6.3)
Oberarm	U	-	48 (26)	8 (6.0)	9 (3.8)	n.a.	12 (4)	4 (0.9)
Ellenbogen	E	70 (7.7)	-	16 (12.0)	27 (11.3)	n.a.	21 (7)	55 (12.3)
Unterarm	R	12 (1.3)	-	8 (6.0)	11 (4.6)	n.a.	9 (3)	8 (1.8)
Handgelenk	W	69 (7.6)	76 (40)	13 (9.8)	21 (8.6)	n.a.	15 (5)	3(0.7)
Hand/Finger	P	528 (57.1)	Inkl. Handgelenk	35 (26.3)	67 (27.9))	n.a.	86 (28)	20 (4.5)
Untere Extremität		58 (6.4)	30 (16)	27 (20.3)	57 (23.8)	47 %	70 (22.6)	273 (61.1)
Oberschenkel	T	-	-	--	4 (1.7)	n.a.	7 (2)	4 (0.9)
Knie	K	19 (2.1)	9 (5)	10 (7.5)	10 (4.2)	n.a.	25 (8)	75 (16.8)
Unterschenkel	Q	3 (0.3)	4 (2)	-	3 (1.3)	n.a.	5 (2)	14 (3.1)
Sprunggelenk	A	12 (1.3)	17 (9)	13 (9.8)	31 (12.9)	n.a.	22 (7)	164 (36.7)
Fuß/Zehen	F	20 (2.2)	Inkl. Knöchel	4 (3.0)	9 (3.8)	n.a.	11 (4)	16 (3.6)
Sonstige		20 (2.2)	12 (7)	9 (6.7)	22 (9.2)	27 %	3 (1)	0 (0.0)
Kopf	H	0	7 (4)	1 (0.7)	3 (1.3)	12 %	2 (0.7)	13 (2.9)
Rumpf	C	20 (2.2)	5 (3)	8 (6.0)	13 (5.4)	15 %	39 (12.8)	42 (9.4)
Brust	O	-	4 (2)	-	1 (0.4)	n.a.	7 (2)	4 (0.9)
Abdomen		-	Inkl. Brustkorb	-	-	n.a.	3 (1)	1 (0.2)
Rücken /Wirbelsäule	N,D,L	14 (1.6)	1 (1)	4 (3.0)	6 (2.5)	n.a.	25 (8.2)	32 (7.2)
Becken /Hüfte	B,G	6 (0.6)	-	4 (3.0)	6 (2.5)	n.a.	4 (1.3)	5 (1.1)

^a **Design:** prospektiv; **Datenquelle:** Krankenakten / Fragebogen; **Studienperiode:** 2009-2012; **Kohorte:** Patienten, welche sich in der Notaufnahme vorstellten oder ambulant behandelt wurden

^b **Design:** retrospektiv; **Datenquelle:** Fragebogen; **Nachuntersuchungszeitraum:** 1.5 Jahre; **Kohorte:** zufällige Stichprobe von Mitgliedern des Schwedischen Kletterverbands

^c **Design:** prospektiv; **Datenquelle:** Fragebogen; **Studienperiode:** 12 Monate; **Kohorte:** Freiwillige, rekrutiert aus beliebten Boulder-Gebieten Nord-Amerikas

^d **Design:** retrospektiv; **Datenquelle:** Online-Umfrage; **Nachuntersuchungszeitraum:** 2 Jahre; **Kohorte:** zufällig ausgewählte Teilnehmer an der Online Umfrage mit mindestens einer Kletter-Verletzung in den 24 Monaten vor der Umfrage

^e **Design:** retrospektiv; **Datenquelle:** Krankenakten; **Studienperiode:** 2008-2010; **Kohorte:** Patienten, welche sich in der Notaufnahme vorstellten

^f **Design:** prospektiv; **Datenquelle:** Fragebogen; **Studienperiode:** Oktober 2017 - März 2018; **Kohorte:** 507 deutsche Hallenboulderer

^g eigene Daten; **Design:** retrospektiv; **Datenquelle:** Krankenakten / Online Fragebogen; **Studienperiode:** 2010-2020; **Kohorte:** Patienten, welche sich in der Notaufnahme vorstellten

4.2.8 Verletzungsschwere

Die retrospektive Einschätzung des Schweregrads der einzelnen Verletzungen erfolgt mithilfe des UIAA MedCom Scores (siehe Punkt 3.3.1).

247 (55,3%) Verletzungen werden als Grad 2 klassifiziert. In 132 (29,5%) Fällen wird ein Grad 3 und in den restlichen 68 (15,2%) Fällen ein Grad 1 vergeben. Keine Verletzung endet tödlich oder geht mit akuter Lebensgefahr einher.

4.2.9 Erstversorgung

Ausgehend von der Gesamtzahl der Verletzungen, genügt in 402 (89,9%) Fällen eine ambulante Behandlung. Bei den restlichen 45 (10,1%) Verletzungen ist eine sofortige stationäre Aufnahme der Patienten erforderlich. Hiervon erhalten 13 Verletzungen eine sofortige Notoperation. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 28,9% bezogen auf die Anzahl der stationär aufgenommenen Verletzungen und 2,9% bezogen auf die Gesamtzahl der Verletzungen.

4.2.10 Operationsart

Generell ist eine operative Therapie bei 89 (19,9%) Verletzungen angezeigt. Eine Übersicht über die prozentuale Verteilung der zur Anwendung gekommenen Operationsarten gibt Abbildung 12.

Ein Fixateur Externe wird in 7,9% (n=7) der Fälle bezogen auf die Anzahl an Operationen bzw. in 1,6% (n=7) der Fälle bezogen auf die Gesamtzahl der Verletzungen, eingesetzt. Dies geschieht aufgrund offener Frakturen oder instabiler Luxationsfrakturen.

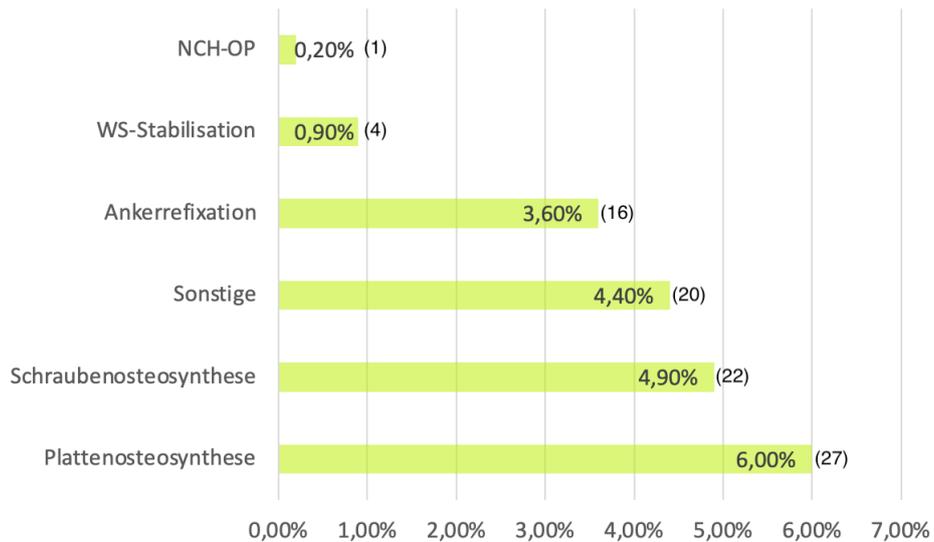


Abbildung 12: Angewandte OP-Verfahren

4.2.11 Assoziation mit dem Geschlecht

Tabelle 3 beinhaltet den bivariaten Vergleich der Verletzungsmerkmale zwischen weiblichen und männlichen Boulderern.

Bei den weiblichen Patienten wird die Verletzung signifikant häufiger durch einen Sturz verursacht als bei den männlichen Patienten ($p < 0,001$; Pearson's-Chi-Quadrat-Test). Verletzungen der männlichen Patienten werden häufiger durch Distorsionen, Überlastung verursacht oder haben andere Ursachen.

Bezüglich der anatomischen Lokalisation weisen männliche Patienten signifikant ($p = 0,004$; Pearson's-Chi-Quadrat-Test) mehr Verletzungen an der oberen Extremität auf als Weibliche.

Männliche Athleten kehren signifikant ($p = 0,038$; Pearson's-Chi-Quadrat-Test) häufiger zum Bouldersport zurück als Weibliche.

Es können keine spezifischen Unterschiede hinsichtlich des Schweregrads der Verletzung oder der Notwendigkeit einer operativen Intervention festgestellt werden.

Tabelle 3: Bivariater Vergleich der Verletzungsmerkmale zwischen männlichen und weiblichen Studienteilnehmern (Müller et al., 2022)

	Geschlecht (Alle Verletzungen; n = 447)			Sig.
	Männlich n=203	Weiblich n=244	Alle	
Alter (y) [Mittelwert ± Standardabweichung]	28.9 ± 7.2	27.8 ± 6.5	28.3 ± 6.8	p=0.097 ^a
Geschlecht				-
Weiblich	-	244 (100)	244 (54.6)	
Männlich	203 (100)	-	203 (45.4)	
Mechanismus				p<0.001^b
Sturz	116 (57.1)	187 (76.6)	303 (67.8)	
Distorsion	17 (8.4)	19 (7.8)	36 (8.1)	
Anprall	12 (5.9)	8 (3.3)	20 (4.5)	
Überlastung	20 (9.9)	5 (2.0)	25 (5.6)	
Sonstige	38 (18.7)	25 (10.2)	63 (14.1)	
Region				p=0.004^b
Obere Extremität	71 (35.0)	48 (19.7)	119 (26.6)	
Untere Extremität	110 (54.2)	163 (66.8)	273 (61.1)	
Rumpf	17 (8.4)	25 (10.2)	42 (9.4)	
Kopf	5 (2.5)	8 (3.3)	13 (2.9)	
UIAA-Klassifikation				p=0.316 ^b
(1) mild	36 (17.7)	32 (13.1)	68 (15.2)	
(2) moderate severe	112 (55.2)	135 (55.3)	247 (55.3)	
(3) major	55 (27.1)	77 (31.6)	132 (29.5)	
Operation				p=0.687 ^b
ja	42 (20.8)	47 (19.3)	89 (20.0)	
nein	116 (79.2)	197 (80.7)	357 (80.0)	
Rückkehr zum Sport*				p=0.038^b
ja	50 (75.8)	47 (59.5)	97 (66.9)	
nein	16 (24.2)	32 (40.5)	48 (33.1)	

* n=145 (alle Verletzungen mit vollständig ausgefülltem Fragebogen); ^a Mann-Whitney-U-Test, ^b Pearson's Chi-Quadrat-Test; kategoriale Variablen in n (%), kontinuierliche Variablen in Mittelwert ± Standardabweichung

4.3 Ergebnisse des Online-Fragebogens

4.3.1 Deskriptive Auswertung

Der Online-Fragebogen wurde von 145 Patienten vollständig ausgefüllt. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 32,4%.

Hierbei handelt es sich um 79 (54,5%) weibliche und 66 (45,5%) männliche Patienten. Das mittlere Alter liegt bei 29,4 +/-7,7 Jahren.

Um einen Selektionsbias auszuschließen, werden die Ausgangsmerkmale derjenigen, die den Online-Fragebogen ausfüllten, mit denen des gesamten Studienkollektivs verglichen. Es kann weder ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Verteilung des Geschlechts ($p=0,976$; Pearson's-Chi-Quadrat-Test), noch bezüglich der Verletzungslokalisation ($p=0,089$; Pearson's-Chi-Quadrat-Test) oder der Schwere der Verletzung (UIAA-MedCom-Score) ($p=0,209$; Pearson's-Chi-Quadrat-Test) festgestellt werden.

Lediglich hinsichtlich des Alters kann eine signifikante Diskrepanz erkannt werden. Die Patienten, welche den Fragebogen beantworteten, sind mit $29,5 \pm 6,3$ Jahren etwas älter als diejenigen, die nicht daran teilnahmen, mit $27,7 \pm 6,3$ Jahren.

4.3.2 Assoziation mit dem Erfahrungsgrad des Sportlers

Der Online-Fragebogen enthält die Frage nach dem Erfahrungsgrad des Sportlers. 26 (17,9%) Studienteilnehmer geben an, zwischen einer und zehn Boulder-Einheiten absolviert zu haben, bevor sie sich die Verletzung zuzogen. Sie werden in die Kategorie „unerfahren“ eingeteilt. Mit zehn bis 50 vorangegangenen Boulder-Einheiten werden 43 (29,7%) Patienten in die Kategorie „erfahren“ eingeordnet. Als „sehr erfahren“ werden 76 (52,4%) Patienten eingestuft, welche über 50 Einheiten absolviert haben. Die beiden letzten Kategorien werden zur Kategorie „erfahren“ vereint. Die Ergebnisse des bivariaten Vergleichs zwischen unerfahrenen und erfahrenen Studienteilnehmern hinsichtlich der Verletzungsmerkmale sind in Tabelle 4 dargestellt. Einen signifikanten Unterschied gibt es lediglich bei der Frage, ob die Sportler zum Bouldern zurückkehren. Erfahrene Sportler kehren signifikant ($p < 0,001$) öfter zum Bouldersport zurück (77,3%) als Unerfahrene (19,2%).

Tabelle 4: Bivariater Vergleich der Verletzungsmerkmale zwischen Studienteilnehmern mit niedrigem und hohem Erfahrungsgrad
(Müller et al., 2022)

	Erfahrungsgrad (Alle vollständig beantworteten Fragebögen; n=145)			Sig.
	Unerfahre n=26	Erfahren n=244	Alle	
Alter (y) [Mittelwert ± Standardabweichung]	28.0 ± 7.9	27.8 ± 6.5	29.48	p=0.101 ^a
Geschlecht				p=0.425 ^b
Weiblich	16 (61.5)	63 (52.9)	79 (54.5)	
Männlich	10 (38.5)	56 (47.1)	66 (45.5)	
Mechanismus				p=0.816 ^b
Sturz	17 (65.4)	82 (68.9)	99 (68.3)	
Distorsion	3 (11.5)	13 (10.9)	16 (11.0)	
Anprall	2 (7.7)	4 (3.4)	6 (4.1)	
Überlastung	1 (3.8)	9 (7.6)	10 (6.9)	
Sonstige	3 (11.5)	11 (9.2)	14 (9.7)	
Region				p=0.686 ^b
Obere Extremität	7 (26.9)	39 (32.8)	46 (31.7)	
Untere Extremität	18 (69.2)	69 (58.0)	87 (60.0)	
Rumpf	1 (3.8)	10 (8.4)	11 (7.6)	
Kopf	0	1 (0.8)	1 (0.7)	
UIAA-Klassifikation				p=0.289 ^b
(1) leicht	1 (3.8)	15 (12.6)	16 (11.0)	
(2) mittelschwer	14 (53.8)	68 (57.1)	82 (56.6)	
(3) gravierend	11 (42.3)	36 (30.3)	47 (32.4)	
Operation				p=0.889 ^b
ja	6 (23.1)	29 (24.4)	35 (24.1)	
nein	20 (76.9)	90 (75.6)	110 (75.9)	
Rückkehr zum Sport*				p<0.001^b
ja	5 (19.2)	92 (77.3)	97 (66.9)	
nein	21 (80.8)	27 (22.7)	48 (33.1)	

^a Mann-Whitney-U-Test, ^b Pearson's Chi-Quadrat Test; kategoriale Variablen in n (%), kontinuierliche Variablen in Mittelwert ± Standard Abweichung

4.3.3 Assoziation mit der Höhe des Sturzes

Der Fragebogen unterscheidet zwischen Stürzen aus einer Höhe von über und unter zwei Metern, bezogen auf den Kopf des Boulderers vor dem Sturz. Es wird ein signifikanter Unterschied (p=0,027; Pearson's-Chi-Quadrat-Test) hinsichtlich der Häufigkeit der Beteiligung der unteren Extremität festgestellt. Stürze aus geringerer Höhe führen häufiger zu Verletzungen an der unteren Extremität als Stürze mit einer größeren Fallhöhe. Bei Stürzen aus

einer Höhe unter zwei Metern kommt es in 79,1% (n=34) zu Verletzungen der unteren Extremität dahingegen bei Stürzen aus über zwei Meter Höhe in nur 58,3% (n=35) der Fälle.

Bezugnehmend auf die Verletzungsschwere oder die Art der Verletzung können keine statistisch relevanten Unterschiede festgestellt werden.

4.3.4 Rückkehr zum Sport

Nach dem Erleiden der Verletzung nehmen 97 (66,9%) Studienteilnehmer das Bouldern wieder auf. Dies dauerte im Durchschnitt 19,1 Wochen. 48 (33,1%) Probanden kehren nicht zum Bouldersport zurück.

Zur Ermittlung von Risikofaktoren für die Nichtwiederaufnahme des Bouldersports wird ein binäres logistisches Regressionsmodell erstellt (siehe Tabelle 5). Als Kovariaten werden Alter, Geschlecht, die Verletzungsschwere (UIAA MedCom Score), der Erfahrungsgrad des Sportlers und das Leistungsniveau in das Modell einbezogen. Die Schwere der Verletzung und die Erfahrung des Boulderers werden als unabhängige Risikofaktoren identifiziert. Schwerer verletzte Athleten kehren mit einer signifikant ($p=0,026$; Pearson's-Chi-Quadrat-Test) geringeren Wahrscheinlichkeit zum Bouldern zurück. Auch Boulderanfänger nehmen den Bouldersport signifikant ($p<0,001$; Pearson's-Chi-Quadrat-Test) seltener wieder auf.

Tabelle 5: Binäres logistisches Regressionsmodell für die Rückkehr zum Bouldersport für die Kovariaten Alter, Geschlecht, Verletzungsschwere (UIAA) und Erfahrung des Sportlers
(Müller et al., 2022)

	OR	95 % CI	Sig.
Alter	1.016	0.962-1.074	p=0.564
Geschlecht, weiblich	0.469	0.202-1.087	p=0.077
Schweregrad (UIAA)	2.195	1.096-4.393	p=0.026
Erfahrungsgrad	13.403	3.967-45.279	p<0.001
Leistungsniveau	0.760	0.192-3.010	p=0.696

Sig. = Signifikanz

5 Diskussion

5.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Insgesamt werden 430 Patienten mit 447 Verletzungen ermittelt. Die Inzidenz ist zwischen 2010 und 2019 jährlich angestiegen.

Der Sturz wird mit 67,8% öfter als die Distorsion (8,1%), der Anprall an die Wand (4,5%), eine Überlastungsreaktion oder ein anderer Verletzungsmechanismus, angegeben. Stürze aus geringer Fallhöhe führen häufiger zu Verletzungen der unteren Extremität. Insgesamt ist die untere Extremität (61,1%) häufiger betroffen als die obere. Die häufigsten verletzten anatomischen Regionen sind Sprunggelenk (36,7%), Knie (16,8%), Ellenbogen (12,3%), Wirbelsäule (7,2%) und Schulter (6,3%).

Die Verletzungsarten, die am häufigsten auftreten, sind Distorsionen (53%), Frakturen (22,8%) und Luxationen (11,9%). Insbesondere Sprunggelenksdistorsionen (26,1%), Kniegelenksdistorsionen (12,7%) sowie Sprunggelenksfrakturen (10,1%) werden diagnostiziert. Über die Hälfte (55,3%) aller Verletzungen werden mithilfe des UIAA-MedCom Scores als Grad 2 klassifiziert. In 132 (29,5%) Fällen wird ein Grad 3 und in den restlichen 68 (15,2%) Fällen ein Grad 1 vergeben. Die meisten Patienten, die sich mit boulderbedingten Verletzungen vorstellen, benötigen allerdings keine sofortige stationäre Aufnahme. Eine Notoperation ist in 13 Fällen indiziert.

Bezogen auf das Geschlecht können einige signifikante Unterschiede festgestellt werden. Weibliche Patienten verletzen sich häufiger durch einen Sturz als männliche. Männliche Patienten weisen mehr Verletzungen an der oberen Extremität auf als weibliche. Eine Rückkehr zum Sport ist bei den männlichen Patienten wahrscheinlicher als bei den weiblichen. Bei Anfängern und Athleten mit geringerem subjektivem Leistungsniveau ist die Wahrscheinlichkeit einer Rückkehr zum Sport ebenfalls geringer als bei fortgeschrittenen Boulderern und Athleten mit höherem Leistungsniveau. Insgesamt kehrt die Mehrzahl der Sportler wieder zum Bouldern zurück.

5.2 Interpretation und kritische Bewertung der Ergebnisse

5.2.1 Inzidenz

In den letzten Jahren wurden multiple Studien zu Kletter-Verletzungen veröffentlicht, welche zu dem Ergebnis kamen, dass die Inzidenz kontinuierlich steigt (Nelson and McKenzie, 2009; Buzzacott et al., 2019; Sabbagh et al., 2021). Auch die vorliegende Analyse der jährlichen Verletzungshäufigkeit zeigt von 2010 bis 2019 einen stetigen Anstieg. Lutter et al. stellen 2021 in ihrer Studie zum olympischen Wettkampfklettern ebenso die Vermutung auf, dass mit wachsender Popularität der Subdisziplin Bouldern und einhergehend mit zunehmendem Angebot an Boulderhallen auch die Zahl der Verletzungen steigen wird. Diese Annahme kann durch die vorliegende Studie gestützt werden. Eine Bestätigung dieser Vermutung ist jedoch nicht zweifelsfrei möglich, da nicht bewiesen werden kann, ob der steigenden Inzidenz eine höhere Verletzungsrate oder eine höhere Anzahl an Kletterern zugrunde liegt.

Das Jahr 2020 zeigt einen starken Rückgang der Inzidenz in den ersten fünf Monaten. Diese Entwicklung ist höchstwahrscheinlich auf die COVID 19-Pandemie und die geschlossenen Boulderhallen zurückzuführen.

5.2.2 Epidemiologie

Das Studienkollektiv ist mit einem mittleren Alter von 28,3 +/- 6,8 Jahren relativ jung. Dies deckt sich mit vorangegangenen Studien zu Boulder-Verletzungen (Josephsen et al., 2007; McDonald et al., 2017), als auch mit früheren Forschungsergebnissen zu Kletter-Verletzungen (Schöffl et al., 2015).

Die Verteilung der Geschlechter ist mit 56,5% weiblichen und 43,5% männlichen Patienten im ersten Teil und 54,5% weiblichen und 45,5% männlichen Befragten im zweiten Teil der vorliegenden Studie relativ ausgeglichen, ähnlich der Evaluation von Verletzungen beim Bouldern in der Halle von Auer et al. Hier werden 44% weibliche und 56% männliche Patienten ermittelt (Auer et al., 2021). Der Vergleich mit weiteren Studiendaten ergibt jedoch Unterschiede. In anderen Berichten sind lediglich 12-30% der Studienteilnehmer weiblich (Bowie et al., 1988; Paige et al., 1998; Jones et al., 2008; Backe et al., 2009). Diese Diskrepanzen

rühren vermutlich daher, dass es sich bei Veröffentlichungen, in welchen das weibliche Geschlecht eher unterrepräsentiert ist, um ältere handelt. Gilt Klettern mittlerweile als Breitensport, so war es noch vor einigen Jahren eine von Männern dominierte Sportart (Moraldo, 2020). In den letzten Jahren hat hinsichtlich der Aufhebung von Stereotypen insbesondere bezogen auf das Geschlecht ein starker Wandel stattgefunden.

5.2.3 Verteilung der Verletzungsmuster

Es existieren viele wissenschaftliche Studien, welche sich mit der Häufigkeit und dem Muster von Verletzungen beim Klettern beschäftigen. Allerdings weisen die aktuellen Daten eine große Heterogenität auf. Viele der Veröffentlichungen beschreiben lediglich Fallserien zu bestimmten anatomischen Bereichen (Kubiak et al., 2006; Sandmann et al., 2014; Lutter et al., 2016; Orbach et al., 2016; Schöffl et al., 2019; Lutter et al., 2020; Miro et al., 2021) oder Patientengruppen (Morrison and Schöffl, 2007; Woollings et al., 2015b; Lutter et al., 2019). Weitere Studien legen ihren Schwerpunkt auf die Analyse chronischer Verletzungen (Folkl, 2013; Jones et al., 2015; Grønhaug and Norberg, 2016; Grønhaug, 2018, 2019).

Mehrere Studien schließen die Teildisziplin Bouldern zwar in ihre Untersuchungen ein (Pieber et al., 2012; Buzzacott et al., 2019; Lum and Park, 2019); identifizieren sie als Risikofaktor für Kletter-Verletzungen (Wright et al., 2001; Backe et al., 2009), jedoch geht aus diesen Studien nicht hervor, welche spezifischen Verletzungen durchs Bouldern entstehen. Andere Veröffentlichungen unterscheiden eindeutig zwischen Boulder- und Kletter-Unfällen und ordnen die einzelnen Verletzungen den Disziplinen zu. Allerdings reichen die Fallzahlen mit fünf (Backe et al., 2009) bzw. sechs (Schöffl et al., 2013) Boulder-Verletzungen nicht aus, um verlässliche Aussagen über das Verteilungsmuster treffen zu können.

Die einzigen Studien mit ausreichend großem Studienkollektiv und eindeutiger Unterscheidung zwischen Kletter- und Boulder-Verletzungen wurden von Josephsen et al., McDonalds et al. und Auer et al. veröffentlicht (Josephsen et al., 2007; McDonald et al., 2017; Auer et al., 2021). Die Ergebnisse der wichtigsten existierenden Studien sind in Tabelle 2 dargestellt.

Vergleicht man die einschlägigen Studien hinsichtlich der Verletzungsverteilung, ergeben sich signifikante Unterschiede. Insbesondere bezüglich der beteiligten Extremität variieren die Angaben sehr stark (Schöffl et al., 2015; Auer et al., 2021). In der Evaluation von Verletzungstrends im Klettersport von Schöffl et al. entfallen 91,4% der Verletzungen auf die obere Extremität (Schöffl et al., 2015). Auer et al. verzeichnen eine Beteiligung der oberen Extremität von 63%, wobei Hand und Finger in 28% der Fälle betroffen sind. In der vorliegenden Untersuchung machen Verletzungen der oberen Extremität allerdings lediglich 26,6% aus. Mit 61,1% sind mehr als die Hälfte der Verletzungen an der unteren Extremität lokalisiert.

In der Literatur werden in erster Linie Verletzungen der Finger und Hände mit dem Klettern assoziiert (Jones and Johnson, 2016; Miro et al., 2021). Typische Kletter-Verletzungen, wie Kapselverletzungen oder Ringbandrupturen der Finger (Schöffl et al., 2015) treten im vorliegenden Studienkollektiv jedoch kaum auf (s. Tabelle 2). Schöffl et al. präsentieren ein großes Kollektiv an Kletterern, welches hauptsächlich Verletzungen der oberen Extremität aufweist. 57,1% der Verletzungen sind an Finger und Hand lokalisiert (Schöffl et al., 2015). Dementgegen entfallen in der vorliegenden Studie nur 4,5% aller Verletzungen auf diese anatomischen Regionen.

Die beschriebene Studie weist allerdings gegenüber der Vorliegenden Unterschiede bezüglich der Auswahl des Patientenkollektivs auf. Schöffl et al. schließen sowohl Patienten aus ihrem Traumazentrum als auch aus der Sportambulanz, welche für ihre Expertise auf dem Gebiet Kletter-Verletzungen bekannt ist, in ihre Studie ein (Schöffl et al., 2015). Demnach werden im Gegensatz zu der vorliegenden Arbeit eine nicht unerhebliche Anzahl elektiver Patienten einbezogen.

Betrachtet man hingegen Studien, deren Patientenkollektiv analog zu dem der aktuellen Untersuchung, aus Klettersportlern besteht, welche in Notaufnahmen vorstellig werden, stellt man, vergleichbar mit den vorliegenden Ergebnissen, eine größere Beteiligung der unteren Extremität fest. (Pierpoint et al., 2017; Buzzacott et al., 2019). Die Vermutung liegt nahe, dass der Anteil an elektiven Patienten zu einer Verschiebung der Verletzungen hin zu mehr Verletzungen der oberen Extremität führen könnte, da diese vermutlich weniger schwerwiegend sind.

Ähnliche Schlussfolgerungen lassen sich aus den Daten von McDonalds et al. (McDonald et al., 2017), Josephsen et al. (Josephsen et al., 2007), und Auer et al. (Auer et al., 2021) ziehen. In

allen drei Fällen handelt es sich um fragebogengestützte Studien. Josephsen et al. und Auer et al. untersuchen ausschließlich Bouldersportler. McDonalds et al. beschreiben ein allgemeines Kollektiv an Klettersportlern, differenzieren allerdings in ihrer Analyse zwischen Boulder-Verletzungen und Verletzungen, welche bei anderen Kletterunterarten entstehen. Im Gegensatz zur vorliegenden Studie besteht weder ein Zusammenhang mit einer Notfallvorstellung noch mit einer medizinischen Behandlung im Allgemeinen. Die Studien zeigen, entgegen den aktuellen Ergebnissen, höhere Raten von Verletzungen der oberen im Verhältnis zur unteren Extremität. Es lässt sich ableiten, dass vor allem Verletzungen der unteren Extremität mit einem akuten medizinischen Handlungsbedarf einhergehen und zu einer Vorstellung in der Notaufnahme führen, während Verletzungen der oberen Extremität, insbesondere der Hand und Finger tendenziell zu einer elektiven Vorstellung in spezialisierten Ambulanzen führen.

Die Frage, ob Bouldersportler sich im Allgemeinen häufiger an der unteren Extremität verletzen als Klettersportler kann auf Grundlage der aktuellen Studienergebnisse allerdings nicht beantwortet werden. Zudem ist der direkte Vergleich der Verletzungsmuster zwischen Kletter- und Boulder-Verletzungen unmöglich, da in keiner der existierenden Studien ausschließlich Kletter-Verletzungen betrachtet und Boulder-Verletzungen kategorisch ausgeschlossen werden. Stellt man jedoch die Ergebnisse der Veröffentlichungen zu Kletter- und Boulder-Unfällen (Backe et al., 2009; Schöffl et al., 2015) jenen gegenüber, welche sich ausschließlich mit Boulder-Unfällen (Josephsen et al., 2007; McDonald et al., 2017; Auer et al., 2021) befassen, so lässt sich eine Tendenz zu mehr akuten Verletzungen der unteren Extremität bei Boulder-Unfällen ableiten.

Im Gegensatz zu Veröffentlichungen zu Kletter-Verletzungen (Jones et al., 2008; Backe et al., 2009; Barrile et al., 2022) geht den Verletzungen im Kollektiv der vorliegenden Studie in weit mehr als der Hälfte der Fälle ein tatsächliches Trauma voran. Überlastungsreaktionen machen nur einen geringen Anteil der Ätiologie aus. Vermutlich ist dieser Umstand darin begründet, dass die Notaufnahme in erster Linie aufgrund akuter Verletzungen aufgesucht wird. Bei chronischen Überlastungsschäden, welchen kein traumatisches Ereignis vorangeht, ist es denkbar, dass häufiger Allgemeinmediziner oder niedergelassene Orthopäden zu Rate gezogen werden und es in diesen Fällen seltener zu einer Vorstellung in der Notaufnahme kommt.

Zudem berichten die Autoren Lum und Park von einem hohen Prozentsatz an Patienten, welche überhaupt keine Behandlung nach der Verletzung benötigen (Lum and Park, 2019) und deshalb vermutlich keinen Arzt aufsuchen. Somit sind wahrscheinlich auch beim Bouldern Überlastungsschäden nicht selten und in der vorliegenden Studie lediglich aufgrund des Studiendesigns unterrepräsentiert.

Da sich die Behandlung von akuten Verletzungen und langsam auftretenden Überlastungsschäden oft unterscheidet, ist es von großer Wichtigkeit den Mechanismus, der zur Verletzung führt, zu ermitteln (McDonald et al., 2017). In 14,1% der Fälle kann in der aktuellen Studie kein Verletzungsmechanismus eruiert werden. Dieser Anteil ist relativ hoch. Andere Autoren berichten von Verletzungen, welche sich Boulderer während sie als „Spotter“ (s. Kap. 2.1) fungieren, zuziehen (Josephsen et al., 2007; Auer et al., 2021). Dieser Verletzungsmechanismus wird in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Dies könnte eventuell den hohen Anteil an Verletzungen erklären, welchen kein Mechanismus zugeordnet werden kann.

Mit 67,8% verletzen sich die meisten Bouldersportler durch einen Sturz. Auf der einen Seite steht dies im Gegensatz zu vorangegangenen Studien, in welchen die meisten Verletzungen eine atraumatische Ätiologie aufweisen (Jones et al., 2008). Auf der anderen Seite ist bekannt, dass Stürze auf den Boden beim Bouldern häufiger vorkommen als bei anderen Kletterarten (Lutter et al., 2017; Auer et al., 2021). Zudem wird der Sturz in Studien mit Patientenkollektiv aus der Notaufnahme vergleichbar häufig als Verletzungsursache ausgemacht. Buzzacott et al. beziffern sturzbedingte Verletzungen mit 60% (Buzzacott et al., 2019) und in einer Studie von Nelson und McKenzie beträgt der Anteil sogar 75,5% (Nelson and McKenzie, 2009). Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass Stürze häufiger schwerwiegende Verletzungen nach sich ziehen, welche zu Vorstellungen in der Notaufnahme führen und deshalb im vorliegenden Kollektiv gehäuft als Verletzungsursache eruiert werden.

Ein Beispiel hierfür sind Verletzungen des Sprunggelenks, welche den größten Anteil an Verletzungen in der aktuellen Stichprobe darstellen. Als typischer Mechanismus wird der Aufprall mit dem Fuß auf die weichen Sicherheitsmatten vermutet. Die weiche Oberfläche ermöglicht zunächst das Einsinken des Fußes, begleitet von einer Supinationsbewegung des Sprunggelenks. Ist das Elastizitätsmodul der Weichbodenmatte erreicht, erhöhen sich die

Gewichtskräfte auf das supinierte Gelenk, bis Bandstrukturen oder Knochen nachgeben, sodass es zu Rupturen oder Frakturen kommt.

Die absolute Mehrheit stellen in vorliegendem Studienkollektiv Bandläsionen dar. Der Anteil an Frakturen des Knöchels und Fußes liegt bei 27,4%. Debieux et al. analysieren Sprunggelenksdistorsionen in einem allgemeinen Kollektiv einer orthopädischen Notaufnahme und verzeichnen eine Frakturrate von 28,3% (Debieux et al., 2020). Demnach kann davon ausgegangen werden, dass trotz des speziellen Verletzungsmechanismus die Verletzungsmuster bei Sprunggelenksverletzungen keine wesentlichen Unterschiede zwischen Boulder-Verletzungen und anderen Sprunggelenksverletzungen aufweisen.

Lutter et al. beschäftigen sich mit den Mechanismen akuter Knieverletzungen beim Bouldern und Klettern und stellen fest, dass 69% aller detektierten Knieverletzungen auf die Kategorie Bouldern entfallen (Lutter et al., 2020). Auch Josephsen et al. verzeichnen einen hohen Anteil an Knieverletzungen bei Bouldersportlern (Josephsen et al., 2007). In Übereinstimmung mit den genannten Studien gehören auch in der Kohorte der vorliegenden Studie Verletzungen des Knies zu den am häufigsten festgestellten Verletzungen.

Während in der vorliegenden Studienkohorte mittelschwere Verletzungen (UIAA Grad 2) am häufigsten auftreten und lediglich 15,2% als leichte Verletzungen (UIAA Grad 1) kategorisiert werden, weisen Auer et al. 78% der Verletzungen einen UIAA Grad 1 zu. Allerdings sind, im Unterschied zur vorliegenden klinischen Studie, Verletzungen der oberen Extremität mit 63% am häufigsten. Weiterhin stellen die Autoren fest, dass Verletzungen der unteren Extremität signifikant häufiger als Grad 2 eingestuft werden als Verletzungen an anderen Lokalisationen (Auer et al., 2021). Diese Befunde stärken die Annahme, dass Verletzungen der unteren Extremität schwerwiegender sind und damit einhergehend häufiger zu akuten Vorstellungen in der Notaufnahme führen.

Mit 10,1% liegt der Anteil an Patienten, welche stationär aufgenommen werden müssen, zwischen den Angaben von 8% (Buzzacott et al., 2019) und 12,1% (Pierpoint et al., 2017) der bestehenden Literatur.

Schöffl und Lutter diskutieren die Frage, ob Hallenklettern heutzutage noch als sichere Sportart angesehen werden sollte. Als Grundlage der Infragestellung beschreiben die Autoren ein

Phänomen, welches sie selbst als „Newbie“-Syndrom bezeichnen. Spektakulär geformte Boulderwände mit bunten Griffen erleichtern Anfängern Routen zu durchklettern und versprechen somit unmittelbare Erfolgserlebnisse, wodurch der Sport immer mehr „Newbies“ (=Neulinge) anzieht. Kletteranfängern fehlt allerdings meist die nötige Grundmuskulatur, Körperwahrnehmung und -kontrolle. Die Autoren vermuten, dass dies dazu führt, dass sich untrainierte und unerfahrene Sportler häufiger und schwerer verletzen (Schöffl and Lutter, 2017).

Im Gegensatz hierzu postulieren Wright et al. ein erhöhtes Verletzungsrisiko für erfahrene Kletterer beim Klettern besonders schwieriger Routen (Wright et al., 2001). Die Frage, ob sich Anfänger häufiger verletzen, kann aus dieser Studie nicht beantwortet werden, da keine Daten bezüglich der Anfängerquote in den Boulderhallen vorliegen. Allerdings deuten die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung darauf hin, dass weder die Intensität noch die Lokalisation einer Verletzung mit dem Erfahrungsgrad oder dem subjektiven Leistungsniveau zusammenhängt. Auer et al. können in ihrer Studie keinen Zusammenhang mit dem Erfahrungsgrad der Boulderer und der Verletzungsrate feststellen (Auer et al., 2021). Vermutlich verletzen sich „Newbies“ zwar häufiger, jedoch nicht schwerer als Kletterer mit höherem Erfahrungsgrad. Allerdings kehren Anfänger und Athleten, welche auf geringerem Leistungsniveau klettern, nach einer Verletzung seltener zum Bouldern zurück als Erfahrene.

5.3 Limitationen

Abschließend muss erwähnt werden, dass die durchgeführte Studie gewissen Grenzen und Einschränkungen unterliegt. Ein Anspruch auf Vollständigkeit der Daten besteht nicht. Zum einen wurden möglicherweise nicht alle Patienten identifiziert, da nicht sichergestellt werden kann, dass jede Boulder-Verletzung vom ursprünglich behandelnden Arzt als solche beschrieben wird. Zum anderen kann durch die vorliegende Studie nicht die Gesamtheit aller Boulder-Verletzungen abgedeckt werden, da nicht alle Verletzungen zu einer Vorstellung in der Notaufnahme führen. Es ist außerdem nicht möglich Aussagen zur Prävalenz, im Sinne der Verletzungshäufigkeit pro Zeit, zu treffen.

Lediglich 145 Online-Fragebögen wurden ausgefüllt, weshalb ein Selektionsbias nicht ausgeschlossen werden kann. Es kann keine Aussage über die Personen getroffen werden,

welche freiwillig oder unfreiwillig nicht an der Umfrage teilnehmen. Über die Hälfte der Patienten, welche den Online-Fragebogen ausfüllten, geben an, "sehr erfahren" zu sein. Eventuell antworten vorwiegend sehr erfahrene Bouldersportler, da sie sich möglicherweise in stärkerem Maße mit dem Sport identifizieren und daraus resultierend ein größeres Interesse und Bereitschaft an der Studie teilzunehmen besteht. Dies könnte zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen.

Die Befunde des Online-Fragebogens sollten aus weiteren Gründen mit Vorsicht interpretiert werden. Es darf nicht außer Acht gelassen werden, dass es sich bei allen Angaben um nicht überprüfbare Selbstauskünfte der Patienten handelt. Aufgrund des retrospektiven Studiendesigns ist ein gewisses Maß an Erinnerungsverzerrungen wahrscheinlich, da der Unfallzeitpunkt bis zu zehn Jahre in der Vergangenheit liegt. Abschließende Diagnosen könnten von den Teilnehmern falsch angegeben und bei den Personen, die nicht teilnahmen, verpasst werden, da diese unter Umständen in einer anderen Institution weiter behandelt werden.

5.4 Fazit

Einhergehend mit der Zunahme der Popularität des Boulderns, steigt die Inzidenz von Boulder-Verletzungen jährlich an. Nach gewissenhafter Recherche, umfasst die vorliegende Studie das größte klinische Kollektiv von Boulder-Verletzungen, welche zu einer Vorstellung in der Notaufnahme führen. Spezifische Verletzungsmuster können identifiziert und quantifiziert werden. Sie unterscheiden sich von den ansonsten bekannten klettertypischen Verletzungen, da die Mehrheit an der unteren Extremität lokalisiert ist. Verletzungen der Finger und Hände, welche beim Klettern bekannterweise häufig vorkommen, werden in der Notaufnahme kaum behandelt. Obwohl davon auszugehen ist, dass Verletzungen der oberen Extremität beim Bouldern häufiger vorkommen, sind es in erster Linie Verletzungen der unteren Extremität, insbesondere des Sprunggelenks und Knies, welche schwerwiegender sind und zu akuten Vorstellungen in der Notaufnahme führen.

6 Zusammenfassung

Die Trendsportart Bouldern hat in den letzten Jahrzehnten stark an Popularität gewonnen und zieht immer mehr Freizeit- und Profiklettersportler an. Hierdurch nimmt auch die Inzidenz an Boulder-Verletzungen jährlich zu. Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Epidemiologie sowie die spezifische Verteilung der Verletzungsmuster zu untersuchen.

Die häufigsten von der Verletzung betroffenen anatomischen Regionen sind in absteigender Reihenfolge: Knöchel, Knie, Ellbogen, Wirbelsäule und Schulter. Mehr als die Hälfte der Verletzungen befinden sich an der unteren Extremität. Am häufigsten verletzen sich die Bouldersportler infolge eines Sturzes. Chronische Überlastungsreaktionen werden hingegen kaum verzeichnet. Bei der Verletzungsart handelt es sich in erster Linie um Distorsionen, Frakturen und Luxationen, wobei insbesondere Sprunggelenks- und Kniegelenksdistorsionen sowie Ellenbogenluxationen und -distorsionen diagnostiziert werden. Typische Verletzungsmuster der Hand und Finger, welche vom Klettern bekannt sind, werden in der Notaufnahme kaum vorstellig.

Eine Rückkehr zum Bouldersport ist für männliche Patienten, fortgeschrittene Boulderer und Athleten mit höherer Leistung wahrscheinlicher.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Boulder-Verletzungen der unteren Extremität schwerwiegender sind und deshalb häufiger zu Vorstellungen in der Notaufnahme führen.

7 Literaturverzeichnis

Auer, J., Schöffl, V.R., Achenbach, L., Meffert, R.H., Fehske, K., 2021. Indoor Bouldering-A Prospective Injury Evaluation. *Wilderness Environ. Med.* 32, 160–167. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2021.02.002>

Backe, S., Ericson, L., Janson, S., Timpka, T., 2009. Rock climbing injury rates and associated risk factors in a general climbing population. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 19, 850–856. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00851.x>

Barrile, A.M., Feng, S.-Y., Nesiama, J.-A., Huang, C., 2022. Injury Rates, Patterns, Mechanisms, and Risk Factors Among Competitive Youth Climbers in the United States. *Wilderness Environ. Med.* 33, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2021.09.005>

Beal, P., 2011. *Bouldering: Movement, Tactics, and Problem Solving*. The Mountaineers Books.

Boulderwelt München Ost, 2022. Bouldern in der größten Boulderhalle Münchens — Klettern ohne Furcht und Tadel [WWW Document]. Boulderwelt Münch. Ost. URL <https://www.boulderwelt-muenchen-ost.de/> (accessed 7.4.22).

Bowie, W.S., Hunt, T.K., Allen, H.A., 1988. Rock-Climbing Injuries in Yosemite National Park. *West. J. Med.* 149, 172–177.

Buzzacott, P., Schöffl, I., Chimiak, J., Schöffl, V., 2019. Rock Climbing Injuries Treated in US Emergency Departments, 2008–2016. *Wilderness Environ. Med.* 30, 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2018.11.009>

DAV, o.D. Boulder- & Kletterzentrum | Alpenverein Überlingen. URL <https://www.dav-ueberlingen.de/projekt-kletterzentrum/> (accessed 7.4.22).

Debieux, P., Wajnsztejn, A., Mansur, N.S.B., 2020. Epidemiology of injuries due to ankle sprain diagnosed in an orthopedic emergency room. *Einstein Sao Paulo Braz.* 18, eAO4739. https://doi.org/10.31744/einstein_journal/2020AO4739

e.V. (DAV), D.A., 2020. Kletterhallen-Unfallstatistik 2019 [WWW Document]. URL https://www.alpenverein.de/bergsport/sicherheit/unfallstatistik/kletterhallen-unfallstatistik-2019_aid_35738.html (accessed 2.23.22).

e.V. (DAV), D.A., 2018. Klettern in Deutschland – Zahlen, Daten & Fakten [WWW Document]. URL https://www.alpenverein.de/der-dav/presse/hintergrund-info/klettern-in-deutschland-zahlen-daten-fakten_aid_31813.html (accessed 10.16.21).

Folkl, A.K., 2013. Characterizing the consequences of chronic climbing-related injury in sport climbers and boulderers. *Wilderness Environ. Med.* 24, 153–158. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2012.11.010>

Gerdes, E.M., Hafner, J.W., Aldag, J.C., 2006. Injury patterns and safety practices of rock climbers. *J. Trauma* 61, 1517–1525. <https://doi.org/10.1097/01.ta.0000209402.40864.b2>

Grønhaug, G., 2019. Lean and mean? Associations of level of performance, chronic injuries and BMI in sport climbing. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 5, e000437. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000437>

Grønhaug, G., 2018. Self-reported chronic injuries in climbing: who gets injured when? *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 4, e000406. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2018-000406>

Grønhaug, G., Norberg, M., 2016. First overview on chronic injuries in sport climbing: proposal for a change in reporting of injuries in climbing. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 2, e000083. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000083>

Henkel, R., 2019. Klettern und Bouldern: Aus Bergsport wird Fitness-Sport [WWW Document]. URL <https://www.ispo.com/trends/klettern-und-bouldern-aus-bergsport-wird-fitness-sport> (accessed 7.4.22).

ISPO.com, 2020. Trendsport Bouldern: Kraft, Eleganz und Köpfchen [WWW Document]. URL <https://www.ispo.com/trends/trendsport-bouldern-kraft-eleganz-und-koepfchen> (accessed 7.4.22).

Jones, G., Asghar, A., Llewellyn, D.J., 2008. The epidemiology of rock-climbing injuries. *Br. J. Sports Med.* 42, 773–778. <https://doi.org/10.1136/bjsem.2007.037978>

Jones, G., Johnson, M.I., 2016. A Critical Review of the Incidence and Risk Factors for Finger Injuries in Rock Climbing. *Curr. Sports Med. Rep.* 15, 400–409. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000304>

Jones, G., Llewellyn, D., Johnson, M.I., 2015. Previous injury as a risk factor for reinjury in rock climbing: a secondary analysis of data from a retrospective cross-sectional cohort survey of active rock climbers. *BMJ Open Sport Exerc. Med.* 1, bmjsem-2015-000031. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000031>

Jones, G., Schöffl, V., Johnson, M.I., 2018. Incidence, Diagnosis, and Management of Injury in Sport Climbing and Bouldering: A Critical Review. *Curr. Sports Med. Rep.* 17, 396–401. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000534>

Josephsen, G., Shinneman, S., Tamayo-Sarver, J., Josephsen, K., Boulware, D., Hunt, M., Pham, H., 2007. Injuries in Bouldering: A Prospective Study. *Wilderness Environ. Med.* 18, 271–280. <https://doi.org/10.1580/06-WEME-OR-071R1.1>

Kern, S., 2017. Bouldern am Fels: Draußen bouldern: ran an die Blöcke! [WWW Document]. OUTDOOR. URL <https://www.outdoor-magazin.com/klettern/draussen-bouldern-ran-an-die-bloecke/> (accessed 11.9.22).

Konowalczyk, S., 2017. Das Jugendalter, in: Konowalczyk, S. (Ed.), *Zeitperspektiven von Jugendlichen: Pädagogische Grundlagen und empirische Befunde im Kontext des Sports, Bildung und Sport*. Springer Fachmedien, Wiesbaden, pp. 29–68. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16929-9_2

Kubiak, E.N., Klugman, J.A., Bosco, J.A., 2006. Hand injuries in rock climbers. *Bull. NYU Hosp. Jt. Dis.* 64, 172–177.

Lanz, J., 2021. Bouldern hat Potenzial. *Forum Kinder- Jugendsport* 2, 158–163. <https://doi.org/10.1007/s43594-021-00049-2>

Lum, Z.C., Park, L., 2019. Rock climbing injuries and time to return to sport in the recreational climber. *J. Orthop.* 16, 361–363. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2019.04.001>

Lutter, C., El-Sheikh, Y., Schöffl, I., Schöffl, V., 2017. Sport climbing: medical considerations for this new Olympic discipline. *Br. J. Sports Med.* 51, 2–3. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096871>

Lutter, C., Hotfiel, T., Tischer, T., Lenz, R., Schöffl, V., 2019. Evaluation of Rock Climbing Related Injuries in Older Athletes. *Wilderness Environ. Med.* 30, 362–368. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2019.06.008>

Lutter, C., Schöffl, V., 2020. Hüft- und Knieverletzungen, in: Schöffl, V., Schöffl, I., Hochholzer, T., Lutter, C. (Eds.), *Klettermedizin: Grundlagen, Unfälle, Verletzungen und Therapie*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 133–142. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61090-9_9

Lutter, C., Schweizer, A., Hochholzer, T., Bayer, T., Schöffl, V., 2016. Pulling Harder than the Hamate Tolerates: Evaluation of Hamate Injuries in Rock Climbing and Bouldering. *Wilderness Environ. Med.* 27, 492–499. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2016.09.003>

Lutter, C., Tischer, T., Cooper, C., Frank, L., Hotfiel, T., Lenz, R., Schöffl, V., 2020. Mechanisms of Acute Knee Injuries in Bouldering and Rock Climbing Athletes. *Am. J. Sports Med.* 48, 730–738. <https://doi.org/10.1177/0363546519899931>

Lutter, C., Tischer, T., Schöffl, V.R., 2021. Olympic competition climbing: the beginning of a new era—a narrative review. *Br. J. Sports Med.* 55, 857–864. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102035>

McDonald, J.W., Henrie, A.M., Teramoto, M., Medina, E., Willick, S.E., 2017. Descriptive Epidemiology, Medical Evaluation, and Outcomes of Rock Climbing Injuries. *Wilderness Environ. Med.* 28, 185–196. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2017.05.001>

Miro, P.H., vanSonnenberg, E., Sabb, D.M., Schöffl, V., 2021. Finger Flexor Pulley Injuries in Rock Climbers. *Wilderness Environ. Med.* 32, 247–258. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2021.01.011>

Moraldo, D., 2020. Women and Excellence in Mountaineering from the Nineteenth Century to the Present. *Int. J. Hist. Sport* 37, 727–747. <https://doi.org/10.1080/09523367.2020.1819250>

Morrison, A.B., Schöffl, V.R., 2007. Physiological responses to rock climbing in young climbers. *Br. J. Sports Med.* 41, 852–861; discussion 861. <https://doi.org/10.1136/bjism.2007.034827>

Mountaineers, D., 2018. *Bergsteigen - Das große Handbuch: Das weltweit erfolgreichste Buch für den Bergsport. Über 1 Mio. verkaufte Exemplare.* Riva Verlag.

Müller, M., Heck, J., Pflüger, P., Greve, F., Biberthaler, P., Crönlein, M., 2022. Characteristics of bouldering injuries based on 430 patients presented to an urban emergency department. *Injury* 53, 1394–1400. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.02.003>

Nelson, N.G., McKenzie, L.B., 2009. Rock Climbing Injuries Treated in Emergency Departments in the U.S., 1990–2007. *Am. J. Prev. Med.* 37, 195–200. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.04.025>

Orbach, H., Rubin, G., Wolovelsky, A., Rinott, M., Giwnewer, U., Rozen, N., 2016. [HAND INJURIES IN ROCK CLIMBERS]. *Harefuah* 155, 407–409.

Paige, T.E., Fiore, D.C., Houston, J.D., 1998. Injury in traditional and sport rock climbing. *Wilderness Environ. Med.* 9, 2–7. [https://doi.org/10.1580/1080-6032\(1998\)009\[0002:IITASR\]2.3.CO;2](https://doi.org/10.1580/1080-6032(1998)009[0002:IITASR]2.3.CO;2)

Pieber, K., Angelmaier, L., Csapo, R., Herceg, M., 2012. Acute injuries and overuse syndromes in sport climbing and bouldering in Austria: a descriptive epidemiological study. *Wien. Klin. Wochenschr.* 124, 357–362. <https://doi.org/10.1007/s00508-012-0174-5>

Pierpoint, L.A., Klein, M., Comstock, R., 2017. EPIDEMIOLOGY OF ROCK CLIMBING INJURIES TREATED IN UNITED STATES EMERGENCY DEPARTMENTS, 2006–2015. *Br. J. Sports Med.* <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097372.230>

Rauch, S., Wallner, B., Ströhle, M., Dal Cappello, T., Brodmann Maeder, M., 2019. Climbing Accidents-Prospective Data Analysis from the International Alpine Trauma Registry and Systematic Review of the Literature. *Int. J. Environ. Res. Public. Health* 17, E203. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010203>

Sabbagh, R.S., Hoge, C., Kanhere, A.P., Coscia, A.C., Grawe, B.M., 2021. The epidemiology of indoor and outdoor rock climbing injuries presenting to United States emergency departments. *J. Sports Med. Phys. Fitness*. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12578-2>

Sandmann, G.H., Siebenlist, S., Lenich, A., Neumaier, M., Ahrens, P., Kirchhoff, C., Braun, K.F., Lucke, M., Biberthaler, P., 2014. [Traumatic elbow dislocations in bouldering]. *Unfallchirurg* 117, 274–280. <https://doi.org/10.1007/s00113-013-2419-9>

Schöffl, V et al., 2016. One Move Too Many...: How to Understand the Injuries and Overuse Syndromes of Rock Climbing. Sharp End Publishing.

Schöffl, V., Lutter, C., 2017. The “Newbie” Syndrome. *Wilderness Environ. Med.* 28, 377–380. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2017.07.008>

Schöffl, V., Lutter, C., Popp, D., 2016. The “Heel Hook”-A Climbing-Specific Technique to Injure the Leg. *Wilderness Environ. Med.* 27, 294–301. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2015.12.007>

Schöffl, V., Lutter, C., Woollings, K., Schöffl, I., 2018. Pediatric and adolescent injury in rock climbing. *Res. Sports Med. Print* 26, 91–113. <https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1438278>

Schöffl, V., Morrison, A., Hefti, U., Ullrich, S., Küpper, T., 2011. The UIAA Medical Commission injury classification for mountaineering and climbing sports. *Wilderness Environ. Med.* 22, 46–51. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2010.11.008>

Schöffl, V., Popp, D., Küpper, T., Schöffl, I., 2015. Injury Trends in Rock Climbers: Evaluation of a Case Series of 911 Injuries Between 2009 and 2012. *Wilderness Environ. Med.* 26, 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2014.08.013>

Schöffl, V., Simon, M., Lutter, C., 2019. [Finger and shoulder injuries in rock climbing]. *Orthopade* 48, 1005–1012. <https://doi.org/10.1007/s00132-019-03825-3>

Schöffl, V.R., Hoffmann, G., Küpper, T., 2013. Acute Injury Risk and Severity in Indoor Climbing—A Prospective Analysis of 515,337 Indoor Climbing Wall Visits in 5 Years. *Wilderness Environ. Med.* 24, 187–194. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2013.03.020>

Schöpf, C. de, 2016. Klettern wird 2020 olympisch! Climbing.de. URL <https://www.climbing.de/news/wettkampfklettern/klettern-wird-2020-olympisch-51173.html> (accessed 3.14.22).

Schöpf, Simon, 2020. Klettern: Die 13 Spielarten der Vertikalen | Bergwelten [WWW Document]. URL <https://www.bergwelten.com/a/die-13-spielarten-des-kletterns> (accessed 2.22.22).

Schweizer, A., Göhner Schweizer, K., 2019. Sportklettern, Bouldern und assoziierte Verletzungen im Kindes- und Jugendalter. Orthop. 48, 998–1004. <https://doi.org/10.1007/s00132-019-03826-2>

Wending, F., n.d. Bouldern [WWW Document]. DAV. URL <https://alpenverein-baden-baden.de/kletterzentrum/bouldern/> (accessed 7.4.22).

Woollings, K.Y., McKay, C.D., Emery, C.A., 2015a. Risk factors for injury in sport climbing and bouldering: a systematic review of the literature. Br. J. Sports Med. 49, 1094–1099. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094372>

Woollings, K.Y., McKay, C.D., Kang, J., Meeuwisse, W.H., Emery, C.A., 2015b. Incidence, mechanism and risk factors for injury in youth rock climbers. Br. J. Sports Med. 49, 44–50. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-094067>

Wright, D.M., Royle, T.J., Marshall, T., 2001. Indoor rock climbing: who gets injured? Br. J. Sports Med. 35, 181–185. <https://doi.org/10.1136/bjism.35.3.181>

8 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: BOULDERN AM NATÜRLICHEN FELSEN UNTER VERWENDUNG VON "CRASH-PADS".....	7
ABBILDUNG 2: BOULDERN IN EINER BOULDERHALLE.....	8
ABBILDUNG 3: UIAA MEDCOM SCORE - INJURY AND ILLNESS SEVERITY CLASSIFICATION (IIC)	20
ABBILDUNG 4: FLUSSDIAGRAMM DER FALLREKRUTIERUNG	25
ABBILDUNG 5: JÄHRLICHE INZIDENZ DER BOULDER-VERLETZUNGEN.....	26
ABBILDUNG 6: VERLETZUNGSMECHANISMEN	27
ABBILDUNG 7: VERTEILUNG DER VERLETZUNGSMUSTER	28
ABBILDUNG 8: TYPISCHE BOULDER-VERLETZUNGEN.....	29
ABBILDUNG 9: RADIOLOGISCHE DARSTELLUNG TYPISCHER BOULDER-VERLETZUNGEN; 9A ELLENBOGENLUXATION (RÖNTGENOLOGISCHE DARSTELLUNG); 9B INSTABILE TRIMALLEOLÄRE SPRUNGGELENKSFRAKTUR (CT); 9C KNÖCHERNES ABRISSEFRAGMENT DES MEDIALEN PATELLOFEMORALEN BANDES (MPFL) NACH PATELLALUXATION (RÖNTGENOLOGISCHE DARSTELLUNG); 9D FRAKTUR DES DRITTEN LENDENWIRBELS (AO-KLASSIFIKATION TYP B2) (CT); 9E ANTERO-INFERIORE SCHULTERLUXATION (RÖNTGENOLOGISCHE DARSTELLUNG).....	30
ABBILDUNG 10: VERTEILUNG DER VERLETZUNGEN AUF DIE EXTREMITÄTEN.....	31
ABBILDUNG 11: GRAFISCHE DARSTELLUNG DER VERTEILUNG DER VERLETZUNGEN AUF DIE ANATOMISCHEN REGIONEN DES KÖRPERS.....	31
ABBILDUNG 12: ANGEWANDTE OP-VERFAHREN	34

9 Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: DESKRIPTIVE DARSTELLUNG DER FÜNF HÄUFIGSTEN VERLETZUNGSLOKALISATIONEN MIT DEN JEWELIGEN VERLETZUNGSARTEN	29
TABELLE 2: VERGLEICH AUSGEWÄHLTER STUDIEN ZU KLETTER- UND BOULDER-VERLETZUNGEN HINSICHTLICH DER VERTEILUNG DER VERLETZUNGSLOKALISATION	32
TABELLE 3: BIVARIATER VERGLEICH DER VERLETZUNGSMERKMALE ZWISCHEN MÄNNLICHEN UND WEIBLICHEN STUDIENTEILNEHMERN	35
TABELLE 4: BIVARIATER VERGLEICH DER VERLETZUNGSMERKMALE ZWISCHEN STUDIENTEILNEHMERN MIT NIEDRIGEM UND HOHEM ERFAHRUNGSGRAD.....	37
TABELLE 5: BINÄRES LOGISTISCHES REGRESSIONSMODELL FÜR DIE RÜCKKEHR ZUM BOULDERSPORT FÜR DIE KOVARIATEN ALTER, GESCHLECHT, VERLETZUNGSSCHWERE (UIAA) UND ERFAHRUNG DES SPORTLERS	38

10 Anhang

10.1 Online-Fragebogen

Umfrage zu Boulderunfällen

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

sie haben sich im Zeitraum von Januar 2010 bis April 2020 aufgrund von Beschwerden oder einer Verletzung in Zusammenhang mit der Sportart „Bouldern“ in unserer Notaufnahme vorgestellt.

Um den Unfallmechanismen und die Risiken für Boulderverletzung besser zu verstehen können würden wir Ihnen gerne ein paar Fragen zu Ihrem individuellen Sportverhalten stellen.

Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen jeweils in Bezug auf den Zustand zum Zeitpunkt der Verletzung.

Die Umfrage dauert nur etwa 3 Minuten.

Einwilligung

* Die ausführlichen Erläuterung bezüglich dem Zweck, der Durchführung, dem Nutzen und Hinweise zum Datenschutz entnehmen Sie bitte dem Ihnen vorliegenden Patienteninformations-Schreiben.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig und Sie haben das Recht, diese jederzeit ohne Angabe von Gründen zu beenden, ohne dass dadurch Nachteile entstehen.

Ja, ich habe die Patienteninformationen aufmerksam gelesen und stimme der Studienteilnahme zu

Studien ID

* Bitte geben Sie hier Ihre Studien ID aus dem Anschreiben an.

Studien_ID

Fragen

* Wie war der Unfallmechanismus der Verletzung?

- Sturz von der Wand (< 2 m Kopfhöhe)
- Sturz von der Wand (> 2 m Kopfhöhe)
- kein Sturz (Verrenkung, ruckartiger Zug am Griff)
- kein konkreter Unfall erinnerlich (z.B. Überlastungsreaktion)

* Wie viel Erfahrung im Bouldersport hatten Sie zum Zeitpunkt der Verletzung?

- unerfahren (1 - 10 vorangegangene Boulder-Einheiten)
- erfahren (10 - 50 vorangegangene Boulder-Einheiten)
- sehr erfahren (> 50 vorangegangene Boulder-Einheiten)

* Wie bewerten Sie ihr subjektives Leistungsniveau zum Unfallzeitpunkt?

- gering (Anfänger, unsportliche Person)
- mittelmäßig (Fortgeschrittener, Freizeitsportler)
- hoch (Leistungsniveau)

* Wie viele verschiedene Sportarten übten Sie zum Unfallzeitpunkt regelmäßig aus?

- keine (nur Bouldern)
- 2-4 Sportarten
- ≥ 5 Sportarten

* Sind Sie nach der Verletzung zum Bouldersport zurückgekehrt?

- Ja
- Nein

Nach wie vielen Wochen nach der Verletzung sind Sie zum Bouldersport zurückgekehrt?

 Wochen

Keine Angabe (nie wieder Bouldersport betrieben)

Falls die Diagnostik nach dem Notaufnahme-Besuch in einer anderen Einrichtung fortgeführt wurde: Wie lautete die abschließende Diagnose.
(nicht beantworten falls nicht bekannt)

Wir bedanken uns herzlich für Ihre Teilnahme an der Studienbefragung zu Boulderunfällen und wünschen Ihnen alles Gute.

10.2 Stellungnahme Datenschutzbeauftragter



Klinikum rechts der Isar - Stephan Weiß - 81664 München

Herrn
Dr. med. Michael Müller
Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie

Ismaninger Straße 22
81675 München

München, 20.05.2020



Klinikum rechts der Isar
Anstalt des öffentlichen Rechts

Datenschutz

Stephan Weiß
Datenschutzbeauftragter

Ismaninger Straße 22
81675 München
E-Mail: Stephan.Weiss@mri.tum.de
datenschutz@mri.tum.de
Tel: 089 4140-9273
Fax: 089 4140-9274
www.mri.tum.de

**Ihr Antrag zur Einreichung bei der Ethikkommission
Hier: Bewertung des Datenschutzbeauftragten**

Bezeichnung: Retrospektive Analyse zur Erfassung der Inzidenz, Epidemiologie und Outcome von „Boulder-Verletzungen“ in einer chirurgischen Notaufnahme 2010 - 2020
gemeldet am: 12.03.2020

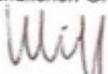
Sehr geehrter Herr Müller,

Ihren Antrag habe ich auf der Basis der mir zur Verfügung gestellten Unterlagen datenschutzrechtlich bewertet.

	Keine Einwände aus Datenschutzsicht.
X	Alle Fragen wurden geklärt, keine datenschutzrechtlichen Bedenken.
	Datenschutzrelevante Einwände liegen vor.
	Aus Datenschutzsicht kann keine Zustimmung erteilt werden.
	Hinweise:

Die datenschutzrechtliche Verantwortung für die Durchführung dieses Vorhabens verbleibt bei Ihnen beziehungsweise beim Verantwortlichen der Einrichtung.

Mit freundlichen Grüßen


Stephan Weiß

Vorstand:

Prof. Dr. Markus Schwaiger
(Ärztlicher Direktor, Vorsitzender)
Dr. Elke Frank
(Kaufmännische Direktorin)
Silke Großmann
(Pflegedirektorin)
Prof. Dr. Bernhard Hemmer
(Dekan)

Bankverbindung:
Bayer. Landesbank Girozentrale

BIC: BYLADE33
IBAN: DE82 7005 0000 0000 0202 72
UST-IdNr. DE 129 52 3996

10.3 Patientenaufklärung

Klinikum rechts der Isar

Technische Universität München

Klinik für Unfallchirurgie - Klinikum rechts der Isar

**Klinikum rechts der Isar
Anstalt des öffentlichen Rechts**

**Klinik und Poliklinik
für Unfallchirurgie
Überregionales Traumazentrum
Univ.-Prof. Dr. Peter Biberthaler
Direktor
Ismaninger Straße 22
81675 München**

Studienleitung:
Dr. med. Michael Müller
Assistenzarzt
michael.mueller@mri.tum.de

Patienteninformation zum Forschungsvorhaben

Analyse der Inzidenz, Epidemiologie und Outcome von „Boulder-Verletzungen“ in einer chirurgischen Notaufnahme 2010 - 2020

Patienteninformation

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

sie haben sich im Zeitraum von Januar 2010 bis April 2020 aufgrund von Beschwerden oder einer Verletzung in Zusammenhang mit der Sportart „Bouldern“ in unserer Notaufnahme vorgestellt.

Bouldern ist eine Trendsportart deren Popularität in den letzten Jahren stark zugenommen hat. Wir verzeichnen daher leider auch einen deutlichen Zuwachs an Verletzungen die im Rahmen von Unfällen in Boulderhallen auftreten.

Bislang gibt es nur wenige wissenschaftlich fundierte Informationen über die Arten der Verletzung oder patientenspezifische Merkmale. Zudem ist unklar welche Rolle die Erfahrung und der Leistungsgrad des einzelnen Sportlers für die Entstehung der Verletzung spielen.

Wir bitten Sie daher an einer wissenschaftlichen Studien teilzunehmen die das Verletzungsrisiko beim Boulder genauer untersuchen soll.

An der Studie sollen ca. 500 Patienten teilnehmen. Die Studie wird von der Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie durchgeführt und selbstständig finanziert.

Ihre Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Wenn Sie nicht teilnehmen wollen oder wenn Sie später Ihre Einwilligung widerrufen, werden Ihnen daraus keine Nachteile entstehen.

Ziel der Untersuchung:

Wir möchten herausfinden was typische Verletzungen beim Bouldern sind. Besonders stellt sich die Frage nach der Verletzungslokalisation, also ob Verletzungen beispielsweise gehäuft an einem Gelenk (Knie, Ellenbogen, etc.) auftreten. Auch soll analysiert werden ob es sich eher um Brüche, Prellungen oder offene Wunden handelt.

Besonders interessant ist herauszufinden welche Rolle die Erfahrung des Sportlers spielt. Verletzen sich eher Anfänger, weil sie mit den Bewegungsabläufen und dem Sturzrisiko nicht

umgehen können, oder sind eher erfahrene Leistungsathleten gefährdet, die auf höherem Niveau mit ggf. größerer Risikobereitschaft an den Sport herangehen.

Was bedeutet die Studienteilnahme für mich:

Wir möchten Sie bitten an einer einmaligen Umfrage teilzunehmen, die entweder in Form eines Online Fragebogen (*siehe Link / QR Code nächste Seite*) oder in Form eines persönlichen Telefongesprächs mit einem unserer wissenschaftlichen Mitarbeiter durchgeführt wird. Der Zeitumfang beträgt in beiden Fällen nur ca. 3 Minuten.

Welchen Nutzen haben Sie von der Teilnahme an der Studie und gibt es Risiken oder Kosten?

Von der Teilnahme an der Studie werden Sie keinen persönlichen Nutzen haben. Ihre Behandlung in unserer Klinik ist bereits abgeschlossen. Sie können uns jedoch mit Ihrer Teilnahme unterstützen neue Erkenntnisse über Boulder-Verletzungen zu erlangen. Die Teilnahme an der Studie ist für Sie mit keinen Risiken oder Kosten verbunden.

Was ist der Nutzen der Studie?

Durch die gewonnen Informationen können Risikosportler identifiziert werden und gegebenenfalls neuartige Präventionsmaßnahmen in Boulderhallen entwickelt werden. Zum anderen kann im Krankenhaus durch das Wissen um boulder-typische Verletzungen die Diagnostik verbessert werden.

Hinweise und Einwilligung zum Datenschutz

Rechtsgrundlage für die Verarbeitung Ihrer Daten ist Ihre Einwilligung nach Art. 6 Abs. 1 lit. a), insbesondere bei Gesundheitsdaten auch Art. 9 Abs. 2 lit. a) DS-GVO. Die Verarbeitung Ihrer Daten dient ausschließlich zum Zwecke der Durchführung und Auswertung der personenbezogenen Daten innerhalb der oben genannten Studie. Durch das Aufrufen des Onlinefragebogens bzw. durch die Teilnahme an dem Telefoninterview erteilen Sie ihre rechtskräftige Einwilligung.

Die Online Erfassung und weitere Auswertung erfolgt vollständig pseudonymisiert, also verschlüsselt. In dieser Verschlüsselung sind keine Elemente enthalten, die die Ermittlung ihrer Person erlauben. Es werden keine Ihrer angegebenen Informationen und keine medizinischen Daten an Dritte weiter gegeben. Den Zugang zum Code für die Entschlüsselung hat nur der verantwortliche Studienleiter. Damit ist es Unbefugten fast unmöglich, Sie zu identifizieren. Die Daten werden für 10 Jahre in unserer Klinik gespeichert und anschließend gelöscht. Die Online-Speicherung der angegebenen Daten erfolgt nur für maximal 3 Monate.

Sie haben das Recht, Auskunft über die Sie betreffenden Daten zu erhalten, auch in Form einer unentgeltlichen Kopie. Darüber hinaus können Sie die Berichtigung, Sperrung oder Löschung Ihrer Daten verlangen. Sie haben das Recht, Ihre Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für Sie zu widerrufen. Die Rechtmäßigkeit der aufgrund der Einwilligung bis zum Widerruf erfolgten Verarbeitung wird hiervon nicht berührt. Wenden Sie sich in diesen Fällen an den Studienleiter Dr. med. Michael Müller. Für die Datenverarbeitung dieser Studie ist verantwortlich: Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München, vertreten durch den Vorstand, Klinik für Unfallchirurgie, Ismaninger Straße 22, 81675 München.

Bei Rückfragen zum Datenschutz:

Behördlicher Datenschutzbeauftragter
Klinikum rechts der Isar München
Ismaninger Str. 22
81675 München
E-Mail: datenschutz@mri.tum.de

Bei Beschwerden bzgl. der Einhaltung des Datenschutzes:

Bayerischer Landesbeauftragter für den
Datenschutz
Postanschrift: Postfach 22 12 19, 80502
München
E-Mail: poststelle@datenschutz-bayern.de.

Hier geht's zur Umfrage:



**Sie möchten lieber am Telefon
befragt werden?**

Dann teilen Sie und dies mit unter:

michael.mueller@mri.tum.de

oder

089 / 4140 5747

**[https://easy-
feedback.de/umfrage/1228061/9VmKK8](https://easy-feedback.de/umfrage/1228061/9VmKK8)**

Ihre persönliche Studien_ID:

Der QR-Code kann auf modernen Smartphones mit der vorinstallierten Kamera-App gescannt werden. Bei älteren Modellen ist eine QR-Code Scan App erforderlich. Alternativ kann der URL-Link einfach manuell eingegeben werden.

Wir bedanken uns für Ihre Teilnahme und stehen Ihnen für Fragen jederzeit gerne zur Verfügung.

Dr. med. Michael Müller

PD Dr. med. Moritz Crönlein

10.4 Vorveröffentlichung

Müller, M., Heck, J., Pflüger, P., Greve, F., Biberthaler, P., Crönlein, M., 2022. Characteristics of bouldering injuries based on 430 patients presented to an urban emergency department. *Injury* 53, 1394–1400. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2022.02.003>

11 Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich herzlich bei meinem Betreuer PD Dr. med. Moritz Crönlein für die Erlaubnis zur Durchführung der Doktorarbeit und die engagierte Betreuung bedanken.

Des Weiteren danke ich meinem Mentor Dr. med. Igor Lazic für seine freundliche Unterstützung.

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. Michael Müller. Zuerst für die Hilfe bei der Auswahl der Thematik und die ständige intensive Betreuung der Arbeit. Neben seinem hohen beruflichen Einsatz fand er stets die Zeit, mir geduldig alle Abläufe und Methoden zur Durchführung der Studie zu erklären und mir mit Rat und Tat allzeit zur Seite zu stehen.

Herrn Fritz Seidl danke ich für die stets zuverlässige und schnelle administrative Bearbeitung meiner Anliegen.

Melanie Simon von der Graduate School möchte ich für das geduldige Beantworten aller meiner Fragen danken.

Ich bedanke mich bei den Mitarbeitern der Poststelle des Klinikums rechts der Isar für das Verschicken der Patientenanschriften.

Ganz herzlich bedanke ich mich bei allen Patienten, die bereit waren an der Studie teilzunehmen und sich die Zeit zu nehmen den Online-Fragebogen auszufüllen.

Schließlich möchte ich mich bei meiner Familie für die Ermöglichung des Studiums, die Unterstützung in jeglichen Belangen, sowie das Korrekturlesen dieser Doktorarbeit bedanken.