

Evaluation eines sechswöchigen Trainings mit und ohne Knowledge of Performance durch Videofeedback bei Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten im Sportklettern

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht

eingereicht von

Jirayu Dillier

an der
Universität Freiburg, Schweiz
Mathematisch-Naturwissenschaftliche und Medizinische Fakultät
Abteilung Medizin
Departement für Neuro- und Bewegungswissenschaften

in Zusammenarbeit mit der
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent
Prof. Wolfgang Taube

Betreuer
Dr. Michael Wälchli

Freiburg, April 2024

Dank

An erster Stelle möchte ich der Kletterhalle BOUBA in Baden für die zur Zurverfügungstellung der Lokalität und der Materialien sowie der Mithilfe beim Aufbau der Testrouten danken. Ohne die engagierte Zusammenarbeit und wertvollen Beiträge von Kevin Huser und Dimitri Canonica (Gründer der Kletterhalle) wäre die Realisierung dieses Projekts nicht möglich gewesen.

Ich möchte auch meinen aufrichtigen Dank an die Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten des Regionalzentrum Aarau-Mittelland und des BOUBA richten, die nicht nur ihre Zeit und Energie in dieses Projekt investiert haben, sondern auch wertvolle Einblicke und Perspektiven geliefert haben. Ihr Engagement und ihre Teilnahme haben dazu beigetragen, die Relevanz und Anwendbarkeit der Testrouten besser zu verstehen. Des Weiteren möchte ich die Gelegenheit nutzen, dem Trainerteam des Regionalzentrum Aarau-Mittelland meine Wertschätzung auszudrücken. Ihre fachliche Expertise und technische Unterstützung haben einen erheblichen Beitrag zur Konzeption, Umsetzung und Auswertung dieses Projekts geleistet. Die enge Zusammenarbeit hat dazu beigetragen, die Ergebnisse in einen sportlichen Kontext zu setzen und besser interpretieren zu können.

Ein besonderer Dank gilt Daniel Schaffner und Raphael Dillier, die während der Testtage eine entscheidende Rolle bei der reibungslosen Durchführung der Tests gespielt haben. Ihre Unterstützung hat dazu beigetragen, dass die Testumgebung optimal gestaltet war und die Daten zuverlässig erfasst wurden.

Zusammenfassung

Einleitung: Sportklettern hat sich zu einem dynamischen und anspruchsvollen Sport entwickelt, der sowohl körperliche Fitness als auch technisches Geschick erfordert. Neue Technologien und Trainingsmethoden, insbesondere Videofeedback (VFB), werden zur Verbesserung der Technik und Taktik eingesetzt, indem Bewegungen analysiert und Schwachstellen identifiziert werden. Diese Studie zielt darauf ab, die lang- und kurzfristige Wirksamkeit des Videofeedbacks auf die Kletterleistung und die qualitative Bewegungsausführung von Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten zu untersuchen.

Methode: In dieser Studie nahmen insgesamt 32 Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten (15 weibliche und 17 männliche) im Alter von 12 bis 18 Jahren teil. Die Testpersonen wurden in zwei gleichgrosse Gruppen eingeteilt: eine Interventionsgruppe (INT) und eine Kontrollgruppe (CON). Beide Gruppen setzten ihre regulären Trainings fort, wobei die INT-Gruppe über einen Zeitraum von sechs Wochen zwischen dem Pre- und Post-Test zusätzlich zum verbalen Feedback ein Videofeedback (VFB) erhielt. Nach dem Post-Test erhielt die INT-Gruppe kein weiteres VFB mehr, während das Training für beide Gruppen wie gewohnt fortgesetzt wurde. Die Studie wurde mit einem Retention-Test abgeschlossen.

Resultate: In allen Tests wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der INT- und der CON-Gruppe festgestellt (Pre-Test: $p = 0.916$, Post-Test: $p = 0.728$ und Retention-Test: $p = 0.639$). Die VFB-Gruppe zeigte einen Trainingseffekt von 19.9% vom Pre- zum Retention-Test, während die CON-Gruppe einen Trainingseffekt von 13.4% aufwies. Obwohl bei allen Testpersonen, sowohl mit als auch ohne VFB-Training, eine signifikante Steigerung der qualitativen Bewegungsausführung festgestellt wurde ($p < 0.001$), gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen der INT- und der CON-Gruppe ($p = 0.916$).

Konklusion: Da alle Testpersonen ihr Training weiterführten, waren signifikante Leistungsunterschiede zwischen den beiden Gruppen kaum zu erwarten. Dennoch konnte eine höhere Leistungssteigerung mit VFB im Vergleich zum regulären Training nachgewiesen werden. Der Einsatz von VFB sollte über einen längeren Zeitraum in Betracht gezogen werden, da die Entwicklung mit VFB mehr Zeit für Informationsverarbeitung und motorische Anpassung erfordert, weshalb die INT-Gruppe im Post-Test mit niedrigerer Leistung als die CON-Gruppe abschnitt. Zukünftige Forschungen sollten auch die mentalen Aspekte berücksichtigen, um ein umfassendes Verständnis der Trainingseffekte mit VFB zu erlangen.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Videofeedback.....	7
1.2	Klettertechnik	12
1.3	Weitere Anforderungen im Klettern	19
1.4	Definition Leistung im Bouldern	21
1.5	Ziel der Arbeit	22
2	Methode.....	23
2.1	Untersuchungsgruppen.....	23
2.2	Studiendesign	24
2.3	Messungen.....	26
2.4	Datenauswertung.....	28
3	Resultate.....	31
3.1	Kurz- und langfristige Leistungsentwicklung im Bouldern mit VFB-Training.....	31
3.2	Kurz- und langfristige Bewegungsausführung im Bouldern mit VFB-Training	32
3.3	Korrelation der Klettererfahrung mit der qualitativen Bewegungsausführung.....	35
4	Diskussion	41
4.1	Einfluss des VFBs auf die kurz- und langfristige Leistung im Bouldern	41
4.2	Einfluss des VFBs auf die kurz- und langfristige Bewegungsausführung.....	43
4.3	Korrelation der Klettererfahrung mit dem Trainingseffekt mit VFB-Training.....	45
4.3	Kritische Betrachtung.....	46
5	Schlussfolgerung	48
	Literatur.....	49

1 Einleitung

Sportklettern ist ein junger Sport, der heute seinen festen Platz im Breitensport eingenommen hat (Kysela, 2017). Ursprünglich wurde das Klettern stark vom Alpinismus, auch als Bergsteigen bekannt, geprägt. Dabei war ein umfangreiches Wissen über die Natur, Gebirge und Sicherungstechniken erforderlich. Es wurde als Extremsport betrachtet, der sich ausschliesslich im Freien an Felswänden abspielte (Claude, 1988). Im Unterschied zu heute bestieg man in jener Zeit die Alpengipfel, um durch den Einsatz technischer Hilfsmittel wie Strickleitern, Schlingen, Keilen und Haken sowie Sicherungsmitteln wie Seil und Expressschlingen in die Höhe zu gelangen (Claude, 1988; Pietschinig, 2017). Der Fokus lag damals nicht ausschliesslich auf der Bewältigung von herausfordernden Schwierigkeitsgraden. Daher galten Formen des Kletterns, wie zum Beispiel das Hochziehen an Schlingen oder das Verwenden von Hilfsmitteln als Griff oder Tritt, als erfolgreiche Begehung im Freikletterstil (Claude, 1988). Heute bezeichnet der Begriff "Freiklettern" das sportliche Klettern an Felswänden oder künstlichen Wänden ohne die Verwendung technischer Hilfsmittel. Im Laufe der Zeit hat sich das Freiklettern zum eigenständigen Sportklettern entwickelt und sich vom traditionellen Bergsteigen abgegrenzt. Das Sportklettern gliedert sich in drei Disziplinen: Bouldern, Lead und Speed. Beim Bouldern handelt es sich um eine seilfreie Variante des Kletterns, die allein, ohne die Unterstützung eines Kletterpartners an einer 4 Meter hohen Wand, ausgeübt werden kann (Beltrán Beltrán et al., 2023). Im Sportklettern geht es hauptsächlich darum, eine natürliche Felswand oder eine künstlich in die Wand geschraubte Route in einer Kletterhalle mit oder ohne Partnerhilfe zu erklimmen. Dabei besteht die Herausforderung darin, eine Vielzahl von physisch und technisch einfachen bis schweren Routen möglichst effizient im ersten Versuch zu bewältigen. Die Routen im Sportklettern zeichnen sich durch technische, taktische und physiologische Herausforderungen aus, die durch verschiedene Schwierigkeitsgrade nach der Union Internationale des Associations d'Alpinisme (UIAA) von 1 (einfach) bis 12 (anspruchsvoll) gekennzeichnet sind (Schweizer Alpen-Club SAC, o.D). Die UIAA-Skala ist im Bergsteigen weit verbreitet. Im Sportklettern in hohen Schwierigkeitsgraden hat sich die französische Skala von 3a (einfach) bis 9a (anspruchsvoll) sowohl in Europa wie auch international durchgesetzt. Diese Skala wird in den meisten In- und Outdoor-Kletterwänden angewendet. Darüber hinaus ermöglicht die verbesserte Infrastruktur allen die Ausübung des Sportklettern sowohl im Innen- als auch im Aussenbereich. In den letzten Jahren sind zahlreiche neue Kletter- und Boulderhallen entstanden, wodurch sich die Möglichkeiten zur Ausübung dieser Disziplinen im Breiten-, Fitness- und Trendsport erheblich

erweitert haben (Pietschinig, 2017). Das Klettern erfreut sich besonders bei Kindern und Jugendlichen grosser Beliebtheit, da das Spiel mit dem eigenen Körper an der vertikalen Wand und die Erfahrung von Höhen einen spannenden Anreiz bieten. Für Erwachsene bietet das Klettern die Möglichkeit, die eigene Leistungsfähigkeit zu erkunden und zu steigern. Darüber hinaus ermöglicht das Felsklettern mit Gleichgesinnten das Geniessen von Naturerlebnissen. Auch im Rahmen von Sportveranstaltungen hat dieser junge Sport seinen festen Platz gefunden. Im Jahr 2020 wurde das Sportklettern erstmals bei den Olympischen Spielen in Tokio ausgetragen. Dadurch gewinnt die Bildung von Teams professioneller Athletinnen und Athleten sowie Trainerinnen und Trainern im Sportklettern an Bedeutung. Der Sport motiviert nicht nur Breitensportlerinnen und Breitensportler, sondern auch Leistungssportlerinnen und Leistungssportler, ihre Klettertechnik über alle Disziplinen hinweg zu verbessern, um sportliche Erfolge in nationalen und internationalen Wettkämpfen feiern zu können (Martín et al., 2021). Sportliche Erfolge bleiben vielen Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten aufgrund geringer Körperwahrnehmung und mangelnder technischer sowie taktischer Fähigkeiten oft verwehrt. Eine Lösung liegt häufig in der Entwicklung dieser Fähigkeiten. Oftmals sind sich die Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten nicht über ihre Körperposition beim Klettern im Klaren, was auf eine unzureichende Körperwahrnehmung hinweist. Zudem basiert das Feedback im Sportklettern meist auf internen Aspekten wie den Füßen, der Hüfte, den Fingern usw., was den Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten nicht immer weiterhilft.

Maslovat & Franks (2019) betonen in ihrem Buch, dass eine der zentralen Variablen im Lehr- und Lernprozess das Feedback sei, insbesondere wenn es von externen Quellen wie einem Coach bereitgestellt wird. Historisch gesehen stützten sich Coaching-Massnahmen auf subjektive Beobachtungen, was sich nach Maslovat & Franks (2019) als problematisch erwies. Voreingenommenheit, Hervorhebung und Gedächtnislücken sind nur einige der Herausforderungen, die mit einer subjektiven Bewertung einhergehen. Daher hängt der Erfolg des Coachings wesentlich von der Sammlung und Analyse unvoreingenommener, objektiver Daten ab (Maslovat & Franks, 2019). Im Gegensatz zu anderen Solosportarten wie dem Radfahren oder dem Laufen stehen Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten im Sportklettern nur wenige Hilfsmittel zur Verfügung, um ihre Bewegungen zu kontrollieren und zu messen. Folglich scheint es eine Herausforderung für Trainerinnen und Trainer zu sein, Feedback mit externem Fokus zu geben. Daher besteht grosses Interesse an technischen Hilfsmitteln, die die Kletterleistung der Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten verbessern können. Um diese Nachfrage zu decken, haben Beltrán Beltrán et al. (2023) eine

Applikation zur Messung und Analyse entwickelt, um Athletinnen und Athleten im Bouldern gezieltes Feedback zu geben. Die Applikation erkennt mithilfe von Videoanalyse automatisch sechs Bewegungsfehler, die für Anfängerinnen und Anfänger mit begrenzter Klettererfahrung typisch sind. Sportlerinnen und Sportler sowie Trainerinnen und Trainer zeigen ein besonderes Interesse an solch tragbaren Technologien, die Informationen über den menschlichen Körper erfassen, um Daten zu sammeln, Abläufe zu analysieren und die Leistung zu verbessern. Die Entwicklung von Beltrán Beltrán et al. (2023) basiert auf dem Prinzip des Videofeedbacks (VFB). Dies wirft die Frage auf, ob ein externer Fokus mittels VFB tatsächlich zu einer Verbesserung der technischen Fähigkeiten sowie der allgemeinen Kletterleistung der Nachwuchssportlerinnen und Nachwuchssportler führen könnte.

1.1 Videofeedback

Es ist unbestritten, dass Feedback im Bewegungslernen einen unverzichtbaren Platz einnimmt. Die Feedbacks beziehen sich dabei auf vorangehende Bewegungsabläufe. Beim intrinsischen Feedback erfolgen die Rückmeldungen zu den Bewegungsabläufen über die eigenen Sinnesorgane als Ergebnis der Bewegungsausführung. Interne Quellen umfassen dabei das vestibuläre, propriozeptive, auditive und visuelle System sowie Gelenkrezeptoren, Muskelspindeln und den Golgi-Sehnen-Apparat. Extrinsisches Feedback (augmented feedback, AFB) hingegen stammt von externen Quellen wie den verbalen Rückmeldungen von den Trainerinnen und Trainern, den Videokameras sowie den Geschwindigkeits-, Zeit-, Sauerstoff- und Pulsangaben, die nicht durch interne sensorische Rückmeldungen verfügbar sind (Glöckner, 2009). AFB lässt sich in zwei Feedbacktypen unterteilen: ergebnisbezogene Rückmeldungen (knowledge of result, KR) und bewegungsbezogene Rückmeldungen (knowledge of performance, KP). Ein Beispiel für KP ist, wenn ein Trainer einem Sprinter während der Beschleunigungsphase Informationen zur Körperposition gibt. Informiert der Trainer den Sprinter hingegen über seine Höchstgeschwindigkeit, handelt es sich um KR. KR ist für das Erlernen von Fähigkeiten aus verschiedenen Gründen vorteilhaft. Der Sprinter benötigt KR, da er die Sprintgeschwindigkeit und die gelaufene Zeit nicht allein durch intrinsische Sensoren bestimmen kann. Zusätzlich dient KR als Bestätigung der eigenen Einschätzung und motiviert zum Weiterüben (Sharma et al., 2016). Moran et al. (2012) untersuchten in ihrer Studie den Einfluss von KR auf die Aufschlaggeschwindigkeit im Tennis. Hierzu wurden eine Interventionsgruppe und eine Kontrollgruppe gebildet, die vor Beginn der Trainingsintervention einen Pre-Test absolvierten. Anschliessend durchliefen beide Gruppen identische Aufschlagtrainings über einen Zeitraum von 6 Wochen. Während dieser Trainings

erhielt die Interventionsgruppe im Gegensatz zur Kontrollgruppe nach jedem Aufschlag eine Rückmeldung zu ihrer Aufschlagsgeschwindigkeit. Nach Abschluss der Trainings führten beide Gruppen einen Post-Test durch und setzten ihre konventionellen Trainings für weitere 6 Wochen fort. In dieser Phase erhielt keine der Gruppen KR, um die langfristige Entwicklung ohne KR zu überprüfen. Abschliessend wurde die Studie mit einem Retentionstest beendet. Bei dem Post-Test zeigte die Interventionsgruppe eine signifikante Steigerung der Aufschlagsgeschwindigkeit gegenüber der Kontrollgruppe. Zusätzlich bestätigte der Retentionstest die positiven Effekte von KR.

Auch die Verwendung von KP erweist sich als bedeutend. Dieses kann sowohl verbal als auch nonverbal übermittelt werden. Ein Sprinter kann beispielsweise durch die Analyse einer Videoaufzeichnung Rückmeldungen über seine Körperposition erhalten und diese Erkenntnisse für einen verbesserten zweiten Lauf nutzen. Zusätzlich kann KP hilfreich sein, um komplexe Bewegungsabläufe zu verbessern, die spezifische Bewegungsmerkmale erfordern. Ein Beispiel hierfür sind Sprünge ab einem Sprungbrett, die durch VFB verbessert werden konnten (Sharma et al., 2016). Das VFB hat sich als besonders nützlich für das Bewegungslernen und bei der Bewegungsanalyse erwiesen und stellt eine spezifische Form des AFBs dar. Dabei erhalten Athletinnen und Athleten unmittelbar nach der Bewegungsausführung die Möglichkeit, sich selbst anzusehen, um die gerade ausgeführte Bewegung zu bewerten oder zu vergleichen. Hierfür ist lediglich eine videofähige Kamera erforderlich, wie beispielsweise ein Smartphone oder ein Tablet.

Des Weiteren entdeckten Guadagnoli et al. (2002) einen interessanten Aspekt des VFBs, nämlich dass die Leistungsentwicklung mit dessen Hilfe Zeit benötigt und nicht sofort erkennbar ist. In ihrer Studie untersuchten sie 30 Golferinnen und Golfer (Alter: 29–50, Handicap: 7–16), die in drei Gruppen aufgeteilt wurden. Die erste Gruppe erhielt VFB mit begleitendem verbalem Feedback, die zweite Gruppe erhielt ausschliesslich verbales Feedback, und die dritte Gruppe erhielt weder VFB noch verbales Feedback. Vor der Intervention absolvierten alle Teilnehmenden einen Pre-Test, gefolgt von vier 90-minütigen Trainingseinheiten sowie einem unmittelbaren und einem um 2 Wochen verzögerten Post-Test. Alle drei Gruppen schnitten im Pre-Test ähnlich ab. Überraschenderweise schnitt die dritte Gruppe, die kein Feedback erhielt, im sofortigen Post-Test besser ab als die ersten beiden Gruppen. Hingegen schnitten die ersten beiden Gruppen im zweiten Post-Test besser ab als die Dritte, wobei die erste Gruppe, mit VFB, die besten Leistungen erzielte. Die Verarbeitung des Feedbacks könnte kurzfristig zu Leistungseinbussen führen, was die besseren Leistungen der

dritten Gruppe im sofortigen Post-Test erklären würde. Die Studie legt nahe, dass die Arbeit mit VFB zwar kurzfristig zu Leistungseinbussen führen kann, aber langfristig zum Erfolg beiträgt. Weitere Studien haben gezeigt, dass VFB nicht nur die physischen, sondern auch die mentalen Aspekte verbessern kann (Law et al., 2018; Potdevin et al., 2018) und dass seine Anwendung auch ausserhalb vom Spitzensport zu finden ist (Robertson et al., 2018). Sowohl Schulen als auch Vereine können VFB in Verbindung mit verbalem Feedback nutzen, insbesondere da alleiniges Ansehen des Videos möglicherweise für Anfängerinnen und Anfänger nicht ausreichend ist. Potdevin et al. (2018) konnten in ihrer Studie nachweisen, dass VFB zu einer Steigerung der körperlichen Fähigkeiten, der Selbsteinschätzung und der Motivation der Teilnehmerinnen und Teilnehmer geführt hatte. Zusätzlich bestätigt die Untersuchung von Mödinger et al. (2021) die Wirksamkeit des videobasierten visuellen Feedbacks zur Förderung des motorischen Lernens im Sportunterricht. Das Ziel der Untersuchung von Mödinger et al. (2021) bestand darin, den aktuellen Stand der Forschung zu diesem Thema zu synthetisieren und Erkenntnisse darüber zu gewinnen, inwieweit videobasiertes visuelles Feedback einen Beitrag zur Optimierung des motorischen Lernens von Schülerinnen und Schülern im schulischen Kontext leisten kann. Die Testpersonen umfassten Schülerinnen und Schüler unterschiedlichen Alters (9-15 Jahre) und Fitnessniveaus. Die Methodik der systematischen Überprüfung beinhaltete die Suche nach relevanten Studien in verschiedenen wissenschaftlichen Datenbanken. Dies ermöglichte den Forschern, Muster und Trends in Bezug auf den Einsatz von videobasiertem visuellem Feedback im Sportunterricht zu identifizieren. Die Ergebnisse zeigten, dass der Einsatz von videobasiertem visuellem Feedback positive Auswirkungen auf das motorische Lernen der Schülerinnen und Schüler im Sportunterricht hat. Darüber hinaus konnten Verbesserungen in verschiedenen motorischen Fähigkeiten und Bewegungen festgestellt werden. Die Untersuchung von Mödinger et al. (2021) verdeutlichte insbesondere die verbesserte Selbstwahrnehmung der Bewegungen, die durch die visuelle Unterstützung mittels Videos gefördert wurde. Es scheint, dass Potenzial zur Verbesserung der motorischen Leistung der Schülerinnen und Schüler im Sportunterricht durch Selbstmodellierung und Expertenmodellierung mittels visuellen Feedbacks vorhanden ist (Mödinger et al., 2021). Die vorgelegten Befunde lassen darauf schliessen, dass visuelle Feedbackmethoden im Sportunterricht möglicherweise effektiver sind als verbale Rückmeldungen. Dies könnte auf eine verbesserte Visualisierung, die Bereitstellung einzigartiger Informationen und die Erkennung von Fehlern zurückzuführen sein. Die Untersuchung von Mödinger et al. (2021) macht die breite Einsatzmöglichkeit des VFBs ausserhalb des Spitzensports deutlich. So einfach wie es klingt, sich zu filmen und dann das

Video anzuschauen, ist es jedoch nicht. Um ein qualitatives wertvolles Ergebnis durch VFB erzielen zu können, muss die Anwendung durchdacht sein. Die Forscher erörterten, wie Lehrkräfte das videobasierte visuelle Feedback effektiv in ihren Unterricht integrieren können. Es wurde betont, dass die Qualität des Feedbacks und die Art der Videoanwendung für den Lernerfolg entscheidend sind. Es wurde auch aufgezeigt, dass die Bereitstellung von klaren Anweisungen und die Einbindung der Schülerinnen und Schüler in den Feedbackprozess wichtige Faktoren sind (Mödinger et al., 2021). Weiterführend haben Law et al. (2018) in ihrem Artikel darauf hingewiesen, worauf bei der Aufnahme zu achten ist: wesentliche Elemente sind dabei die Athletin oder der Athlet sowie das Ziel. Darüber hinaus merkten Mödinger et al. (2021) an, dass die unterschiedliche Einflussfaktoren wie beispielsweise die Klassengrösse, die verfügbare Feedbackzeit, die Dauer der Unterrichtsstunden, die technische Ausstattung, die digitale Kompetenz der Lehrkräfte und die Datenschutzanforderungen zuverlässige Aussagen über die Machbarkeit von visuellem Feedback in der täglichen Praxis verhindern. Ausserdem betonten Maslovat & Franks (2019), dass die steigende Informationsflut durch videobasierte Instrumente eine genaue Auswahl erfordert, auf welche Aspekte der Leistung man den Fokus legen sollten. Es ist entscheidend, dass die Darstellung den Leistungsmerkmalen des Beobachters entspricht, um eine motorische Resonanz für die Wahrnehmung und Handlung mit dem beobachteten Bewegungsmuster zu gewährleisten. Zusätzlich betonen Maslovat & Franks (2019) in ihrem Buch, dass VFB aufgrund von Kriterien wie Inhalt, Umfang und Zeitpunkt sorgfältig eingesetzt werden soll, da dies einen erheblichen Einfluss auf den Lernprozess hat. Das Feedback soll die Aufmerksamkeit der Sportlerinnen und Sportler auf spezifische Aspekte lenken, um ihre Leistung in der anspruchsvollen Wettkampfumgebung zu optimieren (Maslovat & Franks, 2019). Durch die technologische Entwicklung besteht die Hoffnung, den Zeitaufwand des Feedbackprozesses zu reduzieren und die Umsetzung von visuellem Feedback im Sportunterricht mit grossen Klassen zu ermöglichen (Mödinger et al., 2021). Ausserdem könnte das Problem der mangelnden digitalen Kompetenz der Lehrkräfte laut Mödinger et al. (2021) durch die Schulung qualifizierter Lehrkräfte und die Integration digitaler Kompetenzen in die Ausbildung neuer Lehrkräfte angegangen werden. Darüber hinaus betonte Mödinger et al. (2021), dass die Bereitstellung einer kombinierten Selbst- und Expertenmodellierung durch mobile Geräte vielversprechende Ansätze zeigen. Insbesondere wenn die Expertenmodellierung sowohl zur Instruktion als auch zur Überlagerung der eigenen Bewegung mit der Zielbewegung genutzt wird. Derzeit liegen nur begrenzt wissenschaftliche Studien zur Effektivität von VFB in den verschiedenen Sportarten vor. Auch Mödinger et al. (2021) betont die Bedeutung weiterer Forschung, um die Effektivität dieser Methode besser zu

verstehen und den Lehrkräften fundierte Empfehlungen für die Integration in ihre Lehrpraxis zu geben. Insbesondere im Sportklettern hat bisher nur eine geringe Anzahl von Untersuchungen den Einsatz von VFB thematisiert. Im Sportklettern sind sowohl technische, mentale als auch physische Fähigkeiten erforderlich, die laut bisheriger Forschung durch den Einsatz von VFB möglicherweise verbessert werden können. Walker et al. (2020) konnten in ihrer Studie mit drei Teilnehmenden (weiblich: 1, männlich: 2, Alter: 20–29) eine Verbesserung der Klettertechnik durch VFB feststellen. Dabei wurden drei gängige Kletterfertigkeiten bewertet: Drop Knee, Rear Flag und Heelhook. Die Teilnehmenden wurden aufgefordert, vordefinierte Boulder zu klettern und wurden dabei mit einem Tablet gefilmt. Nach jedem erfolgreichen Versuch erhielten sie ein unmittelbares Sprachfeedback (Dauer: 10–30 Sekunden) zusammen mit einem Video von ihrer Kletterleistung. Die Teilnehmenden durften auch spezifische Fragen dazu stellen. Zusätzlich zum VFB wurde in dieser Studie auch das Feedback mittels Video Modeling angewendet, bei dem Bewegungen von Experten demonstriert wurden. Die Studienteilnehmenden wurden gebeten, die für die Studie verwendeten Routen ausserhalb der experimentellen Sitzungen nicht zu üben. Um den Kriterien der Untersuchung zu genügen, mussten alle Teilnehmenden jede Kletterfertigkeit mit einer Genauigkeit von mindestens 80% über die drei aufeinanderfolgenden Sätze korrekt zeigen. Vor dem Interventionstraining wiesen alle Teilnehmenden ein moderates Mass an Genauigkeit auf. Nach Abschluss des Interventionstrainings zeigte sich bei allen eine signifikante Steigerung der Genauigkeit. Dieses Ergebnis belegt eindeutig die Wirksamkeit von VFB im Sportklettern, insbesondere im Hinblick auf die technischen Aspekte. Daher könnte das VFB eine Lösung für die zuvor gestellte Frage darstellen: Inwiefern kann der Einsatz von VFB im Sportklettern zur Verbesserung der Kletterleistung beitragen?

Die entwickelte Applikation zur Messung und Analyse von typischen Kletterfehlern von Beltrán Beltrán et al. (2023) hat zum Ziel, Kletterinnen und Kletterer ein Feedback zu geben. Mithilfe der Videoanalyse erkennt die Applikation automatisch sechs gängige Bewegungsfehler. Das Klettern einer vollständigen Route setzt sich aus drei sich wiederholenden Kletterphasen zusammen. Daher kann eine charakteristische Gelenkanordnung in einer bestimmten Kletterphase als Fehler erkannt werden, während genau dieselbe Anordnung in einer anderen Phase nicht als Fehler betrachtet wird. Es wurden quantitative Tests mit drei erfahrenen Kletterern durchgeführt, die die Referenzrouten sowohl fehlerfrei als auch mit absichtlichen Fehlern kletterten. Daraus resultierten Präzisions-Rückrufkurven zur Bewertung der Fehlererkennungsleistung der Videoanalyse. Die Ergebnisse von Beltrán

Beltrán et al. (2023) zeigten, dass die Anzahl der falsch-positiven Ergebnisse nur im akzeptablen Bereich lag. Die erkannten Fehler reichten jedoch aus, um Kletterinnen und Kletterer sinnvolle Verbesserungsvorschläge zu geben. In dieser Studie wurde nicht über eine verbesserte Kletterleistung durch die Videoanalyse der Applikation berichtet. Daher kann lediglich davon ausgegangen werden, dass die Verbesserungsvorschläge der Applikation dazu beitragen könnten, Bewegungsfehler bei Kletterinnen und Kletterer zu minimieren und somit deren Kletterleistung zu steigern.

1.2 Klettertechnik

Eine korrekte Klettertechnik zielt darauf ab, den Kraftaufwand der Kletterinnen und Kletterer zum Erreichen der Griffe und um sich an der Wand festzuhalten bei der Ausführung einer Kletterroute, zu optimieren. Gleichzeitig wird das Verletzungsrisiko durch die Anwendung der passenden Technik reduziert. In der Kletterpraxis werden verschiedene Arten von Kletterwänden angetroffen, die jeweils einen spezifischen klettertechnischen Ansatz erfordern. An Platten (geneigte oder senkrechte Felswand) ist eine ausgezeichnete Balance und präzise Fussarbeit gefordert, während im Überhangbereich eine hohe Körperspannung und eine starke Armmuskulatur von Vorteil sind. Köstermeyer (2019) unterscheidet daher zwischen fließenden und dynamischen Bewegungen sowie frontalen oder eingedrehten Körperpositionen in den Bewegungsausführungen. In überhängenden Geländen wird oft mit Schwung geklettert, wobei sich die fließende, dynamische Ausführung des Beinhubes (Hubarbeit der Beine) und des Weitergreifens überlagern. Entscheidend für die schwungvolle Ausführung ist die Bewegungsinitialisierung durch einen Impuls der Hüfte. Zusätzlich wird bei extrem dynamischen Zügen eine Ausholbewegung aus der Hüfte und den Beinen vorgeschaltet. Die dynamische Ausführung hängt stark von der Art der Griffe und Tritte ab. In stark überhängendem Gelände wird oft die eingedrehte Körperposition angewendet, um eine grössere Reichweite zu erzielen und die Arm- und Schultermuskulatur effektiver einzusetzen. Die frontale Variante wird in geneigtem und senkrechtem Gelände angewendet und zeichnet sich durch eine seitliche Gewichtsverlagerung des Körpergewichts auf ein Bein aus. Technisches Klettern erfordert Fähigkeiten, die sich an die Kletterroute und die Situation anpassen. Dazu gehört ein präzises Tritt- und Griffverhalten, das richtige Timing beim Loslassen oder Anspannen des Körpers, das geschickte Einsetzen von Bewegungen und das Ausnutzen des Schwungs. Das Ziel besteht darin, sich flüssig und effizient durch die Route zu bewegen (Köstermeyer, 2019). Darüber hinaus streben Kletterinnen und Kletterer nach den optimalen Techniken, um eine Route möglichst beim ersten Versuch bis zum Top (dem letzten, markierten

Griff im Indoor-Sportklettern) zu bewältigen. In der Kletterszene sind verschiedene Bezeichnungen für den Begehungsmodus gebräuchlich.

- **On-sight-Modus:** Bezeichnet den sturzf freien Durchstieg einer Kletterroute ohne vorherige Information über die Route. Dieser Modus wird oft in Leadwettkämpfen für das Finale angewendet (Pietschnig, 2017; Schweizer Alpen-Club SAC, 2024).
- **Flash-Modus:** Umfasst den sturzf freien Durchstieg einer Route im ersten Versuch. Hierbei ist es erlaubt, Vorinformationen über die Route einzuholen oder andere Kletterinnen oder Kletterer vorab zu beobachten. Dieser Modus wird in der Regel für Qualifikationsrunden bei Leadwettkämpfen verwendet (Pietschnig, 2017; Schweizer Alpen-Club SAC, 2024).
- **Rotpunkt-Begehung:** Eine Rotpunkt-Begehung liegt vor, wenn eine Kletterroute erst nach mehreren Versuchen sturzf frei durchgestiegen wird. Während bei On-sight und Flash die Anzahl der Versuche von Bedeutung ist, spielt dies bei der Rotpunkt-Begehung keine Rolle. Häufig spricht man auch vom sogenannten „Projektieren“. Man betrachtet die Route als persönliches Projekt, das so oft wie nötig geklettert wird, bis der Durchstieg gelingt. Dieser Modus wird oft im Training angewendet (Pietschnig, 2017; Schweizer Alpen-Club SAC, 2024).

Aufgrund der unterschiedlichen Punktvergabe in Wettkämpfen für diese drei Begehungsarten (Rotpunkt ergibt die wenigsten Punkte, On-sight ergibt die meisten Punkte), streben Athletinnen und Athleten danach, die Route sowohl in der Qualifikation im Flash-Modus als auch im On-sight-Modus im Finale sturzf frei zu bewältigen. Da diese Arbeit darauf abzielt, Lösungen zur Formung leistungsstarker und erfolgreicher Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten zu finden, wurden die Klettertechniken eingehend studiert.

Salomón & Vigier (1989) beschreiben in ihrem Werk, dass das Klettern in drei wiederholenden Kletterphasen unterteilt werden kann. In der ersten Phase erfolgt die Bewegungsvorbereitung, in der sich die Kletterin oder der Kletterer auf die nächste Bewegungsausführung vorbereitet. Hierbei bleibt die Körperposition stabil, während die Hände an den Griffen verankert bleiben und die Füße an den unteren Griffen umplatziert werden, um die Aufwärtsbewegung einzuleiten. Nach der Vorbereitung streckt der Kletterer seinen Körper, um den nächsten Griff in einer vertikalen Aufwärtsbewegung zu ergreifen, wobei die Füße fixiert bleiben. Sobald der Zielgriff erreicht ist, bleiben die Hände an den Griffen fixiert. Der Körper wird nun abgesenkt und entspannt, bevor er die nächste Serie der drei Kletterphasen beginnt. Dieser Bewegungszyklus ist als Standardbewegung in Lehrbüchern beschrieben (Gauster et al., 2011).

Das Merkblatt von Jugend und Sport (J+S) zur Klettertechnik teilt die Bewegungen beim Klettern ebenfalls in drei Phasen ein: Vorbereitungs-, Haupt- und Endphase (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1

Die 3 Phasen der Kletterbewegung



Anmerkung. In der Abbildung sind die drei Kletterphasen nach Weber & Harvey (2010, S.1) ersichtlich.

In der Vorbereitungsphase spielen Aktionen wie die Auswahl des Zielgriffs und die mentale Vorstellung der Positionierung der Füße und des Körpers eine entscheidende Rolle. Ziel ist es, den Zielgriff so effizient wie möglich zu erreichen. Während der Hauptphase führt die Druckarbeit der Beine in Kombination mit der Zugarbeit der Arme zur Erreichung des Zielgriffs. Der Zielgriff wird nun belastet, und der Körperschwerpunkt wird in eine stabile Position verlagert (Pietschnig, 2017). Zusätzlich erfolgt in der Endphase die Umplatzierung der Füße, um eine stabile Körperposition zu erreichen (Gauster et al., 2022). Trotz der unterschiedlichen Benennung der drei Phasen durch die unterschiedlichen Autoren lässt sich anhand der Beschreibungen erkennen, dass es sich um das gleiche Bewegungsprinzip handelt. Für jede Phase werden spezifische Techniken angewendet. In der Vorbereitungsphase können beispielsweise Techniken wie der Konduktor, das Eindrehen, das Stützen, der Dynamo, der Quergang oder die offene Tür zum Einsatz kommen (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2

Bewegungsrepertoire im Klettern

KONDUKTEUR

Ausgangsposition breitbeinig; mit Zwischentritten in der Achse unterhalb des Körperschwerpunktes höher steigen und dann wieder breit stehen. → Keine aufwendige Körperschwerpunktverschiebung!
Wird v.a. in geneigtem Gelände angewandt.



EINDREHEN

Stabiles Weitergreifen ohne dass dabei die "Türe" aufgeht. Haltearm beim Greifen gestreckt (Kraftsparend). Eingedrehtes Knie (sog. Lolot oder Dropknee) verstärkt die Rotation zusätzlich und bringt den Körper näher an die Wand.
Gelände: Senkrecht und überhängend



STÜTZEN

Aufstützen mit Handballen um einen Fuss zu entlasten. → ohne Schwerpunktverlagerung mit Gegendruck unbelastet höher steigen.
Gelände: Verschneidungen und auf Platten.



DYNAMO

Impuls aus den Beinen; Ge Griffen wird im "toten Punkt", also da wo der Körper die maximale Höhe erreicht hat, bevor er wieder nach unten sackt. Dynamos eignen sich v.a. für weite Züge und sind kraftsparend. Misslingen eines Dynamos führt häufig zum Sturz.



QUERGANG

Körperschwerpunkt wird stärker verschoben als beim hochsteigen. Fehler in der Trittwahl enden häufig in einer "offenen Tür". Mit Körperschwerpunkt tief bleiben → Arme gestreckt.



"OFFENE TÜR"

Problem: Es ist nicht möglich eine Hand loszulassen ohne dass sich der Körper weg von der Wand dreht ("die Tür geht auf"). Durch Überkreuzen der Beine oder Einhängen der Füße kann dieses Ausdrehen verhindert werden.

Gelände: Überhängend oder an Kanten



Anmerkung. In der Abbildung sind die verschiedenen Klettertechniken (Technikleitbild) zur Positionierung des Körpers beschrieben (Weber & Harvey, 2010, S.1).

In der Hauptphase liegt der Fokus darauf, die unterschiedlichen Griffarten zügig, präzise und effizient zu erreichen, um eine optimale Übertragung der Kraft auf die Griffe sicherzustellen. Die verschiedenen Greifarten sind in Abbildung 3 nach Völker (2016) dargestellt: aufgestellt (Crimp), halboffen (Half Open), offene Hand (Open Hand), Aufleger (Sloper), Zangen (Pinch), Henkel (Jug) und Abstützen (Mantle). Es existiert keine offizielle Definition für die verschiedenen Griffarten. Dennoch sind die oben genannten Grifftechniken die bekanntesten unter Kletterinnen und Kletterern im Internet.

Abbildung 3

Die verschiedenen Arten des Greifens



Anmerkung. In der Abbildung sind die verschiedenen Techniken des Greifens dargestellt (eigene Bilder).

Crimp, Half-Open und Open Hand werden hauptsächlich zum Festhalten von Leisten verwendet. Leisten zeichnen sich durch kleine Griffe mit geringer Auflagefläche aus. Im Gegensatz dazu werden Sloper, Jug, Mantle und Pinch verwendet, um sich an grossflächigen Griffen festzuhalten, wobei der Halt durch die Reibung der Haut auf dem Element ermöglicht wird. Eine weitere Variante von Open Hand ist das Halten mit 2 bis 3 Fingern und das Mono (Halten mit einem Finger). Diese Techniken werden für sehr kleine Leisten oder kleine Haltelöcher angewendet. In der Endphase liegt der Fokus auf dem Entspannen und dem Gewinnen von Übersicht. Dies wird durch das Einnehmen einer Ruheposition mittels umplatzieren der Füße und verlagern des Körperschwerpunkts erreicht. Dabei wird eine Hand nach der Zugarbeit durch das Schütteln und durch das Aufsitzen entlastet. In den verschiedenen Phasen können unterschiedliche Fehler auftreten. Die sorgfältige Analyse und Anwendung der drei Kletterphasen sind von wesentlicher Bedeutung, um die Klettertechnik zu verfeinern und

effektiver anspruchsvolle Routen zu bewältigen. Oft hängen die Fehler im Klettern mit der Positionierung des Körpers oder den Bewegungen der Gliedmassen zusammen. In Tabelle 1 sind die häufigsten Fehler aufgelistet.

Tabelle 1

Die häufigsten Fehler im Klettern

Fehler	Beschreibung	Charakteristischer Fehler
Entkopplung	Dies ist eine energiesparende Technik der Vorbereitungsphase, bei der der Arm der Haltehand beim Setzen der Füße gestreckt ist. Als Haltehand wird die Hand bezeichnet, die weiter oben ist und das Hauptgewicht des Körpers hält, während die Hand in der unteren Position, welche den Körper zur Wand zieht, als Stützhand bezeichnet wird (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 4).	Sowohl der Ellbogenwinkel als auch der Schulterwinkel sind kleiner als 150° (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 4).
Stützen der Greifhand	In der Greifphase sollte die unterstützende Hand so lange wie möglich auf dem Griff bleiben, bevor sie zum nächsten Griff wechselt und zur neuen Haltehand wird (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 5).	Das Greifen dauert länger als 1 s (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 5).
Gewichtsverlagerung	In der Greifphase sollte das Gewicht auf das Bein verlagert werden, dass gegenüber der Stützhand steht. Das Knie wird seitlich über die Fusspitze dieses Beins verlagert, um sich anschliessend mit diesem Bein	Der Kletterer steht aufrecht während des Ziehens mit dem Arm der Haltehand. Zudem befindet sich das Knie im Verlauf der Bewegung nie senkrecht über der Fusspitze (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 5).

hochzudrücken (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 5).

Beide Füße aufstellen	Bei dieser Bewegung sollten beide Füße in der Aufstehphase an der Wand aufgesetzt und in der Ausholphase an die Wand gestellt werden. Ein Fuss kann auch einfach gegen die Wand gedrückt werden; Er muss dabei nicht unbedingt auf einer verschraubten Stufe stehen (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 5).	Nur ein Fuss hat beim Aufstehen Wandkontakt, während der andere Fuss weiterbewegt wird oder lose in der Luft hängt (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 5).
Schultern entspannen	In der Stabilisierungsphase nach dem Greifen sollte der Arm der haltenden Hand wieder gestreckt werden. Das Körpergewicht bzw. die Hüfte nähert sich wieder dem Lot der Haltehand, der Abstand zur Wand hängt davon ab, was der Kletterer mit der zweiten Hand macht (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 5).	Nach dem Greifen bleibt der Arm der Haltehand blockiert und der Winkel des Ellenbogens und der Schulter öffnet sich nicht (Chicken Winging). Die Winkel der Schulter in der Dorsal- und Sagittalebene sind kleiner als 150° (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 5).
Hüfte nahe an der Wand	Ziel ist es, die Hüfte in der Greifphase so nah wie möglich an der Wand zu halten. Diese Bewegung der Hüfte führt zu einem effizienteren und ökonomischeren Klettern, da der grösste Teil des Körpergewichts auf den Tritten ruht (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 5).	Eine Beugung in der Hüfte ist nicht ersichtlich. Der Abstand zwischen der Hüfte und der Wand ist grösser als 5cm. (Beltrán Beltrán et al., 2023, S. 5).

Anmerkung. Zusammenstellung der häufigsten Fehler im Klettern nach Beltrán Beltrán et al. (2023, S. 4-5).

Der Füsseinsatz spielt im Klettern eine bedeutende Rolle, da die Füße das Gewicht des Kletterers tragen müssen und massgeblich zur Stabilität beitragen. Insbesondere beim Bouldern kommt die Hook-Technik häufig zum Einsatz, um zusätzlichen Halt an der Wand zu generieren. Hierbei wird zwischen zwei Hauptvarianten unterschieden: dem Heelhook und dem Toehook. Beim Heelhook zieht der Kletterer aktiv mit der Ferse an einem Griff oder Tritt. Diese Technik ist erkennbar an der leicht nach aussen gedrehten Fussspitze und der erhöhten Position des Knies im Vergleich zum Fuss. Der Toehook hingegen involviert das aktive Heranziehen der Zehen in Richtung des Schienbeins, um sich an einem Tritt festzuhalten (Köstermeyer, 2019). Die effektive Anwendung dieser Techniken erfordert nicht nur Kraft und Koordination, sondern auch ein gutes Gefühl für den richtigen Zeitpunkt und die richtige Positionierung der Füße. Eine gezielte Schulung und Übung dieser Bewegungen kann die Kletterleistung signifikant verbessern und das Repertoire an Klettertechniken erweitern.

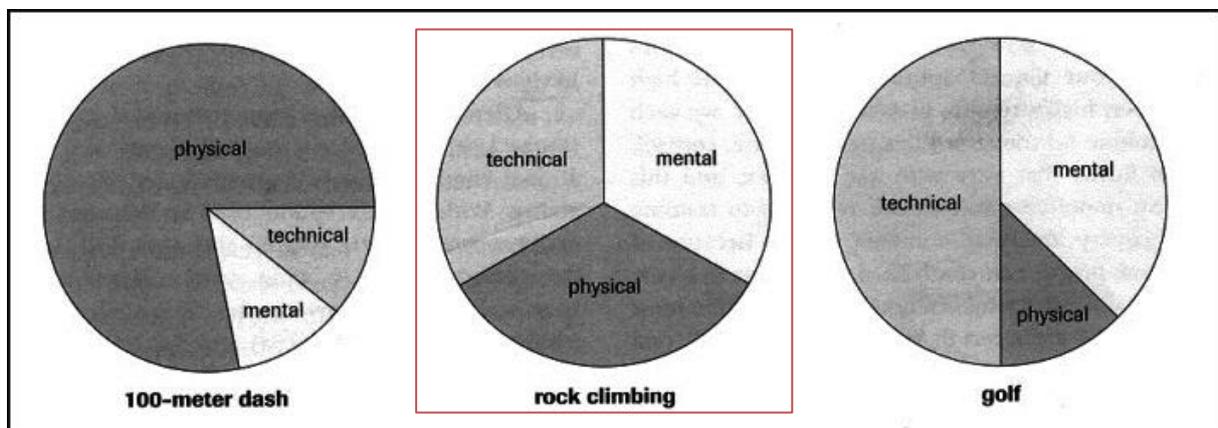
1.3 Weitere Anforderungen im Klettern

Darüber hinaus spielen nicht nur die technischen Fähigkeiten eine zentrale Rolle im Sportklettern. Auch physische und mentale Fähigkeiten sind entscheidend für erfolgreiches Klettern (Magiera et al., 2013; Gay & Chenevière, 2017). Aufgrund der ungewohnten Bewegungen an der Wand und der psychologischen Auswirkungen der Höhe ist das Klettern sowohl in Innen- als auch in Aussenbereichen eine mentale Belastung. Die besondere Umgebung des Kletterns, geprägt von Leere und Höhe, unterscheidet sich deutlich von den meisten anderen Sportarten, da Kletternde eine vertikale Perspektive erleben. Diese Umgebung erfordert eine Anpassung der Sinne und der Bewegungen, da sich Kletterinnen und Kletterer vertikal bewegen, im Gegensatz zu den horizontalen Bewegungen in den meisten anderen Sportarten. Ein weiteres herausforderndes Merkmal des Kletterns ist der Übergang von der zweifüssigen Bewegung zu einer vierfüssigen Bewegung an der Wand (Gay & Chenevière, 2017). Dies erfordert eine Vielzahl von Bewegungen und Techniken, um das Gleichgewicht zu halten und sich sicher fortzubewegen. Somit werden Kletterinnen und Kletterer sowohl körperlich als auch geistig herausgefordert. Zusätzlich zu den ungewöhnlichen Bewegungen und der besonderen Umgebung stellt das Klettern hohe Anforderungen an die körperliche Fitness, insbesondere in den oberen Extremitäten, den Fingern und den Händen (Gay & Chenevière, 2017). Diese Bereiche sind besonders wichtig, da sie die Hauptlast des Körpergewichts tragen und für die Greif- und Haltebewegungen verantwortlich sind. Die Beanspruchung dieser Muskelgruppen erfordert eine ausgezeichnete Kraft, Ausdauer und Koordination, um effektiv klettern zu können. Daher müssen Kletterinnen und Kletterer nicht

nur ihre Technik perfektionieren, sondern auch ihre körperliche Fitness gezielt trainieren, um den Herausforderungen des Kletterns gewachsen zu sein. In einer Untersuchung von Fleming & Hörst (2010) wurden die operanten Merkmale des Sportkletterns untersucht, die die Leistung beeinflussen. Die Ergebnisse dieser Forschung (siehe Abbildung 4) zeigen, dass beim Sportklettern im Vergleich zu Dart und Golf gleichermaßen mentale, technische und physische Anforderungen eine Rolle spielen. Magiera et al. (2013) betonte, dass mentale Anforderungen sowohl im Bouldern als auch im Lead bis zu 50% der Kletterleistung ausmachen.

Abbildung 4

Die relativen Anforderungen der verschiedenen Sportarten



Anmerkung. Abbildung vom Fleming & Hörst (2010) in Magiera et al. (2013, S. 114).

Um die Leistung im Sportklettern umfassend zu verbessern, ist es entscheidend, nicht nur die technischen und physischen Fähigkeiten zu fördern, sondern den Fokus auch auf die mentalen Fertigkeiten zu legen. Neben der Entwicklung von Kraft, Ausdauer und Technik ist es wichtig, die mentale Bewegungsvorstellung zu trainieren und Strategien zur Bewältigung von Ängsten vor Stürzen zu erlernen. Die mentale Stärke und die Fähigkeit, sich selbst zu motivieren und negative Gedanken zu überwinden, spielen eine entscheidende Rolle im Sportklettern. Daher sollte den mentalen Fähigkeiten besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, um eine ganzheitliche Leistungssteigerung zu erreichen. Dies kann durch gezieltes mentales Training, Visualisierungstechniken und Entspannungsübungen erfolgen, die darauf abzielen, das Selbstvertrauen zu stärken und die Konzentration zu verbessern. Ein ganzheitlicher Ansatz, der sowohl die körperlichen als auch die mentalen Aspekte berücksichtigt, kann dazu beitragen, das volle Potenzial der Sportkletterer zu entfalten und sie auf Wettkämpfe und herausfordernde Kletterrouten vorzubereiten.

1.4 Definition Leistung im Bouldern

Die Wettkampfleistung im Bouldern bezieht sich auf die Fähigkeit einer Athletin oder eines Athleten, eine Vielzahl von Boulderproblemen während eines Wettkampfes erfolgreich zu bewältigen. In der Schweiz werden nationale Wettkämpfe vom Schweizer Alpen-Club SAC organisiert und in Zusammenarbeit mit den Hallenbesitzern durchgeführt. Die Wettkampfleistung wird anhand verschiedener Kriterien gemessen, darunter die Anzahl erfolgreich gekletterten Boulder, die Anzahl Versuche, die benötigt wurden, um jeden Boulder zu meistern (Anzahl Top oder Zone), und die Zeit, die benötigte Zeit. Die Qualität der Bewegungsausführung erhält im Wettkampf keine Wertung (Schweizer Alpen-Club SAC, 2024). Es ist jedoch davon auszugehen, dass die qualitative Bewegungsausführung zum erfolgreichen Bewältigen des Boulderproblems beiträgt. Im Wettkampf streben die Athletinnen und Athleten danach, die Boulder so effizient wie möglich zu lösen, indem sie eine Kombination aus Technik, Kraft, Taktik und mentalem Durchhaltevermögen einsetzen, um den Boulder möglichst im ersten oder mit möglichst wenigen Versuchen zu schaffen. Nach dem Reglement der nationalen Wettkämpfe (SAC, 2024) wird die Leistung im Wettkampfbouldern oft durch die Anzahl der Tops, also das erfolgreiche Erreichen des höchsten Griffs der Boulderprobleme, sowie durch die Anzahl der Versuche und die Anzahl der Zonengriffe gemessen. Die Gesamtwertung eines Athleten oder einer Athletin im Bouldern basiert auf der Fähigkeit, eine Reihe von Boulderproblemen im Rahmen eines Wettkampfes erfolgreich zu meistern und dabei die vorgegebenen Regeln und Anforderungen einzuhalten.

Die Leistung im Wettkampf wird nach SAC (2024) also durch folgende Faktoren definiert:

- a) Anzahl erfolgreich gekletterter Boulder (Topgriffe)
- b) Anzahl gehaltener Zonengriffe
- c) Summe der Versuche, um diese Boulder erfolgreich zu klettern
- d) Summe der Versuche, um diese Zonengriffe zu erreichen

1.5 Ziel der Arbeit

Aufgrund der im Kapitel 1.1 erläuterten Erkenntnisse wird die Hypothese formuliert, dass Videofeedback im Vergleich zu herkömmlichem und internem Fokus zu einer gesteigerten Leistung im Klettern führt. Die vorliegende Masterarbeit hat daher zum Ziel, mithilfe von Videofeedback die technische Kletterleistung der Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten zu fördern. Daraus ergeben sich die folgende Fragestellung:

- a) Verbessert das Videofeedback-Training kurz- und langfristig die Leistung im Bouldern?
- b) Verbessert das Videofeedback-Training kurz- und langfristig die qualitative Bewegungsausführung im Bouldern?

2 Methode

Im Methodenteil sind sämtliche Schritte der Studie, von der Auswahl der Stichprobe bis zur Auswertung der Daten, detailliert beschrieben. Dies umfasst den Stichprobenbeschrieb im Kapitel 2.1, das Studiendesign im Kapitel 2.2, die Erläuterung der Untersuchungsmethoden im Kapitel 2.3 sowie die Auswertung im Kapitel 2.4.

2.1 Untersuchungsgruppen

Die Studie umfasste 32 Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten im Sportklettern aus verschiedenen Trainingsgruppen der Kantone Aargau, Basel-Stadt und Zürich, die mindestens zwei Trainingseinheiten à 2 Stunden pro Woche absolvierten. Die Gruppe setzte sich aus 16 männlichen und 16 weiblichen Testpersonen im Alter von 12 bis 18 Jahren zusammen. Anhand ihres Kletterlevels wurden die Teilnehmenden in eine Interventionsgruppe (n=16) und eine Kontrollgruppe (n=16) aufgeteilt. Die weiblichen und männlichen Testpersonen wurden unabhängig voneinander eingeteilt, um eine annähernd gleiche Verteilung der Geschlechter in beiden Gruppen sicherzustellen. Ein T-Test wurde durchgeführt, um zu überprüfen, ob beide Gruppen hinsichtlich ihres Kletterniveaus gleich stark verteilt sind (siehe Tabelle 2). Die Ergebnisse des T-Tests zeigten keine signifikanten Unterschiede im Kletterniveau zwischen den beiden Gruppen ($p=1.00$).

Tabelle 2

Übersicht Untersuchungsgruppe

	Interventionsgruppe (n=16)		Kontrollgruppe (n= 16)	
Alter (Jahre)	13.44±1.97		13.06±1.84	
	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich
Anzahl	8	8	8	8
Kletterniveau	7.69±1.03	7.50±0.85	7.69±0.80	7.50±1.22
Erfahrung (Jahre)	3.88±1.25	4.25±2.15	3.75±1.91	4.00±1.77
Körpergewicht (kg)	46.88±9.31	54.63±10.83	45.75±9.22	47.69±6.88
Körpergrösse (cm)	162.75±10.12	156.63±6.82	157.63±14.50	155.75±6.92
Spannweite (cm)	162.63±12.44	158.94±10.81	157.50±18.92	158.38±10.45

Anmerkung. Werte sind als Mittelwerte ± Standardabweichung angegeben. Das Kletterniveau beschreibt den höchsten Schwierigkeitsgrad einer Route, die die Testpersonen nach UIAA-Skala 1 (leichteste) bis 12 (anspruchsvollste) erfolgreich kletterten.

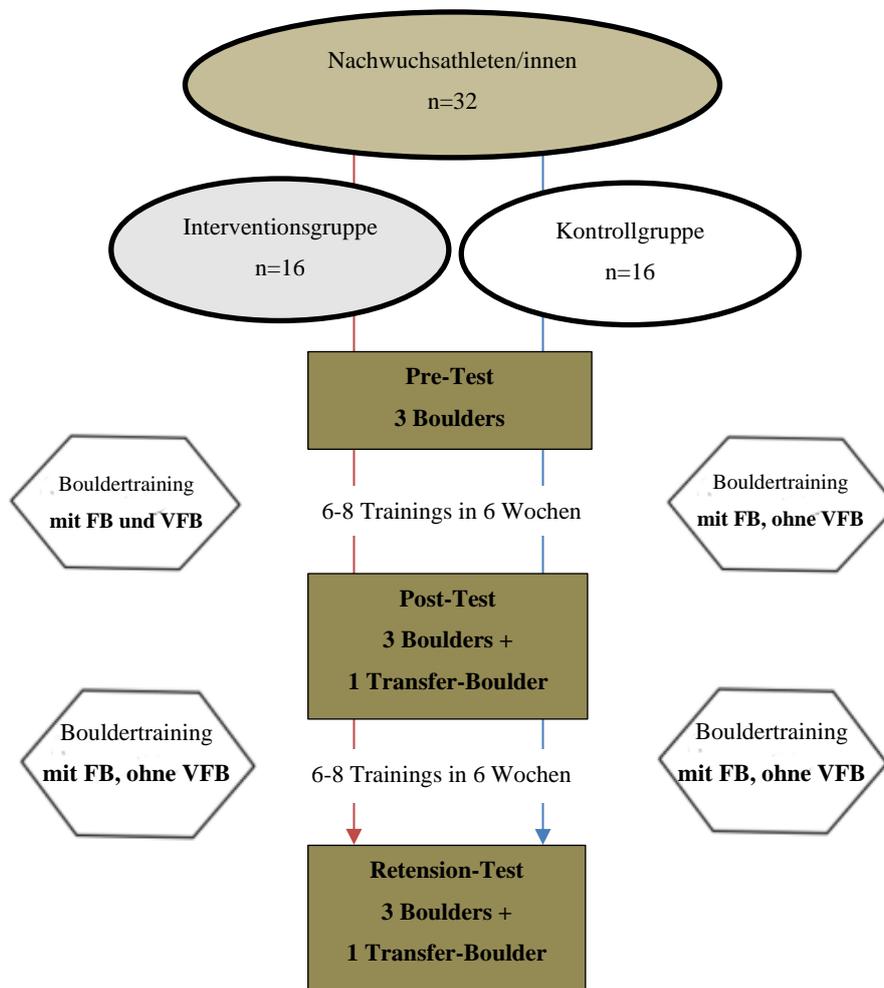
Beide Gruppen setzten die regulären Trainings gemeinsam fort. Zusätzlich zu dem verbalen Feedback im regulären Trainingsalltag erhielten die Nachwuchsathletinnen und die Nachwuchsathleten der Interventionsgruppe nach dem Pre-Test während sechs Wochen ein zusätzliches VFB. In diesen sechs Wochen fand mindestens einmal pro Woche ein Training mit einer Dauer von 2 Stunden statt, bei dem das VFB eingesetzt wurde. Die Nutzung des VFB wurde in dieser Trainingswoche so oft wie möglich angestrebt. Nach dem Post-Test erhielt die Interventionsgruppe, genauso wie die Kontrollgruppe, im regulären Training kein zusätzliches VFB. Das Training wurde wie gewohnt fortgesetzt, wobei meistens mit einem internen Fokus gearbeitet wurde.

2.2 Studiendesign

In dieser Studie handelte es sich um eine Trainingsinterventionsstudie, die den Einfluss von Videofeedback auf Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten im Bouldern untersuchte. Bisher gab es keine vergleichbare Interventionsstudie mit VFB im Sportklettern. Daher wurde das Studiendesign in Anlehnung an die Studie von Moran et al. (2012) im Tennis entwickelt. Die Organisation und der Ablauf der Studie sind in Abbildung 5 dargestellt.

Abbildung 5

Organisation und Ablauf der Studie



Anmerkung. Studiendesign mit Interventions- und Kontrollgruppe und drei Messzeitpunkten (Pre-, Post- und Retention-Test). FB = verbales Feedback. VFB = Videofeedback.

2.3 Messungen

Die Pre-, Post- und Retention-Tests fanden in einer Kletterhalle statt. Die Studie begann für alle Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit einem Pre-Test, bei dem das Ausgangsniveau der technischen Fähigkeiten der Testpersonen erfasst wurde. Sechs Wochen später wurde der Post-Test durchgeführt, um den kurzfristigen Effekt des Trainings mit VFB im Vergleich zum gewohnten Boulder-Training zu überprüfen. Weitere sechs Wochen später erfolgte der Retention-Test, um den langfristigen Effekt von VFB zu messen, nachdem dieses im Training nicht mehr eingesetzt wurde. Die Pre-, Post- und Retention-Tests umfassten jeweils drei Boulder-Probleme mit unterschiedlichen technischen und physischen Schwierigkeiten (siehe Tabelle 3). Da dieselben Boulder-Probleme für alle drei Tests verwendet wurden, wurde für die Post- und Retention-Tests jeweils ein neues Boulder-Problem geschraubt, um zusätzlich den Lerntransfer zu prüfen. Vor und nach dem jeweiligen Testtag wurden die Boulder auf- und abgebaut, sodass die Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten nicht zuvor oder danach an den jeweiligen Boulder üben konnten.

Tabelle 3

Beschreibung der Boulder-Probleme

Bezeichnung	Schlüsselemente	Beschreibung
B1-Leisten	Open Hand und Climp Technik, Körperposition, Unterarmposition, Trittgenuauigkeit, Taktik (Visualisierung, Planung)	Statisch – Leisten-Griffform: Leisten zeichnen sich durch schmale Kanten aus, die technisch anspruchsvoll sind. Hier werden die Finger stark belastet. Die Art, wie die Griffe gehalten werden (Open-Hand, Crimp), und die Positionierung des Körpers machen einen erheblichen Unterschied.
B2-Dynamischer Sloper	Ausgangsposition, Anlauf, Schwungbein, Zug- & Druckarm, Grifftechnik, Körperposition, Taktik	Dynamisch – Slope-Griffform (Sloper): Dynamisches Klettern zeichnet sich durch Sprünge oder besonders weite Bewegungen an Slope-Griffen aus, die explosiv angegangen werden. Sloper sind runde Griffe ohne positive Einkerbungen, sodass man durch das Auflegen der Hände genug Zug, Druck und Reibung erzeugen

	(Visualisierung, Planung, Ruheposition) Fusstechnik, Körperspannung	muss, um sich zu stabilisieren und in den nächsten Zug zu kommen. Beim Sloper-Klettern ist eine gute Planung, die richtige Fusstechnik und Körperspannung gefragt.
B3-30% Überhang	Trittwechsel, Eindrehen oder Heelhook/Toehook Körperspannung Taktik (Visualisierung, Planung, Ruheposition)	Überhang – Henkel-Griffform: Das Überhangklettern zeichnet sich durch das steile Gelände aus, beziehungsweise das Dach. Je steiler das Gelände, desto anstrengender wird die Kletterei für die Arme und den Oberkörper. Hier ist es entscheidend, so viel Körpergewicht wie möglich auf die Beine zu verlagern. Das Überhangklettern wird oft mit hohem Krafteinsatz verbunden, wobei Techniken wie Trittwechsel, Eindrehen oder Heelhook Schlüsselemente darstellen.
T1/T2 Transfer Boulder-	Kongruent zum B1	Ein technischer Boulder, der mit dem Einsatz der Fusstechnik ohne grossen Kraftaufwand geklettert werden kann.

Anmerkung. Selbsterstellte Kriterien der Boulder-Probleme wurden in Anlehnung an die theoretischen Grundlagen im Kapitel 1.1.2 formuliert.

Vor dem Test wurden die Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten gebeten, sich selbständig aufzuwärmen, was ein kurzes Einlaufen, die Mobilisation der Gelenke, Stabilisationsübungen des Rumpfes, Liegestützen, Klimmzüge, Fingerübungen und leichtes einklettern an einfachen Boulders umfasste.

Nach dem Aufwärmen kamen die Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten einzeln nacheinander zum Testboulder. Hier erhielten sie eine kurze Instruktion zum Testablauf und konnten Fragen klären. Jede Testperson hatte maximal 60 Sekunden Zeit, um den Boulder zu analysieren, und maximal 3 Minuten für einen einzigen Versuch zur Verfügung, um den Boulder zu bewältigen. Dabei wurden die Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten bei allen drei Boulders gefilmt. Während des Tests wurde auf jegliche Rückmeldung verzichtet. Sobald eine Nachwuchsathletin oder ein Nachwuchsathlet alle Boulder absolviert hatte, wurde die nächste Testperson zum Testboulder gebeten. Es war mit 15 Minuten Testzeit pro

Testperson zu rechnen. Um die Wartezeit zu verringern, wurden die Testpersonen am Testtag in eine Vormittags- und eine Nachmittagsgruppe aufgeteilt.

2.4 Datenauswertung

Bei den Pre-, Post- und Retention-Tests wurden die Daten anhand eines vorher erstellten Bewertungsrasters qualitativ bewertet (siehe Tabelle 4). Anschliessend wurden die Daten der drei Tests in einer Excel-Tabelle (Microsoft Office 365 Enterprise, Version 2401) für die statistische Auswertung vorbereitet. Die ausgefüllte Excel-Tabelle wurde anschliessend für die statistische Berechnung in Jamovi (Version 2.3.28) importiert. Um mögliche Manipulationen oder Verfälschungen der Daten zu vermeiden, wurden alle Aufnahmen von Pre-, Post- und Retention-Tests gemischt. Das Erstellungsdatum wurde ausgeblendet, die Videos wurden nach Dateigrösse sortiert und nummeriert (zum Beispiel Video 1, 2, 3 usw.). Dadurch war nicht mehr erkennbar, ob es sich um einen Pre-, Post- oder Retention-Test handelte. Die Auswertung der Daten konnte daher erst nach der Durchführung des Retention-Tests erfolgen. Zur Verifikation, ob es sich um ein Pre-, Post- oder Retentions-Video handelte, wurde das Erstellungsdatum wieder eingeblendet. Zur Erhöhung der Objektivität der Daten wurden die Videos von zwei weiteren Personen unabhängig voneinander bewertet. Bei Abweichungen in den Bewertungen wurde das betroffene Video gemeinsam erneut evaluiert.

Tabelle 4

Bewertungskriterien der drei Boulder-Problemen

Bewertungsskala 1-5											
1: Bewegung nicht vorhanden											
2: Bewegung ansatzweise erkennbar											
3: Bewegung eindeutig erkennbar											
4: Bewegung eindeutig erkennbar und ansatzweise ausgeführt											
5: Bewegung eindeutig erkennbar und korrekt ausgeführt											
	Pre-Test			Post-Test				Retention-Test			
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	T1	B1	B2	B3	T2
Bewegungsantizipation - Visualisierung											
Plant die Bewegung voraus											
<i>Sichtbare Visualisierung der Route. Griff und Tritt beim ersten Mal korrekt, ohne ein Umgreifen.</i>											

Vorbereitungsphase											
Entkopplung <i>Arm der Haltehand gibt nach</i>											
Entlastet treten <i>seitliche Hüftverlagerung, sich nicht auf die Tritte fallen lassen</i>											
Blick zum Tritt <i>bis der Fuss optimal gesetzt ist</i>											
Anlaufen und Spreizen <i>unter dem Körper anlaufen, einnehmen der Position für die Hüftverlagerung</i>											
Beide Füße aufstellen <i>Fuss mit tiefer Ferse setzen</i>											
Auslösung - Zugphase											
Stützen der Greifhand <i>Greifhand bleibt lang am Griff</i>											
Hüfte verlagern und Hubarbeit in einem Zug <i>zweigeteilte Bewegung flüssig Ausführen</i>											
Hüfte nahe an der Wand <i>Hüfte hat < 5 cm Abstand zur Wand</i>											
Aktive Schwungauslösung <i>aus den Beinen und mit Hüfteinsatz</i>											
Ziehen <i>Knie wandert vor die Fussspitze</i>											
Schwungkontrolle und -mitnahme											
Endphase											
Stabile Position <i>Gleichgewicht suchen und Spannung beibehalten, Wandkontakt mit beiden Füßen.</i>											

Ruheposition <i>Microschütteln, Arme entlasten, chalken</i>											
Schulter entlasten <i>Gleichgewicht suchen und lange Armposition einnehmen</i>											
Anzahl Griffe											
Anzahl gehaltene Griffe	/9	/8	/12	/9	/8	/12	/12	/9	/8	/12	/12

Anmerkung. Angepasster Beobachtungsbogen «Technikleitbild Wandklettern» von Köstermeyser (2019) in Anlehnung an die theoretischen Grundlagen im Kapitel 1.1.2. Die Beschreibungen B1-B3 und T1-T2 sind in der Tabelle 3 dargestellt.

Die Qualität der Bewegungsausführung wurde auf einer Skala von 1 bis 5 Punkten bewertet, wobei 1 für eine nicht vorhandene Bewegung und 5 für eine eindeutig erkennbare und korrekt ausgeführte Bewegung verwendet wurde. Zusätzlich zur qualitativen Bewertung wurde auch die Anzahl der gehaltenen Griffe berücksichtigt. Diese diente als Kriterium für die Kletterleistung, wobei beispielsweise das Halten aller 9 der 9 Griffen als das Erreichen des Tops bewertet wurde. In Boulderwettkämpfen spielen solche Bewertungskriterien eine entscheidende Rolle für die Platzierung der Athletinnen und Athleten sowie für die Gesamtwertung des Wettbewerbs. Die Qualität der Bewegungen und die Effizienz beim Greifen und Halten der Griffe sind für die erfolgreiche Bewältigung der Boulderprobleme von entscheidender Bedeutung, werden aber bei bei Boulderwettkämpfen nicht zur bewertet. Die Qualität der Bewegungsausführung wurde in dieser Masterarbeit als ein wesentlicher Bestandteil der Bewertung der Kletterleistung berücksichtigt, da sie einen grossen Einfluss auf die Gesamtleistung hat. Im Rahmen der Auswertung der Kletterleistung wurde ausschliesslich die Anzahl der Tops berücksichtigt, während die Zonengriffe nicht in die Wertung einbezogen wurden.

3 Resultate

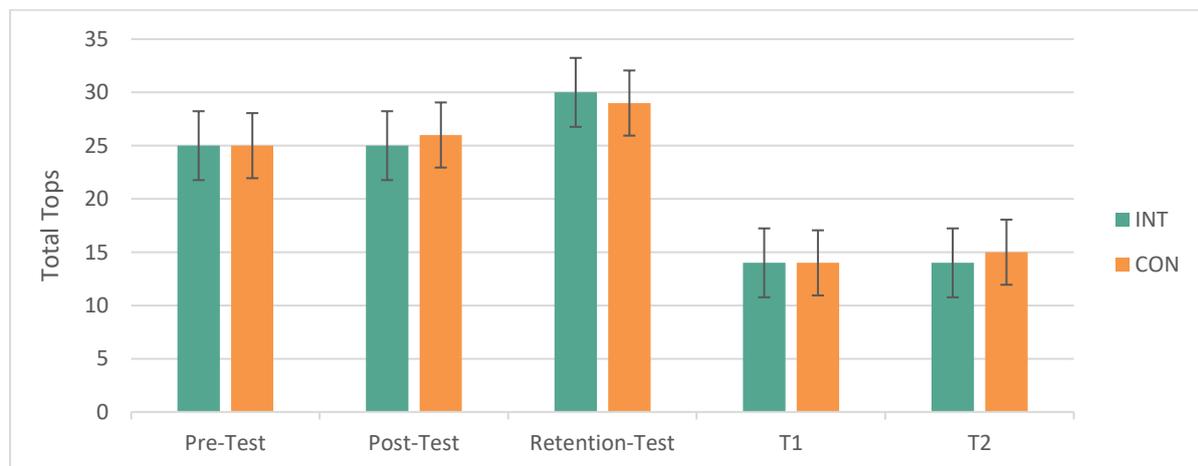
Die vorliegende Untersuchung widmete sich der Evaluation der Effektivität von Videofeedback-Training (VFB-Training) im Bereich des Boulderns. In Anbetracht der zentralen Fragestellungen dieser Arbeit wurden die Auswirkungen des VFB-Trainings auf die Kletterleistung und die qualitative Bewegungsausführung im Bouldern sowohl kurz- als auch langfristig analysiert.

3.1 Kurz- und langfristige Leistungsentwicklung im Bouldern mit VFB-Training

Die Analyse der Kletterleistung vor, während und nach der Interventionsphase im Bouldern erfolgte durch die Auswertung der Pre-, Post- und Retention-Tests. Die Abbildung 6 zeigt die Gesamtzahl der erreichten Tops sowohl in der Interventionsgruppe (INT) als auch in der Kontrollgruppe (CON) in allen Testdurchläufen.

Abbildung 6

Gesamtzahl der erreichten Tops in allen Tests



Anmerkung. Summe aller Tops pro Test zwischen INT- und CON-Gruppe. T1 und T2 sind Transferroute.

Die Ergebnisse des ANOVA-Tests mit Messwiederholung (Abbildung 6) zeigten keine signifikante Steigerung der Quote der erreichten Tops (Top-Quote) aller Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit und ohne VFB-Training ($F_{2,60} = 1,57; p < 0,0217; \eta^2_p = 0,05$). Auch in Bezug auf die Zwischensubjekteffekte (Unterschied von VFB und von CON) zeigte das Resultat keine Signifikanz ($F_{1,30} = 0,00; p = 1,000; \eta^2_p = 0,00$). Es gab keine signifikanten Unterschiede über alle drei Tests bei den beiden Gruppen. Im Pre-Test erreichten beide Gruppen 25 Tops. Im Post-Test erreichte die VFB-Gruppe ein Top weniger als die CON-

Gruppe. Hingegen erreichten die VFB-Gruppe im Retention-Test ein Top mehr als die CON-Gruppe. Vom Pre- zum Retention-Test konnte die VFB-Gruppe die Top-Quote um 20% und die CON-Gruppe um 16% erhöhen. Auch das Ergebnis zwischen dem Transfertest 1 und dem Transfertest 2 zeigte keine Signifikanz zwischen den Innersubjekt-Effekte ($F(1,30) = 0.14$; $p < 0.716$; $\eta^2_p = 0.00$) und Zwischensubjekteffekte ($F(1,30) = 0.17$; $p < 0.681$; $\eta^2_p = 0.00$). Beim Transfertest 1 erreichten beide Gruppen 14 Tops, wobei die CON-Gruppe beim Transfertest 2 einen Top mehr erreicht.

3.2 Kurz- und langfristige Bewegungsausführung im Bouldern mit VFB-Training

Die Analyse der qualitativen Bewegungsausführung vor, während und nach der Interventionsphase im Bouldern erfolgte durch die Auswertung der Pre-, Post- und Retention-Tests. Die Testergebnisse wurden in den Tabellen 5 und 6 zusammengefasst, um einen umfassenden Einblick in die Entwicklung der qualitativen Bewegungsausführung der Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten über die verschiedenen Trainingsphasen zu ermöglichen.

Tabelle 5

Übersicht der Entwicklung in der qualitativen Bewegungsausführung während der drei Tests

	Pre-Test (Punkte)	Post-Test (Punkte)	Re-Test (Punkte)	Trainings- effekt Pre-Post	Trainings- effekt Post-Re	Trainings- effekt Pre-Re
VFB	126.00±21.10	138.94±22.06	150.19±24.13	10.6%	8.4%	19.9%
CON	129.25±18.60	140.50±20.68	146.19±22.10	9.4%	4.7%	13.4%
Alle	127.63±19.63	139.72±21.05	148.19±22.85	10.0%	6.5%	16.7%

Anmerkung: Die Werte sind als Mittelwerte ± Standardabweichung angegeben. Die prozentuale Leistungsentwicklung wurde in Excel berechnet. Re = Retention-Test.

Tabelle 6

Übersicht der Entwicklung in der qualitativen Bewegungsausführung der beiden Transfertests

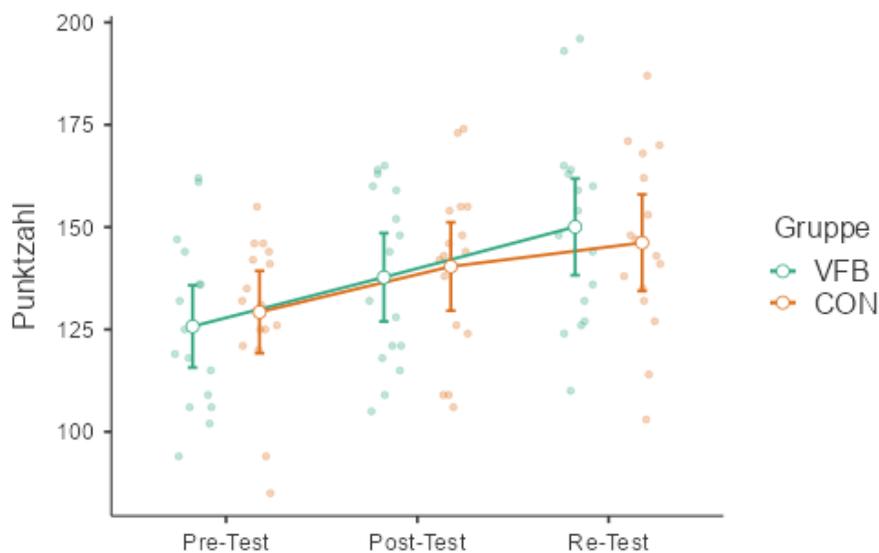
	Transfertest 1 (Punkte)	Transfertest 2 (Punkte)	Trainingseffekt T1-T2
VFB	52.88±10.50	56.94±3.92	13.2%
CON	52.25±7.33	55.13±4.94	7.1%
Alle	52.56±8.92	56.03±4.48	10.1%

Anmerkung: Die Werte sind als Mittelwerte ± Standardabweichung angegeben

Die Ergebnisse des ANOVA-Tests mit Messwiederholung (Abbildung 7) zeigten eine signifikante Veränderung der qualitativen Bewegungsausführung aller Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit und ohne VFB-Training ($F_{2,60} = 42.06$; $p < 0.001$; $\eta^2_p = 0.58$). Der nach Bonferroni korrigierte Post-hoc-Test ergab einen signifikanten Qualitätsanstieg von 10.0% ($p < 0.001$) vom Pre- zum Post-Test, 6.5% ($p < 0.001$) vom Post- zum Retentions-Test und 16.7% ($p < 0.001$) vom Pre- zum Retention-Test. In Bezug auf die Zwischensubjekteffekte der VFB-Gruppe und der CON-Gruppe zeigte das Resultat keine Signifikanz ($F_{1,30} = 0.01$; $p = 0.916$; $\eta^2_p = 0.00$). Die VFB-Gruppe erzielte einen Anstieg der qualitativen Bewegungsausführung vom Pre- zum Retention-Test von 19.9%, während die CON-Gruppe einen Anstieg von 13.4% verzeichnete (siehe Tabelle 5).

Abbildung 7

Entwicklung der Bewegungsausführung während der Pre-, Post- und Retention-Tests

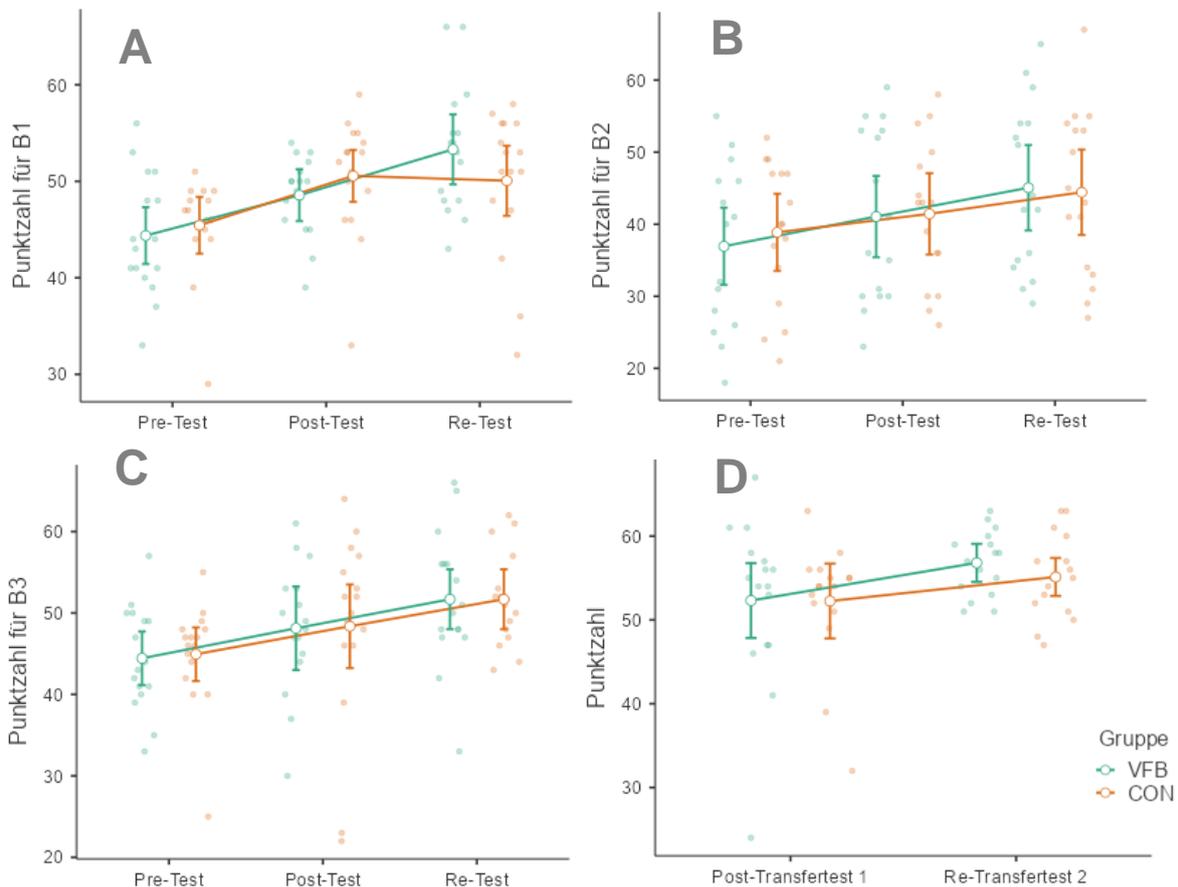


Anmerkung. Qualitative Bewegungsausführung in den Tests (Pre-, Post- und Retention-Test) nach 6 Wochen mit und ohne VFB-Training verglichen mit CON-Gruppe. * $p = 0.961$.

Des Weiteren visualisiert die Abbildung 8 die Ergebnisse des ANOVA-Tests mit Messwiederholung für die einzelnen Testrouten zu verschiedenen Testzeitpunkten.

Abbildung 8

Entwicklung der Bewegungsausführung in den einzelnen Boulders



Anmerkung. Qualitative Bewegungsausführung in den Tests (Pre-, Post- und Retention-Test) nach 6 Wochen mit und ohne VFB-Training verglichen mit CON-Gruppe. B1, B2 und B3 sind standardisierte Testrouten. Bei den Transferfests 1 und 2 handelte es sich um zwei unterschiedliche Boulder-Routen, die jedoch vergleichbar sind.

Die Ergebnisse der verschiedenen Boulders (B1, B2, B3) verdeutlichen die Effektivität des VFB -Trainings im Vergleich zur CON-Gruppe. Insbesondere beim B1 zeigte die VFB-Gruppe einen signifikanten Qualitätsanstieg von 20.7% ($p < 0.001$) zwischen Pre- und Retention-Test, während die CON-Gruppe einen Anstieg der qualitativen Bewegungsausführung von 10.4% auswies (siehe Abbildung 8A). Darüber hinaus zeigt die Grafik eine Qualitätsabnahme der CON-Gruppe zwischen Pre- und Retention-Test von 1.0%. Der Faktor Test und der Faktor Gruppe wiesen dabei unterschiedliche Ausprägungen auf. Während der Faktor Test ($F_{2,60} =$

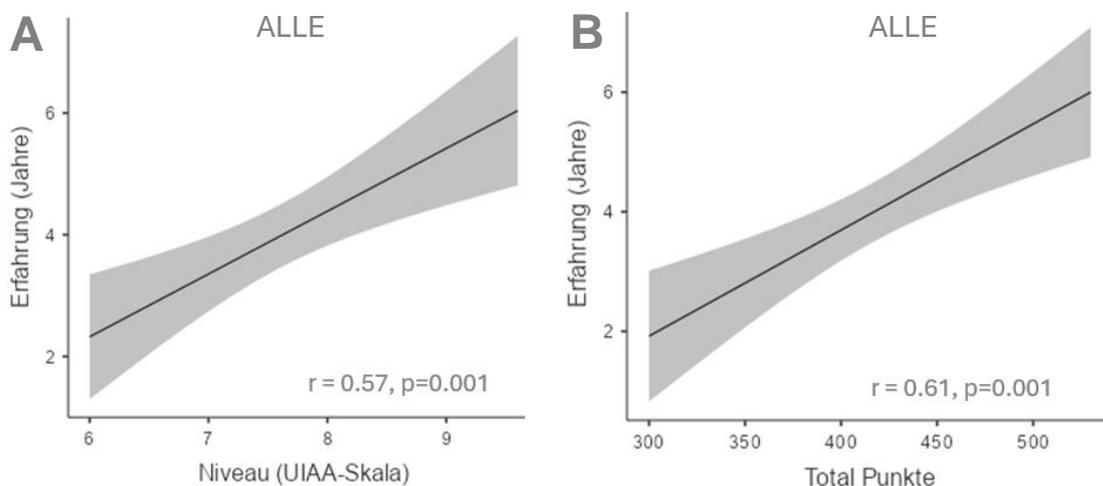
33.97; $p < 0.001$; $\eta^2_p = 0.53$) signifikante Ergebnisse zeigte, waren die Ergebnisse der Faktor Gruppe ($F_{1,30} = 0.00$; $p < 0.974$; $\eta^2_p = 0.00$) nicht signifikant. Die Testrouten B2 und B3 zeigten bei beiden Gruppen eine lineare Steigerung zwischen Pre- und Retention-Test (siehe Abbildung 8B-C). Die VFB-Gruppe verzeichnete eine Zunahme von 27.6% beim B2 und 17.1% beim B3, während die CON-Gruppe eine Steigerung von 15.1% beim B2 und 16.8% beim B3 auswies. Der Faktor Test zeigte signifikante Unterschiede beim B2 ($F_{2,60} = 16.26$; $p < 0.001$; $\eta^2_p = 0.35$) und B3 ($F_{2,60} = 12.90$; $p < 0.001$; $\eta^2_p = 0.35$), während der Faktor Gruppe beim B2 ($F_{1,30} = 0.02$; $p < 0.879$; $\eta^2_p = 0.00$) und B3 ($F_{1,30} = 0.01$; $p < 0.916$; $\eta^2_p = 0.00$) keine signifikanten Unterschiede auswies. Auch bei den Transfertestrouten konnte eine Steigerung in der qualitativen Bewegungsausführung beobachtet werden (siehe Abbildung 8D). Die VFB-Gruppe zeigte eine Zunahme von 13.2%, während die CON-Gruppe eine Steigerung von 7.1% verzeichnete. Der Faktor Test wies signifikante Unterschiede aus ($F_{1,30} = 7.52$; $p < 0.010$; $\eta^2_p = 0.20$), während der Faktor Gruppe erneut keine signifikanten Unterschiede auswies ($F_{1,30} = 0.18$; $p < 0.672$; $\eta^2_p = 0.01$).

3.3 Korrelation der Klettererfahrung mit der qualitativen Bewegungsausführung

Zunächst wurde überprüft, ob die Klettererfahrung in Jahre mit dem höheren Kletterniveau sowie mit der erreichten Punktzahl in den Pre-, Post- und Retention-Test korreliert. Die Ergebnisse zeigen eine positive Korrelation zwischen der Klettererfahrung und dem Kletterniveau ($r = 0.57$, $p < 0.001$; Abbildung 9A) sowie die Korrelation zwischen der Klettererfahrung mit der Punktzahl über alle drei Tests ($r = 0.61$, $p < 0.001$; Abbildung 9B).

Abbildung 9

Korrelation der Klettererfahrung mit der Kletterleistung und der Bewegungsausführung

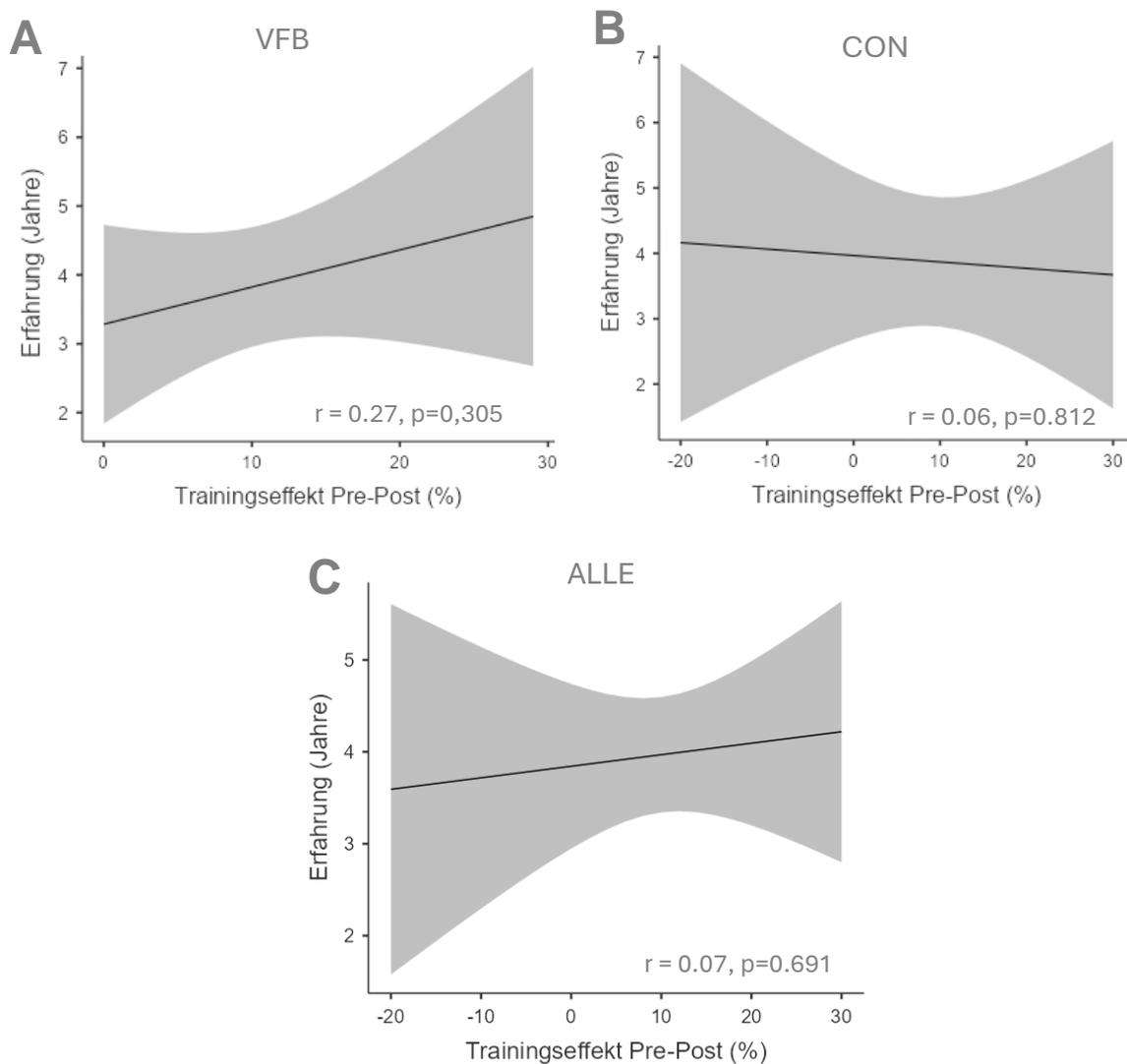


Anmerkung. Total Punkte = Summe aus Pre-, Post- und Retention-Test.

Darüber hinaus zeigen die Abbildungen 10 bis 12 die Korrelation zwischen dem Trainingseffekt (prozentuale Entwicklung vom Pre- zum Post-Test bzw. vom Post- zum Retention-Test und vom Pre- zum Retention-Test) mit der Klettererfahrung. Zusätzlich wurden die gruppenbezogenen Unterschiede grafisch dargestellt, um einen besseren Einblick in die Zusammenhänge zwischen dem Trainingseffekt mit der Erfahrung der Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten zu erhalten.

Abbildung 10

Korrelation der Klettererfahrung mit den Trainingseffekten im Post-Test

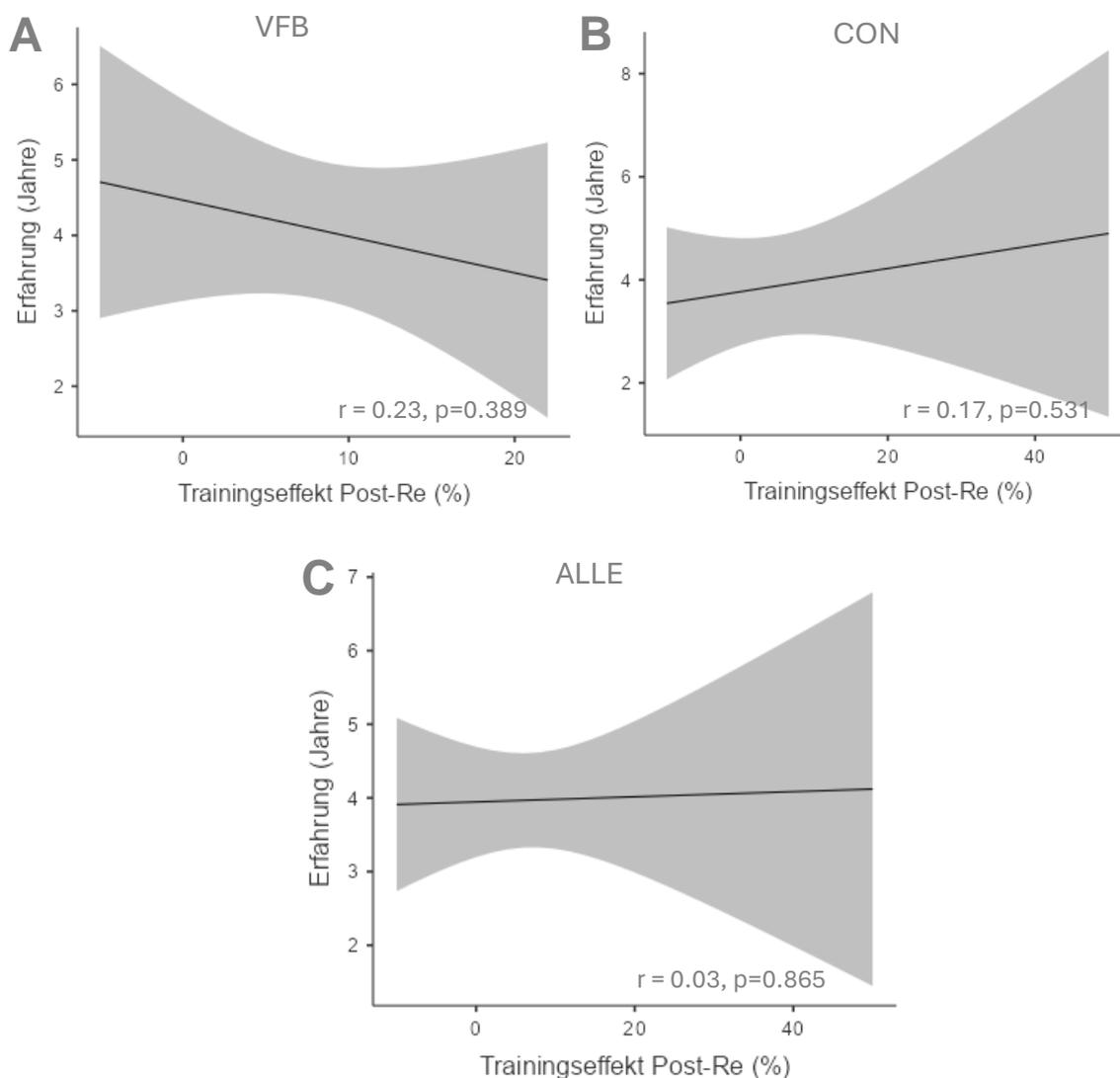


Anmerkung. Erfahrung in Jahren in Korrelation mit den prozentualen Trainingseffekten im Post-Test.

In Abbildung 10 wurde eine positive Korrelation ($r=0.27$; Abbildung 10A) zwischen der Erfahrung und den Trainingseffekten der INT-Gruppe vom Pre-Test zum Post-Test beobachtet. Im Gegensatz dazu wies die CON-Gruppe eine negative Korrelation ($r=0.06$; Abbildung 10B) zwischen der Erfahrung und den Trainingseffekten auf. Gruppenübergreifend ist eine positive Korrelation zwischen der Erfahrung und dem Trainingseffekt bei allen Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten festzustellen ($r=0.07$; Abbildung 10C).

Abbildung 11

Korrelation der Kletterfahrung mit den Trainingseffekten im Retention-Test

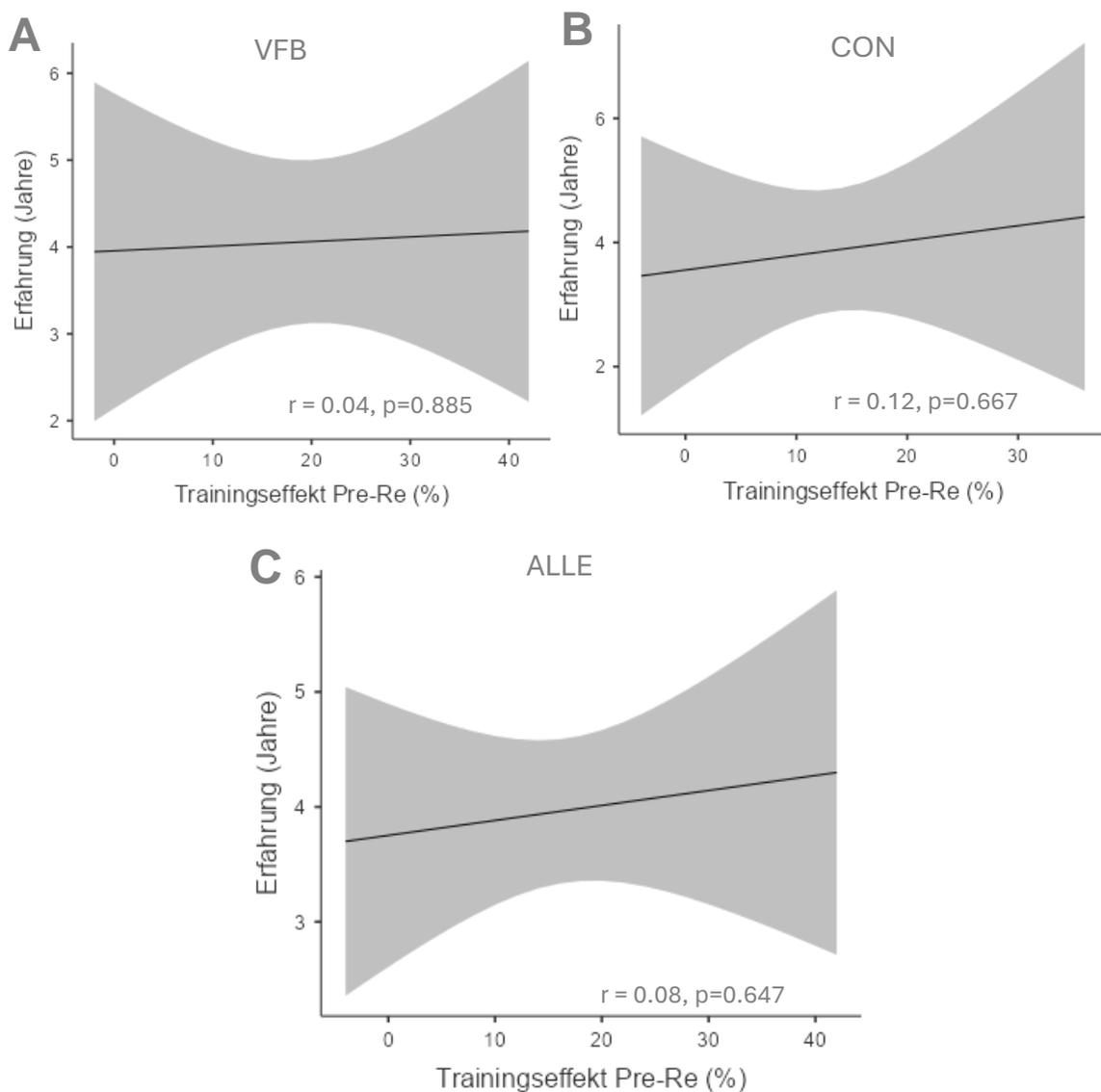


Anmerkung. Erfahrung in Jahren in Korrelation mit den prozentualen Trainingseffekten im Retention-Test.

In Abbildung 11 wurde festgestellt, dass zwischen der Erfahrung und den Trainingseffekten der INT-Gruppe vom Post- zum Retention-Test eine negative Korrelation ($r=0.23$; Abbildung 11A) besteht. Im Gegensatz dazu wies die CON-Gruppe eine positive Korrelation ($r=0.17$; Abbildung 11B) zwischen der Erfahrung und den Trainingseffekten aus. Die Korrelation zwischen Pre- und Post-Test aller Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten zeigte eine positive Korrelation ($r=0.03$; Abbildung 11C) an.

Abbildung 12

Korrelation der Klettererfahrung mit den Trainingseffekten vom Pre- zum Retentions-Test

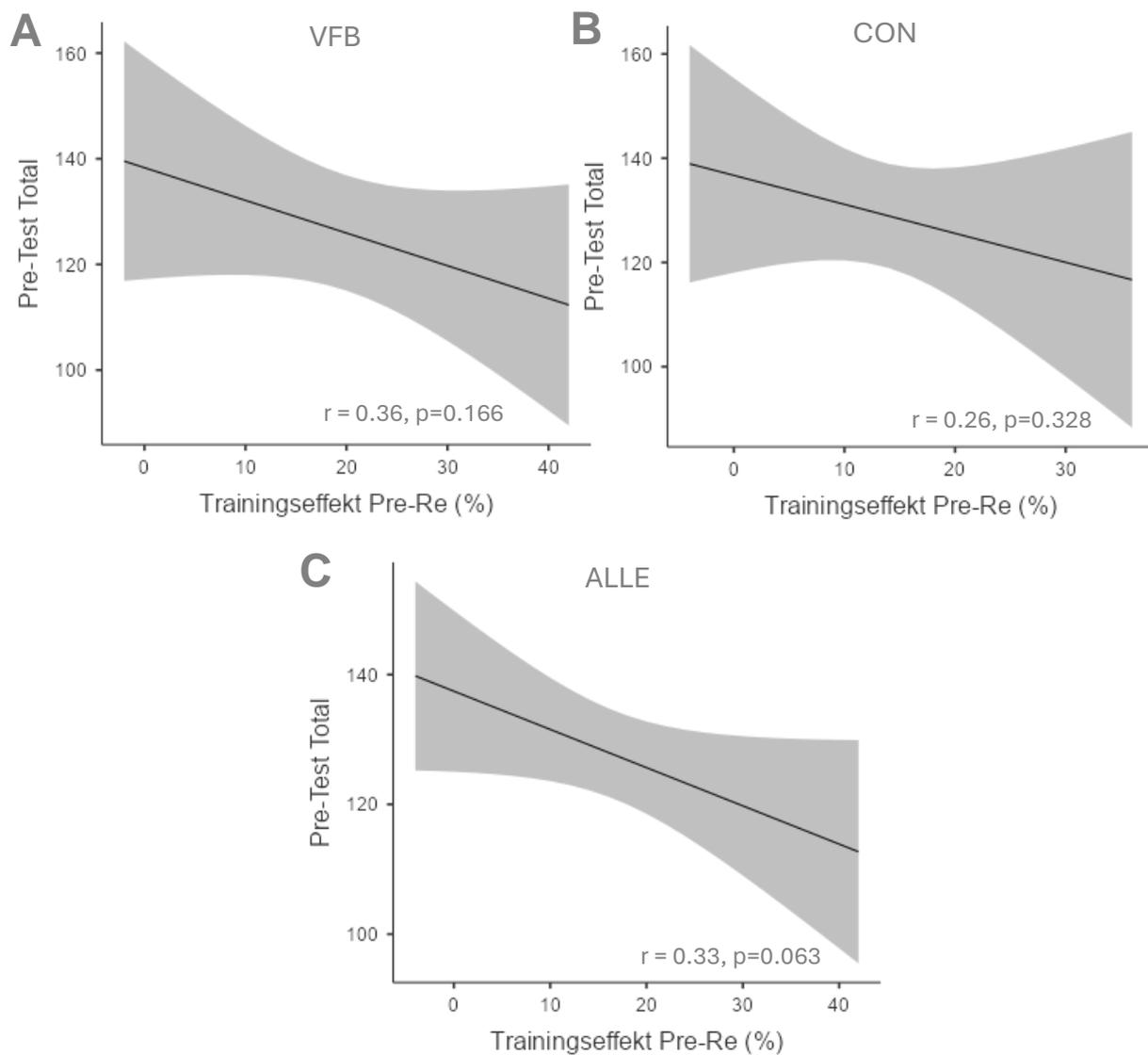


Anmerkung. Erfahrung in Jahren in Korrelation mit den prozentualen Trainingseffekten vom Pre- zum Retention-Test.

In Abbildung 12 zeigte sich, dass zwischen der Erfahrung und den Trainingseffekten der INT-Gruppe vom Post- zum Retention-Test eine positive Korrelation ($r=0.04$; Abbildung 12A) besteht. Ebenso wie die CON-Gruppe eine positive Korrelation ($r=0.12$; Abbildung 12B) zwischen der Erfahrung und den Trainingseffekten aus. Die Korrelation zwischen Pre- und Post-Test aller Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten war positiv ($r=0.08$; Abbildung 12C).

Abbildung 13

Korrelation des Pre-Tests mit den Trainingseffekten von Pre- zum Retentions-Test



Anmerkung. Pre-Tests in Korrelation mit den prozentualen Trainingseffekten von Pre- zum Retention-Test.

Der Korrelationstest in Abbildung 13 ergab, dass zwischen dem Pre-Test und den Trainingseffekten im Retention-Test der INT-Gruppe eine negative Korrelation ($r=0.36$; Abbildung 13A) besteht. Ähnlich wie die CON-Gruppe eine negative Korrelation ($r=0.26$; Abbildung 13B) zwischen dem Post-Test und den Trainingseffekten aus. Die Korrelation zwischen Pre- und Retention-Test aller Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten war ebenfalls negativ ($r=0.33$; Abbildung 13C).

4 Diskussion

Diese Masterarbeit zielt darauf ab, die kurz- und langfristigen Effekte des Videofeedbacks (VFB) auf die Kletterleistung und die Qualität der Bewegungsausführung im Bouldern zu analysieren. Viele Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten leiden unter mangelnder Körperwahrnehmung und unzureichenden technischen sowie taktischen Fähigkeiten, was sie oft daran hindert, sportliche Erfolge zu erzielen. Daher besteht ein grosses Interesse seitens Trainerinnen und Trainer an tragbaren Technologien, die Körperdaten erfassen und Leistungen analysieren können. Das Hauptziel dieser Analyse besteht darin, die Wirksamkeit einer externen Feedbackmethode mittels tragbarer Technologien zu untersuchen, um Athletinnen und Athleten im Training zu unterstützen. Frühere Studien haben die positiven Effekte des VFBs in verschiedenen Sportarten nachgewiesen. Daher wurden für diese Arbeit drei Testboulder entwickelt, die im Pre-, Post- und Retention-Test bewertet wurden. Der Pre-Test diente als Ausgangsbasis, um den aktuellen Leistungsstand zu bestimmen, während der Post-Test die kurzfristigen Effekte des VFBs überprüfte. Der Retention-Test wurde abschliessend durchgeführt, um die langfristigen Trainingseffekte des VFBs zu evaluieren. Es ist anzumerken, dass es aufgrund des Testsettings schwierig war, einen signifikanten Unterschied in den Trainingseffekten zwischen den beiden Gruppen festzustellen, da die Testpersonen aktive Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten waren, die weiterhin trainierten. Das Interventionstraining mit VFB fand während der Aufbauphase statt, in der die Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten keine Wettkämpfe bestritten und sich ausschliesslich auf die nächste Wettkampfsaison vorbereiteten. Eine 6-wöchige Trainingspause für die CON-Gruppe wäre aufgrund der zu erwartenden Leistungsminderung zu riskant gewesen. Aus diesem Grund wurde beschlossen, dass beide Gruppen weiterhin trainieren sollten.

4.1 Einfluss des VFBs auf die kurz- und langfristige Leistung im Bouldern

Die Ergebnisse (siehe Kapitel 3.1, Abbildung 6) zeigten, dass alle Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten während der Untersuchungsphase aufgrund der steigenden Top-Quote vom Pre- zum Retention-Test eine Verbesserung ihrer Kletterleistung verzeichneten. Die durchschnittliche prozentuale Top-Quote aller Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten lag bei 35.4%. Jedoch ergaben die Ergebnisse des ANOVA-Tests mit Messwiederholung keine signifikante Steigerung der Top-Quote, unabhängig davon, ob sie am VFB-Training teilgenommen hatten oder nicht ($p < 0.217$). Dies deutet darauf hin, dass sowohl das

Interventionstraining mit VFB als auch das reguläre Training ohne VFB zu einer Verbesserung der Leistung im Bouldern führen kann, wenngleich keine signifikante Leistungssteigerung erreicht wurde. Dieses Ergebnis bestätigt zusätzlich die Effektivität der durchgeführten regulären Trainings. In Bezug auf den Gruppenvergleich konnten im Pre-, Post- und Retention-Test sowie in den Transferboulder 1 und 2 keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Daher gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen der VFB- und der CON-Gruppe ($p = 1.000$). Trotzdem konnte die VFB-Gruppe ihre Top-Quote vom Pre- zum Retention-Test um 20% und die CON-Gruppe um 16% verbessern. Dies lässt darauf schließen, dass das VFB-Training um 4% effektiver war als das reguläre Training ohne VFB, was jedoch nicht zu einem signifikanten Leistungsunterschied zur CON-Gruppe führte. Interessanterweise erreichten beide Gruppen im Transferboulder 2 gleich viele Tops. Da der Transferboulder 2 als letzter Boulder geklettert wurde, ist es möglich, dass Faktoren wie individuelle Trainingsgewohnheiten, Vorlieben für bestimmte Boulder oder Einflüsse wie Müdigkeit und Konzentration die Kletterleistung beeinflusst haben. In Anbetracht der Ergebnisse bestätigte diese Analyse die Theorie von Guadagnoli et al. (2002), wonach das VFB-Training kurzfristig zu einer Leistungsminderung führen kann, da die INT-Gruppe keine Verbesserung der Top-Quote erzielte und schlechter abschnitt als die CON-Gruppe. Die Studie von Guadagnoli et al. (2002) betonte, dass die Arbeit mit VFB zwar kurzfristig zu Leistungseinbußen führen kann, langfristig jedoch zum Erfolg beiträgt. Auch die Theorie bezüglich der Langzeitwirkung kann durch diese Analyse bestätigt werden, da die VFB-Gruppe eine höhere Top-Quote im Retention-Test im Vergleich zur CON-Gruppe auswies. Die VFB-Gruppe konnte im Retention-Test 5 Tops mehr als im Pre-Test verzeichnen, während die CON-Gruppe im Retention-Test um 4 Tops zunahm.

Zusammenfassend legen die Ergebnisse nahe, dass das VFB-Training einen positiven Beitrag zur Verbesserung der Kletterleistung im Bouldern leisten kann, obwohl es keinen signifikanten Unterschied in der individuellen und Gruppenleistung ausmacht. Dennoch können selbst geringfügige Verbesserungen auf dem Leistungssportniveau von enormer Bedeutung sein, insbesondere wenn man bedenkt, dass die Qualifikation und Platzierung in Boulderwettkämpfen oft nur um ein Top oder sogar um die Anzahl der Versuche bis zum Erreichen des Tops entschieden werden.

4.2 Einfluss des VFBs auf die kurz- und langfristige Bewegungsausführung

Die Ergebnisse der Arbeit zeigten, dass sowohl Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit als auch ohne VFB-Training während der Untersuchungsphase eine signifikante Verbesserung ihrer Bewegungsausführung vom Pre- zum Retentionstest erfahren konnten (siehe Kapitel 3.2). Beim Vergleich der qualitativen Bewegungsausführung zwischen den Gruppen zeigte sich, dass die VFB-Gruppe einen Zuwachs von 19,9% verzeichnete, während die CON-Gruppe eine Steigerung von 13,4% auswies. Trotz des höheren prozentualen Anstiegs in der VFB-Gruppe war dieser Unterschied zwischen den Gruppen nicht signifikant. Diese Befunde legen nahe, dass das VFB-Training zwar das Potenzial hat, die Bewegungsausführung stärker zu verbessern, jedoch nicht signifikant effektiver ist als das reguläre Training ohne VFB. Auch die Ergebnisse der verschiedenen Boulder (B1, B2, B3) zeigten die positive Effektivität des VFB-Trainings im Vergleich zur CON-Gruppe deutlich. Insbesondere beim B1 zeigte die VFB-Gruppe einen signifikanten Anstieg der qualitativen Bewegungsausführung um 20.7% vom Pre- zum Retention-Test, während die CON-Gruppe einen Anstieg von 10.4% verzeichnete. Dies könnte daran liegen, dass die Entwicklung Zeit braucht. Zwar kann dies kurzfristig zu einer Leistungsverminderung führen, doch langfristig zeigt sich eine Steigerung der Leistung (siehe Abbildung 8A, S. 34). Trotz des Anstiegs der Bewegungsausführung konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der INT- und der CON-Gruppe festgestellt werden. Ein interessanter Aspekt, der sich aus den Ergebnissen in Tabelle 5 ableiten lässt, ist, dass der kurzfristige Anstieg der Bewegungsausführung vom Pre- zum Post-Test grösser war als vom Post- zum Retention-Test. Dies legt nahe, dass das VFB-Training kurzfristig zu einer stärkeren Verbesserung der Bewegungsausführung führen kann, die jedoch ohne VFB-Training nicht in demselben Umfang aufrechterhalten werden kann. Die Beobachtung ähnlicher Effekte in der CON-Gruppe legt nahe, dass möglicherweise hier die Tagesform der Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten die Testergebnisse beeinflusst haben könnte. Darüber hinaus zeigte Abbildung 7 eine weiterhin steigende Tendenz in der Bewegungsausführung der VFB-Gruppe, was darauf hindeutet, dass die Entwicklung der qualitativen Bewegungsausführung Zeit braucht. Im Gegensatz dazu war ein stagnierender Anstieg in der Bewegungsausführung bei der CON-Gruppe zu beobachten, was die langfristigen Effekte des VFBs bestätigte. Diese Aussage sollte mit Vorsicht betrachtet werden. Die schlechtere Entwicklung der Technik in der CON-Gruppe im Vergleich zur INT-Gruppe im Retention-Test könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Technik nicht gemäss dem Technikleitbild geklettert wurde. Köstermeyer (2019) beschreibt in seinem Buch, dass das Technikleitbild den „besten Bewegungsablauf für das Klettern beschreibt, der jedoch an die

jeweilige Situation und die Fähigkeiten des Kletterers angepasst werden muss, um die situativ beste Lösung für eine Kletterstelle zu realisieren“ (2019, S. 30). Dies bedeutet, dass die beste Lösung von den individuellen technischen Präferenzen sowie den physischen und mentalen Fähigkeiten der Athletinnen und Athleten abhängt. Die Ergebnisse der Bewegungsausführung sprechen teilweise gegen die kurzfristigen Effekte des VFBs von Guadagnoli et al. (2002), da die Bewegungsausführung der VFB-Gruppe vom Pre- zum Post-Test um 10.6% und vom Post- zum Pre-Test um 8.4% angestiegen ist. Gemäss den theoretischen Grundlagen wurde eine stagnierende oder negative Entwicklung der kurzfristigen Trainingseffekte erwartet. Die CON-Gruppe hätte daher bessere Ergebnisse im Post-Test erzielen müssen, da ihre Trainingsroutine nicht durch eine neue Trainingsmethode beeinträchtigt wurde. Im Gegensatz dazu musste die INT-Gruppe sich an die neue Trainingsmethode anpassen und hätte daher eine kurzfristige negative Entwicklung in der Kletterleistung und der qualitativen Bewegungsausführung verzeichnen müssen. Allerdings ist zu beachten, dass die Untersuchung von Guadagnoli et al. (2002) mit Golfspielern durchgeführt wurde, was eine völlig andere Sportart ist und unterschiedliche Anforderungen an Technik, Taktik und Physis stellt. Daher sollte die theoretische Grundlage mit Vorsicht betrachtet werden. Zudem fand der erste Post-Test in der Untersuchung von Guadagnoli et al. (2002) unmittelbar nach dem VFB-Training statt, während der Post-Test dieser Arbeit 6 Wochen nach dem Pre-Test ausgeführt wurde.

In Anbetracht der Ergebnisse zur Leistungsentwicklung und der Entwicklung der qualitativen Bewegungsausführung lässt sich der kurzfristige Effekt wie folgt erklären: Während die INT-Gruppe ihre technischen Fähigkeiten vom Pre- zum Post-Test stark verbesserte, litt ihre Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Top-Quote. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die INT-Gruppe im Post-Test besonders auf die saubere technische Ausführung der Bewegungen der Füsse, Hände und des Körpers gemäss dem Technikleitbild (siehe Abbildung 1 und 2, S.14-15) achtete und daher weniger Fokus auf das Erreichen des Tops legte. Zusätzlich könnte die kognitive Belastung während des Kletterns hoch gewesen sein, da die INT-Gruppe viele technische Elemente berücksichtigen musste. Da die Festigung der angepassten Technik durch VFB-Training Zeit benötigt, konnte in dieser Analyse eine geringere Leistung in Bezug auf die Top-Quote verglichen mit der CON-Gruppe beobachtet werden. Dies führt zu der weiteren Erkenntnis, dass das Erreichen des Tops auch ohne perfekte Technik möglich ist. Diese Erkenntnis gilt jedoch nur bedingt für Athletinnen und Athleten im Leistungssport, da auf diesem Niveau alle Faktoren gleichermassen entscheidend sind, um den Einzug in die Finale zu erreichen. Eine passende Hand- und Fusstechnik kann die Kraftübertragung auf die Griffe

verbessern, die kraftschonend sind. Abschliessend legen die Ergebnisse nahe, dass die kurzfristigen Effekte der qualitativen Bewegungsausführung bereits sichtbar waren und sich langfristig weiterentwickeln.

4.3 Korrelation der Klettererfahrung mit dem Trainingseffekt mit VFB-Training

Es besteht eine starke Korrelation zwischen der Klettererfahrung und dem Kletterniveau. Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit langjähriger Klettererfahrung erzielten über alle drei Tests hinweg mehr Punkte (siehe Abbildung 9). Sie schnitten besser ab als die weniger erfahrenen Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten. Diese Ergebnisse legen nahe, dass die Athletinnen und Athleten mit langjähriger Erfahrung auch schwierigere Boulder klettern können. Es ist auch anzumerken, dass Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit langjähriger Erfahrung tendenziell älter sind als die Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit wenig Erfahrung. Dies ist plausibel, da Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten in der Regel frühzeitig mit dem Klettertraining beginnen und einem Kletterclub beitreten. Gruppenspezifisch betrachtet zeigte sich im Post-Test, dass Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten der VFB-Gruppe, die über langjährige Klettererfahrung verfügten, stärker vom VFB-Training profitierten. Im Gegensatz dazu waren die Trainingseffekte bei den langjährigen Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten der CON-Gruppe geringer ausgeprägt. Betrachtet man den Trainingseffekt gruppenübergreifend, so lässt sich feststellen, dass Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit langjähriger Erfahrung auch insgesamt grössere Trainingseffekte erzielten als die weniger erfahrenen Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten (siehe Abbildung 10). Eine interessante Tendenz zeigte sich in der INT-Gruppe nach dem VFB-Training. Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit weniger Erfahrung erzielten im Retention-Test höhere Trainingseffekte als jene mit langjähriger Erfahrung (siehe Abbildung 11). Dieser Effekt könnte auf den Konsolidierungsprozess des Bewegungslernens zurückzuführen sein, wobei junge und weniger erfahrene Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten im VFB-Training viel gelernt haben und daher mehr Zeit für Verarbeitungsprozesse benötigen. Daher schnitten sie im Post-Test nicht so gut ab wie die langjährig erfahrenen Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten und erzielten dafür im Retention-Test die grössten Effekte. Im Gegensatz dazu zeigte die CON-Gruppe im Retention-Test im Vergleich zum Post-Test eine andere Tendenz. Hier erzielten langjährig erfahrene Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten ebenfalls höhere Trainingseffekte. Eine gruppenübergreifende Betrachtung zeigte, dass es im Retention-Test eine sehr schwache Korrelation zwischen Trainingserfahrung und erzieltm Trainingseffekt

gibt. Des Weiteren wurde der Gesamttrainingseffekt vom Pre- zum Post-Test in Bezug auf die Klettererfahrung betrachtet. Dabei zeigte sich bei beiden Gruppen eine schwache Korrelation zwischen der Klettererfahrung und dem Trainingseffekt (siehe Abbildung 12). Zum Abschluss wurde die getestete Bewegungsausführung im Post-Test mit dem gesamten Trainingseffekt (vom Pre- zum Retention-Test) verglichen. Es zeigte sich, dass Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit langjähriger Erfahrung letztendlich weniger Trainingsfortschritte erzielten als diejenigen mit weniger Erfahrung. Diese Tendenz war sowohl in der CON-Gruppe als auch gruppenübergreifend erkennbar (siehe Abbildung 13). Eine plausible Erklärung dafür könnte sein, dass Nachwuchsathletinnen und Nachwuchsathleten mit langjähriger Erfahrung bereits über ein umfangreiches Bewegungsrepertoire verfügen und ihre individuelle Technik gefestigt ist, was eine Modifikation erschwert.

Basierend auf den Forschungsergebnissen lässt sich sagen, dass mittels des VFB-Trainings im Vergleich zum regulären Training mehr Trainingseffekte erzielt werden konnten. Obwohl diese Effekte nicht signifikant sind, kann selbst eine geringfügige Entwicklung im Leistungssport entscheidende Auswirkungen haben. Es ist auch wichtig anzumerken, dass Lernprozesse Zeit sowie motorische und kognitive Ressourcen erfordern, was kurzfristig zu Leistungsminderungen führen kann, jedoch langfristig zum Erfolg beiträgt.

4.3 Kritische Betrachtung

Bei der kritischen Betrachtung der vorliegenden Masterarbeit sind einige Limitationen zu berücksichtigen, die die Interpretation der Ergebnisse beeinflussen können. Erstens wurde eine neutrale Bewertung angestrebt. Trotz dieser Bemühungen könnten subjektive Einschätzungen nicht vollständig ausgeschlossen werden, da individuelle Wahrnehmungen und Erfahrungen eine Rolle spielen. Dies könnte die Objektivität der erhobenen Daten beeinträchtigen. Zweitens ist zu beachten, dass die Leistungen am Test-Tag möglicherweise nicht direkt mit den Wettkampfleistungen vergleichbar sind. Unterschiedliche Umgebungen, Stressfaktoren und Tagesform können zu Abweichungen führen. Daher ist Vorsicht geboten, wenn Rückschlüsse auf die tatsächliche Wettkampftauglichkeit gezogen werden. Des Weiteren wurden Routen mit den verschiedenen Kletterstile und Griffe konzipiert. Die Herausforderung besteht darin, dass einige Athleten in einem bestimmten Stil besonders gut oder schlecht sein könnten. Dies könnte die Vergleichbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigen, da individuelle Stärken und Schwächen möglicherweise nicht vollständig erfasst wurden.

Die vorliegende Arbeit gibt lediglich einen Einblick in die Bedeutung von VFB im Kontext der Technikentwicklung im Bouldern. Allerdings ist anzumerken, dass weitere Studien notwendig sind, um die Wahrnehmung der Athletinnen und Athleten im Hinblick auf VFB genauer zu untersuchen. Zukünftige Forschungsprojekte könnten beispielsweise die individuellen Präferenzen der Athletinnen und Athleten bezüglich der Form und Häufigkeit des FVB genauer beleuchten. Es wäre interessant zu erfahren, ob Athletinnen und Athleten unterschiedliche Bedürfnisse in Bezug auf die Darstellung ihrer Leistung haben und wie dies ihre Lernprozesse beeinflusst. Zusätzlich könnten weitere Untersuchungen die Rolle von individuellen Unterschieden in der Wahrnehmung von VFB, wie etwa Persönlichkeitsmerkmale oder Erfahrungsniveau, genauer beleuchten. Dies würde dazu beitragen, personalisierte Feedback-Strategien für verschiedene Athletenprofile zu entwickeln. Weiterhin wäre es interessant zu untersuchen, ob eine Korrelation zwischen den technischen Fähigkeiten und der Kletterleistung besteht. Darüber hinaus könnte auch analysiert werden, ob diese Kletterleistung mit der Wettkampfleistung korreliert. Insgesamt macht die vorliegende Masterarbeit ein weiterer Schritt, um die Relevanz des VFBs im Klettertraining zu verstehen. Durch weitere Forschungen können jedoch vertiefte Erkenntnisse gewonnen werden, die einen Beitrag zur Optimierung dieser Trainingsmethode leisten.

5 Schlussfolgerung

Das Ziel dieser Arbeit war es, den Einfluss von VFB auf die kurz- und langfristige Kletterleistung und die qualitative Bewegungsausführung im Bouldern zu untersuchen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass diese Arbeit darauf hindeutet, dass VFB effektiv ist und die Trainingsleistung langfristig verbessern kann. Es ist jedoch nicht abschliessend festzustellen, dass VFB signifikant grössere Verbesserungen in der Kletterleistung und der qualitativen Bewegungsausführung im Vergleich zum traditionellen verbalen Feedback erzielen kann. Dies liegt daran, dass auch die CON-Gruppe Verbesserungen in den Post- und Retention-Tests auswies. In Bezug auf die kurz- und langfristigen Auswirkungen von VFB lässt sich vermuten, dass es kurzfristig die Kletterleistung beeinträchtigen kann, jedoch langfristig zu einer verbesserten Kletterleistung sowie Bewegungsausführung führt. Dies wird gestützt durch die Beobachtung, dass die INT-Gruppe im Retention-Test einen grösseren Trainingseffekt im Vergleich zum Pre- zum Post-Test auswies. Abschliessend kann interpretiert werden, dass VFB eine komplementäre Methode zum verbalen Feedback ist, die kombiniert angewendet werden sollte. Die kombinierte Methode zwischen dem verbalen Feedback und dem VFB versteht sich weiterhin als die effektivste Feedbackmethode. Zukünftige Forschungen sollten auch die mentalen Anforderungen berücksichtigen, um ein umfassendes Verständnis der Trainingseffekte mit VFB zu erlangen. Es ist wichtig, die psychologischen Aspekte des VFBs zu untersuchen, einschliesslich des Einflusses auf das Selbstbewusstsein, die Motivation und das Engagement der Athletinnen und Athleten während des Trainings. Darüber hinaus könnten weitere Studien die spezifischen Kriterien für die effektive Implementierung von VFB identifizieren, einschliesslich der optimalen Frequenz, Dauer und Timing des VFBs. Durch ein verbessertes Verständnis dieser Faktoren könnte die Wirksamkeit von VFB weiter gesteigert werden, was zu einer signifikanten Verbesserung der Kletterleistung führen könnte.

Literatur

- Beltrán Beltrán, R., Richter, J., Köstermeyer, G. & Heinkel, U. (2023). Climbing Technique Evaluation by Means of Skeleton Video Stream Analysis. *Sensors*, 23(19), 8216.
<https://doi.org/10.3390/s23198216>
- Claude, R. (1988). *Die Entwicklung des Freikletterns in der Zeit von 1960 bis heute*. sac-cas.
<https://www.sac-cas.ch/de/die-alpen/die-entwicklung-des-freikletterns-in-der-zeit-von-1960-bis-heute-12510/>
- Fleming, R. K. & Hörst, E. J. (2010). Behavior analysis and sports climbing. *Journal of Behavioral Health and Medicine*, 1(2), 143-154. <https://doi.org/10.1037/h0100548>
- Gauster, H., Hack, J. & Schwaiger, M. (2022). *Handbuch Sportklettern*. Tyrolia.
- Gay, P. & Chenevière, X. (2017). Concept d'analyse de Unifr (Vorlesungsfolien). *Université de Fribourg*.
- Glöckner, S. (2009). *Die verschiedenen Feedbackmöglichkeiten für das motorische Lernen*. GRIN.
- Guadagnoli, M. A., Holcomb, W. R. & Davis, M. (2002). The efficacy of video feedback for learning the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 20(8), 615-622.
<https://doi.org/10.1080/026404102320183176>
- Köstermeyer, G. (2019), *Peak Performance - Klettertechnik und Klettertraining von A-Z* (9. Auflage). Tmms-Verlag.
- Kyselá, G. (2017). *Kongress-Bericht*. Fitsportaustria.
<https://www.fitsportaustria.at/download/files/%7B5699086A-4E9B-40F1-A4B3-43959E544119%7D/FSAKongress2017.pdf>
- Law, B., Post, P. G., Jenny, O. & McCullagh, P. (2018). Video-based observation in sport: From “forgotten” to ubiquitous. *Journal of Sport Psychology in Action*, 9(4), 260-270.
<https://doi.org/10.1080/21520704.2018.1513962>
- Magiera, A., Rocznik, R., Maszczyk, A., Czuba, M., Kantyka, J. & Kurek, P. (2013). The Structure of Performance of a Sport Rock Climber. *Journal Of Human Kinetics*, 36(1), 107–117. <https://doi.org/10.2478/hukin-2013-0011>
- Martín, J. M., Del Campo, V. L., García, S. L. & Flores, L. (2021). Influence of On-Sight and Flash Climbing Styles on Advanced Climbers' Route Completion for Bouldering. *International Journal Of Environmental Research And Public Health/International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 18(23), 12594.
<https://doi.org/10.3390/ijerph182312594>

- Maslovat, D. & Franks, I. M. (2019). The importance of feedback to performance. In Hughes, M., Franks, I. M. & Dancs, H. (Hrsg.) *Essentials of Performance Analysis in Sport* (3. Auflage). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429340130-1>
- Mödinger, M., Woll, A., & Wagner, I. (2021). Video-based visual feedback to enhance motor learning in physical education - a systematic review. *German Journal of Exercise and Sport Research*. <https://doi.org/10.1007/s12662-021-00782-y>
- Moran, K., Murphy, C. & Marshall, B. (2012). The Need and Benefit of Augmented Feedback on Service Speed in Tennis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(4), 754–760. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3182376a13>
- Pietschnig, C. (2017). *Klettersport in sekundären Bildungseinrichtungen*. [Masterarbeit, Universität Graz]. Open Access Publikationsserver der Universität Graz. <https://unipub.uni-graz.at/obvugrhs/content/titleinfo/2046940/full.pdf>
- Potdevin, F., Vors, O., Huchez, A., Lamour, M., Davids, K. & Schnitzler, C. (2018). How can video feedback be used in physical education to support novice learning in gymnastics? Effects on motor learning, self-assessment and motivation. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 23(6), 559-574. <https://doi.org/10.1080/17408989.2018.1485138>
- Robertson, R., St Germain, L. & Ste-Marie, D. M. (2018). The Effects of Self-Observation When Combined With a Skilled Model on the Learning of Gymnastics Skills. *Journal of Motor Learning and Development*, 6(1), 18–34. <https://doi.org/10.1123/jmld.2016-0027>
- Salomón, J. & Vigier, C. (1989). *Practique de L'escalade*. Vigot.
- Schweizer Alpen-Club SAC. (o.D). *Kletterskala UIAA. Schwierigkeitsskalen von L über WT3 bis hin zu K6 Skala*. sac-cas. https://www.sac-cas.ch/fileadmin/Ausbildung_und_Wissen/Tourenplanung/Schwierigkeitsskala/Kletterskala-UIAA.pdf
- Schweizer Alpen-Club SAC. (2024). *Reglement für nationale Sportkletterwettkämpfe im Rahmen des SAC Youth Climbing Cup, SAC Swiss Climbing Cup und SAC Para Climbing Cup Saison 2024*. sac-cas. https://www.sac-cas.ch/fileadmin/Leistungssport/Sportklettern/Wettk%C3%A4mpfe_und_Resultate/20240101_Reglement_nat_Wettk%C3%A4mpfe_24_d.pdf
- Sharma, D. A., Chevidikunnan, M. F., Khan, F. R. & Gaowgzeh, R. A. (2016). Effectiveness of knowledge of result and knowledge of performance in the learning of a skilled

- motor activity by healthy young adults. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(5), 1482–1486. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.1482>
- Völker, C. (2016). *Die verschiedenen Griffarten beim Klettern*. target10a. <https://www.target10a.com/magazin/2016/01/24/die-verschiedenen-griffarten-beim-klettern/>
- Walker, S. G., Mattson, S. L. & Sellers, T. P. (2020). Increasing accuracy of rock-climbing techniques in novice athletes using expert modeling and video feedback. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 53(4), 2260-2270. <https://doi.org/10.1002/jaba.694>
- Weber, R. & Harvey, S. (2010). *Technik und Taktik im Klettern*. jugendundsport. https://www.jugendundsport.ch/content/jus-internet/de/sportarten/sportklettern-uebersicht/_jcr_content/contentPar/accordion/accordionItems/224_1697714704783/accordionPar/downloadlist_2028361_1609420136/downloadItems/110_1513842110217.download/Taktik_Technik_im_Klettern_DE.pdf