

Entwicklung und Validierung eines körperlichen Anforderungsprofils und Fitnesstests für den Berufsfeuerwehrdienst (FTFD) im Kanton Bern

*Ein Ansatz zur Optimierung der Einsatzbereitschaft und Prävention von
Verletzungen.*

Abschlussarbeit zur Erlangung des
Master of Science in Sportwissenschaften
Option Unterricht

eingereicht von

Domenik Meier

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

in Zusammenarbeit mit der
Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen

Referent
Dr. Thomas Wyss

Betreuer
Alain Dössegger

Chur, September 2024

Zusammenfassung

Die körperlichen Anforderungen an Berufsfeuerwehrleute (BFL) sind besonders hoch, insbesondere bei Einsätzen in extremen Bedingungen wie Tunnelübungen. Ziel dieser Masterarbeit war die Entwicklung eines physischen Anforderungsprofils sowie eines Fitnesstests für Berufsfeuerwehrdienste (FTFD) im Kanton Bern. Basierend auf realen Einsatzbedingungen und den ermittelten physischen Belastungen, soll der FTFD die Fitness der BFL messen, die Einsatzbereitschaft sicherstellen und das Risiko von Verletzungen reduzieren.

Zur Erstellung des Anforderungsprofils wurden elf Tunnelübungen beobachtet und mithilfe eines SUVA-Bewertungssystems analysiert. Die dabei erfassten physischen Belastungen wurden verwendet, um Key Performance Indicators (KPI) zu identifizieren. Der FTFD wurde entwickelt, um diese KPI in einem standardisierten Fitness Test zu messen. Die Testbatterie umfasst den Handkrafttest, den isometrischen Deadlift Test (IDT), den Y-Balance Test, Klimmzüge mit Zusatzgewicht (12.6 kg), Liegestütze, den Farmers Walk, den Sørensen Test sowie den 30-15 Intermittierender Fitness Test (IFT). Der FTFD wurde mit 17 BFL auf die Durchführbarkeit überprüft.

Die Beobachtungen der Tunnelübungen zeigten eine hohe physische Belastung der BFL, insbesondere in Bezug auf Halte- und Tragevorgänge. Die Resultate der Tests verdeutlichen ein hohes Fitnessniveau der BFL, wobei alle getesteten Fähigkeiten in einem ausreichend starken Bereich lagen, um den physischen Anforderungen des Berufs gerecht zu werden. Beim Farmers Walk und den Klimmzügen mit Zusatzgewicht trat jedoch eine grosse Leistungsstreuung auf. Die Ergebnisse zeigen, dass der FTFD die realen Anforderungen an BFL praxisnah abbildet. Trotz der grossen Leistungsstreuung in einigen Tests zeigt sich, dass alle BFL ein ausreichend hohes Leistungsniveau erreichen, sodass kein zusätzlicher Trainingsbedarf zur Erfüllung der Einsatzanforderungen besteht. Der FTFD bietet eine fundierte Grundlage für die Fitnessbewertung von BFL, sollte jedoch in grösseren Stichproben weiter validiert werden, um repräsentative Ergebnisse zu erzielen.

Der entwickelte FTFD stellt ein wertvolles Instrument zur Messung der physischen Fitness und Einsatzbereitschaft von BFL dar. Zukünftige Studien sollten den Test weiter validieren und seine Anwendung auf nationaler Ebene ausweiten, um einen einheitlichen Fitness test für den Feuerwehrdienst in der Schweiz zu etablieren. Dies würde die langfristige Einsatzbereitschaft und Sicherheit von BFL erheblich verbessern. Der FTFD erwies sich als geeignetes Instrument zur Bewertung der körperlichen Fitness von BFL.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	4
1.1 Hintergrund und Problemstellung	4
1.2 Die Bedeutung der physischen und geistiger Fitness im Feuerwehrdienst	6
1.3 Stand der Forschung und bestehende Lücken	9
1.4 Ziel und konkrete Fragestellung	18
2 Methode	20
2.1 Untersuchungsgruppen	20
2.2 Untersuchungsdesign	20
2.3 Instrumente	22
2.4 Datenauswertung	32
3 Resultate	40
3.1 Belastung pro Einsatz und pro Berufsfeuerwehrperson	40
3.2 Subjektive Beanspruchung gemäss NASA-TLX-Fragebogen	42
3.3 Beschreibung der physiologischen Parameter Herzfrequenz und Körpertemperatur	45
3.4 Auflistung der anstrengendsten Tätigkeiten aus den Beobachtungen	47
3.5 Testergebnisse Probedurchlauf des FTFD	49
4 Diskussion	54
4.1 Physische Anforderung an die BFL	54
4.2 Fitnesstests für den Berufsfeuerwehrdienst (FTFD)	69
4.3 Beurteilungskriterien Norm- und Kriteriengeleitet	74
4.4 Bedeutung für die Praxis	86
4.5 Limitationen	87
4.6 Ausblick	88
5 Schlussfolgerung	90
Literatur	91
Eigenständigkeits- und Urheberrechtserklärung	97
Anhang	98

1 Einleitung

1.1 Hintergrund und Problemstellung

1.1.1 Einführung evidenzbasierter Eignungstests für Berufsfeuerwehrleute

Die Implementierung eines evidenzbasierten körperlichen Eignungstests für Berufsfeuerwehrleute (BFL) ist nicht nur eine Frage der öffentlichen Sicherheit, sondern bietet auch die Gelegenheit, das Risiko von Überlastungsschäden und berufsspezifischen Verletzungen zu minimieren.

1.1.2 Risiken im Feuerwehrberuf und gesundheitliche Herausforderungen

Die Ausübung des Feuerwehrberufs ist mit signifikanten Risiken verbunden, insbesondere mit einem erhöhten Verletzungs- und Sterblichkeitsrisiko, wie von Hollerbach et al. (2019) deutlich gemacht wird. Feuerwehrleute sind regelmässig körperlich fordernden Tätigkeiten und komplexen, gefährlichen Umgebungen ausgesetzt. Ein bedeutender Anteil der Dienstzeitverluste ist auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen zurückzuführen (Durand et al., 2011). Zusätzlich zeigen Untersuchungen von Poston et al. (2011), dass eine beträchtliche Anzahl von Feuerwehrleuten mit Übergewicht oder Adipositas zu kämpfen hat. Dies beeinträchtigt die körperliche Leistungsfähigkeit und erhöht das Risiko für Berufsunfähigkeit um 5 % pro zusätzlichem BMI-Punkt über einen typischen Dienstzeitraum von 25 Jahren hinweg. Dies kann die Fähigkeit beeinträchtigen, den Anforderungen des Berufs gerecht zu werden, und das Risiko für arbeitsbedingte Verletzungen und kardiorespiratorische Fitness verringern. Hollerbach et al. (2019) weisen darauf hin, dass adipöse Feuerwehrkräfte einem erhöhten Risiko für verschiedene ernsthafte Gesundheitsprobleme ausgesetzt sind.

Eine systematische Überprüfung und Meta-Analyse von Ras et al. (2023) untersuchte den Zusammenhang zwischen kardiovaskulären Risikofaktoren und der kardiopulmonalen Fitness bei Feuerwehrleuten. Die Studie ergab, dass Feuerwehrleute mit vorhandenen kardiovaskulären Risikofaktoren, insbesondere Übergewicht und Alter, signifikant niedrigere Werte in der kardiopulmonalen Fitness aufweisen. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutung von geziel-

ten körperlichen Fitnessprogrammen und gesundheitsfördernden Massnahmen zur Reduzierung kardiovaskulärer Risiken. Dies ist notwendig, um die Einsatzfähigkeit und Gesundheitssicherheit der Feuerwehrleute zu gewährleisten.

Die Meta-Analyse zeigt insbesondere eine negative Korrelation zwischen kardiopulmonaler Fitness und sowohl Übergewicht ($Z = 10.29, p < 0.001$) als auch Alter ($Z = 4.72, p < 0.001$) auf. Dies unterstreicht die Bedeutung einer umfassenden Berücksichtigung dieser Faktoren bei der Entwicklung und Implementierung von Fitnesstests und Gesundheitsstrategien für Feuerwehrleute (Ras et al., 2023).

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse ist es wichtig, dass Fitnesstests spezifische kardiopulmonale Fitnesskomponenten integrieren und gleichzeitig auf die Minimierung kardiovaskulärer Risikofaktoren abzielen. Dadurch kann nicht nur die allgemeine körperliche Leistungsfähigkeit, sondern auch die gesundheitliche Eignung von Feuerwehrleuten effektiv beurteilt und gefördert werden. Die systematische Überprüfung und Meta-Analyse von Ras et al. (2023) liefert eine fundierte Basis, um die kardiopulmonale Fitness als zentralen Aspekt der Gesundheitsvorsorge und Leistungsfähigkeit im Feuerwehrdienst zu etablieren.

Zusätzlich verdeutlicht eine systematische Überprüfung und Meta-Analyse zur weltweiten Prävalenz muskuloskelettaler Beschwerden bei Feuerwehrpersonal, durchgeführt von Khoshakhlagh et al. (2024), die umfassenden Belastungen, denen Feuerwehrkräfte in Bezug auf muskuloskelettale Beschwerden ausgesetzt sind. Die Studie betont die Notwendigkeit von präventiven Interventionen und zielgerichteten Trainingsprogrammen, um muskuloskelettale Erkrankungen zu minimieren. Die Gesamtprävalenz von 41 % betont die Dringlichkeit solcher Massnahmen. Insbesondere die hohe Prävalenz von muskuloskelettalen Beschwerden in kritischen Bereichen wie dem unteren Rückenbereich mit einer Prävalenz von 31 % veranschaulicht die spezifischen physischen Herausforderungen, denen Feuerwehrangehörige ausgesetzt sind. Diese Erkenntnisse bekräftigen die Bedeutung von Massnahmen zur Förderung der Gesundheit und präventiven Strategien. Diese sollten nicht nur auf die Verbesserung der allgemeinen Gesundheit abzielen, sondern auch darauf ausgerichtet sein, die dauerhafte Einsatzbereitschaft und Effektivität des Feuerwehrpersonals zu gewährleisten (Khoshakhlagh et al., 2024).

1.1.3 Hintergrund zur Neugestaltung des Eignungstests für Berufsfeuerwehren

Bislang wurde die genaue Belastung von BFL in der Schweiz, insbesondere im Kanton Bern, nicht detailliert untersucht. Deshalb beauftragte die Berufsfeuerwehr Kanton Bern die Eidgenössische Hochschule für Sport in Magglingen (EHSM) mit einer Neugestaltung des Eignungstests. Dieser basiert auf den empirischen Daten, die durch systematische Beobachtungen und spezifische Leistungstests der Feuerwehrleute erhoben wurden. Ziel der Studie war es, ein körperliches Anforderungsprofil für Schweizer BFL zu entwickeln und darauf aufbauend Anpassungen an einen bestehenden Fitnessstest für (Miliz-)Feuerwehren (Meier, 2022) vorzunehmen. Die systematische Dokumentation und Analyse der während der Übungen auftretenden physischen Belastungen ermöglichte es, die anspruchsvollsten Tätigkeiten präzise zu identifizieren. Diese Erkenntnisse bildeten die Grundlage für die Entwicklung eines körperlichen Auswahlverfahrens für die Berufsfeuerwehr im Kanton Bern. Das Verfahren sollte auf dem Anforderungsprofil basieren und klare Minimal-Kriterien sowie Kriterien-Zonen einführen, um die Leistung zu bewerten. Das Bewertungssystem berücksichtigt sowohl die Gesamtfitness als auch individuelle Stärken, um sicherzustellen, dass die Feuerwehrleute den Anforderungen des Einsatzes gerecht werden und effektiv, sicher und gesund agieren können.

1.2 Die Bedeutung der physischen und geistiger Fitness im Feuerwehrdienst

1.2.1 Physische Fitness und Leistungsfähigkeit

Die physische und geistige Fitness ist entscheidend für die erfolgreiche Ausführung der vielfältigen Aufgaben eines Feuerwehrmanns oder einer Feuerwehrfrau. Obwohl technische Fähigkeiten für die Brandbekämpfung unerlässlich sind, zeigt die Forschung von Chizewski et al. (2021), dass Feuerwehrleute mit besserer physischer Kondition deutlich leistungsfähiger in feuerwehrspezifischen Aufgaben sind als ihre weniger fitten Kollegen. Eine gesteigerte kardiovaskuläre und muskuläre Ausdauer trägt signifikant zur Effektivität bei der Brandbekämpfung bei. Diese Beobachtungen werden durch eine umfassende Überblicksstudie von Ras et al. (2022) bestätigt, in der die Zusammenhänge zwischen kardiovaskulären Risikofaktoren, muskuloskelettaler Gesundheit, physischer Fitness und beruflicher Leistung bei Feuerwehrleuten untersucht werden. Die Studie betont, dass Feuerwehrleute, die Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankungen aufweisen, beeinträchtigte muskuloskelettale Gesundheit haben oder unzu-

reichend körperlich fit sind, einem erhöhten Risiko für negative Auswirkungen auf ihre berufliche Leistung ausgesetzt sind. Diese Erkenntnis veranschaulicht die Notwendigkeit, ganzheitliche Gesundheits- und Fitnessprogramme für Feuerwehrkräfte zu implementieren. Dadurch kann ihre berufliche Effizienz und allgemeine Gesundheit optimiert und das Risiko arbeitsbedingter Verletzungen und Krankheiten minimiert werden.

Eine weitere Studie von Ras et al. (2024) betont die Bedeutung der physischen Fitness sowie der kardiovaskulären und muskuloskelettalen Gesundheit bei der Ausführung berufsspezifischer Aufgaben von Feuerwehrleuten. Es wurde festgestellt, dass die absolute kardiorespiratorische Fitness, die Griffkraft, die Beinkraft, die Anzahl der Push-ups und Sit-ups sowie die fettfreie Masse mit der Ausführungszeit aller berufsspezifischen Aufgaben korrelierten, was die Notwendigkeit verstärkt, sowohl die physische Fitness als auch den spezifischen Gesundheitszustand zu fördern, um die berufliche Leistungsfähigkeit zu erhalten.

Diese Ergebnisse liefern wichtige Erkenntnisse für die Entwicklung und Anpassung von Trainingsprogrammen für Feuerwehrleute. Durch gezieltes Training der kardiorespiratorischen Fitness, der muskulären Stärke und Ausdauer sowie durch die Reduktion von Verletzungsrisiken durch muskuloskelettale Beschwerden kann die Gesamtperformance bei berufsspezifischen Herausforderungen gesteigert werden. Dies unterstreicht die Wichtigkeit eines umfassenden Ansatzes bei der Vorbereitung und Fortbildung von Feuerwehrpersonal. Dabei sollten sowohl physische als auch gesundheitliche Aspekte berücksichtigt werden, um die individuelle Leistungsfähigkeit sowie die Sicherheit und Effektivität im Einsatz zu optimieren (Ras et al., 2024).

1.2.2 Komponenten der physischen Fitness

Die physische Fitness ist eine zentrale Voraussetzung für die erfolgreiche Bewältigung der vielfältigen Aufgaben im Feuerwehrdienst wie von Ras et al. (2024) hervorgehoben. Sie setzt sich aus den fünf Komponenten Schnelligkeit, Kraft, Beweglichkeit, Gleichgewicht und Ausdauer zusammen (Miller, Grais, Winslow & Kaminsky, 1991). Die im vorherigen Kapitel erwähnten Komponenten der physischen Fitness, die für den Feuerwehrberuf von grosser Bedeutung sind, umfassen insbesondere Kraft, Maximalkraft, Kraftausdauer sowie anaerobe und aerobe Ausdauer. Diese Fähigkeiten sind unerlässlich, um den physischen Anforderungen im Feuerwehrdienst gerecht zu werden und die Sicherheit und Effektivität im Einsatz zu gewährleisten.

1.2.3 Definition der Kraftkomponenten

Kraft. Kraft beschreibt die Fähigkeit des Körpers, durch Muskelkontraktionen Widerstände zu überwinden, ihnen entgegenzuwirken oder sie zu halten. Sie lässt sich in verschiedene Formen unterteilen: Statische Arbeit bezeichnet das Halten von Lasten ohne sichtbare Bewegung (isometrische Muskelaktivität). Maximalkraft stellt die grösstmögliche Kraft dar, die ein Muskel bei maximalem Willenseinsatz erzeugen kann, insbesondere bei isometrischer Kontraktion. Schnellkraft hingegen beschreibt die Fähigkeit, in sehr kurzer Zeit (weniger als 250 ms) eine möglichst hohe Kraft zu entwickeln (Schmidt et al., 2011).

Maximalkraft. Maximalkraft beschreibt die grösstmögliche Kraft, die ein Muskel oder eine Muskelgruppe bei isometrischer Muskelaktivität, also ohne sichtbare Bewegung, erzeugen kann. Diese wird erreicht, wenn die Verkürzungsgeschwindigkeit des Muskels null beträgt. Unter bestimmten Bedingungen, wie bei exzentrischen Muskelkontraktionen, kann die Maximalkraft durch äussere Einflüsse sogar überschritten werden, auch Absolutkraft genannt (Schmidt et al., 2011).

Die Maximalkraft wird durch zwei zentrale Konzepte beeinflusst: die Absolutkraft und die Relativkraft. Die Absolutkraft stellt das theoretisch maximal erreichbare Kraftpotenzial eines Muskels dar, das durch seinen physiologischen Querschnitt und seine Qualität bestimmt wird (Grosser & Starischka, 1998, S. 42). Die Relativkraft hingegen beschreibt das Verhältnis der erzeugten isometrischen Maximalkraft zum Körpergewicht und spielt eine entscheidende Rolle in Sportarten, bei denen die Beschleunigung des eigenen Körpergewichts relevant ist (Radlinger et al., 1998, S. 24).

Kraftausdauer. Kraftausdauer beschreibt die Fähigkeit eines Muskels oder einer Muskelgruppe, über einen bestimmten Zeitraum hinweg wiederholt Kontraktionen auszuführen, ohne dabei signifikant zu ermüden, oder eine submaximale Kraft kontinuierlich zu erzeugen (Riebe et al., 2018).

1.2.4 Definition der Ausdauerkomponenten

Anaerobe Ausdauer. Die anaerobe Ausdauer beschreibt die Fähigkeit des Körpers, über kurze Zeiträume von bis zu etwa 2 Minuten hohe körperliche Leistungen zu erbringen, ohne dabei auf ausreichende Sauerstoffzufuhr angewiesen zu sein. Die Energie wird hierbei überwiegend durch anaerobe Stoffwechselprozesse wie die Glykolyse bereitgestellt, wobei Milchsäure als Nebenprodukt entsteht. Diese Art der Ausdauer setzt eine hohe Toleranz gegenüber Laktatsammlungen voraus und erfordert eine schnelle Bereitstellung von Energie aus den energiereichen Phosphatspeichern der Muskulatur (Schmidt et al., 2011).

Aerobe Ausdauer. Aerobe Ausdauer bezieht sich auf die Fähigkeit des Körpers, über längere Zeiträume hinweg bei moderater bis niedriger Intensität körperliche Arbeit auszuführen. In diesem Fall wird die notwendige Energie überwiegend durch die Sauerstoffzufuhr und den oxidativen Abbau von Kohlenhydraten und Fetten gewonnen (Schmidt et al., 2011). Die maximale Sauerstoffaufnahmekapazität (VO₂max) gilt als der beste Indikator für die aerobe Fitness und Leistungsfähigkeit (Santo & Golding, 2003).

1.3 Stand der Forschung und bestehende Lücken

1.3.1 Kritische Betrachtung existierender Leistungstests anderer Länder

Die Forschungsliteratur verdeutlicht eine signifikante Diskrepanz zwischen den bestehenden Leistungstests für Feuerwehrleute und den tatsächlichen Anforderungen des Feuerwehreinsatzes. Die von Fyock-Martin et al. (2020) durchgeführte Analyse bestehender Leistungstests für Feuerwehrleute zeigt, dass es zwar eine Vielzahl von Bewertungsverfahren zur Ermittlung feuerwehrspezifischer Fähigkeiten gibt, es jedoch an validierten Tests mangelt, die speziell auf die feuerwehrspezifischen Leistungsanforderungen zugeschnitten sind. Die Notwendigkeit, Testverfahren zu entwickeln, die nicht nur die physischen und technischen Kompetenzen erfassen, sondern auch wissenschaftlich fundiert sind und die realen Anforderungen des Feuerwehreinsatzes widerspiegeln, wird durch diese Lücke in der Forschung und Praxis unterstrichen. Die Studie von Fyock-Martin et al. (2020) bietet eine wertvolle Grundlage für die Weiterentwicklung und Validierung von Leistungstests, die auf die speziellen Bedürfnisse und Herausforderungen von Feuerwehrleuten zugeschnitten sind.

Lockie et al. (2022) ergänzt in seiner Studie diese Erkenntnisse, indem sie die positiven Effekte von spezifischen Trainingsprogrammen auf die Testperformance untersucht. Ihre Forschung zeigt, dass Feuerwehrkandidaten, die an einem gezielten Vorbereitungskurs teilnahmen, bei Aufgaben des Biddle Physical Ability Test (BPAT) wie Dachbelüftung und Opferrettung signifikant bessere Leistungen zeigten. Obwohl die Gesamttestzeiten zwischen Teilnehmenden mit und ohne vorbereitendes Training nicht signifikant variierten, legen die Ergebnisse nahe, dass ein zielgerichtetes Training in spezifischen Aufgabenbereichen die Leistungsfähigkeit und somit die Erfolgchancen im BPAT steigern kann. Diese Erkenntnisse verdeutlichen die Relevanz einer stärkeren Ausrichtung der Trainingsprogramme auf die realen Einsatzanforderungen und die Entwicklung validierter Leistungstests, die eine differenzierte Bewertung der physischen Eignung von Feuerwehrkandidaten ermöglichen.

Der von Mamen et al. (2021) vorgestellte funktionale Fitnesstest für Feuerwehrleute wurde speziell entwickelt, um die Anforderungen des Feuerwehrdienstes realitätsnah abzubilden und die körperliche Leistungsfähigkeit der Feuerwehrleute unter einsatzähnlichen Bedingungen zu bewerten. Der Test besteht aus einer Reihe von Aufgaben, die typische Bewegungsabläufe und Aktivitäten im Feuerwehreinsatz simulieren, darunter das Tragen von Ausrüstung, das Überwinden von Hindernissen und das simulierte Retten von Personen. Durchgeführt wird der Test unter dem Tragen der kompletten Feuerwehrausrüstung, allerdings ohne das Atemschutzmaskengesichtsgerät, um die Sauerstoffaufnahme direkt messen zu können.

Im Vergleich zu traditionellen Labortests, die oft auf Laufbändern oder Fahrradergometern durchgeführt werden und primär die kardiorespiratorische Fitness messen, legt der neue Test einen stärkeren Fokus auf die Gesamtkörperfitness. Er berücksichtigt die speziellen physischen Anforderungen, die an Feuerwehrleute im Einsatz gestellt werden, und bewertet somit die Fähigkeit der Teilnehmer, unter Belastung effizient und sicher zu arbeiten. Die Testergebnisse zeigen, dass die Teilnehmer während des neuen funktionalen Tests eine ähnliche Spitzen-Sauerstoffaufnahme erreichten wie beim Labortest, allerdings über einen längeren Zeitraum hinweg eine hohe Sauerstoffaufnahme aufrechterhalten mussten. Diese längere Dauer hoher Belastung spiegelt die Anforderungen realer Einsätze wider, in denen Feuerwehrleute oft über längere Zeitabschnitte hohe physische Leistungen erbringen müssen (Mamen et al., 2021).

Die Studie (Mamen et al., 2021) schlägt basierend auf den Ergebnissen eine Bestehens-/Nichtbestehens-Grenze für den neuen Test vor. Eine Zeit von 10 Minuten und 30 Sekunden wurde

als Richtwert festgelegt, um die körperliche Leistungsfähigkeit der Feuerwehrleute adäquat zu bewerten. Diese Grenze bietet eine objektive Messgrösse, die hilft, die Eignung von Feuerwehrleuten für den Dienst zu beurteilen und sicherzustellen, dass sie den physischen Anforderungen ihres Berufs gewachsen sind. Der funktionale Fitnessstest von Mamen et al. (2021) bietet somit einen wertvollen Beitrag zur Entwicklung präziser und einsatzrelevanter Bewertungsmethoden im Bereich der Feuerwehrfitness.

Die Studie von Gebhardt & Baker (2023) unterstreicht die Bedeutung von präzisen physischen Leistungskriterien für Berufe mit hohen physischen Anforderungen. Sie heben hervor, dass ein erheblicher Anteil der zivilen Arbeitskräfte in den USA (39,1%) in körperlich anspruchsvollen Jobs arbeitet, welche Aktivitäten wie Heben, Tragen, Stossen/Ziehen sowie Klettern unter verschiedenen Umgebungsbedingungen erfordern. Diese Anforderungen finden sich auch in militärischen Berufen wieder, die zusätzlich Installationen, Notfallrettungen und Wartungsaufgaben umfassen. Die Autoren betonen die Notwendigkeit, dass Organisationen, die Personen für körperlich anstrengende Jobs einstellen, deren physische Fähigkeiten im Verhältnis zu den Jobanforderungen vor der Einstellung bewerten müssen. Hierfür werden verschiedene Arten von Kriterienmassen (wie Arbeitsproben, Vorgesetztenbewertungen und die Reduzierung von Verletzungen, Personalabbau und medizinischen Kosten) verwendet und diskutiert. Die Studie präsentiert Strategien zur Entwicklung von Kriterienmassen, die die Leistung bei physisch anspruchsvollen Aufgaben in militärischen und zivilen Arbeitsumgebungen bewerten, und betont die Integration physiologischer und ergonomischer Informationen in das Design dieser Massnahmen (Gebhardt & Baker, 2023).

Die Untersuchung von Beitia et al. (2022) wirft ein neues Licht auf die zentrale Rolle anaerober Fitnessparameter bei der Vorhersage der Leistungsfähigkeit von Feuerwehrleuten in physischen Eignungstests. Diese Studie (Beitia et al., 2022) verdeutlicht, dass spezifische anaerobe Fähigkeiten, wie Handkraft, Sprungkraft, schnelle Energiebereitstellung und Ausdauer, entscheidend sind, um die anspruchsvollen und vielfältigen Aufgaben im Rahmen der Physical Ability Tests (PAT) erfolgreich zu bewältigen. Besonders hervorzuheben ist der direkte Zusammenhang zwischen der Leistung in anaeroben Fitnessbewertungen und der Effektivität bei berufsspezifischen Herausforderungen, die eine hohe physische Beanspruchung in voller Ausrüstung erfordern.

Interessanterweise offenbart die Studie (Beitia et al., 2022) eine Diskrepanz zwischen der signifikanten Rolle anaerober Fitness und der scheinbar geringeren Bedeutung mentaler Zähigkeit hinsichtlich der PAT-Leistung. Dieses Ergebnis ist überraschend, da die mentale Zähigkeit oft als ein kritischer Faktor für die Bewältigung stressreicher und körperlich anstrengender Situationen angesehen wird. Die fehlende signifikante Korrelation zwischen mentaler Zähigkeit und der PAT-Leistung legt nahe, dass die körperliche Vorbereitung und spezifische anaerobe Kapazitäten einen direkteren und messbaren Einfluss auf die Leistungsfähigkeit haben.

Die Erkenntnisse von Beitia et al. (2022) hebt somit die Notwendigkeit hervor, dass Feuerwehrleute und Verantwortliche in der Ausbildung ein besonderes Augenmerk auf die Entwicklung und Förderung anaerober Fitness legen. Dies impliziert, dass Trainingsprogramme und Vorbereitungsstrategien für PATs gezielt anaerobe Komponenten integrieren sollten, um die Einsatzbereitschaft und Effizienz der Feuerwehrleute zu maximieren. Dennoch betont die Studie auch die Bedeutung weiterführender Forschung zu psychologischen Aspekten der Feuerwehrarbeit. Ein umfassenderes Verständnis dieser Dimensionen könnte dazu beitragen, ein ganzheitlicheres Bild der Anforderungen an Feuerwehrleute zu zeichnen und so die Vorbereitung auf die komplexen Herausforderungen ihres Berufs weiter zu optimieren. Die Befunde dienen als wertvolle Grundlage für die Entwicklung zukünftiger Trainingsrichtlinien und die Konzeption von Testverfahren, die sowohl die physischen als auch psychologischen Facetten des Feuerwehrdienstes berücksichtigen (Beitia et al., 2022).

In der Studie von Michaelides et al. (2008) wurde der Zusammenhang zwischen verschiedenen Fitnessparametern und der Leistung bei einem Feuerwehr-Fähigkeitstest (Ability Test, AT), der simulierte Brandbekämpfungsaufgaben umfasste, untersucht. Ziel war es, ein Regressionsmodell zu erstellen, das die Leistung der Feuerwehrleute bei diesem Test vorhersagen könnte. In die Studie wurden 38 erfahrene männliche Feuerwehrleute einbezogen, die den AT absolvierten und verschiedene Fitnessmessungen, wie obere Körpermuskulatur-Ausdauer, obere und untere Körperkraft, Flexibilität und Körperzusammensetzung, durchliefen. Die Ergebnisse zeigten signifikante Zusammenhänge zwischen der oberen Körpermuskulatur-Ausdauer, der oberen Körperkraft und einer niedrigen Körperzusammensetzung mit besseren Leistungen bei den simulierten Brandbekämpfungsaufgaben. Die Regressionsanalyse ergab, dass Variationen in den Fitnessparametern einen signifikanten Anteil (55%) der beobachteten Variationen im AT er-

klären konnten. Insbesondere wurden obere Muskulatur-Stärke und Ausdauer sowie eine geringe Körperzusammensetzung (% Körperfett) als signifikant für bessere Leistungen bei den simulierten Brandbekämpfungsaufgaben identifiziert. Variablen wie Flexibilität der unteren Rücken- und Oberschenkelmuskulatur, obere und untere Körperkraft und Körperzusammensetzung trugen signifikant zur Vorhersagekraft des Modells bei. Diese Studie betont die Bedeutung einer umfassenden körperlichen Fitness für die Leistung von Feuerwehrleuten bei Aufgaben, die eine hohe physische Belastung darstellen, und bietet wertvolle Einblicke für die Entwicklung und Validierung von Leistungstests, die auf die spezifischen Anforderungen und Herausforderungen von Feuerwehrleuten zugeschnitten sind (Michaelides et al., 2008).

Skinner et al. (2020) beleuchtet in seiner Studie die physischen Fitnessanforderungen und Prädiktoren der Leistungsfähigkeit bei Rettungsfeuerwehrleuten der Luftfahrt (RFLF). Sie fokussiert sich auf die spezifischen physischen Herausforderungen, die mit den einzigartigen Aufgaben dieser Feuerwehrleute verbunden sind, wie beispielsweise die Bewältigung von Notfällen in der Luftfahrt. Die Forschung zeigt, dass sowohl aerobe als auch anaerobe Fitnesskapazitäten, neben der Körperkomposition, starke Prädiktoren für die Leistungsfähigkeit in RFLF-spezifischen Aufgaben sind. Insbesondere werden die maximale aerobe Kapazität ($\dot{V}O_{2max}$) und die anaerobe Leistungsfähigkeit als entscheidende Faktoren für die erfolgreiche Ausführung eines simulierten RFLF-Notfallprotokolls hervorgehoben. Zudem wurde festgestellt, dass Muskelkraft und -ausdauer, obwohl wichtig für die allgemeine Fitness, nicht direkt mit der Leistung in RFLF-spezifischen Aufgaben zusammenhängen, was auf die besonderen physischen Anforderungen des Luftfahrtrettungsdienstes hinweist. Diese Erkenntnisse unterstreichen die Notwendigkeit, Fitnessstandards und Trainingsprogramme spezifisch auf die einzigartigen Anforderungen der RFLF abzustimmen, um deren Einsatzbereitschaft und Effektivität zu maximieren.

1.3.2 Existierende Fitnesstests für Feuerwehrdienste in der Schweiz

Der Autor dieser Arbeit untersuchte in seiner Bachelorarbeit (Meier, 2022) das physische Anforderungsprofil der schweizerischen BFL. Der methodische Ansatz der Studie kombinierte qualitative und quantitative Forschungsmethoden, um ein tiefgreifendes Verständnis der physischen Anforderungen im Feuerwehrwesen zu erlangen. Zu Beginn wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, gefolgt von Experteninterviews mit aktiven Feuerwehrleuten und Fachleuten aus dem Bereich der Feuerwehr-Ausbildung statt. Um Einblicke in die spezifischen

Herausforderungen und Anforderungen der Berufsfeuerwehr zu gewinnen. Teilnehmende Beobachtungen während der Ausbildung ergänzten die Datensammlung, indem sie realitätsnahe Einblicke in die physischen Belastungen des Berufsalltags boten. Aus der Analyse resultierten neun zentrale Key Performance Indicators (KPI), die als massgeblich für die Ausübung der beruflichen Tätigkeiten identifiziert wurden. Diese KPI umfassen Heben (maximale Kraft über 1 s), Ziehen (120 kg über 20 s), Erschwertes Atmen (20 kg über 8 min), Halten (30 kg über 3 min), Monster Walk (30 kg über 6 min), Rumpfstabilität (20 kg über 4 min), Tragen (30 kg über 9 min), Treppensteigen (30 kg über 5 min), Laufen (20 kg über 60 min). Jeder dieser Indikatoren spiegelt eine fundamentale physische Komponente wider, die für die Sicherheit und Effektivität im Feuerwehreinsatz entscheidend ist. Die Testbatterie wurde konzipiert, um die vorab definierten KPI einigermaßen zu operationalisieren. Hierbei wurden anthropometrische Messgrößen wie Körpergrösse, Körpergewicht, Bauchumfang, Alter und Beinlänge als Grundlage verwendet. Ergänzt wurde dies durch eine sorgfältig ausgewählte Serie von Fitnesstests. Die Testbatterie umfasst den Einsatz eines Hand-Dynamometers als Proxy für die Gesamtkraft, das isometrische Sumo-Lastheben (ILS) zur Bestimmung der Maximalkraft der Beinmuskulatur und des unteren Rückens sowie den Y-Balance-Test zur Evaluierung der Stabilität der unteren Extremitäten. Klimmzüge mit einer Zusatzlast von 12.6 kg werden zur Bewertung der Kraftausdauer im Oberkörper durchgeführt. Dazu gehören auch ein umfassender Rumpfkrafttest zur Überprüfung der Kraftausdauer der vorderen Muskelkette sowie der Sørensen-Test zur Ermittlung der isometrischen Kraftausdauer der lumbalen Rückenmuskulatur. Abschliessend wird der progressive Ausdauerlauf (PER) durchgeführt, der Aufschluss über die kardiorespiratorische Fitness und Ausdauer gibt. Diese Tests wurden durchgeführt, um die physische Leistungsfähigkeit zu bewerten, ausgewählt auf Basis ihrer Fähigkeit, spezifische Aspekte der physischen Leistungsfähigkeit objektiv und zuverlässig zu erfassen. Die praktische Durchführbarkeit der Testbatterie wurde mit Milizfeuerwehrleuten getestet, um sicherzustellen, dass die Tests in einem realen Umfeld anwendbar sind. Die Praktikabilität wurde anhand der Kriterien Zeitbedarf, benötigtes Equipment, Verständlichkeit der Anweisungen und die Fähigkeit, zwischen verschiedenen Leistungsniveaus zu differenzieren, bewertet. Die Studie ergab, dass die entwickelte Testbatterie eine effiziente und effektive Methode darstellt, um die körperliche Eignung von Feuerwehrleuten umfassend zu bewerten und somit einen signifikanten Beitrag zur Sicherheit und Leistungsfähigkeit im Einsatz leistet (Meier, 2022).

1.3.3 Existierender Fitnesstest der Berufsfeuerwehr im Kanton Bern

Die Berufsfeuerwehr des Kantons Bern stellt hohe Anforderungen an ihre Bewerber, die über die physische Fitness hinausgehen und eine ganzheitliche Kompetenz in körperlichen, geistigen und sozialen Fähigkeiten erfordern. Im Fokus des Auswahlverfahrens steht eine umfassende Aufnahmeprüfung, die darauf abzielt, die vielschichtigen Kompetenzen und Eignungen der Kandidaten für die anspruchsvollen Aufgaben im Feuerwehrdienst zu bewerten. Diese ganzheitlich angelegte Prüfung spiegelt das Bestreben wider, nicht nur die körperliche Leistungsfähigkeit, sondern auch die mentalen und sozialen Fähigkeiten der Bewerber umfassend zu erfassen und zu fördern. Insgesamt verfolgt die Berufsfeuerwehr Bern mit ihrer Aufnahmeprüfung einen ganzheitlichen Ansatz, der über die physische Fitness hinausgeht und auch die mentalen und sozialen Fähigkeiten berücksichtigt. Dieser Ansatz gewährleistet, dass die ausgewählten Bewerber nicht nur die erforderlichen physischen Voraussetzungen mitbringen, sondern auch in der Lage sind, effektiv im Team zu arbeiten, unter Druck Entscheidungen zu treffen und sich an die vielfältigen und oft herausfordernden Bedingungen des Feuerwehrdienstes anzupassen. Der erste Tag der Aufnahmeprüfung ist speziell dem Fitnesstest gewidmet, der die körperliche Eignung der Kandidaten auf den Prüfstand stellt. Dieser Test umfasst eine Reihe anspruchsvoller physischer Übungen, darunter Seilspringen, Liegestütze, Klimmzüge, einen 4km Lauf und 400 Meter Streckenschwimmen. Durch diese sportlichen Herausforderungen werden die grundlegenden physischen Fähigkeiten wie Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit und Beweglichkeit geprüft. Die Auswahl und Kombination der Übungen zielen darauf ab, ein umfassendes Bild der physischen Leistungsfähigkeit zu erhalten, um sicherzustellen, dass die Bewerber den hohen Anforderungen des Feuerwehralltags gerecht werden können. Das Ziel dieses Selektionsprozesses ist es, die Wahrscheinlichkeit von Verletzungen, Überlastungsschäden und vorzeitigen Pensionierungen zu reduzieren. Letztlich zielt das Selektionsverfahren darauf ab, die Einsatzbereitschaft, Sicherheit und Effektivität der Feuerwehrkräfte im Einsatz zu maximieren, indem sichergestellt wird, dass alle Mitglieder des Teams den physischen Herausforderungen und psychosozialen Anforderungen des Berufs gewachsen sind (Schutz und Rettung Bern, 2021).

1.3.4 Fitnesstests für Rettungsdienste im Kanton Bern

Die Entwicklung des Fitnesstests für Rettungsdienste (FTRD) im Kanton Bern basiert auf einer gründlichen Analyse und Forschung, um ein präzises körperliches Anforderungsprofil für Rettungsdienstmitarbeitende zu erstellen. Die Entstehung und Konzeption des FTRD wurde durch

die systematische Arbeit von drei Masterarbeiten unter der Leitung und im Rahmen des grösseren Teams von Alan Dössegger geprägt. Diese Masterarbeiten boten einen tiefen Einblick in die körperlichen und psychischen Anforderungen des Rettungsdienstes und legten damit die Basis für den FTRD.

Die Forschungsarbeit von Stähly (2019) bildete das Fundament für die Entwicklung eines körperlichen Anforderungsprofils, das speziell auf die Bedürfnisse des Rettungsdienstpersonals im Kanton Bern zugeschnitten ist. Die Studie zielte darauf ab, die physischen Anforderungen und Belastungen, die während der Dienstzeiten auf das Personal wirken, detailliert zu erfassen und zu quantifizieren. Stähly's (2019) methodischer Ansatz umfasste umfassende direkte Beobachtungen der Rettungsdienstmitarbeitenden während ihrer Schichten sowie die Durchführung einer Online-Umfrage, um ein breites Spektrum an Daten zu sammeln und auszuwerten. Das aus dieser umfangreichen Forschungsarbeit resultierende körperliche Anforderungsprofil erwies sich als richtungsweisend für die Konzeption des FTRD. Es wurde ein wissenschaftlich fundierter Ausgangspunkt geschaffen, der die Entwicklung spezifischer Tests ermöglichte, die auf die realen physischen Belastungen des Rettungsdienstalltags abgestimmt sind. Diese Pionierarbeit leistet somit einen entscheidenden Beitrag zur Sicherstellung der Leistungsfähigkeit und des Wohlergehens von Rettungsdienstmitarbeitenden im Kanton Bern, indem sie objektive Kriterien für die Bewertung und Förderung ihrer körperlichen Fitness liefert.

Leutert (2020) erweiterte diesen Ansatz, indem er neben den körperlichen auch die psychischen Belastungen von Rettungsdienstmitarbeitenden untersuchte. Seine Empfehlungen zielten darauf ab, das Selektionsverfahren zu optimieren und dabei Aspekte wie Ernährungs- und Bewegungsmanagement einzubeziehen. Diese Arbeit (Leutert, 2020) beleuchtete die Notwendigkeit einer ganzheitlichen Betrachtung der Anforderungen, die an Rettungsdienstmitarbeitende gestellt werden.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Fitnesstests für Rettungsdienste (FTRD) im Kanton Bern spielte die Arbeit von Vetter (2020) eine zentrale Rolle. Sie definierte körperliche Minimalanforderungen für Rettungsdienstpersonal. Vetter (2020) legte den Fokus auf die Etablierung klarer Standards, um das Risiko von Überlastungsschäden und berufsspezifischen Verletzungen effektiv zu minimieren. Diese Mindestanforderungen sind essenziell, um eine Basislinie für die körperliche Leistungsfähigkeit festzulegen, die notwendig ist, um den anspruchsvollen Herausforderungen im Rettungsdienst gerecht zu werden.

Der FTRD besteht aus einer sorgfältig zusammengestellten Reihe von Tests, die verschiedene Facetten der physischen Fitness bewerten, darunter Ausdauer, Kraft, Kraftausdauer, Balance und Flexibilität. Die Struktur des FTRD ist als Circuit konzipiert. Die Teilnehmer können in Teams von zwei Personen insgesamt elf verschiedene Stationen durchlaufen. Jede Station wird von Fachkräften mit spezialisiertem Wissen im Fitnessbereich geleitet. Diese überwachen die Durchführung der Übungen gemäss streng standardisierten Richtlinien.

Ein wichtiger Aspekt von Vetter (2020) Beitrag ist die praktische Anwendung des FTRD. Dies geschieht sowohl im Rekrutierungsprozess neuer Rettungsdienstmitarbeiter als auch bei der regelmässigen Überprüfung der Fitness von bereits aktiven Kräften. Dieses Verfahren dient der Identifikation potenzieller körperlicher Defizite bei Bewerbern und der Gewährleistung ihrer Eignung für den Einsatz sowie der kontinuierlichen Überwachung und Verbesserung der physischen Kondition des bestehenden Personals. Die Forschung von Vetter (2020) betont die Wichtigkeit einer systematischen physischen Eignungsüberprüfung im Rettungsdienst, um die Sicherheit und Effizienz im Einsatz zu maximieren und gleichzeitig das Verletzungsrisiko zu minimieren.

Der FTRD umfasst eine Reihe von Tests, die darauf ausgerichtet sind, die körperlichen Anforderungen des Rettungsdienstes zu bewerten. Dazu gehören Übungen zur Überprüfung der kardiorespiratorischen Fitness, der muskulären Stärke und Ausdauer sowie der Beweglichkeit und Koordination. Das Ziel ist sicherzustellen, dass die Mitarbeiter nicht nur den physischen Anforderungen ihrer Tätigkeit gewachsen sind, sondern auch ein hohes Mass an Einsatzbereitschaft und Sicherheit im Umgang mit den herausfordernden Situationen des Rettungsdienstes gewährleisten können.

1.3.5 Die Notwendigkeit validierter und praxisnaher Tests

Die effektive Ausübung des Feuerwehrberufs erfordert eine hohe körperliche Fitness und spezifische Fähigkeiten. Um diese Anforderungen präzise zu bewerten, sind validierte und praxisnahe Tests von essentieller Bedeutung. Dieser Abschnitt beleuchtet die signifikante Rolle, die diese Tests in der Ausbildung und fortlaufenden Qualifikation von Feuerwehrpersonal spielen. Die Untersuchung von Michaelides et al. (2011) stellt einen wichtigen Meilenstein in der Erforschung der physischen Leistungsfähigkeit von Feuerwehrleuten dar. Die Autoren betonen die Notwendigkeit, Trainingsprogramme direkt auf die Verbesserung von Schlüsselfähigkeiten wie abdominaler Stärke, oberkörperlicher Muskelkraft und Körperfettanteil auszurichten. Sie

zeigen die Verbindung zwischen diesen spezifischen Fitnessparametern und der Leistung in realitätsnahen Feuerwehrübungen auf. Solche Programme sollen gezielt die physischen Kompetenzen entwickeln, die für den Feuerwehreinsatz entscheidend sind. Sie sollten nicht nur die allgemeine Fitness steigern.

In ähnlicher Weise eröffnet die Studie von Dicks et al. (2023) neue Perspektiven hinsichtlich der kardiovaskulären Fitnessbewertung bei Feuerwehrleuten. Durch die Einführung eines spezialisierten Graded Exercise Test (GXT) Protokolls, das in drei unterschiedlichen Szenarien, auf einem Laufband, einmal in Sportbekleidung und zweimal in voller Schutzausrüstung, durchgeführt wird, setzt diese Forschung neue Massstäbe in der Fitnessbeurteilung. Die realitätsnahe Bewertung unterstreicht die physischen Anforderungen des Einsatzalltags und betont die Wichtigkeit einer spezifischen und praxisnahen Testdurchführung. Die überzeugende Reliabilität und Validität der Testergebnisse verdeutlichen, wie essenziell die Entwicklung und Implementierung solcher massgeschneiderter Bewertungsverfahren für die Optimierung der Einsatzbereitschaft und Sicherheit im Feuerwehrdienst ist.

Schliesslich wird im Dräger Fit Check (*Vital Management* | Dräger, 2015), der vom Schweizerischen Feuerwehrverband anerkannt wurde, die praktische Umsetzung validierter Tests beleuchtet. Obwohl er wertvolle Einblicke in die Leistungsfähigkeit liefert, zeigt dieser Test auch eine Lücke im Bereich der spezifischen Anforderungsbewertung und der regelmässigen Durchführbarkeit auf. Die Forderung nach Tests, die nicht nur eine hohe Face-Validity besitzen, sondern auch einfach umsetzbar und regelmässig durchführbar sind, wird immer deutlicher.

Die vorgestellten Studien bieten wichtige Ansatzpunkte für die Weiterentwicklung von Trainings- und Bewertungsmethoden im Feuerwehrwesen. Sie verdeutlichen die Bedeutung einer fundierten wissenschaftlichen Grundlage für die Entwicklung von Leistungstests, die die realen physischen Anforderungen des Berufs widerspiegeln. Der Fokus liegt dabei auf der Förderung einer gezielten physischen Vorbereitung, die nicht nur die Leistungsfähigkeit optimiert, sondern auch die Sicherheit und Effektivität im Einsatz gewährleistet. Um den dynamischen Anforderungen des Feuerwehrdienstes gerecht zu werden, erfordert die Zukunft in diesem Bereich eine kontinuierliche Anpassung und Validierung von Testverfahren.

1.4 Ziel und konkrete Fragestellung

Das Hauptziel dieser Masterarbeit ist die Entwicklung eines detaillierten körperlichen Anforderungsprofils für BFL des Kantons Bern. Das Profil soll die realen physischen Belastungen,

die im Berufsalltag von Feuerwehrleuten auftreten, präzise widerspiegeln. Basierend auf diesem Profil soll eine praktikable und zur Verlaufsmessung geeignete Testbatterie entworfen werden: die Fitnesstests für den Berufsfeuerwehrdienst (FTFD). Dieser soll es ermöglichen, die Fitness und Einsatzbereitschaft von Feuerwehrpersonal zu bewerten und zu fördern. Mindestanforderungen für die faire Beurteilung der Einsatzfähigkeit und für die Auswahl geeigneter Kandidatinnen und Kandidaten für die Berufsfeuerwehr sollen auf Basis der beobachteten Belastungen definiert werden. Die Testbatterie soll somit nicht nur die Leistungsfähigkeit und Sicherheit von Feuerwehrkräften im Einsatz optimieren, sondern auch zur Prävention von Verletzungen, Überlastungsschäden und vorzeitigen Pensionierungen beitragen.

1.4.1 Hauptfragestellung

Aus dem im Abschnitt 1.4 erwähnten Ziel lassen sich folgende Forschungsfragen formulieren:

Welche physischen Belastungen und Anforderungen, die die Tätigkeit der Berufsfeuerwehrleute im Kanton Bern charakterisieren, können als Critical Success Factors (CSF) identifiziert und in Key Performance Indicators (KPI) überführt werden, um ein realitätsnahes Anforderungsprofil zu erstellen?

Wie kann eine Testbatterie (FTFD) gestaltet werden, die diese Key Performance Indicators (KPI) präzise abbildet, die durchführbar ist und zur Verlaufsmessung der Fitness und Einsatzbereitschaft von Feuerwehrpersonal geeignet ist?

2 Methode

Das folgende Kapitel beschreibt die Merkmale der Untersuchungsgruppe, erläutert das zugrundeliegende Studiendesign und liefert eine detaillierte Beschreibung der verwendeten Beobachtungsprotokolle sowie der eingesetzten Sensortechnologie. In Abschnitt 2.4 wird ausserdem die Methodik der Datenauswertung detailliert erläutert. Die Studie wurde durch das interne Reviewboard der EHSM (Nr. 2024-229) freigegeben.

2.1 Untersuchungsgruppen

Die Untersuchungsgruppe bestand aus zwei Convenience-Stichproben von zehn sowie 17 männlichen BFL des Kantons Bern. Diese Gruppen wies eine Körpergrösse zwischen 169 cm und 190 cm, ein Körpergewicht zwischen 63 kg und 92 kg sowie ein Alter zwischen 27 und 55 Jahren auf. Es gab keine Ausschlusskriterien, solange die BFL ihre alltäglichen Aufgaben verrichten konnten.

2.2 Untersuchungsdesign

Die vorliegende Studie verfolgte einen offenen, teilnehmenden und strukturierten Ansatz der Feldbeobachtung. Im ersten Schritt wurde eine Dokumentation der physischen Aktivitäten von BFL durchgeführt. Hierfür wurde ein leicht angepasstes Beobachtungsprotokoll von Stähly (2019) verwendet (siehe Anhang A). Insgesamt wurden sieben Tunnelübungen durchgeführt, bei denen der NASA-TLX-Fragebogen (REF), Beschleunigungssensoren (Calera Core, greenTEG AG, Zürich, Schweiz) und Herzfrequenzsensoren (Polar Verity Sense, Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) getragen wurden.

Die bewusste Auswahl der Tunnelübungen basiert auf den Ergebnissen der Bachelorarbeit von Meier (2022), welche aufzeigte, dass Tunnelübungen zu den physisch anspruchsvollsten Einsätzen für BFL gehören. Diese Übungen wurden gezielt gewählt, um die extremen physischen Anforderungen realistisch abzubilden, denen BFL im Einsatz begegnen. Die Erhebung der Daten aus diesen Übungen ist essenziell, um sicherzustellen, dass die entwickelten Fitnesstests und das physische Anforderungsprofil die tatsächlichen Herausforderungen widerspiegeln, mit denen die BFL konfrontiert sind.

Am 15.11.2023 wurden drei Tunnelübungen in einem Bahntunnel durchgeführt, bei denen jeweils ein spezifisches Szenario simuliert wurde. Zu den Aufgaben gehörten unter anderem die Personenrettung und das Löschen von brennenden Objekten. Die Übungen begannen um 09:00

Uhr, 10:50 Uhr und 13:20 Uhr und dauerten jeweils zwischen 50 Minuten und einer Stunde. Während dieser Übungen wurden die physischen Belastungen der BFL dokumentiert. Die Beobachtungen erfolgten dabei ausschliesslich durch direkte, manuelle Protokollierung, ohne den Einsatz von Videotechnik.

Am 04.12.2023 wurden vier Tunnelübungen in einem Autotunnel durchgeführt. Diese Übungen fanden zu folgenden Zeiten statt: 09:35 Uhr, 11:00 Uhr, 13:20 Uhr und 15:00 Uhr, wobei jede Übung zwischen 25 und 40 Minuten dauerte. Die Szenarien umfassten ebenfalls Personenrettung und das Löschen von brennenden Objekten. Im Unterschied zu den Übungen am 15.11.2023 wurden diese Übungen mithilfe von zwei Kameras (GoPro Hero 10) aufgezeichnet, wobei pro Übung jeweils zwei Kameras verwendet wurde. Die Beobachtungen wurden anschliessend anhand der Videoaufnahmen in das Protokoll übertragen.

Die NASA-TLX-Fragebögen (siehe Anhang B) wurden direkt nach jeder Übung ausgefüllt, da zwischen den Übungen kurze Pausen eingelegt wurden. Alle erhobenen Daten wurden vertraulich behandelt.

An beiden Tagen trugen jeweils fünf zufällig ausgewählte BFL moderne Sensoren (Calera Core und Polar Verity Sense), um die körperliche Beanspruchung objektiv zu erfassen. Die Sensoren wurden vor Beginn der Übungen mithilfe eines elastischen Armbands am Oberarm der Teilnehmer befestigt. Die Sensornummer, der Name, das Geschlecht, das Alter, die Körpergrösse und das Körpergewicht der Teilnehmer wurden in die Sensorenliste bzw. den Einsatzreport eingetragen (siehe Anhang C). Am 15.11.2023 wurden während der ersten Übung Daten von vier Personen generiert, während bei der zweiten Übung keine Sensordaten erfasst wurden. Bei der dritten Übung wurden Daten von fünf Personen aufgezeichnet. Am 04.12.2023 lieferten fünf Teilnehmer bei jeder der vier Übungen gültige Sensordaten.

Die Sensordaten wurden direkt nach Ende jeder Übung in zufälliger Reihenfolge ausgelesen, abhängig davon, welcher Feuerwehrmann sich am nächsten beim Messleiter befand. Der Auslese- und Speicherprozess dauerte pro Sensor zwischen 5 bis 10 Minuten und wurde mit einem Smartphone (Asus Zenfone 9) mit der Calera App durchgeführt. Die Daten wurden anschliessend lokal auf einem Computer (Microsoft Surface Pro 9) gespeichert.

Basierend auf den gesammelten und ausgewerteten Daten wurden die anstrengendsten Tätigkeiten ermittelt, die in Kombination mit der Bachelorarbeit von Meier (2022) zuerst in Critical Success Factors (CSF) und anschliessend in KPI umgewandelt wurden. Aufgrund der ermittelten KPI wurden Anpassungen an einem bestehenden Fitnesstest für Feuerwehrleute, basierend

auf Meier (2022), vorgenommen. Diese Tests zielen darauf ab, die Anforderungen aus den Tunnelübungen zu reflektieren, da diese als die physisch anspruchsvollsten Einsätze gelten. Der Test wurde entwickelt, um sicherzustellen, dass die BFL den extremen Anforderungen solcher Einsätze gerecht werden können.

An drei verschiedenen Messtagen wurde am Standort der Berufsfeuerwehr Bern mit den BFL der Wache die Messungen durchgeführt. Diese Fitnesstests wurden erstmals am 20.07.2024 mit sechs Probanden getestet. An den folgenden Tagen, dem 21.07.2024 und dem 22.07.2024, nahmen weitere sieben bzw. vier Probanden an der Testung teil. Insgesamt wurden 17 verschiedene Probanden in diesen Test einbezogen, die sich freiwillig meldeten und sich in einem gesunden und fitten Zustand befanden. Die gemessenen Probanden hatten vor dem Test keine Kenntnisse vom Inhalt des FTFD. Die Probanden wurden nur einmal gemessen und waren nicht dieselben, die an den Tunnelübungen teilgenommen hatten. Die Praktikabilität der modifizierten Fitnesstests wurde während dieser Testungen evaluiert.

Zu Beginn der Tests wurde jedem Probanden eine eindeutige Nummer zugewiesen, um eine spätere Anonymisierung der Ergebnisse sicherzustellen. Die Probanden absolvierten alle Tests gemeinsam in einer festgelegten Reihenfolge, sodass der Messleiter jede Testphase einheitlich instruieren und die Durchführung kontinuierlich beobachten konnte. Der Messleiter übernahm die Durchführung der Messungen und dokumentierte die individuellen Leistungen der Probanden auf einem Resultatblatt (siehe Anhang D).

2.3 Instrumente

2.3.1 Beobachtungsprotokoll

Das in dieser Studie verwendete Beobachtungsprotokoll basiert auf dem Beobachtungsbogen von Stähly (2019) zur Untersuchung der körperlichen Anforderungen von Rettungssanitätern im Kanton Bern. Da BFL ähnlichen physischen Anforderungen und Herausforderungen ausgesetzt sind, wurde dieses Instrument angepasst und für die Beobachtung von BFL im Kanton Bern optimiert. Die körperlichen Tätigkeiten der BFL wurden mithilfe eines angepassten Instruments der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (SUVA) erfasst. Das Instrument basiert auf den bewährten Kriterien der SUVA-Broschüre «Gefährdungsermittlung; Heben und Tragen» (Steinberg et al., 2001) und erlaubte eine präzise Erfassung und Analyse spezifischer physischer Aktivitäten im Kontext von Feuerwehreinsätzen. Der Beobachtungsbogen hatte zum

Ziel, systematisch Hebe-, Halte- und Tragevorgänge innerhalb des untersuchten Arbeitsumfelds zu dokumentieren. Hierbei wurden die Häufigkeit und Dauer dieser Aktivitäten analysiert. Konkret wurden Hebe- oder Umsetzvorgänge, die weniger als 5 Sekunden dauerten, Haltevorgänge, die länger als 5 Sekunden andauerten, sowie Tragevorgänge über Distanzen von mehr als 5 Metern erfasst. Besondere Aufmerksamkeit wurde auf die Körperhaltungen und Ausführungsbedingungen während der Ausführung gelegt. Dabei konnten die Bedingungen von ergonomisch günstig bis hin zu Situationen mit eingeschränkter Bewegungsfreiheit und ungünstigen ergonomischen Bedingungen reichen.

Um eine fundierte und objektive Bewertung der Arbeitsbelastungen sicherzustellen, orientierte sich das Protokoll an den Leitmerkmalmethoden der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Diese Methoden wurden umfassend hinsichtlich Objektivität, Reliabilität, Konvergenz- und Kriteriumsvalidität geprüft. Diese Methoden sind ein zuverlässiges Werkzeug für die Gefährdungsbeurteilung und unterstützen die Entwicklung geeigneter Präventionsmassnahmen zur Minimierung von Gesundheitsrisiken (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2019).

Die präzise Erfassung und Kategorisierung von Körperhaltungen ist ein zentraler Bestandteil des Instruments. Durch den Einsatz von genauen Illustrationen wurde eine hohe Objektivität und visuelle Validität bei der Erfassung der Körperhaltung erreicht. Die Kombination aus detaillierten Darstellungen und ergänzenden Beschreibungen ermöglichte es auch Personen ohne fachspezifische Vorkenntnisse, Beobachtungen an BFL exakt zu dokumentieren. Diese methodische Herangehensweise trug entscheidend zur Verlässlichkeit und Genauigkeit der erhobenen Daten bei. Die protokollierten Informationen über die Körperhaltung sind fundiert und universell nachvollziehbar. Bei schwierigen Bedingungen war eine direkte Protokollierung auf dem Beobachtungsprotokoll nicht immer möglich. In dieser Situation half eine Videoaufzeichnung (GoPro Hero 10) bei der Auswertung. Die Videodatei wurde zwischengespeichert und anschliessend in das Beobachtungsprotokoll übertragen.

Für jede durchgeführte Übung wurde ein detailliertes Beobachtungsprotokoll erstellt. Das Protokoll enthielt Informationen zu den Beobachtungskriterien, dem Datum, der Identifikation der beobachtenden Person, dem Typ des Einsatzes, der Einsatznummer, dem Namen oder Kürzel des teilnehmenden Berufsfeuerwehrmitglieds sowie der genauen Einsatzdauer. Vor Beginn der

Datensammlung informierte man die Berufsfeuerwehr des Kantons Bern umfassend über die Forschungsmethodik und wies sie in das geplante Vorgehen ein.

2.3.2 NASA-TLX-Fragebogen

Der NASA-TLX-Fragebogen ist ein multidimensionales Bewertungssystem zur Erfassung der subjektiv wahrgenommenen Arbeitsbelastung. Er hat sich über Jahrzehnte als ein massgebliches Werkzeug in der Forschung menschlicher Faktoren etabliert. Es wurde ursprünglich vom Ames Research Center der NASA durch Hart & Staveland (1988) entwickelt und basiert auf umfangreichen empirischen und theoretischen Untersuchungen, die eine Vielzahl von Aufgaben in mehr als 40 Laborsimulationen umfassten. Diese Methode ermöglicht es, die wahrgenommene Arbeitsbelastung in Bezug auf sechs Schlüsseldimensionen zu quantifizieren: geistige Anforderungen, körperliche Anforderungen, zeitliche Anforderungen, Leistung, Anstrengung und Frustration. Ein innovatives Gewichtungsschema berücksichtigt individuelle Unterschiede in der Definition von Arbeitsbelastung, indem es Teilbewertungen entsprechend ihrer Bedeutung für die Gesamtbelastung eines Individuums gewichtet.

Die breite Anwendung des NASA-TLX in über 4400 Studien, wie von Hart (2006) hervorgehoben, unterstreicht seine signifikante Rolle in der Erforschung der Interaktion zwischen Mensch und System. Das Instrument hat sich über seine ursprüngliche Anwendung in der Luftfahrt hinaus als flexibel und diagnostisch stark erwiesen und wird in diversen Domänen und Aufgabenbereichen eingesetzt. Der NASA-TLX bietet eine robuste Grundlage zur Bewertung der Arbeitsbelastung von BFL. Durch die Anwendung dieses Ansatzes können differenzierte Einblicke in Beanspruchungsprofile und potenzielle Überlastungsszenarien gewonnen werden. Diese Erkenntnisse sind von entscheidender Bedeutung für die Optimierung von Arbeitsprozessen und die Gesundheit der Einsatzkräfte.

2.3.3 Sensoren

Calera Core. Der Calera Core Sensor (greenTEG AG, Zürich, Schweiz) ist ein innovativer Sensor, der am Oberarm befestigt wird und präzise die Kernkörpertemperatur kontinuierlich misst. Er bietet eine nicht-invasive Methode zur genauen Erfassung der Körperkerntemperatur in Echtzeit. Der kompakte und wasserdichte Sensor kann bequem während kontrollierter Studien, sportlicher Aktivitäten, bei der Arbeit oder den ganzen Tag über getragen werden. Der

Sensor ermöglicht den Zugriff auf hochauflösende Daten wie Kernkörpertemperatur, Hauttemperatur, Herzfrequenz (ext.), Beschleunigungsmesser und Wärmefluss. Er ist individuell kalibriert, um höchste Genauigkeit zu gewährleisten und bietet eine Batterielaufzeit von bis zu 6 Tagen bei kontinuierlicher Übertragung (bis zu 6 Wochen im Schlafmodus). Der Calera Core Sensor ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungen in Bereichen wie Sportwissenschaft durch seine Bluetooth BLE & ANT+ Konnektivität und die dazugehörige App für iOS und Android.

Polar Verity Sense. Der Polar Verity Sense (Polar Electro Oy, Kempele, Finnland) ist ein Herzfrequenzsensor, der am Oberarm befestigt wird. Durch seine kompakte und wasserdichte Hülle verfügt er über eine limitierte Batterielaufzeit von etwa 30 Stunden und muss daher nach jedem Messetag aufgeladen werden. Der Verity Sense bietet eine präzise Herzfrequenzmessung und kann mit verschiedenen Geräten und Apps verbunden werden, beispielsweise mit Calera.

2.3.4 Modifizierter FTFD

Eine detaillierte Liste der für die Messungen benötigten Materialien ist im Anhang E aufgeführt und kann dort eingesehen werden.

Anthropometrische Daten. Ein Taillenumfang bei europäischen Frauen von über 80 cm und bei europäischen Männern von über 94 cm wird gilt nach Angaben der International Diabetes Federation (IDF) als Hinweis auf ein erhöhtes Risiko für das metabolische Syndrom (Alberti, Zimmet & Shaw, 2006). Die Waist-to-Height Ratio (WHtR), also das Verhältnis von Taille zu Körpergröße, dient als anthropometrischer Indikator zur Einschätzung des Risikos für Bluthochdruck und andere chronische Erkrankungen (Bacopoulou et al., 2015; Caminha et al., 2017; Rezende et al., 2018).

Durchführungsnormierung: Die Körpergröße wurde mithilfe eines Stadiometers (Modell 213, Seca Switzerland, Reinach, Switzerland) auf 0.1 cm genau ermittelt. Das Körpergewicht wurde mit einer digitalen Flachwaage (Modell 861, Seca Switzerland, Reinach, Switzerland) auf 0.1 kg genau erfasst. Beide Messungen, Körpergröße und Körpergewicht, wurden ohne Schuhe durchgeführt. Der Taillenumfang wurde an der schmalsten Stelle der Taille mit einem Massband (Modell 201, Seca Switzerland, Reinach, Switzerland) auf 0.5 cm genau gemessen. Sollte die schmalste Stelle schwer bestimmbar gewesen sein, wurde alternativ etwa zwei Fingerbreit (3 cm) oberhalb des Bauchnabels gemessen (Koepke, Floris, Bender, Rühli & Staub, 2016;

Wyss, Tschopp & Dössegger, 2014). Das Alter (in Jahren) wurde zur Berechnung des VO₂max herangezogen.

Instrumente: Massband, Stadiometer, Waage.

Notierte Testwerte: Die Körpergrösse in Zentimetern, das Körpergewicht in Kilogramm, der Taillenumfang in Zentimetern und das Alter wurden erfasst. Der WHtR (Waist-to-Height Ratio) wird berechnet, indem der Taillenumfang (in Zentimetern) durch die Körpergrösse (in Zentimetern) dividiert wird.

Handkraft (Hand-Dynamometer). Um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherzustellen, sollte aufgrund der unterschiedlichen Messsysteme von Handdynamometern und möglichen herstellerspezifischen Abweichungen stets derselbe Gerätetyp verwendet werden (Cronin, Lawton, Harris, Kilding & McMaster, 2017). Cronin et al. (2017) zeigten einen positiven Zusammenhang zwischen der Handkraft und der Gesamtkörperkraft auf.

Durchführungsnormierung: Für die Normierung der Durchführung ist eine standardisierte Armhaltung unerlässlich, um die Reliabilität der Messungen zu gewährleisten (Cronin et al., 2017). Die Teilnehmenden wurden angewiesen, während der Messung auf einem Stuhl zu sitzen, die Füsse parallel auf den Boden zu stellen, die Schultern in einer neutralen Position zu halten und den Ellbogen in einem 90-Grad-Winkel zu beugen. Der Unterarm sowie das Handgelenk sollten dabei in einer neutralen Position verbleiben, ohne Pronation oder Supination, auch bei Maximalkontraktionen (Cronin et al., 2017). Zur Erhöhung der Reliabilität wurden je drei Messungen hintereinander durchgeführt, wobei zwischen den Messungen jeweils eine Minute Pause eingehalten wurde (Cronin et al., 2017).

Instrumente: Handdynamometer (Modell SH5001 Hydraulischer Handdynamometer, Saehan Corporation, Gyeongsangnam-do, Südkorea), Stuhl, Stoppuhr.

Notierte Testwerte: Die isometrische Maximalkraft [kg] der linken und rechten Hand.

Isometrischer Deadlift Test (IDT). Der Zweck dieses Tests bestand darin, die maximale Last zu ermitteln, die BFL im Einsatz Heben und Ziehen können, wenn beispielsweise eine Person auf dem Boden liegt. Basierend auf praxisnahen Beobachtungen dieser Studie wurde festgestellt, dass für eine effektive Rettung unter Einsatzbedingungen eine Hebekraft von über 120 Kilogramm erforderlich ist.

Durchführungsnormierung: Zur Normierung der Durchführung standen die Teilnehmenden auf der Messvorrichtung und griffen den an einer 40 cm langen Kette befestigten Griff. Aus einer breiten Hockstellung (Sumo-Stance-Deadlift) heraus zogen sie mit geradem Rücken und gestreckten Armen isometrisch so stark wie möglich am Griff. Die dabei erzeugte Kraft wurde über ein am Befestigungspunkt angebrachtes Dynamometer gemessen. Es wurden zwei aufeinanderfolgende Versuche durchgeführt.

Instrumente: Das Instrument zur Messung der isometrischen Maximalkraft bestand aus einer Standplatte mit Griffstange und einem Dynamometer (Zugwage ZW 1.0, Transmetra, Flurlingen, Switzerland).

Notierte Testwerte: Von beiden Versuchen wurde die isometrische Maximalkraft in Kilogramm aufgezeichnet.

Y-Balance Test. Der Y-Balance Test ist ein standardisiertes Instrument zur Messung der neuromuskulären Kontrolle und des dynamischen Gleichgewichts der unteren Extremitäten. Er dient insbesondere der Erkennung von Defiziten in der Beweglichkeit und Asymmetrien, die als Risikofaktoren für Verletzungen gelten. Der Y-Balance Test umfasst drei Bewegungsrichtungen: anterior, posteromedial und posterolateral, die als zuverlässig und praxisnah gelten. Die hohe Intra- und Interrater-Reliabilität des Tests (0,85 bis 0,91 bzw. 0,81 bis 1,00) wurde in einer Meta-Analyse nachgewiesen (Plisky, Schwartkopf-Phifer, Huebner, Garner & Bullock, 2021). In der vorliegenden Untersuchung wurde jedoch aus Gründen der Praktikabilität und Effizienz lediglich die anterior Richtung geprüft, wie von der Bachelorarbeit von Meier (2022) empfohlen. In der Meta-Analyse von Plisky et al. (2021) wurde betont, dass Asymmetrien in der anterioren Bewegungsrichtung besonders gut geeignet sind, um Verletzungsrisiken zu identifizieren.

Im Kontext der Feuerwehrarbeit, die durch physische Belastungen geprägt ist, können solche Defizite frühzeitig erkannt und gezielt durch präventive Massnahmen adressiert werden. Dies ist von Bedeutung, da muskuloskelettale Beschwerden insbesondere an den unteren Extremitäten, wie sie von Khoshakhlagh et al. (2024) beschrieben wurden, eine häufige Ursache für einsatzbedingte Ausfälle darstellen.

Durchführungsnormierung: Der Test beginnt barfuss, wobei der Proband im Einbeinstand auf der mittleren Plattform (Standbox) steht, mit den Zehen hinter der Linie. Zuerst wird das linke Bein als Standbein gewählt. Das Spielbein (zuerst rechts) wird benutzt, um das entsprechende

bewegliche Brett so weit wie möglich in die Testrichtung anterior zu schieben. Nach Abschluss dieses Vorgangs wechselt das Spielbein. Es werden zunächst 6 Testversuche durchgeführt, um den Lern- und Gewöhnungseffekt bis zum sechsten Versuch zu minimieren. Danach folgen drei Testversuche, bei denen der beste Wert notiert wird. Der Standfuss darf sich bewegen, einschliesslich Fersenbewegungen, um das Gleichgewicht zu halten, jedoch darf das Spielbein den Boden nicht berühren. Die Bewegung muss in einem kontrollierten und gleichmässigen Tempo durchgeführt werden, wobei Körperbewegungen zum Halten des Gleichgewichts erlaubt sind.
Instrumente: Y-Balance-Testgerät.

Notierte Testwerte: Der beste Wert in [cm] pro Richtung und Bein sowie die Differenzen li-re in [cm].

Klimmzüge mit Zusatzgewicht. Dieser Test bewertet die Kraftausdauer beziehungsweise die Maximalkraft der Arm- und Rückenmuskulatur, die für feuerwehrspezifische Aufgaben wie das Heben und Ziehen von Lasten essenziell ist. Der Test wird mit einer Gewichtsweste von 12.6 kg durchgeführt, um die Belastung zu erhöhen und realitätsnahe Einsatzbedingungen zu simulieren. Studien zeigen, dass eine erhöhte Griff- und Oberkörperkraft entscheidend für die Leistungsfähigkeit bei physischen Einsatzanforderungen ist (Ras et al., 2024).

Durchführungsnormierung: Der/die Teilnehmende legt die Gewichtsweste an und stellt sich unter die Klimmzugstange, die so hoch eingestellt sein sollte, dass der/die Teilnehmende frei hängen kann, ohne den Boden zu berühren. Der Test beginnt mit dem Kommando „Start“ in der unteren Position. Der/die Testleitende zählt die Wiederholungen laut mit. Der/die Teilnehmende zieht sich so hoch, dass das Kinn über die Stange kommt, und senkt sich dann kontrolliert wieder ab, bis die Arme vollständig gestreckt sind.

Instrumente: Klimmzugstange, Gewichtsweste (12.6 kg), Handzähler.

Notierte Testwerte: Die Anzahl korrekter Wiederholungen.

Liegestütze. Die obere Körperkraft ist ein wesentlicher Aspekt der physischen Fitness von BFL, insbesondere bei Aufgaben, die eine hohe Belastung der oberen Muskulatur erfordern, wie z.B. das Tragen schwerer Ausrüstung oder das Bewegen von Objekten während eines Einsatzes. Studien zeigen, dass eine hohe Muskelkraft und Ausdauer der oberen Extremitäten signifikant mit der Leistungsfähigkeit bei simulierten Brandbekämpfungsaufgaben zusammenhängt (Mi-

chaelides et al., 2008). Ebenso betonen Michaelides et al. (2011) die Notwendigkeit, Trainingsprogramme auf die Verbesserung dieser spezifischen Fähigkeiten auszurichten, um die Einsatzbereitschaft zu optimieren. Daher ist die Testung der oberen Körperkraft, beispielsweise durch Liegestütze, von zentraler Bedeutung, um sicherzustellen, dass BFL den physischen Anforderungen ihrer Aufgaben gewachsen sind.

Durchführungsnormierung: Die Ausgangsposition wurde standardisiert, indem die Hände flach auf Brusthöhe direkt unter den Schultern positioniert wurden, mit den Fingern nach vorne gerichtet und den Ellbogen nah am Körper. Die Beine und Füße waren geschlossen. Auf das Kommando «Start» senkt der/die Teilnehmende den Körper, indem die Ellbogen gebeugt werden, bis der Oberarm parallel zum Boden ist oder eine definierte Tiefe erreicht wird (z.B. Stirn berührt die 5 cm Matte). Der Körper wird dann wieder hochgedrückt, bis die Arme vollständig gestreckt sind. Die Übung wurde so oft wie möglich wiederholt, ohne dass die Ausführung technisch inkorrekt wird.

Instrumente: Handzähler und Fitnessmatte.

Notierte Testwerte: Anzahl korrekter Wiederholungen.

Farmers Walk. Der Farmers Walk stellt einen geeigneten Test für BFL dar, da er gemäss der Studie von Winwood, Cronin, Brown & Keogh (2014) eine umfassende muskuläre Belastung erfordert, insbesondere der Griffkraft, der Rumpfmuskulatur sowie der Bein- und Schultermuskulatur. Im Vergleich zum Deadlift erzeugt der Farmers Walk signifikant höhere vertikale und anteriore Kräfte, was seine Relevanz für einsatznahe Anforderungen unterstreicht, bei denen das Tragen schwerer Lasten eine zentrale Rolle spielt. Die Bewegungen simulieren realistische Einsatzszenarien, wie das Tragen von Ausrüstung oder die Rettung von Personen. Diese funktionelle Beanspruchung deckt sich mit den Ergebnissen von Michaelides et al. (2008), die zeigen, dass eine hohe Muskelkraft und Ausdauer entscheidende Faktoren für die erfolgreiche Durchführung von simulierten Feuerwehr-Aufgaben sind. Der Farmers Walk bildet daher realitätsnahe Anforderungen ab und spiegelt typische physische Belastungen im Feuerwehralltag wider.

Durchführungsnormierung: Der/die Teilnehmende steht an der Startlinie, mit den Gewichten rechts und links neben sich auf dem Boden. Auf das Kommando «Start» hebt der/die Teilnehmende die Hanteln und beginnt die 20-Meter-Strecke entlangzugehen. Nach Erreichen des En-

des der Strecke kehrt der/die Teilnehmende zur Startlinie zurück. Dieser Prozess wird wiederholt, bis die Hanteln nicht mehr sicher getragen werden können oder der/die Teilnehmende die Strecke nicht mehr zurücklegen kann. Die Haltung sollte während der gesamten Dauer aufrecht bleiben, und die Schultern sollten nicht nach vorne fallen.

Instrumente: Zwei Hanteln (je 20 kg pro Seite), Messband oder markierte Strecke (20 Meter), Stoppuhr.

Notierte Testwerte: Zeit [s], die vergeht, bis der Test abgebrochen wird, und die Gesamtdistanz [m], die der/die Teilnehmende zurückgelegt hat.

Sorensen Test. Der Test wurde durchgeführt, um die isometrische Ausdauer der Rumpfextensoren zu bewerten (Demoulin, Vanderthommen, Duyses & Crielaard, 2006). BFL sind durch ihre Einsätze besonders anfällig für muskuloskelettale Beschwerden, insbesondere im unteren Rückenbereich, wie eine Studie von Khoshakhlagh et al. (2024) zeigt.

Durchführungsnormierung: Die Teilnehmenden positionierten ihren Oberkörper horizontal auf einem Tisch, während der Unterkörper abgestützt blieb, und hielten diese Position so lange wie möglich aufrecht. Die Hände waren auf der Clavicula und durften nicht gelöst werden. Zur Sicherstellung einer konstanten horizontalen Ausrichtung diente eine hohe T-Bar als Referenz. Wenn der Kontakt zur T-Bar abbrach, wurde die Zeit gestoppt.

Instrumente: Tisch, Airexmatte, Stuhl, Stoppuhr, hoher Positionsständer.

Notierte Testwerte: Die Messung erfolgte in Sekunden, wobei die Dauer aufgezeichnet wurde, in der die Teilnehmenden die korrekte Position halten konnten.

30-15 IFT (Intermittierender Fitness Test). Der 30-15 Intermittierender Fitness Test (30-15 IFT) ist ein wissenschaftlich fundierter Feldtest zur Erfassung der aeroben und anaeroben Leistungsfähigkeit. Er ist besonders geeignet für Aktivitäten, die durch schnelle Richtungswechsel und unregelmässige Belastungen gekennzeichnet sind, wie sie im Einsatzalltag von BFL vorkommen. Ursprünglich von Buchheit (2008) entwickelt, wurde der Test in mehreren Studien, darunter Mohoric, Sibila & Strumbelj (2021), als zuverlässiges Instrument zur Messung der körperlichen Fitness anerkannt.

Durchführungsnormierung: Die Teilnehmenden stellen sich in einer Linie bei Punkt A (0-Meter-Marke) auf. Die Teststrecke ist über Audio-Daten gesteuert, wobei nach jedem akustischen Signal die nächste Marke erreicht werden muss. Die Teilnehmenden laufen 30 Sekunden lang

eine Strecke von 28 Metern, mit 15-sekündigen Pausen dazwischen. Der Test wird abgebrochen, wenn die Teilnehmer/innen völlig erschöpft sind und von sich aus aufhören oder wenn sie bei drei aufeinander folgenden Signaltönen nicht innerhalb der 2-Meter-Endzonen sind.

Instrumente: Stoppuhren, mp3, Messband, Pylonen.

Notierte Testwerte: Die Zeit in [mm:ss] bis zum Testabbruch. Die maximale erreichte Geschwindigkeit (VIFT [km/h]) und die geschätzte maximale Sauerstoffaufnahme (VO2max [ml/min/kg]), welche mit der Formel von Buchheit (2008) berechnet wird:

Geschätzte VO2max [ml/min/kg] = $28.3 - 2.15 * (\text{Geschlecht } m=1, w=2) - 0.741 * (\text{Alter, J}) - 0.0357 * (\text{Gewicht [kg]}) + 0.0586 * (\text{Alter, J}) * (\text{Letzte abgeschlossene Stufe (V30-15IFT) [km/h]}) + 1.03 * (\text{Letzte abgeschlossene Stufe (V30-15IFT) [km/h]})$.

2.4 Datenauswertung

Zunächst wurden die Daten aus den Beobachtungsprotokollen manuell in eine speziell dafür angelegte Excel-Tabelle (Microsoft Excel für Windows 365 MSO, Version 2402, Microsoft Corporation, Redmond, USA) übertragen. Die anschliessenden statistischen Analysen und Datenvisualisierung wurden mit Jamovi durchgeführt (The jamovi project (2023). jamovi (Version 2.3) [Computersoftware], Sydney, Australien).

2.4.1 Auswertung der Beobachtungsprotokolle

Im vorliegenden Excel-Template von Stähly (2019) wurden die Bewertungstabellen der SUVA bereits integriert. Das SUVA-Rating-System ordnete je nach Häufigkeit verschiedener Aktivitäten wie Heben oder Umsetzen, Halten und Tragen inklusive der spezifischen Körperhaltung und der Ausführungsbedingungen unter Berücksichtigung des jeweiligen Lastgewichts Punkte im Bereich von null bis 25 zu.

Die Berechnung des Gesamtpunktwertes für eine Berufsfeuerwehrperson erfolgte durch eine Kombination aus der Lastwertung in Tabelle drei, der Haltungswertung in Tabelle vier und der Ausführungswertung in Tabelle fünf, multipliziert mit der Zeitwertung in Tabelle zwei ((Lastwertung (Tabelle 2) + Haltungswertung (Tabelle 3) + Ausführungswertung (Tabelle 4)) × Zeitwertung (Tabelle 1) = Gesamtpunktwert).

Tabelle 1

Zeitwertung

Hebe- oder Umsetzvorgänge (< 5 s) Anzahl pro Einsatz	Halten (> 5 s) Gesamtdauer pro Einsatz	Tragen (> 5 m) Gesamtweg pro Einsatz	Zeitwertung
< 10	< 5 min	< 300 m	1
10 bis < 40	5 bis 15 min	300 m bis < 1 km	2
40 bis < 200	15 min bis < 1 Stunde	1 km bis < 4 km	4
200 bis < 500	1 bis < 2 Stunden	4 km bis < 8 km	6
500 bis < 1000	2 bis < 4 Stunden	8 km bis < 16 km	8
> 1000	> 4 Stunden	> 16 km	10





Anmerkung. Zeitwertung nach SUVA (Gefährdungsermittlung: Heben und Tragen, 2015).

Tabelle 2*Lastwertung*

Wirksame Last für Männer	Wirksame Last für Frauen	Lastwertung
< 10 kg	< 5 kg	1
10 bis < 20 kg	5 bis < 10 kg	2
20 bis < 30 kg	10 bis < 15 kg	4
30 bis < 40 kg	15 bis < 25 kg	7
> 40 kg	> 25 kg	25

Anmerkung. Lastwertung nach SUVA (Gefährdungsermittlung: Heben und Tragen, 2015).

Tabelle 3*Haltungswertung*

Charakteristische Körperhaltungen und Lastpositionen	Körperhaltung, Position der Last	Haltungswertung
	<ul style="list-style-type: none"> - Oberkörper aufrecht, nicht verdreht - Last am Körper 	1
	<ul style="list-style-type: none"> - geringes Vorneigen oder Verdrehen des Oberkörpers - Last am Körper oder körpernah 	2
	<ul style="list-style-type: none"> - tiefes Beugen oder weites Vorneigen - geringe Vorneigung mit gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers - Last körperfern oder über Schulterhöhe 	4
	<ul style="list-style-type: none"> - weites Vorneigen mit gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers - Last körperfern - eingeschränkte Haltungsstabilität beim Stehen - Hocken oder Knien 	8

Anmerkung. Haltungswertung nach SUVA (Gefährdungsermittlung: Heben und Tragen, 2015).

Tabelle 4*Ausführungswertung*

Ausführungsbedingungen	Ausführungswertung
Gute ergonomische Bedingungen	0
Einschränkung der Bewegungsfreiheit und ungünstige ergonomische Bedingungen	1
Stark eingeschränkte Bewegungsfreiheit und/oder Instabilität des Lastschwerpunktes	2

Anmerkung. Ausführungswertung nach SUVA (Gefährdungsermittlung: Heben und Tragen, 2015).

Der von der SUVA festgelegte Punktwert diene als Indikator für die Notwendigkeit ergonomischer Massnahmen am Arbeitsplatz. Ein höherer Punktwert wies auf ein erhöhtes Risiko für Verletzungen des Muskel-Skelett-Systems hin. Basierend auf dem ermittelten Punktwert wurden ergonomische Interventionen vorgeschlagen oder als zwingend erforderlich eingestuft (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5*Auswertung der SUVA-Punkte*

Risikostufe	Punktwert	Beschreibung
1	< 10	Geringe Belastung, Gesundheitsgefährdung durch körperliche Überbeanspruchung ist unwahrscheinlich
2	> 10	Erhöhte Belastung, eine körperliche Überbeanspruchung ist bei vermindert belastbaren Personen ¹⁾ möglich. Gestaltungsmassnahmen sind empfohlen
3	> 25	Wesentlich erhöhte Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für normal belastbare Personen ²⁾ möglich. Für diesen Personenkreis sind Gestaltungs- und/oder Schulungsmassnahmen unumgänglich.
4	> 50	Hohe Belastung, körperliche Überbeanspruchung ist auch für instruierte und trainierte Profis möglich. Es muss angenommen werden, dass die gesetzlichen Anforderungen nicht erfüllt sind. Gestaltungs- und/oder Schulungsmassnahmen sind unumgänglich.

Anmerkung. Auswertungstabelle nach SUVA (Gefährdungsermittlung: Heben und Tragen, 2015). 1) Vermindert belastbare Personen sind in diesem Zusammenhang Beschäftigte, die älter als 40 oder jünger als 21, «Neulinge» im Beruf oder durch Erkrankungen leistungsgemindert sind. 2) Darunter sind «gesunde Durchschnittsmenschen» zu verstehen. Für Profis, wie beispielsweise Bau- oder Forstarbeiter und andere Personen mit gut trainierter und entwickelter Muskulatur liegt die Schwelle bei 50 Punkten.

2.4.2 Gewichte der Ausrüstung der Berufsfeuerwehr Bern

Bei der exakten Ermittlung der Belastung und des entsprechenden Punktwertes innerhalb der Berufsfeuerwehr Bern wurde das Gewicht der eingesetzten Ausrüstungsgegenstände berücksichtigt. Das Personal der Berufsfeuerwehr Bern wogen die Ausrüstungsgegenstände und die Ergebnisse wurden in Tabelle 6 festgehalten.

Tabelle 6

Gewichtsangaben der Berufsfeuerwehr Bern

Objekte	Kilogramm
Atemschutzgeräte Einzelflasche	14.3
Atemschutzgerät Doppelflasche	22.2
Feuerlöscher	15.2
Feuerwehraxt	5.4
Persönliche Ausrüstung (Brandschutzbekleidung, Helm, Stiefel, Handschuhe)	10.3
Person/Dummy	83.0
Rettungsschere	21.8
Schlauchkassette	18.6
Schlauchpacket	9.0
Wärmebildkamera	1.6

Anmerkung. Gewichtsangaben der Berufsfeuerwehr Bern in Kilogramm, 2023.

2.4.3 Auswertung des NASA-TLX

Die Daten aus den NASA-TLX-Fragebögen wurden mit eindeutigen Einsatz- und Identifikationsnummern versehen, um eine klare Zuordnung zu den jeweiligen Einsatzarten und Teilnehmern zu gewährleisten. Fragebögen, die unvollständig ausgefüllt waren, wurden von der Analyse ausgeschlossen, um die Datenintegrität sicherzustellen und verlässliche Ergebnisse zu gewährleisten.

Zur Beschreibung der Verteilung der verschiedenen Dimensionen des NASA-TLX-Fragebogens wurde eine deskriptive Statistik durchgeführt. Für jede Dimension, einschliesslich geistiger Anforderungen, körperlicher Anforderungen, zeitlicher Anforderungen, Leistung, Anstrengung und Frustration, wurden der Minimalwert, der Maximalwert sowie der Mittelwert und die dazugehörige Standardabweichung berechnet.

Für die weiterführende Analyse wurde ein lineares gemischtes Modell (Linear Mixed Effects Model) verwendet. In diesem Modell wurde die Einsatzart als unabhängige Variable (UV) und als Fixed Effect betrachtet, um die Unterschiede zwischen den Einsatzarten «Rettung» und «Löschtrupp» zu untersuchen. Die abhängigen Variablen (AVs) umfassten die verschiedenen Dimensionen des NASA-TLX, nämlich geistige Anforderungen, körperliche Anforderungen, zeitliche Anforderungen, Leistung, Anstrengung, Frustration sowie die Gesamtbewertung. Da die Beobachtungen nicht unabhängig voneinander waren – es wurden mehrere Beobachtungen pro Teilnehmer (identifiziert durch den Namen) erhoben – wurden Random Effects für den Faktor „Name“ berücksichtigt, um die intraindividuellen Unterschiede zu kontrollieren. Zusätzlich wurden zur Visualisierung der Ergebnisse Boxplots erstellt, um die Verteilung der geistigen Anforderungen zwischen den Einsatzarten «Rettung» und «Löschtrupp» darzustellen.

2.4.4 Auswertung der Sensoren Daten

Die Rohdaten der Calera Core und Polar Verity Sense Sensoren wurden zunächst einer Vorprüfung unterzogen, um offensichtliche Unregelmässigkeiten oder technische Fehler zu identifizieren, die während der Datenerfassung auftraten. Anschliessend wurden statistische Methoden angewandt, um Ausreisser in den Datensätzen zu erkennen. Solche Ausreisser wurden basierend auf definierten physiologischen Parametern und Schwellenwerten identifiziert, um sicherzustellen, dass nur plausible und repräsentative Daten für die weitere Analyse verwendet wurden. Die Entscheidung über die Anpassung oder Eliminierung dieser Datenpunkte erfolgte unter Berücksichtigung ihres Kontexts und ihrer physiologischen Plausibilität. Zeiträume ohne realistische physiologische Reaktionen, beispielsweise aufgrund von Sensorfehlern oder inaktiven Phasen vor und nach dem Einsatz, wurden als ungültig markiert und aus dem finalen Datensatz entfernt. Dadurch wurden die Qualität und Zuverlässigkeit der Daten für die weitere Auswertung sichergestellt. Nach der Bereinigung wurden die Daten aus den verschiedenen Sensoren in einer Mastertabelle zusammengeführt, um eine konsolidierte Ansicht der gesammelten Informationen zu erhalten. Anschliessend wurden die Daten aus der Mastertabelle in Jamovi (The jamovi project (2023). jamovi (Version 2.3) [Computersoftware], Sydney, Australien) analysiert.

2.4.5 Auswertung der anstrengendsten Tätigkeiten

Zur detaillierten Analyse der physischen Belastungen der BFL während der Tunnelübungen wurden die Beobachtungsprotokolle einer erweiterten Auswertung unterzogen. Ziel war es, die körperlich anstrengendsten Tätigkeiten zu identifizieren, die den grössten Einfluss auf die physische Beanspruchung hatten.

Die Analyse erfolgte schrittweise. Zunächst wurden die dokumentierten Tätigkeiten in drei Hauptkategorien unterteilt: Hebe- oder Umsetzvorgänge (< 5 s), Halten (> 5 s) und Tragen (> 5 m). Diese Einteilung ermöglichte eine strukturierte Erfassung der verschiedenen Belastungsarten.

Anschliessend wurden die Tätigkeiten nach spezifischen Belastungsparametern bewertet, darunter wirksame Last [kg], Anzahl der Wiederholungen (bei Hebe- oder Umsetzvorgängen), Dauer [s] (bei Haltevorgängen) und zurückgelegter Weg [m] (bei Tragetätigkeiten). Diese Parameter wurden in einer Mastertabelle zusammengeführt, die als Basis für die Identifizierung der Tätigkeiten mit den höchsten physischen Anforderungen diente.

Durch die gezielte Filterung und Bewertung der gesammelten Daten konnten die besonders belastenden Tätigkeiten herausgearbeitet werden. Diese Erkenntnisse waren entscheidend für die Entwicklung der CSF, die zentrale Erfolgsfaktoren für die Bewältigung der physischen Herausforderungen im Feuerwehrdienst darstellen.

2.4.6 Auswertung der Fitnesstests

Normorientierte Testwertinterpretation. Zur Interpretation der Testwerte des FTFD wurden zwei Ansätze der normorientierten Bewertung berücksichtigt. Eine Möglichkeit besteht darin, die Testwerte durch eine nicht-lineare Transformation in Prozentrang-Normen zu überführen. Diese Methode wurde für die vorliegende Studie gewählt, da sie keine Normalverteilung der Daten voraussetzt. Alternativ können die Testwerte durch eine lineare Transformation in standardisierte z-Normwerte umgerechnet werden (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 176). Prozentrangnormen basieren auf der relativen Platzierung innerhalb der Rohwertverteilung der Normierungsgruppe und erlauben eine Kategorisierung der erbrachten Leistungen (Woerner, Müller & Hasselhorn, 2017, S. 251). Dabei wurden die unteren 5 % der Leistungen als ungenügend, die nächsten 30 % als ausreichend, weitere 30 % als gut, die folgenden 30 % als sehr gut und die besten 5 % als hervorragend eingestuft (Wyss et al., 2019).

Im Vorfeld der normorientierten Interpretation wurde eine Prüfung auf Normalverteilung der Daten durchgeführt. Ein Shapiro-Wilk-Test ergab, dass sechs der acht Tests eine Normalverteilung aufwiesen. Die Daten des Sörensen-Tests ($p = 0.005$) und der Klimmzüge ($p = 0.026$) waren jedoch nicht normalverteilt. Da für die Prozentrangnormen keine Normalverteilung der Daten vorausgesetzt wird, beeinflusste dies die Interpretation nicht (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 178).

Kriteriumsorientierte Testwertinterpretation. Die kriteriumsorientierte Interpretation basierte unter anderem auf Informationen aus dieser Arbeit. Zudem wurden Normwerte aus Publikationen, beispielsweise vom American College of Sports Medicine (ACSM), herangezogen. Die Ergebnisse der Tests mit den BFL wurden mit mehreren Vergleichswerten zur Testinterpretation verglichen. Durch die kriteriumsorientierte Interpretation anhand von Normwerten aus der Allgemeinbevölkerung können die Resultate in Bezug auf die Normalbevölkerung bewertet werden (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 175).

Auswertung. Die Datenerhebung an den Messtagen erfolgte manuell. Die Ergebnisse der Teilnehmenden wurden handschriftlich auf einem vorgefertigten Resultatblatt (siehe Anhang D) erfasst. Im nächsten Schritt wurden die gesammelten Daten in Excel (Microsoft Excel für Windows 365 MSO, Version 2402, Microsoft Corporation, Redmond, USA) digitalisiert. Die Korrektheit der Dateneingabe wurde durch eine Closed-loop-Kommunikation mit einer zweiten Person überprüft, um Fehler zu vermeiden. Zur Verifizierung der Daten wurden die Minima und Maxima ermittelt und analysiert. Bei identifizierten Auffälligkeiten wurde die entsprechende Datenreihe erneut überprüft. Eventuelle Kommafehler wurden erkannt, mit den originalen Ergebnissen abgeglichen und korrigiert. Die Datenverarbeitung erfolgte unter Verwendung des Statistikprogrammes Jamovi (The jamovi project (2023). jamovi (Version 2.3) [Computersoftware], Sydney, Australien).

Statistische Analyse. Alle Fitnesstests lieferten metrische, intervallskalierte Ergebnisse. Die Daten wurden durch Bestimmung der Lage- und Verteilungsmasse analysiert. Die Perzentilen für jeden Test des FTFD wurden berechnet und dienten als Grundlage für die normorientierte Interpretation der Testergebnisse.

Auswertung durch kriteriumsorientierte Normwerte. In diesem Kapitel wurden für jeden Test des FTFD relevante Literaturquellen recherchiert, und die darin angegebenen Normwerte für

eine gute körperliche Leistungsfähigkeit wurden in dieser Arbeit berücksichtigt. Um den Anforderungen der Berufsfeuerwehreinsätze gerecht zu werden und die physischen Herausforderungen bei Einsätzen bewältigen zu können, ist eine durchschnittliche Fitness nicht ausreichend. Die Anwärterinnen und Anwärter der Berufsfeuerwehr im Kanton Bern sollten über eine im Vergleich zur Normalbevölkerung überdurchschnittliche körperliche Fitness verfügen, wie in dieser Arbeit analysiert wurde.

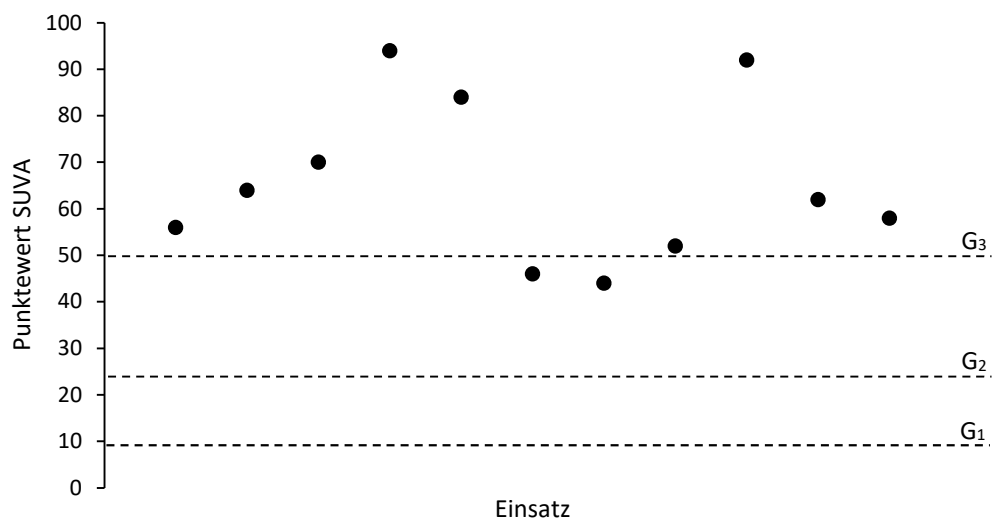
3 Resultate

3.1 Belastung pro Einsatz und pro Berufsfeuerwehrperson

Im Rahmen der Auswertung von sieben Übungseinsätzen konnten elf SUVA-Punktwerte für die beobachteten BFL berechnet werden. Die Werte lagen dabei in einer Spannweite von 44 bis 94 (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1

SUVA-Punktwerte Verteilung der BFL

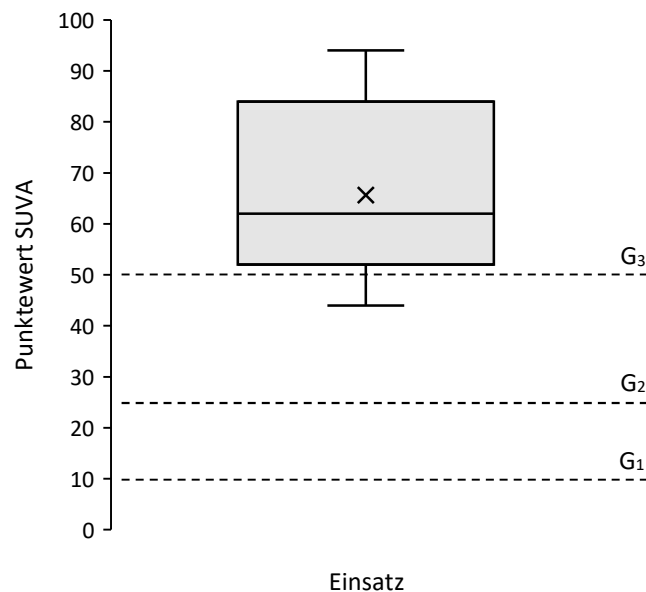


Anmerkung. Die Übungseinsätze pro Berufsfeuerwehrfrau oder Berufsfeuerwehrmann (BFL) bei der Berufsfeuerwehr Bern wurden anhand der SUVA-Punktwerte ($n = 11$) bewertet. Die gestrichelten Linien G_1 , G_2 und G_3 markieren die Übergänge zwischen den verschiedenen SUVA-Risikostufen. G_1 kennzeichnet den Übergang von Risikostufe eins zu zwei, ab G_2 beginnt die dritte Risikostufe, und G_3 markiert den Beginn der vierten Risikostufe. Keiner der Einsätze fällt in den Bereich zwischen G_1 und G_2 , 18 % sind im Bereich zwischen G_2 und G_3 , während 82 % der Übungseinsätze die Grenze G_3 überschreiten. Ab einem Punktwert von über zehn (G_1) wird empfohlen, Anpassungen vorzunehmen. Ab einem Wert von über 25 (G_2) werden Massnahmen für Personen mit durchschnittlicher Belastbarkeit dringend angeraten, und bei Werten oberhalb von 50 (G_3) sind solche Massnahmen selbst für erfahrene Fachkräfte unerlässlich. Die Abbildung wurde angelehnt an Stähly (2019).

Der Median der SUVA-Punktwerte der Übungseinsätze der BFL beträgt 62. Einsätze mit Punktwerten zwischen 52 und 84 machen 50 % der Gesamtheit aus (siehe Abbildung 2).

Abbildung 2

SUVA-Punktwerte Boxplot der BFL



Anmerkung. Der Boxplot zeigt die Übungseinsätze pro Berufsfeuerwehrfrau oder Berufsfeuerwehrmann (BFL) der Berufsfeuerwehr Bern mit den SUVA-Punktwerten ($n = 11$). Die Box repräsentiert den Bereich der mittleren 50 % der Punktwerte (Interquartilsabstand) der BFL-Einsätze. Der dicke vertikale Strich in der Box markiert den Median, während das Kreuz den Mittelwert darstellt. Die verlängerten Linien, auch Whiskers genannt, zeigen den Bereich, in dem die Mehrheit der Werte liegt. Die Länge der Whiskers entspricht dem Eineinhalbfachen des Interquartilsabstandes, angepasst an den nächsttinneren Wert. Die gestrichelten Linien G_1 , G_2 und G_3 markieren die Grenzen der SUVA-Risikostufen. G_1 trennt Risikostufe eins von zwei, ab G_2 beginnt Risikostufe drei, und ab G_3 startet Risikostufe vier. Bei Punktwerten über zehn (G_1) sind Gestaltungsmaßnahmen ratsam, bei Werten über 25 (G_2) werden sie für den Durchschnitt notwendig, und bei Werten über 50 (G_3) sind sie auch für Profis unerlässlich. Die Abbildung wurde angelehnt an Stähly (2019).

Bei 82 % der Übungseinsätze wurde ein SUVA-Punktwert von über 50 ermittelt, während 18 % der Einsätze einen Punktwert zwischen 26 und 50 erreichten. Keiner der Einsätze fiel in den Bereich zwischen elf und 25 SUVA-Punkten. Ebenfalls lag keiner der Einsätze unter der Schwelle von zehn SUVA-Punkten.

Der durchschnittliche SUVA-Punktwert pro Übungseinsatz betrug 66. Im Löschtrupp wurde ein durchschnittlicher Wert von 75 und im Rettungstrupp von 55 ermittelt.

3.2 Subjektive Beanspruchung gemäss NASA-TLX-Fragebogen

Insgesamt wurden 33 NASA-TLX-Fragebögen von den BFL korrekt ausgefüllt. Davon wurden fünf Fragebögen für die Einsatzart «Rettung» und sechs Fragebögen für den «Löschtrupp» ausgewertet. Für jede Dimension wurden der Mittelwert, die Standardabweichung, der Maximalwert sowie der Minimalwert berechnet (Tabelle 7).

Tabelle 7

Mittelwerte mit dazugehöriger Standardabweichung, Maximalwert, Minimalwert der verschiedenen Parameter des NASA-TLX-Fragebogens

Parameter	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>MaxW</i>	<i>MinW</i>
Geistige Anforderungen	8.9	4.6	18.0	3.0
Körperliche Anforderungen	10.1	5.4	20.0	1.0
Zeitliche Anforderungen	8.7	5.2	18.0	0.0
Leistung	4.6	3.4	16.0	0.0
Anstrengung	9.8	5.2	18.0	1.0
Frustration	4.8	4.1	16.0	1.0

Anmerkung. *M* = Mittelwerte; *SD* = Standardabweichung; *MaxW* = Maximalwert; *MinW* = Minimalwert. Ausgefüllten NASA-TLX-Fragebögen aller Einsatzarten zusammen ($n = 33$). Die Werte sind folgendermassen einzuordnen: 0.0 = gering, 20.0 = hoch. Die Tabelle wurde angelehnt an Leutert (2020).

Unterschiede der subjektiven Belastung gemäss NASA-TLX-Fragebogen pro Einsatzart

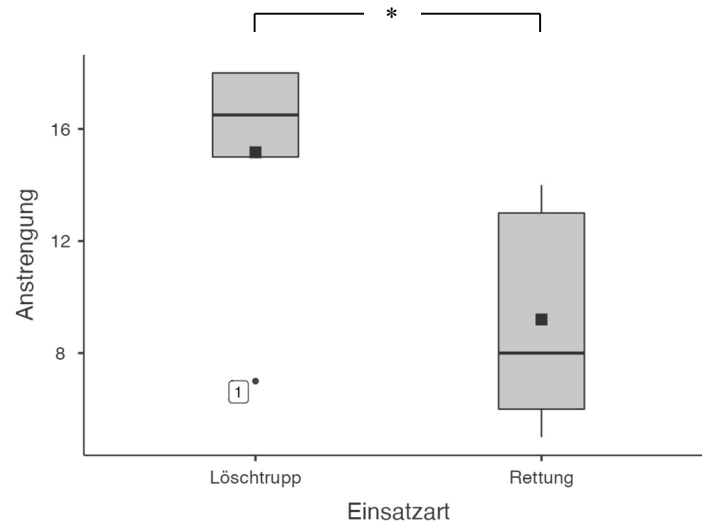
Von den insgesamt 33 korrekt ausgefüllten NASA-TLX-Fragebögen konnte bei lediglich elf Fragebögen die Einsatzart eindeutig bestimmt werden. Davon wurden fünf der Einsatzart «Rettung» und sechs dem «Löschtrupp» zugeordnet.

Das lineare gemischte Modell (Linear Mixed Effects Model) ergab signifikante Unterschiede in den Dimensionen Anstrengung ($t = -2.66$, $p = 0.028$) und Gesamtbewertung ($t = -3.90$, $p = 0.013$) zwischen den Einsatzarten «Rettung» und «Löschtrupp». Die anderen Dimensionen, wie geistige Anforderungen, körperliche Anforderungen, zeitliche Anforderungen, Leistung und Frustration, zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Einsatzarten. Es ist zu beachten, dass die Normalverteilung für die Dimension «körperliche Anforderungen» knapp nicht gegeben war, während sie für die restlichen Dimensionen vorlag.

Abbildung 3 zeigt den Boxplot für die Dimension «Anstrengung» und Abbildung 4 für die Dimension «Gesamtbewertung», welche die Verteilung der subjektiven Belastung zwischen den Einsatzarten «Löschtrupp» und «Rettung» veranschaulichen.

Abbildung 3

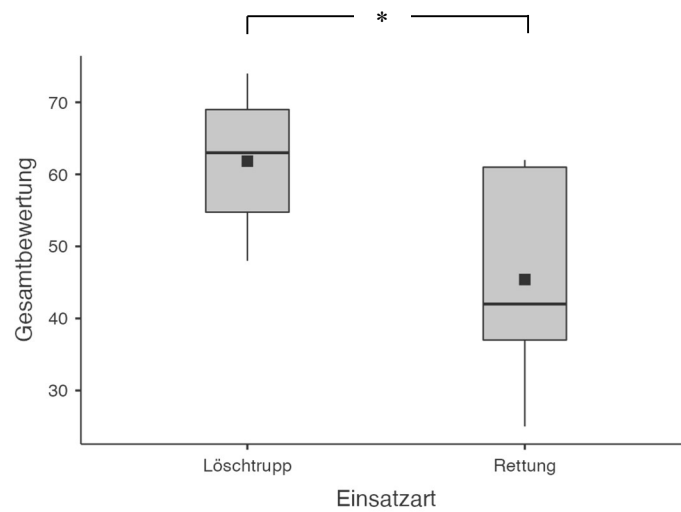
Punktwerte der Anstrengung von Löschtrupp und Rettung



Anmerkung. Boxplot der Punktwerte der subjektiven Belastung in der Dimension Anstrengung zwischen den Einsatzarten «Rettung» ($n = 5$, Median = 8.0) und «Löschtrupp» ($n = 6$, Median 16.5). Die Werte sind folgendermassen einzuordnen: 0.0 = gering, 20.0 = hoch. * = $p < 0.05$.

Abbildung 4

Punktwerte der Gesamtbewertung von Löschtrupp und Rettung



Anmerkung. Boxplot der Punktwerte der Gesamtbewertung der subjektiven Belastung zwischen den Einsatzarten «Rettung» ($n = 5$, Median = 42.0) und «Löschtrupp» ($n = 6$, Median = 63.0). Die Werte sind folgendermassen einzuordnen: 0.0 = gering, 120.0 = hoch. * = $p < 0.05$.

Die restlichen Boxplots für die anderen Dimensionen des NASA-TLX-Fragebogens sind im Anhang E ersichtlich, um eine vollständige Visualisierung der Daten zu ermöglichen.

Die detaillierten Ergebnisse des Linear Mixed Effects Models für die Differenz zwischen den Einsatzarten «Rettung» und «Löschtrupp» sind in Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8*Ergebnisse des Linear Mixed Effects Models für die Differenz zwischen Rettung und Löschtrupp*

AV	Differenz Rettung - Löschtrupp	SE	t	p
Geistige Anforderungen	-3.50	1.45	-2.42	0.072
Körperliche Anforderungen	-4.73	2.93	-1.62	0.141
Zeitliche Anforderungen	-3.15	3.46	-0.91	0.387
Leistung	-1.67	1.53	-1.09	0.304
Anstrengung	-6.38	2.40	-2.66	0.028*
Frustration	-0.70	3.27	-0.21	0.835
Gesamtbewertung	-21.40	5.47	-3.90	0.013*

Anmerkung. AV = Abhängige Variabel, SE = Standardfehler, * $p < 0.05$.**3.3 Beschreibung der physiologischen Parameter Herzfrequenz und Körpertemperatur**

Die physiologischen Parameter Herzfrequenz (HF) und Körpertemperatur wurden mithilfe der Calera Core und Polar Verity Sense Sensoren während 29 Übungseinsätzen von 10 BFL erfasst. Die deskriptiven Statistiken der beiden Parameter, die über alle Übungseinsätze hinweg erfasst wurden, sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9*Deskriptivstatistik der Herzfrequenz und Körpertemperatur über alle Übungseinsätze*

Physiologische Parameter	M	Median	SD	IQR	Minimum	Maximum
HF	121.1	121	23.68	33.00	58	192
Körpertemperatur	37.7	37.7	0.41	0.70	37.0	38.9

Anmerkung. HF = Herzfrequenz (bpm), Körpertemperatur in °C, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, IQR = Interquartilsbereich.

Die Herzfrequenz der BFL zeigte einen Mittelwert von 121.1 Schlägen pro Minute (bpm) und eine Standardabweichung von 23.68 bpm. Der Median lag bei 121 bpm, während der Interquartilsbereich (IQR) 33 bpm betrug. Die minimale gemessene Herzfrequenz betrug 58 bpm, und der Maximalwert lag bei 192 bpm.

Für die Körpertemperatur wurde ein Mittelwert von 37.7 °C mit einer Standardabweichung von 0.410 °C gemessen. Der Median betrug ebenfalls 37.7 °C, der *IQR* lag bei 0.70 °C. Die niedrigste gemessene Körpertemperatur betrug 37.0 °C, und der höchste Wert lag bei 38.9 °C.

3.3.1 Dauer in den verschiedenen Herzfrequenzzonen

In Tabelle 10 sind die deskriptiven Statistiken der Verweildauer (in Sekunden) der BFL in den verschiedenen Herzfrequenzzonen dargestellt. Die Berechnungen basieren auf den Herzfrequenzdaten von zehn BFL ($n = 10$) aus 29 Übungseinsätzen, wobei die Teilnehmer in standardisierte Herzfrequenzzonen gemäss einem 5-Zonen-Modell eingeteilt wurden.

Tabelle 10

Deskriptivstatistik der Dauer in den verschiedenen Herzfrequenzzonen

Statistische Kennwerte	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5
<i>M</i>	1327	1526	494	216	29.5
Median	1030	1439	451	109	0
<i>SD</i>	1062	556	418	315	96.2
<i>IQR</i>	1113	679	536	229	0.00
Minimum	0	205	0	0	0
Maximum	4355	2620	1401	1499	381

Anmerkung. *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *IQR* = Interquartilsbereich. Die Zonen basieren auf dem 5-Zonen-Modell der Herzfrequenz, Zone 1 = Kompensationsbereich (Recovery Zone): unter 60 % der maximalen Herzfrequenz, Zone 2 = Grundlagenausdauer 1 (GA1): 60-75 % der maximalen Herzfrequenz, Zone 3 = Grundlagenausdauer 2 (GA2): 75-85 % der maximalen Herzfrequenz, Zone 4 = Entwicklungsbereich (EB): 85-95 % der maximalen Herzfrequenz, Zone 5 = Spitzenbereich (SB, Zone 5): über 95 % der maximalen Herzfrequenz.

Die BFL verbrachten im Durchschnitt die meiste Zeit in Zone 1 (Mittelwert: 1327 s) und in der Zone 2 (Mittelwert: 1526 s). In Zone 4 betrug die durchschnittliche Verweildauer 216 s, während die Zeit in Zone 5 im Mittel nur 29.5 s betrug.

3.3.2 Dauer in erhöhter Körpertemperatur

Die Tabelle 11 zeigt die deskriptiven Statistiken der Verweildauer (in Sekunden), während der die Körpertemperatur der BFL über 38.5°C lag. Diese Körpertemperatur-Daten wurden verwendet, um die Zeit zu analysieren, in der die BFL eine erhöhte Körpertemperatur, die als kritisch für den Körper gilt, erreichten.

Tabelle 11

Deskriptivstatistik der Dauer in erhöhter Körpertemperatur

Physiologische Parameter	<i>M</i>	Median	<i>SD</i>	<i>IQR</i>	Minimum	Maximum
Erhöhte Körpertemperatur	42.0	0	166	0.00	0	859

Anmerkung. Erhöhte Körpertemperatur [s] wird als eine Körpertemperatur über 38.5°C definiert. *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *IQR* = Interquartilsbereich.

Die durchschnittliche Zeit, die die BFL in einem Zustand erhöhter Körpertemperatur verbrachten, betrug 42 s. Der Medianwert liegt bei 0 s und die maximale gemessene Zeit betrug 859 s.

3.4 Auflistung der anstrengendsten Tätigkeiten aus den Beobachtungen

Im Rahmen der elf Beobachtungen wurden die Tätigkeiten der BFL in drei Hauptkategorien unterteilt: Hebe- oder Umsetzvorgänge (< 5 s), Halten (> 5 s) und Tragen (> 5 m). Tabelle 12 dokumentiert die anstrengendsten Tätigkeiten dieser Kategorien unter Berücksichtigung der wirksamen Last, der Anzahl der Wiederholungen, der Dauer des Haltens und der zurückgelegten Wegstrecke beim Tragen.

Tabelle 12*Belastungsparameter der anstrengendsten Tätigkeiten bei elf Übungseinsätze*

Tätigkeiten	Wirksame Last [kg]	Anzahl	Dauer [s]	Weg [m]
Löschschlauch (über Kopf) halten, Feuer löschen	20		730	
Dauerhaftes Tragen der PA und AF am Körper	32.5		4700	
Kniend warten mit der gesamten Ausrüstung	32.5		240	
Auf ein erhöhtes Objekt steigen und sich hochziehen	45	4		
Feuerwehrmann in den Zug hochhelfen	56.25	2		
Löschschlauch über Kopf heben	9	2		
Löschschlauch unter Druck heben	25	25		
Schlauchkassette heben	18.6	4		
Verletzte Person hochheben	40	4		
Joggen mit Ausrüstung	32.5	4	10	80
Ausrüstung tragen	35			830
Ausrüstung mit Schlauchkassette tragen	53.1			70
Ausrüstung mit Schlauchkassette etc. tragen	58.8			15
Ausrüstung mit Löschschlauch unter Druck tragen	82.5			35
Ausrüstung mit Löschschlauch unter Druck ziehen	50.5			30
Ausrüstung + Verletzte Person tragen	57.5			50

Anmerkung. Diese Tabelle zeigt die wirksame Last, Anzahl der Wiederholungen (Hebe- oder Umsetzvorgänge < 5 s), Dauer (Halten > 5 s) und Weg (Tragen > 5 m) der anstrengendsten Tätigkeiten aus den elf Beobachtungen. Die Werte wurden aus den Beobachtungsprotokollen entnommen.

Die insgesamt 16 dokumentierten Tätigkeiten verdeutlichen die unterschiedlichen Belastungsparameter in den Bereichen Last, Häufigkeit der Wiederholungen, Dauer [s] und Strecke [m]. Diese wurden wie folgt klassifiziert: Drei Tätigkeiten gehören zur Kategorie «Halten», sechs Tätigkeiten zu den «Hebe- oder Umsetzvorgängen» und sieben Tätigkeiten zum «Tragen».

In der Kategorie «Halten» stellte das Halten eines Löschschlauchs über Kopf während des Feuerlöschens eine wirksame Last von 20 kg für eine Dauer von 730 s dar. Eine weitere Tätigkeit, das dauerhafte Tragen der Persönlichen Ausrüstung (PA) und der Atemschutzgerät Doppelflasche (AF), wies eine wirksame Last von 32.5 kg über eine Dauer von 4700 s auf. Zudem wurde beim knienden Warten mit vollständiger Ausrüstung eine wirksame Last von 32.5 kg über 240 s gehalten.

Die höchste wirksame Last in der Kategorie «Hebe- und Umsetzvorgänge» wurde beim Hochhelfen eines Feuerwehrmanns in einen Zug mit einer wirksamen Last von 56.25 kg gemessen, wobei diese Tätigkeit zweimal durchgeführt wurde. Die häufigste Aktivität in dieser Kategorie war das Heben eines unter Druck stehenden Löschschlauchs, der insgesamt 25 Mal mit einer wirksamen Last von 25 kg gehoben wurde.

Im Bereich «Tragen» wurde die höchste wirksame Last beim Tragen der Ausrüstung mit einem unter Druck stehenden Löschschlauch ermittelt, bei dem eine Last von 82.5 kg über eine Strecke von 35 m getragen wurde. Die längste zurückgelegte Strecke in dieser Kategorie betrug 830 m, bei der eine Ausrüstung mit einer wirksamen Last von 35 kg getragen wurde. Die durchschnittliche Dauer aller dokumentierten Tätigkeiten betrug 1329 s.

3.5 Testergebnisse Probendurchlauf des FTFD

3.5.1 Deskriptive Darstellung der Stichprobe

An den Probendurchführungen des FTFD nahmen insgesamt 17 BFL teil. Davon waren 17 männlich (Alter 36.1 Jahre \pm 7.8 Jahre, Körpergrösse 177.7 cm \pm 5.1 cm, Körpergewicht 77.5 kg \pm 8.4 kg). 70,6 % der BFL absolvierten alle Teststationen, während fünf BFL aufgrund medizinischer Probleme, Schmerzen oder technischer Fehler (z.B. falsche Anzeige des Handgriff-Dynamometers) einen Posten nicht beenden konnten.

Die Repräsentativität der Stichprobe in Bezug auf die ganze Berufsfeuerwehr Bern ist nur teils gegeben. Es wurden über drei Teststage hinweg die Wache gefragt, wer freiwillig an diesen Tests teilnehmen möchte. Somit ist zu beachten, dass diese Probanden eher die gesunden und sportlich motivierten Feuerwehrkräfte repräsentieren.

3.5.2 Deskriptive Darstellung der anthropometrischen Daten

Die Ergebnisse der Messungen zu Körpergewicht, Körpergrösse, Bauchumfang und WHtR der untersuchten BFL sind in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13

Mittelwerte und Standardabweichungen der anthropometrischen Daten der BFL

Anthropometrische Parameter	<i>M</i>	<i>SD</i>
Körpergewicht [kg]	77.5	8.4
Körpergrösse [cm]	178.0	5.1
Bauchumfang [cm]	88.8	6.6
WHtR	0.50	0.03

Anmerkung. BFL = Berufsfeuerwehrleute, *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, WHtR = Waist-to-Height Ratio, *n* = 17.

Von den 17 gemessenen BFL lag das niedrigste Körpergewicht bei 63.0 kg, das höchste Körpergewicht bei 92.0 kg. Der Mittelwert lag bei 77.5 kg (± 8.4 kg). Die gemessenen BFL waren zwischen 169.0 cm und 187.0 cm gross. Im Mittel erreichten sie eine Körpergrösse von 178.0 cm (± 5.1 cm). Der Bauchumfang aller gemessenen BFL lag minimal bei 77.0 cm, maximal bei 106.0 cm. Im arithmetischen Mittel lag der Bauchumfang aller BFL bei 88.8 cm (± 6.6 cm). Die WHtR der gemessenen BFL reichte von 0.46 bis 0.59.

3.5.3 Deskriptive Darstellung der Resultate aus dem FTFD

Die folgende Tabelle 14 zeigt die acht Posten des FTFD, welche metrisch intervallskalierte Resultate lieferten (nicht gezeigt wird hier der Posten anthropometrische Messungen, da dieser separat ausgewertet wurde).

Tabelle 14*Deskriptive Darstellung der Resultate aus dem FTFD*

		Statistik	Standard Fehler
Testbereich relative und absolute Maximalkraft			
Handkraft [kg]	<i>M</i>	60.90	2.29
	Median	60.00	
	Varianz	68.20	
	<i>SD</i>	8.26	
	Minimum	51.00	
	Maximum	76.00	
	Spannweite	25.00	
	<i>IQR</i>	13.00	
IDT [kg]	<i>M</i>	156.00	5.38
	Median	157.00	
	Varianz	493.00	
	<i>SD</i>	22.20	
	Minimum	117.00	
	Maximum	194.00	
	Spannweite	77.00	
	<i>IQR</i>	40.50	
Testbereich Beinstabilität			
Y-Balance (Rechts-links Differenz [cm])	<i>M</i>	2.56	0.51
	Median	2.00	
	Varianz	4.50	
	<i>SD</i>	2.12	
	Minimum	0.00	
	Maximum	8.00	
	Spannweite	8.00	
	<i>IQR</i>	3.00	
Testbereich Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung/Maximalkraft Zug			
Klimmzüge mit Zusatzgewicht [Anzahl]	<i>M</i>	2.71	0.62
	Median	2.00	
	Varianz	6.60	
	<i>SD</i>	2.57	
	Minimum	0	
	Maximum	7	

	Spannweite	7	
	<i>IQR</i>	5	
Testbereich Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung/Rumpfstabilität ventral			
Liegestütze [Anzahl]	<i>M</i>	31.60	1.84
	Median	32.00	
	Varianz	57.50	
	<i>SD</i>	7.58	
	Minimum	15.00	
	Maximum	44.00	
	Spannweite	29.00	
	<i>IQR</i>	11.50	
Testbereich Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung			
Farmers Walk [m]	<i>M</i>	246.00	20.50
	Median	240.00	
	Varianz	7115.00	
	<i>SD</i>	84.40	
	Minimum	140.00	
	Maximum	440.00	
	Spannweite	300.00	
	<i>IQR</i>	123.00	
Testbereich Rumpfstabilität, Rücken			
Sørensen [s]	<i>M</i>	101.00	8.50
	Median	77.00	
	Varianz	1229.00	
	<i>SD</i>	35.10	
	Minimum	65.00	
	Maximum	163.00	
	Spannweite	98.00	
	<i>IQR</i>	67.50	
Testbereich aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit			
30-15 IFT (VO ₂ max) [ml/min/kg]	<i>M</i>	54.40	0.92
	Median	54.50	
	Varianz	13.50	
	<i>SD</i>	3.68	
	Minimum	49.30	
	Maximum	60.80	
	Spannweite	11.50	

Anmerkung. FTFD = Fitnesstests für den Berufsfeuerwehrdienst; IDT = Isometrischer Deadlift Test, 30-15 IFT = Intermittierender Fitness Test. *M* = Mittelwert, *SD* = Standardabweichung, *IQR* = Interquartilsbereich, *n* = 17.

3.5.4 Perzentile, Prozentrangnormen.

In Tabelle 15 sind die Perzentilen der Resultate der BFL aus dem FTFD dargestellt. Sie zeigt die Perzentilen für die folgenden Ergebnisse: Handkraft, Isometrischer Deadlift Tests (IDT), Klimmzüge mit Zusatzgewicht, Liegestütze, Farmers Walks, Sørensen und 30-15 Intermittierender Fitness Tests (IFT).

Tabelle 15

Perzentilen der Resultate der BFL Bern

Perzentile	Handkraft [kg]	IDT [kg]	Klimmzüge [Anzahl]	Liegestütze [Anzahl]	Farmers Walk [m]	Sørensen [s]	30-15 IFT [ml/min/kg]
5	51	117	0	15	140	65	49.3
10	52	120	0	20	160	68	49.9
15	52	135	0	26	160	68	50.2
20	54	135	0	27	160	70	50.6
25	54	136	0	27	194	70	50.9
30	54	147	1	28	195	72	51.2
35	54	147	1	28	195	72	51.5
40	59	154	1	30	200	73	53.2
45	59	156	2	30	240	75	54.4
50	60	157	2	32	240	77	54.6
55	62	160	3	33	240	117	54.7
60	62	165	3	33	240	122	56.1
65	62	166	4	36	260	122	56.8
70	64	166	4	36	260	122	57.2
75	64	174	4	37	300	135	57.3
80	70	178	6	40	300	140	57.3
85	74	180	6	40	320	140	57.5
90	74	182	7	40	400	148	59.8
95	76	194	7	44	440	163	60.8

Anmerkung. Klimmzüge = Klimmzüge mit Zusatzgewicht, BFL = Berufsfeuerwehrleute, IDT = Isometrischer Deadlift Test, IFT = Intermittierender Fitness Test, *n* = 17.

4 Diskussion

Diese Studie hatte das Ziel, ein detailliertes physisches Anforderungsprofil für die BFL des Kantons Bern zu entwickeln. Dieses Profil sollte die realen physischen Belastungen und Mindestanforderungen, die im Berufsalltag von BFL auftreten, widerspiegeln. Auf Basis dieses Anforderungsprofils wurde die Testbatterie FTFD entwickelt. Der FTFD wurde konzipiert, um die Fitness und Einsatzbereitschaft von Feuerwehrpersonal effektiv zu bewerten und kontinuierlich zu fördern. Darüber hinaus zielt der Test darauf ab, die Leistungsfähigkeit und Sicherheit der Feuerwehkräfte im Einsatz zu optimieren und gleichzeitig das Risiko von Verletzungen, Überlastungsschäden sowie vorzeitigen Pensionierungen zu minimieren. Die Fragestellungen der Studie lauteten daher: (1) Welche physischen Belastungen und Anforderungen, die die Tätigkeit der BFL im Kanton Bern charakterisieren, können als CSF identifiziert und in KPI überführt werden, um ein realitätsnahes Anforderungsprofil zu erstellen? (2) Wie kann eine Testbatterie (FTFD) gestaltet werden, die diese KPI präzise abbildet, die durchführbar ist und zur Verlaufsmessung der Fitness und Einsatzbereitschaft von Feuerwehrpersonal geeignet ist?

4.1 Physische Anforderung an die BFL

4.1.1 Beobachtungen

Die in den beobachteten Tunnelübungen der BFL ermittelten SUVA-Punktwerte verdeutlichen eine hohe physische Belastung im Einsatzalltag. Mit einem durchschnittlichen Wert von 66 Punkten befinden sich die BFL deutlich in der Risikostufe vier der SUVA-Bewertungsskala (Steinberg et al., 2001). Dies weist auf ein hohes Risiko einer physischen Überbeanspruchung hin, selbst für gut ausgebildete und trainierte Fachkräfte. Besonders hervorzuheben ist der Medianwert der Tunnelübungen, der bei 62 Punkten liegt, was ebenfalls der Risikostufe vier entspricht. Dies zeigt, dass die Mehrheit der beobachteten Tunnelübungen eine erhebliche physische Belastung für die BFL darstellt.

Ein Vergleich mit der Masterarbeit von Stähly (2019) zeigt deutliche Unterschiede zwischen BFL und Rettungssanitäterinnen und Rettungssanitätern (RS) des Berner Rettungsdienstes. Während der Median der Einsätze bei den RS einen SUVA-Punktwert von 16 erreichte, liegt dieser Wert bei den BFL in den Tunnelübungen deutlich höher. Dies zeigt, dass die physische Belastung der BFL in diesen spezifischen Übungen erheblich grösser ist als bei der RS, was die besonderen Anforderungen an die physische Leistungsfähigkeit von BFL weiter unterstreicht.

Die Bachelorarbeit von Meier (2022) hat bereits gezeigt, dass Tunneleinsätze zu den physisch anspruchsvollsten Einsätzen für BFL in der Schweiz gehören. Dies wird durch die gemessenen Daten bestätigt, welche zeigen, dass 82 % der Tunnelübungen einen SUVA-Punktwert von über 50 erreichten und somit der Risikostufe vier zugeordnet werden. Diese Einstufung deutet auf eine hohe Belastung hin, die die gesetzlichen Anforderungen an den Arbeitsschutz nicht erfüllt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die physische Vorbereitung und das Training der BFL weiter zu optimieren, um den Belastungen dieser Einsätze gerecht zu werden.

Die verbleibenden 18 % der Tunnelübungen fallen in die Risikostufe drei, was weiterhin eine hohe Belastung bedeutet, jedoch noch als vertretbar für einen durchschnittlich gesunden und belastbaren Menschen eingestuft werden kann. Besonders hervorzuheben ist jedoch die Tatsache, dass kein einziger der beobachteten Tunnelübungen in die Risikostufen zwei oder darunter fällt. Dies unterstreicht, dass die physischen Anforderungen bei Tunneleinsätzen konstant hoch sind, was ein erhebliches Potenzial für physische Überbeanspruchung birgt, selbst für erfahrene und gut trainierte BFL.

Eine weitere Differenzierung der Ergebnisse zeigt Unterschiede in der physischen Belastung zwischen den verschiedenen Einsatztrupps. Während der Löschtrupp einen durchschnittlichen SUVA-Punktwert von 75 erreichte, lag der Wert beim Rettungstrupp bei 55 Punkten. Diese Differenz deutet darauf hin, dass die Aufgaben des Löschtrupps tendenziell physisch anspruchsvoller sind. Der hohe SUVA-Wert von 75 im Löschtrupp, der in die höchste Risikostufe fällt, bestätigt die extreme physische Belastung und das erhöhte Risiko einer Überbeanspruchung. Auch der Rettungstrupp weist trotz geringerer Punktzahl eine hohe Belastung auf, die auf die Natur der Aufgaben zurückzuführen ist, welche zwar weniger intensiv, jedoch nach wie vor herausfordernd sind.

Die Ergebnisse der Beobachtungen verdeutlichen, dass die physischen Anforderungen in Tunnelübungen der BFL konstant hoch und potenziell überbeanspruchend sind. Die Tunnelübungen wurden auf Basis der Ergebnisse aus der Bachelorarbeit von Meier (2022) ausgewählt, da sie als die anspruchsvollsten Szenarien im Feuerwehrdienst identifiziert wurden. Diese gezielte Auswahl sollte sicherstellen, dass die physischen Anforderungen der extremsten Einsätze erfasst und bewertet werden. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine Reduzierung des Einsatzgewichts und der Belastungen im Einsatz selbst kaum realistisch erscheint, da die physische Ausrüstung und die damit verbundenen Aufgaben unverzichtbar sind. Vielmehr muss der Fokus

darauf liegen, dass die BFL für diese Extremforderungen fit genug sind. Ein stringenter Aufnahmetest und regelmässige Trainingsprogramme sollten darauf abzielen, die notwendige physischen Leistungsfähigkeit sicherzustellen, um die hohen Anforderungen der anspruchsvollsten Einsätze (wie den Tunnelübungen) zu bewältigen.

4.1.2 Subjektive Beanspruchung gemäss NASA-TLX-Fragebogen

Die Analyse der subjektiven Beanspruchung der BFL anhand des NASA-TLX-Fragebogens liefert wichtige Einblicke in die wahrgenommene Belastung während unterschiedlicher Einsatzarten.

Die Analyse der subjektiven Beanspruchung der BFL anhand des NASA-TLX-Fragebogens zeigt, dass die Dimension «körperlichen Anforderungen» im Einsatz am höchsten eingeschätzt werden. Mit einem Mittelwert von 10.1 auf einer Skala von 0 bis 20 wurden diese Belastungen als moderat wahrgenommen. Im Vergleich dazu bewerteten RS in der Masterarbeit von Leutert (2020) ihre körperlichen Anforderungen lediglich mit 2.4 auf einer Skala von 0 bis 10, was etwa der Hälfte der Beanspruchung der BFL entspricht. Die Anstrengung wurde von den BFL mit einem Durchschnittswert von 9.8 bewertet, während die RS einen deutlich geringeren Wert von 3.0 angaben (Leutert, 2020). Diese Unterschiede unterstreichen die höhere physische Belastung im Feuerwehreinsatz. Es ist jedoch anzumerken, dass es sich bei den vorliegenden Daten um Beobachtungen während Tunnelübungen handelt. Die Belastungen im realen Einsatz könnten aufgrund unvorhersehbarer Faktoren, wie beispielsweise der extremen Hitze oder der emotionalen Anspannung, möglicherweise noch höher ausfallen.

Die hohen körperlichen Anforderungen, die in dieser Studie deutlich wurden, bestätigen die Erkenntnisse von Hollerbach et al. (2019), die aufzeigen, dass Feuerwehrleute hohen gesundheitlichen Risiken ausgesetzt sind, insbesondere aufgrund von Überlastung und körperlich anspruchsvollen Tätigkeiten. Hollerbach et al. (2019) wiesen darauf hin, dass Feuerwehrleute regelmässig schwere Ausrüstungen tragen und in gefährlichen Umgebungen arbeiten müssen, was die körperliche Belastung erheblich verstärkt. Diese Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit gezielter Massnahmen zur Risikominderung und zur Verbesserung der körperlichen Vorbereitung. Die Studie von Hollerbach et al. (2019) hebt hervor, dass gezielte Trainingsprogramme, wie hochintensives funktionales Training (HIFT), die körperliche Leistungsfähigkeit und Gesundheit von Feuerwehrleuten verbessern können. Diese Erkenntnisse legen nahe, dass auch der in dieser Studie entwickelten FTFD spezifische Elemente eines funktionalen Trainings

integrieren sollte, um die körperliche Leistungsfähigkeit im Einsatz gezielt zu fördern und das Risiko von Verletzungen zu minimieren.

Im Bereich der geistigen Anforderungen zeigten die Ergebnisse meiner Studie ebenfalls höhere Werte ($M = 8.9$) im Vergleich zu den Rettungssanitätern ($M = 3.7$). Dieser Unterschied, obwohl weniger ausgeprägt als bei den körperlichen Anforderungen, deutet darauf hin, dass BFL auch mental stark gefordert sind, was möglicherweise auf die komplexen Entscheidungssituationen und den Einsatzdruck zurückzuführen ist.

Eine differenzierte Betrachtung der Einsatzarten «Rettung» und «Löschtrupp» zeigt signifikante Unterschiede in den Dimensionen «Anstrengung» und «Gesamtbewertung». Die Anstrengung beim Löschtrupp wurde signifikant höher bewertet als bei der Rettung. Dieser Befund ist konsistent mit den Ergebnissen der SUVA-Punktwerte, die ebenfalls auf eine höhere physische Belastung des Löschtrupps hinweisen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Aufgaben des Löschtrupps, wie das Tragen von schwerer Ausrüstung und das Arbeiten in extremen Bedingungen, besonders anstrengend sind.

Auch die Gesamtbewertung der Beanspruchung fiel beim Löschtrupp signifikant höher aus als bei der Rettung. Diese Gesamtbewertung fasst die subjektive Wahrnehmung der Belastung zusammen und deutet darauf hin, dass die BFL die Übungen des Löschtrupps insgesamt als belastender empfanden, als die der Rettung. Dies könnte auf die Kombination aus physischer Anstrengung, hoher Verantwortung und dem potenziellen Risiko in den Übungen zurückzuführen sein.

Die Tatsache, dass in den anderen Dimensionen (geistige Anforderungen, körperliche Anforderungen, zeitliche Anforderungen, Leistung, Frustration) keine signifikanten Unterschiede zwischen den Einsatzarten festgestellt wurden, lässt darauf schliessen, dass diese Faktoren in beiden Einsatzarten ähnlich wahrgenommen werden. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Art der Anforderungen in beiden Einsatzarten vergleichbar ist, während die Anstrengung und die Gesamtbelastung beim Löschtrupp als intensiver erlebt werden.

Eine weitere Betrachtung der nicht-signifikanten Ergebnisse ist dennoch wichtig, da sie darauf hinweist, dass BFL unabhängig von der Einsatzart durchweg hohen physischen und geistigen Anforderungen ausgesetzt sind. Dies unterstützt die Notwendigkeit einer kontinuierlichen körperlichen und mentalen Vorbereitung und Schulung, um den vielfältigen Herausforderungen im Feuerwehrdienst gerecht zu werden.

Der physische Eignungstest sollte demnach überarbeitet werden, um die spezifischen Anforderungen des Löschtrupps besser abzubilden. Eine Anpassung des Tests ist erforderlich, um sicherzustellen, dass die BFL den hohen körperlichen Belastungen im Einsatz gewachsen sind.

4.1.3 Objektive Messdaten der Herzfrequenz und Körpertemperatur

Die Ergebnisse der gemessenen Herzfrequenz und Körpertemperatur geben einen wichtigen Einblick in die physiologische Beanspruchung von BFL während ihren Tunnelübungen. Die durchschnittliche Herzfrequenz von 121.1 Schlägen pro Minute (bpm) und das Maximum von 192 bpm verdeutlichen die hohe kardiovaskuläre Beanspruchung während der Übungen. Diese Werte sind im Vergleich zu Ruheherzfrequenzen deutlich erhöht und belegen, dass die BFL regelmässig hohen physischen Beanspruchungen ausgesetzt sind, insbesondere bei physischen anspruchsvollen Aufgaben wie denen des Löschtrupps.

Die Verweildauer in den unterschiedlichen Herzfrequenzzonen zeigt zudem, dass die BFL die meiste Zeit in den moderaten Belastungszonen verbrachten: Im Durchschnitt befanden sie sich 1327 Sekunden in Zone 1 (Kompensationsbereich) und 1526 Sekunden in Zone 2 (Grundlagenausdauer 1). Diese Zeit in den unteren Zonen zeigt, dass die BFL bei den meisten Einsätzen primär im moderaten Bereich arbeiten. Dennoch verbrachten sie durchschnittlich 216 Sekunden in Zone 4 (Entwicklungsbereich), was auf intensive Phasen hinweist, in denen sie erhebliche kardiovaskuläre Anforderungen ausgesetzt waren. Besonders bemerkenswert ist die Verweildauer von durchschnittlich 29.5 Sekunden in Zone 5 (Spitzenbereich), die zeigt, dass während kurzer, intensiver Phasen sehr hohe kardiovaskuläre Anforderungen bestehen.

Die Ergebnisse bestätigen die Studien von Hollerbach et al. (2019), die betonen, dass Feuerwehrleute aufgrund der hohen physischen Anforderungen, einschliesslich schwerer Schutzausrüstung und intensiver physischer Tätigkeiten, einer erhöhten kardiovaskulären Belastung ausgesetzt sind. Diese Belastung kann das Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen und Verletzungen erhöhen, was die Wichtigkeit unterstreicht, dass BFL eine gute körperliche Fitness aufweisen, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Die durchschnittliche Körpertemperatur der BFL lag bei 37.7 °C, was auf eine moderate Erhöhung während den Übungen hindeutet. Diese Temperatursteigerung, wenn auch relativ gering, zeigt, dass die BFL konstant unter physischer Belastung stehen, insbesondere beim Tragen

schwerer Schutzausrüstung und Arbeiten unter extremen Bedingungen. Die Maximaltemperatur von 38.9 °C, die in einer Übung erreicht wurde, liegt jedoch nahe an der kritischen Schwelle für Hyperthermie, was auf eine erhebliche thermische Belastung hinweist.

Die durchschnittliche Verweildauer in einem Zustand erhöhter Körpertemperatur (> 38.5 °C) betrug 42 Sekunden, was darauf hinweist, dass die meisten BFL nur kurzzeitig diesen kritischen Punkt überschritten. Dennoch zeigt die maximale Verweildauer von 859 Sekunden (fast 14 Minuten), dass einige BFL über längere Zeiträume hinweg einer erhöhten Belastung ausgesetzt waren. Diese Beobachtungen sind besonders besorgniserregend, da längere Perioden in einer Temperaturzone über 38.5 °C das Risiko für Hitzestress und physische Erschöpfung deutlich erhöhen (McLellan & Selkirk, 2006).

Ras et al. (2023) betonen, dass eine erhöhte Körpertemperatur während intensiver physischer Arbeit ein typisches Anzeichen für akute physische Belastung ist und dass es entscheidend ist, geeignete Strategien zur Regulierung der Körpertemperatur zu implementieren, um gesundheitliche Risiken zu minimieren. Wie in der Studie von McLellan & Selkirk (2006) hervorgehoben, ist es besonders wichtig, bei Erreichen von 38.5 °C sofort Kühlmassnahmen einzuleiten, um die Gesundheit der BFL zu schützen. Kühlstrategien wie regelmässige Pausen, Flüssigkeitszufuhr und das Verwenden von Kühlwesten oder kaltem Wasser können dazu beitragen, die Körpertemperatur zu senken und das Risiko für hitzebedingte Probleme zu verringern.

4.1.4 Anstrengendste Tätigkeiten

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die bereits in der Literatur beschriebenen physischen Anforderungen an BFL und decken sich weitgehend mit den Ergebnissen der Bachelorarbeit von Meier (2022). Die anstrengendsten Tätigkeiten lassen sich in drei Hauptkategorien unterteilen: Halten, Hebe- und Umsetzvorgänge sowie Tragen. Jede dieser Kategorien stellt spezifische körperliche Anforderungen dar, die für die Entwicklung von Eignungstests relevant sind.

Im Bereich des Haltens zeigte sich das dauerhafte Tragen der Persönlichen Ausrüstung (PA) und der Atemschutzflasche (AF) als die physisch anspruchsvollste Aktivität, mit einer Belastung von 32.5 kg über 4700 Sekunden. Auch das Halten eines Löschschlauchs über Kopf, bei dem 20 kg für 730 Sekunden stabilisiert werden mussten, unterstreicht die hohen Anforderungen an die Haltefähigkeit. Im Bereich der Hebe- und Umsetzvorgänge wurde die höchste Last mit 56.25 kg beim Hochhelfen eines BFL in einen Zug gemessen, was die Maximalkraft stark

beanspruchte. Häufigere Hebevorgänge, wie das Heben eines unter Druck stehenden Löschschlauchs (25 kg, 25 Wiederholungen), zeigten zudem die Bedeutung der Kraftausdauer. Im Bereich des Tragens war das Transportieren der Ausrüstung mit einem unter Druck stehenden Löschschlauch (82.5 kg über 35 Meter) die anspruchsvollste Tätigkeit hinsichtlich der Kraftausdauer, während das Tragen der Ausrüstung über eine Distanz von 830 Metern die grössten Anforderungen an die kardiorespiratorische Ausdauer stellte.

Die vorliegenden Ergebnisse stimmen mit den in der Arbeit von Meier (2022) beschriebenen Anforderungen überein. Meier (2022) identifizierte das Tragen schwerer Ausrüstung und das Halten von Geräten über längere Zeiträume als zentrale physische Herausforderungen im Feuerwehrdienst. Dies wird durch die hier beobachteten Tätigkeiten bestätigt, insbesondere durch das dauerhafte Tragen der PA und AF, das eine hohe Rumpfstabilität und isometrische Haltefähigkeit erfordert. Auch das Halten des Löschschlauchs über Kopf spiegelt diese Anforderungen wider, da es eine erhebliche Stabilität des Oberkörpers verlangt.

Die beobachteten Hebe- und Umsetzungsvorgänge, insbesondere das Hochhelfen eines BFL und das wiederholte Heben eines Löschschlauchs, verdeutlichen die Bedeutung von Maximalkraft und Kraftausdauer. Meier (2022) hebt ebenfalls die Relevanz dieser Fähigkeiten hervor, da sie für das sichere und effiziente Arbeiten in stressigen und körperlich belastenden Situationen entscheidend sind. Die Fähigkeit, Lasten schnell und wiederholt zu heben, trägt massgeblich zur Einsatzfähigkeit der BFL bei.

Beim Tragen wurde eine Last von 82.5 kg als höchste wirksame Last gemessen, was die extreme körperliche Beanspruchung verdeutlicht. Wie Meier (2022) betont, stellt das Tragen schwerer Ausrüstung, insbesondere über längere Strecken, eine der grössten Herausforderungen für die BFL dar. Dies wird auch durch die Ergebnisse dieser Studie unterstützt, insbesondere durch die längste dokumentierte Strecke von 830 Metern, die mit einer Last von 35 kg zurückgelegt wurde.

Die Ergebnisse dieser Studie liefern wichtige praktische Implikationen für die Entwicklung von Fitnesstests für BFL. Die hohe Beanspruchung durch das Halten und Tragen schwerer Ausrüstung sowie die Anforderungen an die Kraftausdauer beim Heben und Umsetzen von Lasten sollten bei der Planung von Auswahlverfahren zentral berücksichtigt werden. Die Relevanz der

Haltekapazität und der Maximalkraft, wie sie in dieser und Meier's (2022) Studie hervorgehoben werden, legt nahe, dass spezifische Übungen zur Stärkung dieser Fähigkeiten in Fitnesstests der Berufsfeuerwehr integriert werden sollten.

Darüber hinaus zeigt die Studie, dass eine Kombination, der in dieser Arbeit identifizierten anstrengendsten Tätigkeiten mit den in der Bachelorarbeit von Meier (2022) beschriebenen KPI ein umfassendes physisches Anforderungsprofil für BFL bieten würde. Dies könnte als Grundlage für die Entwicklung einer Testbatterie dienen, die die zentralen physischen Herausforderungen im Feuerwehrdienst realitätsnah abbildet und gleichzeitig eine objektive Bewertung der Einsatzbereitschaft ermöglicht.

4.1.5 Physisches Anforderungsprofil der BFL

Die physischen Anforderungen an BFL sind erheblich und umfassen eine Vielzahl von Fähigkeiten, die für die sichere und effektive Bewältigung der Aufgaben im Einsatz erforderlich sind. Die Beobachtungen der Tunnelübungen verdeutlichen die hohen Belastungen, denen die BFL ausgesetzt sind. Die SUVA-Punktwerte, welche konstant in der Risikostufe vier liegen, belegen das Potenzial für Überbeanspruchung und unterstreichen die Relevanz einer optimalen physischen Vorbereitung. Die subjektive Beanspruchung, ermittelt mittels NASA-TLX-Fragebogen, weist ebenfalls eine hohe wahrgenommene Belastung der BFL nach, insbesondere beim Löschtrupp, der eine signifikant höhere Gesamtbelastung angibt als der Rettungstrupp. Diese hohen Belastungen werden durch objektive Messdaten der Herzfrequenz und Körpertemperatur bestätigt. Die kardiovaskulären Spitzen sowie die zeitweise Überschreitung der kritischen Körpertemperaturgrenze von 38,5 °C lassen auf eine hohe thermische und kardiovaskuläre Belastung schließen, welche eine überdurchschnittliche aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit erfordert.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt im Folgenden eine detaillierte Beschreibung des physischen Anforderungsprofils der BFL, welches die wesentlichen CSF und KPI abbildet. Diese dienen als Grundlage für die Entwicklung spezifischer Fitnesstests, welche sicherstellen sollen, dass die BFL den extremen Einsatzbedingungen gewachsen sind.

Definierung der CSF. Die Identifikation und Kategorisierung der physischen Anforderungen von BFL als CSF basiert auf einer umfassenden Analyse der beobachteten Tätigkeiten und den

Ergebnissen der Bachelorarbeit von Meier (2022). Diese Vorgehensweise ermöglichte eine tiefere Einsicht in die anspruchsvollsten Aufgaben, die BFL im Einsatz bewältigen müssen. Durch die Kombination der beobachteten Tätigkeiten in den Tunnelübungen, und den Ergebnissen aus der Bachelorarbeit von Meier (2022) konnten die CSF in zwei zentrale Kategorien unterteilt werden: Mechanisch/Neuromuskulär und Metabolisch/Kardiopulmonal, sowie eine Mischform beider Kategorien. Diese Unterscheidung ist essenziell, da BFL während ihrer Einsätze sowohl unter mechanischer Belastung als auch unter metabolischem Stress arbeiten.

Mechanisch/Neuromuskulär. Die Aufgaben, die der Kategorie Mechanisch/Neuromuskulär zugeordnet werden, erfordern in erster Linie maximale Muskelkraft und neuromuskuläre Kontrolle. Die analysierten CSF dieser Kategorie werden in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16

CSF der Kategorie Mechanisch/Neuromuskulär

CSF	Beschreibung
Heben 120 kg	Diese Anforderung tritt unter anderem bei Rettungsszenarien auf, in denen BFL eine Person (bis zu 120 kg) oder schwere Objekte aus Gefahrenbereichen heben müssen.
Ziehen 100 kg	Diese Aufgabe kann beim Ziehen von Personen oder schweren Gegenständen auftreten, insbesondere in beengten Umgebungen.
Klettern und Hochziehen	Dies ist bei Einsätzen notwendig, etwa beim Überwinden von Hindernissen, beim Klettern auf Leitern oder Hochziehen in Zugwagons.
Aufbrechen von Decken, Wände oder Türen	Diese Aktivität erfordert erhebliche Muskelkraft und oft den Einsatz schwerer Werkzeuge.
Hebe und Umsetzen des Löschschlauchs (25 kg)	Das regelmässige Heben und Manipulieren des Löschschlauchs, insbesondere unter Druck, erfordert Rumpfstabilität, Kraftausdauer und Koordination.
Handhabung von Geräten und Werkzeugen (50 kg)	Der routinemässige Einsatz von Werkzeugen, insbesondere unter Zeitdruck, erfordert eine gut entwickelte Fein- und Grobmotorik.

Anmerkung. CSF = Critical Success Factors; Die CSF wurden anhand der Beobachtungen dieser Studie sowie der Bachelorarbeit von Meier (2022) erstellt; alle CSF in voller Ausrüstung und unter Atemschutz.

Diese Tätigkeiten stellen hohe Anforderungen an die neuromuskuläre Leistungsfähigkeit der BFL und erfordern sowohl Maximalkraft als auch Stabilität. Diese CSF verdeutlichen, dass die BFL in der Lage sein müssen, extremen physischen Belastungen standzuhalten.

Mechanisch/Neuromuskulär – Metabolisch/Kardiopulmonal. In dieser Kategorie überschneiden sich mechanische Anforderungen mit metabolischen Belastungen. Die Tätigkeiten fordern sowohl Kraftausdauer als auch eine ausgeprägte kardiopulmonale Ausdauer. Die analysierten CSF dieser Kategorie werden in Tabelle 17 dargestellt.

Tabelle 17

CSF der Kategorie Mechanisch/Neuromuskulär – Metabolisch/Kardiopulmonal

CSF	Beschreibung
Mehrfaches heben von 30 kg	Wiederholtes Heben schwerer Lasten, z. B. beim Einsatz von Werkzeugen oder dem Transport von Ausrüstung, belastet sowohl die Muskulatur als auch das kardiovaskuläre System.
Tragen und ziehen von Personen und Gegenständen (85 kg)	Diese Aufgaben stellen besonders hohe Anforderungen an die Kraftausdauer und die neuromuskuläre Kontrolle.
Halten und stabilisieren beweglicher Objekte überkopf im Einsatz (20 kg)	Diese Tätigkeit erfordert nicht nur Stabilität und Koordination, sondern auch Ausdauer, da die BFL oft längere Zeit in belastenden Positionen arbeiten müssen.
Kriechen	In engen und gefährlichen Umgebungen, insbesondere bei Rauchentwicklung, ist das Kriechen eine häufige Anforderung, die gleichzeitig körperliche Flexibilität und Ausdauer erfordert.
Klettern auf Leitern	Diese Aktivität kombiniert Kraft, Ausdauer und Koordination, um sicher und effizient Hindernisse zu überwinden.

Anmerkung. CSF = Critical Success Factors; Die CSF wurden anhand der Beobachtungen dieser Studie sowie der Bachelorarbeit von Meier (2022) erstellt; alle CSF in voller Ausrüstung und unter Atemschutz.

Diese Tätigkeiten verdeutlichen die hohe physische Komplexität der Einsätze. Insbesondere das mehrfache Heben und Tragen erfordert eine gut entwickelte Kombination aus Kraft und Ausdauer.

Metabolisch/Kardiopulmonal. Diese Kategorie umfasst Tätigkeiten, die primär die aerobe und anaerobe Kapazität der BFL beanspruchen. Die analysierten CSF dieser Kategorie werden in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18*CSF der Kategorie Metabolisch/Kardiopulmonal*

CSF	Beschreibung
Joggen	In grossflächigen Einsatzgebieten kann es vorkommen, dass die BFL über kürzere oder längere Strecken joggen, was ihre kardiovaskuläre Leistungsfähigkeit beansprucht.
Aufräumarbeiten	Diese Tätigkeiten erfordern kontinuierliche Bewegung und moderate Kraft, wobei die Belastung oft über einen langen Zeitraum aufrechterhalten wird.
Tragen von Material, Geräte und Hilfsmittel (35 kg)	Der regelmässige Transport von Ausrüstung erfordert Kraftausdauer, besonders über längere Zeiträume.
Kniend warten oder sich verschieben	Diese Tätigkeit, die oft über längere Zeiträume ausgeführt wird, fordert die Muskulatur der unteren Extremitäten und die kardiovaskuläre Ausdauer.
Laufen von mehreren Treppen unter Last	Diese Aufgabe stellt extrem hohe Anforderungen an die anaerobe Kapazität und die Ausdauer, besonders in Situationen, in denen die BFL schweres Equipment tragen müssen.
Laufen in unwegsamem Gelände	Das Fortbewegen in schwierigem Terrain erhöht die körperliche Belastung und erfordert eine gute Kombination aus Koordination, Ausdauer und Kraft.
Arbeiten in hitzebelasteten Umgebungen	Besonders Einsätze bei hohen Temperaturen belasten das kardiovaskuläre System erheblich und erfordern eine sehr gute thermoregulatorische Anpassung.
Einsatz im dichten Raum	Arbeiten unter erschwerten Bedingungen erfordert eine ausgeprägte kardiopulmonale Ausdauer, um die physischen Anforderungen zu bewältigen.

Anmerkung. CSF = Critical Success Factors; Die CSF wurden anhand der Beobachtungen dieser Studie sowie der Bachelorarbeit von Meier (2022) erstellt; alle CSF in voller Ausrüstung und unter Atemschutz.

Die Tätigkeiten in dieser Kategorie verdeutlichen die Notwendigkeit einer hohen kardiovaskulären und metabolischen Leistungsfähigkeit, um die physiologischen Anforderungen in Extremsituationen zu erfüllen.

Die CSF bilden die Grundlage für die Entwicklung der KPI im Berufsfeuerwehrdienst. Durch die Analyse der physischen Anforderungen und der Beobachtungen der Tunnelübungen konnten die entscheidenden Faktoren für den Einsatzerfolg klar definiert und in mechanisch/neuromuskuläre und metabolisch/kardiopulmonale Kategorien unterteilt werden. Diese CSF gewährleisten eine präzise Abbildung der realen Herausforderungen, denen BFL im Einsatz begegnen.

Ableitung der KPI. Die KPI wurden basierend auf den CSF erstellt und decken die entscheidenden physischen Leistungsanforderungen von BFL ab. Jede KPI wurde sorgfältig ausgewählt, um die wesentlichen physischen Fähigkeiten zu messen, die für den Erfolg im Einsatz notwendig sind. Die KPI werden in der Tabelle 19 dargestellt:

Tabelle 19

KPI (Prädiktoren der CSF)

KPI	CSF	Beschreibung der KPI
Relative und absolute Maximalkraft (N)	Heben 120 kg, Ziehen 100 kg	Im Feuerwehrdienst ist diese KPI von entscheidender Bedeutung, da BFL schwere Lasten, wie Personen oder Ausrüstung, heben und ziehen müssen. Die relative und absolute Maximalkraft ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die BFL in der Lage sind, ihre Aufgaben effektiv und sicher zu bewältigen, unabhängig von der Körpergrösse oder Körpergewicht.
Beinstabilität	Heben 120 kg, Ziehen 100 kg, Laufen in unwegsamem Gelände	Die Beinstabilität beschreibt die Fähigkeit, das Gleichgewicht und die Kontrolle über die Bewegungen der unteren Extremitäten aufrechtzuerhalten, insbesondere unter Belastung oder in instabilen Situationen. BFL benötigen eine hohe Beinstabilität, um sicher und effizient in unebenem Gelände, auf Leitern oder in belasteten Situationen arbeiten zu können. Eine stabile Beinachse ist entscheidend für die Verletzungsprävention und die optimale Kraftübertragung bei Einsätzen.
Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung/ Maximalkraft Zug	Ziehen 100 kg, Klettern und Hochziehen, Tragen und ziehen von Personen und Gegenständen (85 kg), Klettern auf Leitern	Diese KPI beschreibt die Fähigkeit, wiederholte Zugbewegungen unter hoher Last durchzuführen, ohne dass es zu einer schnellen Ermüdung der involvierten Muskelgruppen kommt. Im Feuerwehrdienst tritt dies beim Ziehen von Schläuchen, Ausrüstung oder Personen auf. Die Muskulatur muss in der Lage sein, sowohl kurzfristige Kraftspitzen als auch eine kontinuierliche Kraftausübung über längere Zeiträume aufrechtzuerhalten.

Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung/ Rumpfstabilität ventral	Aufbrechen von Decken, Wänden oder Türen, Heben und Umsetzen des Lösch- schlauchs (25 kg), Mehrfa- ches heben von 30 kg, Hal- ten und stabilisieren beweg- licher Objekte überkopf im Einsatz (20 kg), Kriechen	Diese KPI bezieht sich auf die Fähigkeit der Brust-, Schulter-, Arm- sowie der vorderen Rumpfmuskula- tur (ventral), über längere Zeit Stabilität und Kraft aufrechtzuerhalten. BFL müssen häufig Lasten über Kopf halten, Türen aufbrechen oder Gegenstände stabilisieren, während sie in einer belastenden Posi- tion arbeiten. Eine gut entwickelte dieser Muskel- gruppen ist entscheidend für die Unterstützung des Oberkörpers und die Vermeidung von Verletzungen.
Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung	Handhabung von Geräten und Werkzeugen (50 kg), Tragen und ziehen von Per- sonen und Gegenständen (85 kg), Kriechen, Aufräumar- beiten, Tragen von Material, Geräte und Hilfsmittel (35 kg), Laufen von mehreren Treppen unter Last	Diese KPI beschreibt die Fähigkeit von Muskelgrup- pen wie der Griffkraft, der Rumpf-, Bein- und Schul- termuskulatur, wiederholte Kontraktionen über ei- nen längeren Zeitraum ohne signifikante Ermüdung durchzuführen. BFL müssen häufig schwere Lasten tragen oder ziehen, Werkzeuge handhaben und unter anspruchsvollen Bedingungen, wie dem Treppen- steigen oder Kriechen, kontinuierliche Kraft aufbrin- gen. Diese KPI erfasst die Fähigkeit, bei Tätigkeiten wie dem Tragen von Personen (85 kg) oder Materia- lien (35 kg) die Kraft über die gesamte Einsatzdauer hinweg stabil zu halten, ohne dass die Leistung merklich abnimmt.
Rumpfstabilität, Rücken	Heben und Umsetzen des Löschschlauchs (25 kg), Mehrfaches heben von 30 kg, Halten und stabilisieren beweglicher Objekte über- kopf im Einsatz (20 kg), Tragen von Material, Geräte und Hilfsmittel (35 kg), Kniend warten oder sich ver- schieben,	Diese KPI misst die Fähigkeit der Rückenmuskula- tur, Stabilität zu bieten und den Oberkörper zu unter- stützen, insbesondere bei Belastungen wie dem He- ben schwerer Lasten oder dem längeren Arbeiten mit einer Atemschutzflasche auf dem Rücken. Eine starke und stabile Rückenmuskulatur ist von ent- scheidender Bedeutung, um Verletzungen, insbeson- dere im unteren Rücken, zu verhindern und effizi- ente Bewegungen zu gewährleisten.
Anaerobe Leistungsfähigkeit	Joggen, Laufen von mehre- ren Treppen unter Last, Lau- fen in unwegsamem Ge- lände, Arbeiten in hitzebelas- teten Umgebungen,	Diese KPI ist im Feuerwehrdienst erforderlich, wenn BFL beispielsweise schwere Lasten bis zur Erschöp- fung bewegen oder anspruchsvolle Hindernisse überwinden müssen. Die Fähigkeit, solche Belas- tungsspitzen zu bewältigen, ohne schnell zu ermü- den, ist von entscheidender Bedeutung.

Aerobe Leistungsfähigkeit	Joggen, Laufen von mehreren Treppen unter Last, Laufen in unwegsamem Gelände, Arbeiten in hitzebelasteten Umgebungen, Einsatz im dichten Rauch	Diese KPI misst die Fähigkeit des Körpers, langanhaltende, moderate Belastungen über einen längeren Zeitraum aufrechtzuerhalten. Eine hohe aerobe Leistungsfähigkeit ist notwendig, um während längerer Einsätze eine konstante körperliche Leistung zu erbringen, wie etwa das Tragen von Ausrüstung über weite Distanzen oder das Arbeiten in grossflächigen Einsatzgebieten.
---------------------------	--	---

Anmerkung. KPI = Key Performance Indicators; CSF = Critical Success Factors; alle CSF in voller Ausrüstung und unter Atemschutz; BFL = Berufsfeuerwehrleute; die Definitionen der Komponenten von körperlicher Fitness wurden in Kapitel 1.2.1 bereits beschrieben.

Jede dieser KPI wurde ausgewählt, um die physischen Herausforderungen, die BFL während ihrer Einsätze bewältigen müssen, möglichst präzise abzubilden. Sie decken sowohl die Anforderungen an Maximalkraft und Stabilität als auch an Kraftausdauer und aerobe/anaerobe Leistungsfähigkeit ab. Dies sollte eine umfassende Bewertung der physischen Leistungsfähigkeit und Einsatzbereitschaft der BFL gewährleisten.

In Abbildung 5 wurde das physische Anforderungsprofil der BFL des Kantons Bern dargestellt. Diese Abbildung veranschaulichte die CSF in den Bereichen mechanisch/neuromuskuläre und metabolisch/kardiopulmonale Belastungen und ordnete ihnen die KPI zu. Diese dienten als Grundlage für die Entwicklung des FTFD, mit denen versucht wurde, die realen Einsatzanforderungen der BFL abzubilden.

Abbildung 5

Anforderungsprofil der BFL des Kantons Bern

Langfristige individuelle physische Einsatzfitness, hohe Trainingsbelastung über mehrere Jahre, niedrige Verletzungsrate				
Kriterium:				
Relevante Konstrukte:	Kraft und Beweglichkeit	Ausdauer und Leistungsfähigkeit	Widerstandsfähigkeit und Belastbarkeit	
Critical success factors (CSF):	Mechanisch / Neuromuskulär			Metabolisch / Kardiopulmonal
	Heben 120 kg	Aufbrechen von Decken, Wände oder Türen	Mehrfaches heben von 30 kg	Joggen
	Ziehen 100 kg	Hebe und Umsetzen des Löschschauchs (25 kg)	Tragen und ziehen von Personen und Gegenständen (85 kg)	Aufräumen
	Klettern und Hochziehen	Handhabung von Geräten und Werkzeugen (50 kg)	Halten und stabilisieren beweglicher Objekte überkopf im Einsatz (20 kg)	Laufen in unwegsamem Gelände Arbeiten in hitzebelasteten Umgebungen Einsatz im dichten Rauch
*Alle Tätigkeiten in voller Ausrüstung und unter Atemschutz				
KPI (Prädiktoren der CSF):	Relative und absolute Maximalkraft (N) → Handkraft, IDT Beinstabilität → Y-Test	Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung/ Maximalkraft Zug. → Klimmzüge Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung/ Rumpfstabilität ventral → Liegestützen	Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung → Farmers walk Rumpfstabilität, Rücken → Sorensen Test anaerobe Leistungsfähigkeit → 30-15 IFT	aerobe Leistungsfähigkeit → 30-15 IFT

Anmerkung. Anforderungsprofil der Berufsfeuerwehrleute (BFL) des Kantons Bern. Das Design ist angelehnt an den Star of live Artikel von Alain Dössegger.

4.2 Fitnesstests für den Berufsfeuerwehrdienst (FTFD)

Auf Grundlage der im vorherigen Kapitel definierten KPI wurden spezifische Fitnesstests ausgewählt, um die physischen Anforderungen der BFL möglichst realitätsnah abzubilden und zu überprüfen. Diese Tests wurden so gestaltet, dass sie das gesamte physische Anforderungsprofil der BFL des Kantons Bern (Abbildung 5) versuchen abzudecken. Der in der Bachelorarbeit von Meier (2022) entwickelte Fitnesstest diente als Basis, wurde jedoch überarbeitet, um den neuen, ermittelten KPI gerecht zu werden.

4.2.1 Auswahl der Fitnesstests

Die im physischen Anforderungsprofil definierten KPI bildeten die Grundlage für die Auswahl der Fitnesstests. Jeder Test wurde so gewählt, dass er einen oder mehrere KPI abdeckt und die realen physischen Herausforderungen der BFL im Einsatz widerspiegelt. Im Folgenden werden die einzelnen Tests vorgestellt und ihre Relevanz für die entsprechenden KPI erläutert:

Test: Anthropometrische Daten, KPI: Keine. Die Messung der anthropometrischen Daten umfasst die Erfassung der Körpergrösse, des Körpergewichts, des Alters und des Taillenumfangs. Diese Parameter sind von Bedeutung, um ein umfassendes Bild des physischen Zustands der BFL zu erhalten. Der Taillenumfang dient als wichtiger Indikator für das Risiko metabolischer Erkrankungen, insbesondere in Verbindung mit dem Waist-to-Height Ratio (WHtR), dass das Verhältnis von Taillenumfang zu Körpergrösse misst. Ein erhöhter Taillenumfang wird in der Literatur als Risikofaktor für Bluthochdruck und andere chronische Erkrankungen wie das metabolische Syndrom gewertet (Alberti et al., 2006; Bacopoulou et al., 2015). Diese Daten sind nicht direkt mit den KPI verknüpft, geben jedoch wertvolle Hinweise auf die allgemeine Gesundheit und das Risiko von Erkrankungen, die die Einsatzfähigkeit beeinflussen könnten. Zusätzlich wird das Alter zur Berechnung von Leistungsparametern wie dem VO₂max herangezogen, was im weiteren Verlauf des Testverfahrens eine Rolle spielt.

Test: Handkraft, KPI: Relative und absolute Maximalkraft (N). Der Handkraft-Test erfasst die isometrische Maximalkraft der linken und rechten Hand mithilfe eines hydraulischen Hand-Dynamometers. Die Griffkraft ist entscheidend für zahlreiche Aufgaben im Feuerwehrdienst, wie das Greifen und Tragen schwerer Schläuche, Werkzeuge und das Heben verletzter Perso-

nen. Die Studie von Cronin et al. (2017) hat gezeigt, dass die Griffkraft stark mit der Gesamtkörperkraft korreliert, weshalb dieser Test als Proxy für die allgemeine Muskelkraft dient. Ausserdem zeigen Michaelides et al. (2011), dass die Griffkraft signifikant mit der Leistung bei simulierten Einsatzaufgaben korreliert. Bei der Durchführung wird besonderer Wert auf eine standardisierte Armhaltung gelegt, um die Reliabilität der Messungen sicherzustellen. Die Testpersonen sitzen auf einem Stuhl, mit den Füßen parallel auf dem Boden und den Armen in einem 90-Grad-Winkel gebeugt, um die Ergebnisse zu normieren.

Test: Isometrischer Deadlift Test (IDT), KPI: Relative und absolute Maximalkraft (N). Der Isometrische Deadlift Test (IDT) misst die maximale isometrische Hebekraft der Beine, des unteren Rückens und der Griffmuskulatur. BFL müssen in Einsätzen schwere Lasten, wie verletzte Personen oder Ausrüstungen, oft aus einer gebückten Position anheben. Der Test simuliert diese Anforderung, indem die Testpersonen aus einer breiten Hockposition (Sumo-Stance-Deadlift) heraus eine maximal mögliche isometrische Zugkraft auf einen Griff ausüben, der an einer Kette befestigt ist. Der Test wurde entwickelt, um sicherzustellen, dass BFL Lasten von mindestens 120 kg heben können, wie es bei Einsatzszenarien vorkommen kann. Die Maximalkraft wird in Kilogramm gemessen, wobei zwei aufeinanderfolgende Versuche durchgeführt werden.

Test: Y-Balance Test, KPI: Beinstabilität. Der Y-Balance Test bewertet das dynamische Gleichgewicht und die neuromuskuläre Kontrolle der unteren Extremitäten, welche von besonderer Bedeutung für BFL sind, die oft unter belastenden Bedingungen auf unebenem Gelände arbeiten. Insbesondere die anteriore Bewegungsrichtung wurde getestet, da sie als besonders aussagekräftig für Asymmetrien und Verletzungsrisiken gilt (Plisky et al., 2021). Der Test wird barfuss im Einbeinstand durchgeführt, wobei das Spielbein eine Plattform in eine bestimmte Richtung schiebt. Defizite in der Beinstabilität können frühzeitig erkannt und durch präventive Massnahmen adressiert werden, um muskuläre Beschwerden zu verringern.

Test: Klimmzüge mit Zusatzgewicht, KPI: Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung/Maximalkraft Zug. Der Klimmzug-Test mit einer Zusatzlast von 12.6 kg bewertet die Kraftausdauer und Maximalkraft des Oberkörpers, insbesondere der Arm-, Schulter- und Rückenmuskulatur. Diese Muskeln sind essenziell für BFL, welche regelmässig schwere Lasten heben und ziehen

müssen, etwa das Heben von Einsatzausrüstung oder das Überwinden von Hindernissen. Der Test simuliert realitätsnahe Bedingungen, indem die Probanden sich wiederholt an einer Klimmzugstange hochziehen müssen, bis das Kinn über der Stange liegt. Jede Wiederholung wird gezählt, bis der/die Teilnehmende keine vollständige Klimmzugbewegung mehr durchführen kann. Diese Übung hilft zu bestimmen, ob die BFL die nötige Oberkörperkraft besitzen, um schwere Lasten sicher zu bewegen.

Test: Liegestütze, KPI: Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung/Rumpfstabilität ventral. Liegestütze messen die Kraftausdauer der Brust-, Schulter- und Armmuskulatur sowie der vorderen Rumpfmuskulatur. BFL müssen in der Lage sein, wiederholt schwere Lasten zu bewegen und gleichzeitig ihren Rumpf stabil zu halten. Dies ist besonders relevant, wenn sie in Positionen arbeiten, in denen sie über längere Zeiträume Stabilität bewahren müssen, wie etwa beim Halten von Geräten über Kopf oder bei Arbeiten in gebückter Haltung. Ausserdem belegt die Studie von Michaelides et al. (2008) den direkten Zusammenhang zwischen der Kraft der oberen Extremitäten und der Leistungsfähigkeit bei simulierten Brandbekämpfungsaufgaben. Die Testpersonen führen Liegestütze durch, wobei jede Wiederholung korrekt ausgeführt werden muss, indem der Oberarm parallel zum Boden abgesenkt und dann vollständig gestreckt wird. Die Anzahl der korrekten Wiederholungen wird gezählt.

Test: Farmers Walk, KPI: Muskuläre (lokale) Ausdauerleistung. Der Farmers Walk misst die Kraftausdauer der Griffkraft, der Schultermuskulatur, der Rumpfmuskulatur sowie der Beinmuskulatur. Der Test simuliert das Tragen von schwerer Ausrüstung über weite Strecken, was im Feuerwehrdienst häufig erforderlich ist, insbesondere bei der Rettung von Personen oder dem Transport von schweren Geräten. Die Testpersonen tragen zwei Hanteln, je 20 kg pro Seite, und legen eine 20-Meter-Strecke so oft wie möglich zurück, bis sie die Gewichte nicht mehr sicher tragen können. Dieser Test bewertet die funktionelle Kraftausdauer der BFL unter realistischen Bedingungen und stellt sicher, dass sie für den physischen Einsatz vorbereitet sind.

Test: Sørensen Test, KPI: Rumpfstabilität, Rücken. Der Sørensen Test misst die isometrische Ausdauer der Rückenmuskulatur, insbesondere der Rumpfextensoren. Eine starke Rückenmuskulatur ist von entscheidender Bedeutung, um die körperlichen Belastungen im Feuerwehrdienst zu bewältigen, insbesondere beim Heben und Tragen von schweren Lasten oder beim

Arbeiten in nach vorn geneigten Positionen. Im Test halten die Probanden ihren Oberkörper horizontal auf einer Tischkante, während die Unterkörper fixiert ist. Der Test wird gestoppt, sobald die Testpersonen die Position nicht mehr halten können. Diese Übung ist ein wichtiger Indikator für die Rückenkraft und Ausdauer, die notwendig sind, um Rückenschmerzen und Verletzungen vorzubeugen.

Test: 30-15 IFT (Intermittierender Fitness Test), KPI: Anaerobe Leistungsfähigkeit und Aerobe Leistungsfähigkeit. Der 30-15 Intermittierender Fitness Test (IFT) ist ein vielseitiger Test zur Messung der aeroben und anaeroben Leistungsfähigkeit. BFL müssen sowohl in intensiven kurzen Belastungsphasen als auch in längeren, moderaten Einsätzen bestehen. Der Test umfasst 30-sekündige Laufintervalle über eine Distanz von 28 Metern, gefolgt von 15-sekündigen Pausen. Der Test wird abgebrochen, wenn der/die Teilnehmende die vorgegebene Distanz dreimal in Folge nicht erreicht oder erschöpft aufhört. Die maximale Geschwindigkeit (VIFT) und die geschätzte VO₂max werden notiert. Der Test simuliert die physischen Anforderungen von Einsätzen, bei denen BFL intermittierende Belastungen bewältigen müssen. Die Studie von Ras et al. (2024) hat die Bedeutung der aeroben und anaeroben Leistungsfähigkeit bei Feuerwehrleuten im Einsatz hervorgehoben. Ihre Forschung zeigt, dass eine hohe kardiorespiratorische Fitness und die Fähigkeit, während intensiver Belastungen effizient Sauerstoff zu nutzen, entscheidend für die erfolgreiche Bewältigung von Einsätzen sind.

4.2.2 Vergleich mit den Tests aus der Bachelorarbeit von Meier (2022)

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten FTFD basieren auf den in der Bachelorarbeit von Meier (2022) entwickelten Tests. Diese Testbatterie stellte eine solide Grundlage dar, da sie auf den physischen Anforderungen von Feuerwehrleuten beruhte. Allerdings war es erforderlich, die ursprünglichen Tests weiterzuentwickeln, um den neu identifizierten KPI des physischen Anforderungsprofils der BFL des Kantons Bern besser gerecht zu werden.

Ein direkter Vergleich der Fitnesstests zeigt folgende Anpassungen und Erweiterungen.

Anthropometrische Daten wie Körpergrösse, Körpergewicht, Bauchumfang und Alter wurden unverändert aus der Bachelorarbeit von Meier (2022) übernommen. Die Messung der Beinlänge wurde hingegen gestrichen, da sie aufgrund der Anpassung des Y-Balance Test als nicht mehr relevant betrachtet wurde.

Der Handkrafttest, der die Griffkraft als Proxy für die allgemeine Muskelkraft misst, wurde unverändert übernommen. Dieser Test hat sich bereits in der Arbeit von Meier (2022) bewährt und bleibt ein zentraler Bestandteil der Fitnesstests.

Der Sumo-Lastheben-Test aus der Arbeit von Meier (2022) und der Isometrische Deadlift Test sind in ihrer Durchführung identisch. Lediglich der Name wurde angepasst, um den Fokus auf die isometrische Komponente zu verdeutlichen.

Der Y-Balance Test zur Messung der Beinstabilität und des dynamischen Gleichgewichts wurde aus Meiers Arbeit übernommen, jedoch auf die anteriore Bewegungsrichtung beschränkt, da er in der Bachelorarbeit von Meier (2022) als zu zeitaufwändig herausgestellt hat. Während die Bachelorarbeit von Meier (2022) Klimmzüge mit Zusatzgewicht zur Überprüfung der Oberkörperkraft vorsah, wurden sie praktisch noch nicht umgesetzt und getestet. Somit wurde Der Test Klimmzüge mit Zusatzgewicht von Meier (2022) übernommen.

Die Testung der Rumpfstabilität und der Ausdauer der vorderen Muskelkette wurde beibehalten, jedoch erweitert. Während in der Bachelorarbeit von Meier (2022) der Rumpfkrafttest im Vordergrund stand, wurden hier Liegestütze eingeführt, um die Muskulatur des Oberkörpers und die Rumpfstabilität in realitätsnahen Bewegungen zu testen. BFL müssen in der Lage sein, ihren Rumpf stabil zu halten und gleichzeitig schwere Lasten zu heben und zu bewegen, was durch Liegestütze adäquat simuliert wird.

Der Farmers Walk zur Messung der Kraftausdauer wurde in der Bachelorarbeit von Meier (2022) nicht berücksichtigt. Er wurde hier neu eingeführt, um die Fähigkeit der BFL zu testen, schwere Ausrüstung über längere Strecken zu tragen.

Der Sørensen Test zur Messung der Rumpfstabilität und der Rückenmuskulatur wurde ebenfalls aus der Arbeit von Meier (2022) übernommen, da er eine hohe Relevanz für die Bewertung der körperlichen Leistungsfähigkeit von BFL aufweist.

Während in der Arbeit von Meier (2022) den progressiven Ausdauerlauf (PER) zur Messung der aeroben und anaeroben Leistungsfähigkeit verwendete, wurde dieser durch den 30-15 IFT ersetzt. Der Test simuliert die Anforderungen im Einsatz, bei denen BFL schnelle, intensive Phasen und längere, moderate Belastungen bewältigen müssen.

Die Fitnesstests, die auf der Arbeit von Meier (2022) basieren, wurden in dieser Studie weiterentwickelt und um zusätzliche Tests ergänzt, um dem physischen Anforderungsprofils der BFL des Kantons Bern (siehe Abbildung 5) möglichst gerecht zu werden. Die Anpassungen sollten

sicherstellen, dass die Tests die realen Herausforderungen im Feuerwehrdienst möglichst umfassend abbilden und praxisnah sind. Dies ermöglicht eine bessere Eignungsprüfung sowohl bei der Aufnahme in den Berufsfeuerwehrdienst als auch für die regelmässige Überprüfung der Einsatzfähigkeit.

4.2.3 Praktikabilität des konzipierten FTFD

Der entwickelte FTFD wurde an drei Testtagen mit 17 Teilnehmern auf seine Praktikabilität hin untersucht. Die Testbatterie umfasste Anthropometrische Daten, Handkraftmessung, Isometrischer Deadlift Test (IDT), Y-Balance Test, Sørensen Test, Klimmzüge mit Zusatzgewicht, Liegestützen, Farmers Walk und den 30-15 IFT.

Die meisten Tests verliefen reibungslos und im vorgesehenen Zeitrahmen. Der Y-Balance-Test, Liegestützen und der Sørensen Test erwiesen sich als besonders robust und zuverlässig, ohne Anpassungsbedarf. Allerdings traten beim Handkraft-Dynamometer aufgrund von feuchten Händen ungenaue Messergebnisse auf, und an einem Testtag war das Gerät defekt. Künftige Tests sollten mit einem besser geeigneten Handkraftmessgerät durchgeführt werden.

Der Farmers Walk zeigte keine Unterschiede zwischen der Durchführung mit und ohne zusätzlichem Doppelflaschengerät, was darauf hinweist, dass die Griffkraft und nicht die Beinmuskulatur der limitierende Faktor war. Die Ergebnisse der Klimmzüge wiesen eine starke Streuung auf, von keinem bis zu sieben Wiederholungen, was die unterschiedliche Leistungsfähigkeit der Teilnehmer verdeutlicht. Der 30-15 IFT lief ohne Probleme ab.

Die Tests dauerten im Schnitt fünf Minuten pro Teilnehmer, der Y-Balance-Test sieben und der 30-15 IFT 15 bis 20 Minuten. Diese Zeitangaben entsprechen dem geplanten Rahmen für Selektionstage.

Insgesamt zeigte sich der FTFD als praktikabel und effizient. Mit kleinen Optimierungen, wie der Verbesserung der Handkraftmessung, hat der FTFD das Potenzial, als umfassender Fitness Test für BFL eingesetzt zu werden.

4.3 Beurteilungskriterien Norm- und Kriteriengeleitet

4.3.1 Normorientierte Einstufung der Leistung nach Perzentile

Die Leistungsbewertung der BFL erfolgt anhand der Kategorien Ungenügend, Genügend, Gut, Sehr gut und Hervorragend, wobei diese Einstufungen im Vergleich zur Referenzgruppe (alle

im aktiven Dienst stehenden BFL) vorgenommen werden (siehe Tabelle 20). Die untersten 5 % der Ergebnisse werden als ungenügend bewertet. Leistungen im Bereich bis zur 30. Perzentile gelten als genügend, während gute Leistungen bis zur 60. Perzentile reichen. Sehr gute Ergebnisse werden bis zur 90. Perzentile klassifiziert, und Ergebnisse oberhalb der 95. Perzentile gelten als hervorragend (Wyss, Marti, Rossi, Kohler & Mäder, 2007).

Tabelle 20

Einstufung der Leistung nach Perzentile

Kategorien	Perzentile	Handkraft [kg]	IDT [kg]	Klimmzüge [Anzahl]	Liegestützen [Anzahl]	Farmers Walk [m]	Sørensen [s]	30-15 IFT [ml/min/kg]
Ungenügend	5	51	117	0	15	140	65	49.3
Genügend	30	54	147	1	28	195	72	51.2
Gut	60	62	165	3	33	240	122	56.1
Sehr gut	90	74	182	7	40	400	148	59.8
Hervorragend	95	76	194	7	44	440	163	60.8

Anmerkung. IDT = Isometrischer Deadlift Test, IFT = Intermittierender Fitness Test, $n = 17$.

4.3.2 Kriteriengeleitete Normierung

Die kriteriengeleitete Normierung basiert auf der Darstellung der Normwerte der Normalpopulation. Ziel ist es, dass angehende BFL im Kanton Bern im Vergleich zur Normalpopulation eine körperliche Fitness aufweisen, die mindestens als «sehr gut» eingestuft wird.

Anthropometrische Werte. Der Bauchumfang (in cm) wird durch die Körpergrösse (in cm) dividiert, um den WHtR (Waist-to-Height Ratio) zu berechnen. Die folgende Tabelle 21 stellt die Normierung des WHtR dar.

Tabelle 21*Normwerte WHtR*

Kategorien	Frauen	Männer
Hervorragend	0.40 - 0.42	0.40 - 0.42
Sehr gut	0.43 – 0.47	0.43 – 0.47
Gut	0.48 – 0.52	0.48 – 0.52
Genügend	0.53 – 0.65	0.53 – 0.65
Ungenügend	≥ 0.65	≥0.65

Anmerkung. Die Werte gelten für Personen im Alter von 18 – 39 Jahren. WHtR = Waist-to-Height Ratio, WHtR-Werte unter 0.40 können ebenfalls vorkommen, deuten jedoch auf Untergewicht hin (Wyss et al., 2014).

Handkraft. Die in Tabelle 22 dargestellten Normwerte des ACSM basieren auf kombinierten Ergebnissen beider Hände (links und rechts).

Tabelle 22*Normwerte Handkraft (normale Population)*

Kategorien	Handkraft [kg]	
	Frauen	Männer
Ungenügend	< 23	< 38
Genügend	23 – 26	38 – 43
Gut	27 – 28	44 – 46
Sehr gut	29 – 32	47 – 52
Hervorragend	> 32	> 52

Anmerkung. Alter 30 – 39 (Riebe et al., 2018, S. 97).

Isometrischer Deadlift Test (IDT). Im Rahmen der Recherche konnten keine Normtabellen mit identischen Testanordnungen gefunden werden. In der Masterarbeit von Vetter (2020) wurde dieser Test jedoch mit 117 RS des Kantons Bern durchgeführt. Die dabei erzielten Werte sind in Tabelle 23 dargestellt.

Tabelle 23*Normwerte IDL (RS)*

Kategorien	Perzentile	IDL [kg]
Ungenügend	5	80.56
Genügend	30	116.25
Gut	60	142.76
Sehr gut	90	189.67
Hervorragend	95	207.00

Anmerkung. RS = Rettungssanitäterinnen und Rettungssanitäter, IDL = Isometrischer Deadlift Test, $n = 117$ (Vetter, 2020).

Beobachtungen bei der Berufsfeuerwehr Bern zeigten, dass die BFL in der Praxis häufig Lasten von 56.25 Kilogramm mehrmals heben oder umsetzen müssen. Zudem stellte Meier (2022) in seiner Bachelorarbeit fest, dass die Anforderungen beim Ziehen von Lasten bis zu 120 kg erreichen können. Diese hohen Anforderungen resultieren vor allem aus der Notwendigkeit, dass BFL im Notfall in der Lage sein müssen, verletzte Personen eigenständig zu bergen.

Y-Balance. Im Y-Balance Test wurde die Beinstabilität der BFL anhand der Differenz zwischen der rechten und linken Beinreichweite in der anterioren Richtung untersucht. Eine Asymmetrie von mehr als 4 cm gilt als kritischer Wert, der mit einem erhöhten Risiko für muskuloskelettale Verletzungen in Verbindung gebracht wird (Plisky et al., 2021).

Klimmzüge mit Zusatzgewicht. Im Rahmen der Recherche konnten keine Normtabellen mit exakt identischen Testanordnungen gefunden werden. Daher wurden Normwerte für Klimmzüge ohne Zusatzgewicht herangezogen, basierend auf der Studie von Aandstad (2021) (siehe Tabelle 24).

Tabelle 24*Normwerte Klimmzüge ohne Zusatzgewicht (normale Population)*

Kategorien	Perzentile	Klimmzüge [Anzahl]	
		Frauen	Männer
Ungenügend	5	0 H	< 5 H
Genügend	30	2 H	3 V
Gut	60	6 H	8 V
Sehr gut	90	1 V	12 V
Hervorragend	95	≥ 4 V	≥ 15 V

Anmerkung. Alter 17 – 21. H = horizontale Klimmzüge, V = vertikale Klimmzüge, Frauen ($n = 11'927$), Männer ($n = 18'847$) (Aandstad, 2021).

Liegestütze. In Tabelle 25 sind die Normwerte der normalen Population der Liegestütze abgebildet.

Tabelle 25*Normwerte Liegestütze (normale Population)*

Kategorien	Liegestützen [Anzahl]	
	Frauen	Männer
Ungenügend	≤ 7	≤ 11
Genügend	8 – 12	12 – 16
Gut	13 – 19	17 – 21
Sehr gut	20 – 26	22 – 29
Hervorragend	≥ 27	≥ 30

Anmerkung. Alter 30 – 39 (Riebe et al., 2018, S. 102).

Farmers Walk. Im Rahmen der Recherche wurden keine Normtabellen mit identischen Testanordnungen gefunden. Beobachtungen während der Feuerwehr-Übungseinsätze identifizierten zwei Tätigkeiten, die eine erhebliche physische Belastung darstellten. Beim Tragen von Ausrüstung wurde eine Last von 35 kg über eine Strecke von 830 Metern bewegt. Darüber hinaus wurde beim Tragen einer Ausrüstung mit einem unter Druck stehenden Löschschlauch eine Last von 82,5 kg über eine Strecke von 35 Metern getragen. Diese Aufgaben repräsentieren

sowohl das Tragen von moderaten Lasten über lange Distanzen als auch das Tragen von schwereren Lasten über kürzere Strecken und stellen eine signifikante muskuläre Ausdaueranforderung an die BFL dar.

Sørensen Test. In der folgenden Tabelle 26 wurden die Normwerte für den Sørensen Test der normalen Population aufgelistet.

Tabelle 26

Normwerte Sørensen (normale Population)

Kategorien	Sørensen [s]
Ungenügend	< 176
Genügend	176 – 198
Gut	> 198

Anmerkung. $n = 928$, Alter unbekannt (Biering-Sorensen 1984, zitiert nach Demoulin et al., 2006).

30-15 IFT. Die Referenzwerte basieren auf direkten VO₂max-Messungen. Bei den untersuchten Personen wurden keine kardiovaskulären Erkrankungen festgestellt (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27

Normwerte der maximalen Sauerstoffaufnahme (normale Population)

Kategorien	VO ₂ max [ml/kg/min]	
	Frauen	Männer
Ungenügend	≤ 28.1	≤ 39.5
Genügend	28.2 – 32.1	39.6 – 45.1
Gut	32.2 – 37.4	45.2 – 51.5
Sehr gut	37.5 – 45.7	51.6 – 59.7
Hervorragend	≥ 45.8	≥ 59.8

Anmerkung. Alter 30 – 39 (Riebe et al., 2018, S. 93).

4.3.3 Bewertung der Fitnessstestergebnisse der BFL

Anthropometrische Messungen. Die anthropometrischen Daten der BFL zeigen insgesamt ein solides physisches Profil, das den Anforderungen des Berufs entspricht. Mit einem durchschnittlichen Körpergewicht von 77.5 kg und einer durchschnittlichen Körpergrösse von 178.0 cm liegen die gemessenen Werte im Bereich eines gesunden erwachsenen Mannes. Diese Werte sind vergleichbar mit anderen Studien an Berufsgruppen, die körperliche Fitness erfordern, wie zum Beispiel Rettungssanitätern (Vetter, 2020).

Der durchschnittliche WHtR der BFL lag bei 0.50 (± 0.03), was der Grenze zwischen einem nicht erhöhten und einem erhöhten Risiko entspricht. Laut Koepke et al. (2016) wird ein WHtR von unter 0.5 als nicht erhöhtes Risiko eingestuft, während Werte zwischen 0.5 und 0.59 auf ein erhöhtes Risiko hindeuten und Werte über 0.6 als stark erhöhtes Risiko gelten. Die Tatsache, dass kein BFL einen WHtR von 0.6 oder höher aufwies, ist positiv, zeigt jedoch auch, dass die körperlichen Anforderungen des Berufs möglicherweise eine natürliche Begrenzung für übermässiges Körperfett darstellen.

Handkraft. Im Handkrafttest erreichten die BFL einen durchschnittlichen Wert von 60.90 kg (± 8.26 kg), wobei der Median bei 60.00 kg lag. Diese Werte deuten darauf hin, dass die meisten BFL in der Stichprobe eine vergleichbare Handkraft aufweisen. Verglichen mit der männlichen Normalbevölkerung lässt sich die Handkraft der BFL in die Kategorie «Hervorragend» einordnen, was auf die besonderen Anforderungen ihres Berufs hinweist, die eine überdurchschnittliche körperliche Leistungsfähigkeit erfordern.

Interessant ist der Vergleich mit der Studie von Vetter (2020), in der Rettungssanitäter (RS) durchschnittlich 50.72 kg (± 1.07 kg) erreichten. Dieser um fast 10 kg geringere Wert verdeutlicht die höheren Anforderungen an die körperliche Leistungsfähigkeit im Feuerwehrdienst, insbesondere im Hinblick auf die Handkraft. BFL müssen schwere Ausrüstungsgegenstände tragen und unter extremen Bedingungen arbeiten, was eine höhere Handkraft erfordert, um die Sicherheit und Effizienz im Einsatz zu gewährleisten.

Isometrische Maximalkraft. Im Mittelwert erreichten die gemessenen BFL 156.00 kg (± 22.20 kg) im isometrischen Deadlift Test (IDT). Vergleicht man dies mit den kriteriengeleiteten An-

forderungen, wie beispielsweise dem Heben von 120 kg, so zeigt sich, dass die BFL im Durchschnitt diese Anforderung problemlos bewältigen können. Selbst der gemessene Minimalwert von 117 kg liegt nur geringfügig unter dieser Anforderung, was darauf hindeutet, dass fast alle BFL in der Lage sind, die physischen Belastungen, die im Feuerwehrdienst gefordert werden, zu erfüllen.

Im Vergleich dazu erreichten die Rettungssanitäter aus Bern einen durchschnittlichen Wert von 138.86 kg, was deutlich unter den Werten der BFL liegt. Dieser Unterschied unterstreicht die höheren körperlichen Anforderungen, denen BFL im Vergleich zu Rettungssanitätern ausgesetzt sind (Vetter, 2020).

Y-Balance. Der durchschnittliche Unterschied zwischen dem rechten und linken Bein betrug 2.56 cm (± 2.12 cm), wobei der Median bei 2.00 cm lag. Diese Werte deuten auf eine gute symmetrische Beinstabilität hin, da ein Unterschied von unter 4 cm als akzeptabel und risikoarm für Verletzungen gilt (Plisky et al., 2021). Ein solcher Wert deutet darauf hin, dass bei den BFL keine signifikanten Asymmetrien vorliegen, was für die sichere Fortbewegung unter Belastung besonders wichtig ist.

Der maximale gemessene Differenzwert betrug 8.00 cm, was auf einzelne BFL hinweist, bei denen muskuläre Dysbalancen bestehen könnten. Diese BFL könnten von gezielten Stabilitätsübungen profitieren, um das Verletzungsrisiko zu minimieren.

Die Spannweite der Differenzen betrug ebenfalls 8.00 cm, was den gesamten Bereich der Asymmetrien in der untersuchten Gruppe beschreibt, während der Interquartilsabstand (IQR) von 3.00 cm ein konzentriertes Leistungsniveau der meisten BFL widerspiegelt. Trotz einiger Ausreisser weisen die Ergebnisse insgesamt auf eine gute Beinbalance und neuromuskuläre Kontrolle hin, die für die hohen Anforderungen im Feuerwehrdienst entscheidend sind.

Klimmzüge mit Zusatzgewicht. Die Ergebnisse des Klimmzugtests mit 12.6 kg Zusatzgewicht zeigen eine deutliche Streuung innerhalb der getesteten BFL. Der durchschnittliche Wert lag bei 2.71 (± 2.57) Wiederholungen, was auf die variierenden Leistungsniveaus in der Gruppe hinweist. Der Medianwert von 2.00 Klimmzügen zeigt, dass etwa die Hälfte der BFL weniger als drei Klimmzüge durchführen konnte.

Auffällig ist die Spannweite von 7 Klimmzügen, was auf erhebliche Unterschiede in der Oberkörperkraft und Kraftausdauer innerhalb der Gruppe hinweist. Der Minimalwert von 0 und der

Maximalwert von 7 Klimmzügen zeigen, dass einige BFL Schwierigkeiten hatten, auch nur einen Klimmzug zu schaffen, während andere die Anforderungen problemlos bewältigten. Dieser Unterschied könnte auf unterschiedliche Trainingsgewohnheiten oder eine unzureichende körperliche Vorbereitung bei einigen BFL hindeuten.

Ein entscheidender Faktor bei diesem Test ist das 12.6 kg Zusatzgewicht, das bei leichteren BFL möglicherweise grössere Auswirkungen auf die Leistung hatte als bei schwereren Personen. Dies könnte die Unterschiede in den Ergebnissen erklären, da das zusätzliche Gewicht relativ zur Körpermasse einen grösseren Einfluss auf die Leistung hat. BFL, die leichter sind, könnten dadurch besonders gefordert sein, während schwerere BFL in der Lage sein könnten, die Zusatzlast relativ gesehen einfacher zu bewältigen.

Die Normwerte für Klimmzüge ohne Zusatzgewicht, basierend auf der Studie von Aandstad (2021), geben an, dass eine «gute» Leistung für Männer bei mindestens drei horizontalen Klimmzügen liegt. Um eine «sehr gute» Leistung zu erreichen, sind mindestens acht Klimmzüge erforderlich, während 15 oder mehr Klimmzüge als «hervorragend» gelten. Ein direkter Vergleich der Testergebnisse der BFL ist aufgrund des Zusatzgewichts von 12.6 kg jedoch schwierig. Die BFL erzielten im Durchschnitt 2.71 Klimmzüge mit dieser Zusatzlast, was als bemerkenswerte Leistung zu werten ist. In Anbetracht des Zusatzgewichts von 12.6 kg kann diese Leistung durchaus als «sehr gut» eingestuft werden, da das Tragen einer Zusatzlast die Anforderungen an die muskuläre Ausdauer und Kraft erheblich erhöht.

Liegestütze. Die Normwerte für Liegestütze basieren auf der Studie von Riebe et al. (2018), die Normwerte für Männer im Alter von 30 bis 39 Jahren ermittelte. Laut dieser Studie liegt eine «gute» Leistung bei 17 bis 21 Wiederholungen, während eine «sehr gute» Leistung bei 22 bis 29 Wiederholungen liegt. Eine «hervorragende» Leistung wird ab 30 Wiederholungen erreicht. Die BFL in der vorliegenden Studie erzielten im Durchschnitt 31.60 Liegestütze, was eine «hervorragende» Leistung darstellt. Der Medianwert von 32.00 zeigt, dass die meisten Teilnehmer eine ähnliche Anzahl von Wiederholungen schafften, was auf ein konsistentes Leistungsniveau innerhalb der Gruppe hindeutet.

Die Spannweite der Ergebnisse liegt bei 29 Wiederholungen, mit einem Minimum von 15 und einem Maximum von 44 Wiederholungen. Diese Unterschiede könnten auf variierende Trainingsniveaus oder individuelle Unterschiede in der muskulären Ausdauer und Stabilität der BFL hinweisen. Der Interquartilsabstand (IQR) von 11.50 zeigt, dass 50 % der BFL zwischen

20.5 und 32 Wiederholungen erzielten, was darauf hindeutet, dass ein Grossteil der Teilnehmer eine relativ gute Leistung zeigte.

Im Vergleich dazu erreichten die Rettungssanitäter (RS) in der Studie von Vetter (2020) im Durchschnitt 13.14 Liegestütze, was der Kategorie «genügend» entspricht.

Farmers Walk. Die Ergebnisse des Farmers Walk Tests zeigen, dass die getesteten BFL im Durchschnitt eine Strecke von 246.00 m (± 84.40 m) mit den getragenen Hanteln zurücklegen konnten. Der Medianwert von 240.00 m zeigt, dass die meisten Teilnehmer eine ähnliche Distanz erreichten, was auf ein stabiles Leistungsniveau in der Gruppe hinweist.

Im Vergleich zu den beobachteten Belastungen im Feuerwehrdienst, bei denen Ausrüstungen mit einem Gewicht von 35 kg über Strecken von bis zu 830 m getragen wurden, ist zu berücksichtigen, dass in realen Einsätzen die Persönliche Schutzausrüstung (PA) und das Atemschutzgerät Doppelflasche (AF) zusätzlich zur getragenen Ausrüstung ein Gewicht von 32.5 kg ausmachen. Die in den Händen gehaltene Last beträgt dabei nur 2.5 kg. Eine noch anspruchsvollere Aufgabe aus den Beobachtungen war das Tragen von 82.5 kg Ausrüstung über eine Strecke von 35 m. Zieht man die 32.5 kg für PA und AF ab, ergibt sich ein tatsächliches Handgewicht von 50 kg.

Der Farmers Walk Test mit 40 kg in jeder Hand und einer durchschnittlichen Gehstrecke von 246.00 m (± 84.40 m) zeigt, dass die getesteten BFL in der Lage sind, diese Anforderungen des Feuerwehrdienstes problemlos zu erfüllen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die getesteten BFL genügend Kraftausdauer besitzen, um auch die höheren realen Belastungen, wie das Tragen schwerer Ausrüstung, sicher und effizient zu bewältigen.

Sorensen Test. Der Sorensen-Test misst die isometrische Kraftausdauer der Rückenmuskulatur, die für die Stabilität und Belastbarkeit des Rückens im Feuerwehrdienst von entscheidender Bedeutung ist. Die Ergebnisse zeigen, dass die getesteten BFL im Durchschnitt 101 s (± 35.10 s) die Position halten konnten. Der Medianwert lag bei 77 s, was darauf hindeutet, dass mehr als die Hälfte der Teilnehmer unter dem Durchschnitt lag. Die Spannweite der Ergebnisse reicht von 65 - 163 s, was auf eine deutliche Streuung in der Leistungsfähigkeit der Gruppe hinweist. Im Vergleich zu den Normwerten für die allgemeine Bevölkerung, basierend auf der Studie von Biering-Sorensen (1984), würden die meisten BFL in die Kategorie «ungenügend» (< 176 s)

fallen. Ein Wert von weniger als 176 s wird als geringes Risiko für zukünftige Rückenbeschwerden angesehen, jedoch liegt die Mehrheit der BFL deutlich unter dem Niveau, das für eine «gute» Rumpfstabilität erforderlich ist, nämlich über 198 s.

30-15 IFT (*Intermittierender Fitness Test*). Der 30-15 Intermittierender Fitness Test (30-15 IFT) wurde durchgeführt, um die aerobe und anaerobe Leistungsfähigkeit der BFL zu bewerten. Der durchschnittliche VO₂max-Wert der getesteten BFL lag bei 54.40 ml/min/kg (± 3.68), mit einem Median von 54.50 ml/min/kg. Laut den Normwerten von Riebe et al. (2018) für Männer im Alter von 30 bis 39 Jahren wird ein VO₂max-Wert von 51.6 bis 59.7 ml/min/kg als «sehr gut» eingestuft, während Werte über 59.8 ml/min/kg als «hervorragend» gelten.

Im Vergleich zu diesen Normwerten erreichen die meisten BFL somit eine «sehr gute» bis «gute» aerobe Leistungsfähigkeit. Der gemessene Minimalwert von 49.30 ml/min/kg liegt leicht unter dem Bereich der «guten» Einstufung, was auf vereinzelt Verbesserungspotenzial bei einigen BFL hinweisen könnte.

Verglichen mit den Rettungssanitätern (RS) aus der Studie von Vetter (2020), die einen durchschnittlichen VO₂max-Wert von 51.79 ml/min/kg erreichten, schneiden die BFL insgesamt besser ab. Dies spiegelt die höheren kardiovaskulären Anforderungen des Feuerwehrdienstes wider, bei dem BFL in der Lage sein müssen, wiederholte kurze, intensive Belastungen zu bewältigen.

4.3.4 Festlegung von Mindestanforderungen durch Vergleich von normorientierten und kriteriumsorientierten Interpretation

Die praktikablen Mindestanforderungen wurden auf Grundlage des 5. Perzentils der getesteten BFL ermittelt. Die kriteriumsorientierte Interpretation orientiert sich an der Kategorie «sehr gut» aus den verfügbaren Normwerten für die allgemeine Bevölkerung (siehe Kapitel 4.3.2). Ergänzend wurden die spezifischen physischen Anforderungen einbezogen, die bei den beobachteten Einsätzen der BFL im Kanton Bern dokumentiert wurden. Die Gegenüberstellung wird in der folgenden Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28*Mindestanforderungen für BFL des Kantons Bern*

Test	5 % Perzentil BFL	Normwerte allg. Bevölkerung (90 % Perzentil)	Anforderung aus Beobachtungen und Messungen Tunnelübung	Vorschlag für nicht genügende Leistung
WHtR	-	> 0.47	-	-
Handkraft [kg]	51	47	Tragen und ziehen von Personen und Gegenständen (Löschschlauch) > 50 kg	< 51
IDT [kg]	117	189.67	Bergung schwerer Personen > 100 kg	< 120
Y-Balance [cm]	-	-	Laufen in unwegsa- mem Gelände, Kniend warten und sich verschieben	-
Klimmzüge mit Zu- satzgewicht [Anzahl]	0	-	Sich mit Ausrüstung hochziehen 1	< 1
Liegestütze [Anzahl]	15	22	Aufbrechen von De- cken, Wänden oder Türen 20, Kriechen in voller Ausrüstung	< 15
Farmers Walk [m]	140	-	40 kg zum Einsatz- ort tragen > 150 m	< 140
Sørensen [s]	65	> 198	-	< 65
30-15 IFT [mli/min/kg]	49.3	51.6	-	< 49.3

Anmerkung. Die Quellen sind im jeweiligen Kapitel der kriteriumsorientierte Normierung zu finden. Für jede getestete Fähigkeit wurde bei der kriteriumsorientierten Norm eine «gute» Leistung als Benchmark herangezogen (WHtR, Handkraft, Liegestütze, Sørensen und 30-15 IFT), bzw. den Anforderungen aus den beobachteten Feuerwehrtätigkeiten (IDT, Klimmzüge mit Zusatzgewicht und Farmers Walk). BFL = Berufsfeuerwehrleute; WHtR = Waist-to-Height Ratio; IDT = Isometrischer Deadlift Test; IFT = Intermitten Fitness Test.

Der Waist-to-Height-Ratio (WHtR) dient als wichtiger Gesundheitsindikator zur frühzeitigen Erkennung kardiovaskulärer Risiken. Im Kontext des Feuerwehrdienstes kann dieser Wert im Anstellungsprozess oder bei regelmässigen Gesundheitschecks durch den Feuerwehrarzt hilfreich sein, um potenzielle Gesundheitsrisiken wie Übergewicht zu identifizieren und damit die langfristige Einsatzfähigkeit der BFL zu sichern. Ergänzend dazu bietet der Y-Balance-Test wertvolle Informationen zur Erkennung muskulärer Ungleichgewichte und potenzieller Verletzungsrisiken. Auch dieser Test kann im Rahmen von Anstellungsuntersuchungen oder periodischen Fitnesschecks durchgeführt werden, um Differenzen in der Stabilität der unteren Extremitäten zu identifizieren. Eine Differenz von mehr als 4 cm zwischen den beiden Beinen könnte dabei auf muskuläre Dysbalancen hinweisen und sollte weiter untersucht werden, um die Einsatzfähigkeit und Gesundheit der BFL langfristig zu sichern.

4.4 Bedeutung für die Praxis

Das entwickelte physische Anforderungsprofil der BFL des Kantons Bern bietet eine wichtige Grundlage zur Annäherung an die realen physischen Belastungen im Einsatz. Es ermöglicht eine gezielte Anpassung von Trainings- und Auswahlverfahren, die so genau wie möglich auf die Anforderungen im Feuerwehrdienst abgestimmt sind. Durch die Identifikation der CSF sowie der KPI können Trainingspläne entwickelt werden, die die relevanten physischen Belastungen gezielt ansprechen. Dies trägt dazu bei, die BFL besser auf physische herausfordernde Einsätze, wie etwa Tunnelübungen, vorzubereiten.

Der FTFD stellt ein Instrument dar, mit dem versucht wird, die physische Einsatzfähigkeit der BFL so objektiv wie möglich zu bewerten. Er unterstützt die Auswahl von BFL, die den physischen Anforderungen des Berufs gewachsen sind, und ermöglicht eine regelmässige Überprüfung der Fitness des aktiven Personals. Dies könnte das Risiko von Überlastungsschäden reduzieren und die Sicherheit im Einsatz erhöhen. Gleichzeitig könnte der Test dazu beitragen, langfristig das Risiko von Berufserkrankungen und vorzeitigen Pensionierungen zu minimieren. Der FTFD ist daher ein vielversprechendes Werkzeug, das die Einsatzbereitschaft und Effizienz im Feuerwehrdienst fördern soll, wobei weitere Optimierungen möglich sind.

4.5 Limitationen

Eine der Limitationen betrifft die Anwendung des SUVA-Bewertungssystems zur Erfassung der physischen Belastungen der BFL. Das Protokoll wurde ursprünglich für repetitive Tätigkeiten wie im Baugewerbe oder in der Produktion entwickelt, was sich nicht vollständig auf die Tätigkeit der BFL übertragen lässt. BFL führen ihre Aufgaben oft in kurzen, intensiven Phasen aus, wobei die Tätigkeiten stark variieren und selten wiederholt werden. Im Gegensatz dazu bewertet das SUVA-System Belastungen auf Grundlage der Wiederholungshäufigkeit, was zu einer Unterschätzung oder Überschätzung der tatsächlichen Belastung führen kann. Die BFL wechseln oft zwischen verschiedenen Tätigkeiten, die jeweils unterschiedliche körperliche Anforderungen stellen. Dies führt dazu, dass die beobachteten Multiplikatoren für das SUVA-System nicht immer erreicht wurden, was zu allenfalls tieferen Werten führen konnte, was die Vergleichbarkeit mit anderen Berufsgruppen erschwert.

Zusätzlich war die Anzahl der beobachteten Übungen begrenzt ($n = 11$), und die beteiligten Personen waren nicht immer unterschiedlich. Dies schränkt die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ein. Besonders in den ersten drei Beobachtungen, bei denen die Erfassung direkt über den Beobachtungsbogen erfolgte, zeigte sich eine potenzielle Schwäche in der Methode: Während des manuellen Aufschreibens wurden möglicherweise gewisse Tätigkeiten verpasst, da diese schnell abliefen. Diese manuelle Dokumentation könnte somit zu einer Verzerrung der erfassten Daten geführt haben. Erst durch den Einsatz einer Kamera in den folgenden Beobachtungen konnte eine effizientere und umfassendere Erfassung der Übungen erreicht werden, da so alle Tätigkeiten im Nachhinein ausgewertet werden konnten, ohne dass wichtige Details übersehen wurden.

Auch bei der Erhebung der subjektiven Belastung mithilfe des NASA-TLX-Fragebogens traten Limitationen auf. Insgesamt wurde der Fragebogen 33 Mal korrekt ausgefüllt, wobei mehrere Probanden denselben Fragebogen mehrfach beantworteten. Dies schränkt die Repräsentativität der Daten weiter ein, insbesondere da die Einsatzarten nicht immer notiert wurden. Diese fehlenden Angaben erschweren die präzise Auswertung der unterschiedlichen Einsatzarten und schränken die Aussagekraft der Ergebnisse erheblich ein.

Ein weiteres methodisches Problem war die Verteilung der erfassten Daten: Ein Wert war knapp nicht normalverteilt, was wahrscheinlich auf die geringe Stichprobengröße zurückzu-

führen ist. Dadurch konnte die Analyse nur eingeschränkt und nicht vollständig korrekt durchgeführt werden. Da jedoch keine andere Auswertungsmethode zur Verfügung stand, mussten die Daten auf diese Weise analysiert werden.

Zudem lässt der NASA-TLX-Fragebogen Spielraum für subjektive Interpretationen, was zu einer breiten Streuung der Antworten führte. Obwohl die Teilnehmer klare und einheitliche Anweisungen erhielten, variierte die Wahrnehmung der psychischen und physischen Belastung erheblich, was möglicherweise auf individuelle Unterschiede in den Erfahrungen und der Belastungstoleranz der BFL zurückzuführen ist. Eine detailliertere Anleitung oder Fallbeispiele für die einzelnen Dimensionen des Fragebogens hätten vermutlich zu einer einheitlicheren Interpretation der Skala geführt und dadurch konsistentere Ergebnisse ermöglicht.

Ein weiteres zentrales Limitationsfeld betrifft die geringe Stichprobengrösse bei den Fitness-tests. Mit 17 teilnehmenden BFL deckt die Studie nur einen kleinen Teil der BFL des Kantons Bern ab, was die Generalisierbarkeit der Ergebnisse einschränkt. Besonders bei der Validierung des FTFD als Fitnessinstrument zur kontinuierlichen Überprüfung der Einsatzfähigkeit wären grössere Stichproben nötig, um aussagekräftigere und repräsentativere Ergebnisse zu erzielen. Ein spezifisches Problem trat beim Handkraft-Dynamometer auf: Aufgrund schwitzender Hände rutschte das Gerät während der Tests mehrfach aus den Händen der Teilnehmer, was zu inkonsistenten Messwerten führte. An einem Testtag war das Dynamometer zudem defekt, was den Einsatz eines Ersatzgeräts erforderlich machte. Diese technischen Schwierigkeiten beeinträchtigten die Zuverlässigkeit der Handkraftmessungen. Zudem wurde bei den Messungen lediglich die dominante Hand getestet, was dazu führte, dass die Ergebnisse tendenziell höher ausfielen.

4.6 Ausblick

Zukünftige Studien sollten sich auf grössere Stichproben konzentrieren, um die Generalisierbarkeit der Ergebnisse zu verbessern und eine solide Validierung des FTFD zu ermöglichen. Langfristige Untersuchungen könnten zudem aufzeigen, wie sich die Fitness von BFL im Verlauf der Zeit entwickelt und welchen Einfluss regelmässige Fitnesstests auf die Einsatzbereitschaft haben.

Ein weiteres Forschungsfeld liegt in der Verfeinerung der Testbatterie. Insbesondere der Farmers Walk könnte weiter angepasst werden, um gezieltere Rückschlüsse auf die Belastungsfähigkeit der Beinmuskulatur zu ermöglichen. Es könnten alternative Testmethoden entwickelt oder bestehende Tests modifiziert werden, um die spezifischen Anforderungen im Berufsfeuerwehrdienst noch präziser abzubilden.

Darüber hinaus wäre eine nationale Ausweitung des FTFD sinnvoll, um einen einheitlichen Fitness test für Feuerwehrleute in der Schweiz zu etablieren. Dies würde den FTFD langfristig als Standard zur Sicherstellung der Einsatzbereitschaft im Berufsfeuerwehrdienst verankern.

Die Dropouts aus dem Feuerwehrdienst auf Grund ungenügender körperlicher Leistungsfähigkeit bilden die Endpunkte. Damit lassen sich dann Rückschlüsse ziehen auf die minimalen körperlichen Leistungen, welche die BFL leisten müssen, um gesund zu bleiben.

Mit der Anwendung des FTFD und der Erfassung der Endpunkte wird eine Evidenzbasis aufgebaut. Damit kann man mit der Zeit die Anforderungen evidenzbasiert quantifizieren und eine Benchmark setzen. Diese können individuelle Stärken und Schwächen erkennen und die BFL auch individuell gefördert werden. Der FTFD ist somit ein Instrument (Hilfe für den Arzt), welches für die Gesunderhaltung von BFL eine wichtige Rolle spielen kann.

5 Schlussfolgerung

Die vorliegende Masterarbeit hat gezeigt, dass die Entwicklung eines physischen Anforderungsprofils und dem FTFD im Kanton Bern eine wichtige Grundlage für die Sicherstellung der Einsatzbereitschaft darstellt. Die Beobachtungen und Fitness-tests haben es ermöglicht, die spezifischen körperlichen Anforderungen an BFL zu erfassen und auf dieser Basis einen realitätsnahen Test zu entwickeln. Die zentralen Fragestellungen der Arbeit wurden somit beantwortet: Erstens konnte ein detailliertes physisches Anforderungsprofil erstellt werden, das die tatsächlichen Herausforderungen der Feuerwehrarbeit widerspiegelt. Zweitens wurde eine Testbatterie (FTFD) entwickelt, der die ermittelten KPI abdeckt und zur kontinuierlichen Überprüfung der Fitness und Einsatzbereitschaft dient.

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben praktische Implikationen für die Berufsfeuerwehr des Kantons Bern und darüber hinaus. Der entwickelte Fitness-test kann als Grundlage für zukünftige Evaluationsverfahren dienen, um die physische Leistungsfähigkeit der Feuerwehrleute regelmässig zu überprüfen und gezielte Trainingsmassnahmen abzuleiten. Trotz der wertvollen Erkenntnisse gibt es Limitationen, die in zukünftigen Studien berücksichtigt werden sollten, insbesondere im Hinblick auf die geringe Stichprobengrösse und die Variabilität der Einsätze.

Langfristig bietet der FTFD die Möglichkeit, als standardisiertes Instrument zur Sicherstellung der körperlichen Eignung im Berufsfeuerwehrdienst in der Schweiz zu dienen. Weitere Forschung ist notwendig, um die Validität des Tests zu stärken und seine Anwendung auf breiterer Basis zu evaluieren. Insgesamt stellt die Arbeit einen wichtigen Schritt zur Optimierung der Einsatzbereitschaft und zur Prävention von Verletzungen im Feuerwehrdienst dar, womit sie auch den von Hollerbach et al. (2019) aufgezeigten Risiken, insbesondere dem erhöhten Verletzungs- und Sterblichkeitsrisiko, entgegenwirkt und einen Beitrag zur langfristigen Gesundheit und Sicherheit der BFL leistet.

Literatur

- Aandstad, A. (2021). Reference data on anthropometrics, aerobic fitness and muscle strength in young Norwegian men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 121(11), 3189–3200. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04784-4>
- Alberti, K. G. M. M., Zimmet, P., & Shaw, J. (2006). Metabolic syndrome—A new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabetic Medicine*, 23(5), 469–480. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2006.01858.x>
- Bacopoulou, F., Efthymiou, V., Landis, G., Rentoumis, A., & Chrousos, G. P. (2015). Waist circumference, waist-to-hip ratio and waist-to-height ratio reference percentiles for abdominal obesity among Greek adolescents. *BMC Pediatrics*, 15(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s12887-015-0366-z>
- Beitia, P., Stamatis, A., Amasay, T., & Papadakis, Z. (2022). Predicting Firefighters' Physical Ability Test Scores from Anaerobic Fitness Parameters & Mental Toughness Levels. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215253>
- Buchheit, M. (2008). The 30-15 Intermittent Fitness Test: Accuracy for Individualizing Interval Training of Young Intermittent Sport Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 365–374. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181635b2e>
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. (2019). *Gefährdungsbeurteilung bei physischer Belastung—Die neuen Leitmerkmalmethoden (LMM)*. <https://doi.org/10.21934/baua:berichtkompakt20190930>
- Caminha, T. C. S., Ferreira, H. S., Costa, N. S., Nakano, R. P., Carvalho, R. E. S., Xavier, A. F. S., & Assunção, M. L. (2017). Waist-to-height ratio is the best anthropometric predictor of hypertension: A population-based study with women from a state of northeast of Brazil. *Medicine*, 96(2), e5874. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000005874>
- Chizewski, A., Box, A., Kesler, R., & Petruzzello, S. J. (2021). Fitness Fights Fires: Exploring the Relationship between Physical Fitness and Firefighter Ability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(22), 11733. <https://doi.org/10.3390/ijerph182211733>

- Cronin, J., Lawton, T., Harris, N., Kilding, A., & McMaster, D. T. (2017). A Brief Review of Handgrip Strength and Sport Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(11), 3187–3217. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000002149>
- Demoulin, C., Vanderthommen, M., Duysens, C., & Crielaard, J.-M. (2006). Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: A critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine*, 73(1), 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2004.08.002>
- Dicks, N. D., Brin, H. N., Perumal, M. D., Hutcheson, E. L., Kopp, S. R., Walch, T. J., Carper, M. J., & Barry, A. M. (2023). Customized Occupational-Specific Graded Exercise Test for Structural Firefighters: An Update. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 65(1), 29. <https://doi.org/10.1097/JOM.00000000000002650>
- Durand, G., Tsismenakis, A. J., Jahnke, S. A., Baur, D. M., Christophi, C. A., & Kales, S. N. (2011). Firefighters' Physical Activity: Relation to Fitness and Cardiovascular Disease Risk. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1752–1759. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318215cf25>
- Fyock-Martin, M. B., Erickson, E. K., Hautz, A. H., Sell, K. M., Turnbaugh, B. L., Caswell, S. V., & Martin, J. R. (2020). What do Firefighting Ability Tests Tell Us About Firefighter Physical Fitness? A Systematic Review of the Current Evidence. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(7), 2093–2103. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003577>
- Gebhardt, D. L., & Baker, T. A. (2023). Designing criterion measures for physically demanding jobs. *Military Psychology*, 35(4), 335–350. <https://doi.org/10.1080/08995605.2022.2063008>
- Grosser, M., & Starischka, S. (1998). *Das neue Konditionstraining für alle Sportarten, für Kinder, Jugendliche und Aktive*. BLV.
- Hart, S. G. (2006). Nasa-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50(9), 904–908. <https://doi.org/10.1177/154193120605000909>
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Hrsg.), *Advances in Psychology* (Bd. 52, S. 139–183). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)

- Hollerbach, B. S., Jahnke, S. A., Poston, W. S. C., Harms, C. A., & Heinrich, K. M. (2019). Examining a novel firefighter exercise training program on simulated fire ground test performance, cardiorespiratory endurance, and strength: A pilot investigation. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 14(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s12995-019-0232-2>
- Khoshakhlagh, A. H., Yazdanirad, S., Al Sulaie, S., Mohammadian-Hafshejani, A., & Orr, R. M. (2024). The global prevalence of musculoskeletal disorders among firefighters: A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics: JOSE*, 30(1), 272–291. <https://doi.org/10.1080/10803548.2023.2294627>
- Koepke, N., Floris, J., Bender, N., Rühli, F., & Staub, K. (2016). *Waist Circumference und Waist-to-Height-Ratio bei Schweizer Stellungspflichtigen 2016*. Institut für Evolutions- und Medizin, Universität Zürich.
- Leutert, T. (2020). *Objektives Belastungsmonitoring bei Rettungssanitäterinnen und Rettungssanitätern des Kantons Bern (Unveröffentlichte Masterthesis)*. Universität Freiburg, Schweiz.
- Mamen, A., Heimbürg, E. D. von, Oseland, H., & Medbø, J. I. (2021). Examination of a new functional firefighter fitness test. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 27(2), 460–471. <https://doi.org/10.1080/10803548.2019.1627075>
- McLellan, T. M., & Selkirk, G. A. (2006). The management of heat stress for the firefighter: A review of work conducted on behalf of the Toronto Fire Service. *Industrial Health*, 44(3), 414–426. <https://doi.org/10.2486/indhealth.44.414>
- Meier, D. (2022). *Wie fit müssen Berufsfeuerwehrangehörige sein? Entwicklung und Vortests für einen anforderungsspezifischen Fitnesstest (Unveröffentlichte Bachelorthesis)*. Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen, Schweiz.
- Michaelides, M. A., Parpa, K. M., Henry, L. J., Thompson, G. B., & Brown, B. S. (2011). Assessment of physical fitness aspects and their relationship to firefighters' job abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4), 956–965. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc23ea>
- Michaelides, M. A., Parpa, K. M., Thompson, J., & Brown, B. (2008). Predicting performance on a firefighter's ability test from fitness parameters. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(4), 468–475. <https://doi.org/10.1080/02701367.2008.10599513>

- Miller, A. J., Grais, I. M., Winslow, E., & Kaminsky, L. A. (1991). The definition of physical fitness. A definition to make it understandable to the laity. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31(4), 639–640.
- Mohoric, U., Sibila, M., & Strumbelj, B. (2021). Positional differences in some physiological parameters obtained by the incremental field endurance test among elite handball players. *Kinesiology*, 53(1), Article 1.
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (Hrsg.). (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-20072-4>
- Plisky, P., Schwartkopf-Phifer, K., Huebner, B., Garner, M. B., & Bullock, G. (2021). Systematic Review and Meta-Analysis of the Y-Balance Test Lower Quarter: Reliability, Discriminant Validity, and Predictive Validity. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(5), 1190–1209. <https://doi.org/10.26603/001c.27634>
- Poston, W. S. C., Haddock, C. K., Jahnke, S. A., Jitnarin, N., Tuley, B. C., & Kales, S. N. (2011). The Prevalence of Overweight, Obesity, and Substandard Fitness in a Population-Based Firefighter Cohort. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*, 53(3), 266–273. <https://doi.org/10.1097/JOM.0b013e31820af362>
- Radlinger, L., Bachmann, W., Homburg, J., Leuenberger, U., & Thaddey, G. (1998). *Rehabilitatives Krafttraining*. Thieme.
- Ras, J., Kengne, A. P., Smith, D. L., Soteriades, E. S., & Leach, L. (2023). Association between Cardiovascular Disease Risk Factors and Cardiorespiratory Fitness in Firefighters: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(4), 2816. <https://doi.org/10.3390/ijerph20042816>
- Ras, J., Smith, D. L., Kengne, A. P., Soteriades, E. E., & Leach, L. (2022). Cardiovascular Disease Risk Factors, Musculoskeletal Health, Physical Fitness, and Occupational Performance in Firefighters: A Narrative Review. *Journal of Environmental and Public Health*, 2022, 7346408. <https://doi.org/10.1155/2022/7346408>
- Ras, J., Soteriades, E. S., Smith, D. L., Kengne, A. P., & Leach, L. (2024). Evaluation of the relationship between occupational-specific task performance and measures of physical fitness, cardiovascular and musculoskeletal health in firefighters. *BMC Public Health*, 24, 20. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-17487-6>

- Rezende, A. C., Souza, L. G., Jardim, T. V., Perillo, N. B., Araújo, Y. C. L., De Souza, S. G., Sousa, A. L. L., Moreira, H. G., De Souza, W. K. S. B., Do Rosário Gondim Peixoto, M., & Jardim, P. C. B. V. (2018). Is waist-to-height ratio the best predictive indicator of hypertension incidence? A cohort study. *BMC Public Health*, 18(1), 281.
<https://doi.org/10.1186/s12889-018-5177-3>
- Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., Magal, M., & American College of Sports Medicine. (2018). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (10. Auflage). Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Santo, A. S., & Golding, L. A. (2003). Predicting Maximum Oxygen Uptake from a Modified 3-Minute Step Test. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 74(1), 110–115.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2003.10609070>
- Schmidt, R. F., Lang, F., & Heckmann, M. (Hrsg.). (2011). *Physiologie des Menschen: Mit Pathophysiologie*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-01651-6>
- Schutz und Rettung Bern. (2021). *Berufsfeuerwehrlerngang, Berufsbild und Anforderungen*. Zugriff unter <https://www.bern.ch/politik-und-verwaltung/stadtverwaltung/sue/schutz-und-rettung-bern/feuerwehr-der-stadt-bern/berufsfeuerwehr-bern/berufsfeuerwehrlerngang>
- Skinner, T. L., Kelly, V. G., Boytar, A. N., Peeters, G. G., & Rynne, S. B. (2020). Aviation Rescue Firefighters physical fitness and predictors of task performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 23(12), 1228–1233.
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2020.05.013>
- Stähly, P. (2019). *Körperliches Anforderungsprofil der Rettungssanitäter und Rettungssanitäterinnen des Kantons Bern (Unveröffentlichte Masterthesis)*. Universität Freiburg, Schweiz.
- Steinberg, U., Caffier, G., Jürgens, W. W., Liebers, F., Mohr, D., Pangert, R., & Schultz, K. (2001). *Leitmerkalmethode zur Beurteilung von Heben, Halten, Tragen*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik, 81-85.
- Vetter, S. (2020). *Normierungsstudie des überarbeiteten Fitnesstests für Rettungsdienste (FTRD) im Kanton Bern (Unveröffentlichte Masterthesis)*. Universität Freiburg, Schweiz.

- Vital Management* | Dräger. (2015). Dräger Vital Management. https://www.draeger.com/de_ch/Fire-Services/Vital-Management
- Winwood, P. W., Cronin, J. B., Brown, S. R., & Keogh, J. W. L. (2014). A Biomechanical Analysis of the Farmers Walk, and Comparison with the Deadlift and Unloaded Walk. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 9(5), 1127–1143. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.5.1127>
- Woerner, W., Müller, C., & Hasselhorn, M. (2017). Bedeutung und Berechnung der Prozent-ränge und T-Werte beim Erstellen von Testnormen: Anmerkungen und Empfehlun-gen. In U. Trautwein & M. Hasselhorn (Hrsg.), *Begabungen und Talente. Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik. Tests und Trends* (Bd. 15, S. 245–267). Hogrefe.
- Wyss, T., Marti, B., Rossi, S., Kohler, U., & Mäder, U. (2007). Assembling and Verification of a Fitness Test Battery for the Recruitment of the Swiss Army and Nation-wide Use. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 55(4), 126–131.
- Wyss, T., Roos, L., Studer, F., Mäder, U., Beuchat, C., & Staub, K. (2019). Development of physical fitness performance in young Swiss men from 2006 to 2015. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(4), 586–596. <https://doi.org/10.1111/sms.13376>
- Wyss, T., Tschopp, C., & Dössegger, A. (2014). *Fitness Testbatterie Polizei Neuenburg*. Bun-desamt für Sport BASPO.

Eigenständigkeits- und Urheberrechtserklärung

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unerlaubte Hilfe von Dritten verfasst habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt. Alle wörtlichen und sinngemässen Textstellen aus fremden Quellen wurden entsprechend den Weisungen für die Masterarbeit der Universität Fribourg gekennzeichnet.

Chur, 25. September 2024



Domenik Meier

Urheberrechtserklärung

Ich anerkenne, dass die vorliegende Arbeit Bestandteil der Ausbildung an der Universität Fribourg bzw. der Eidgenössischen Hochschule für Sport in Magglingen ist. Hiermit übertrage ich sämtliche Urheberrechte (beinhaltend insbesondere das Recht zur Veröffentlichung oder zu anderen kommerzieller oder unentgeltlicher Nutzung) an die Universität Fribourg bzw. der Eidgenössischen Hochschule für Sport in Magglingen.

Chur, 25. September 2024



Domenik Meier

Anhang

Anhang A (Beobachtungsprotokoll)

Beobachtungsprotokoll FW

Datum			Beobachter:
Einsatzart		PA in kg:	Einsatz-Nummer:
Name/Kürzel der FW	<input type="checkbox"/> F1.....	<input type="checkbox"/> F2.....	<input type="checkbox"/> F3.....
Einsatzzeit	von	bis	Bem:

F1	F2	F3	Unter Atemschutz	Hebe- oder Umsetzungs- vorgänge (< 5 s) [Anzahl]	Wirksame Last [kg] → Anteil der Last in % angeben PA = Persönliche Ausrüstung AF = Atemluftflasche K = Wärmebildkamera S = Rettungsschere A = Feuerwehrrast LS = Löschschlauch FL = Feuerlöscher VP = Verletzte Person L = Akkulifter	Körperhaltung, Position der Last [Wertung 1-8]	Ausführungsbedingung [Wertung 0-2] Inkl. Bemerkung, Beschreibung

F1	F2	F3	Unter Atemschutz	Halten (> 5 s) [Dauer]	Wirksame Last [kg] → % angeben PA = Persönliche Ausrüstung AF = Atemluftflasche K = Wärmebildkamera S = Rettungsschere A = Feuerwehrrast LS = Löschschlauch FL = Feuerlöscher VP = Verletzte Person L = Akkulifter	Körperhaltung, Position der Last [Wertung 1-8]	Ausführungsbedingung [Wertung 0-2] Inkl. Bemerkung, Beschreibung

F1	F2	F3	Unter Atemschutz	Tragen (> 5 m) [m]	Wirksame Last [kg] → % angeben PA = Persönliche Ausrüstung AF = Atemluftflasche K = Wärmebildkamera S = Rettungsschere A = Feuerwehrrast LS = Löschschlauch FL = Feuerlöscher VP = Verletzte Person L = Akkulifter	Körperhaltung, Position der Last [Wertung 1-8]	Ausführungsbedingung [Wertung 0-2] Inkl. Bemerkung, Beschreibung

Andere körperlich belastende Tätigkeiten (Leiternsteigen, Rennen, Kniend/Liegend arbeiten ...)

Dauer [s]	
-----------	--

Erläuterungen

Hebe- oder Umsetz- Halten Tragen Zeitvorgänge (< 5 s)

Beispiele:

- Anheben eines Löschschlauchs
- Umsetzen einer Feuerwehrrast
- Hochheben eines Feuerlöschers
- Verletzte Person hochheben
- Material vom Fahrzeug oder in das Fahrzeug heben

Halten (> 5 s)

Beispiele:

- Stossen/Schieben der Ausrüstung/Gegenstände gegen Widerstand (Bergauf)
- Halten einer Rettungsschere während einer Rettungsaktion
- Halten eines Löschschlauchs gegen Widerstand (z.B., Wasserdruck)

Tragen (> 5 m)

Beispiele:



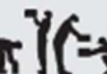

- Tragen zusätzlicher Ausrüstung über eine Distanz (Löschschläuche, Wärmebildkamera, Rettungsschere, ...)
- Verletzte Person tragen (Treppe hoch, Treppe runter, ...)

Wirksame Last

Damit ist die Gewichtskraft gemeint, die der Beschäftigte tatsächlich ausgleichen muss. Die Last ist somit nicht immer gleich gross wie das Gewicht des Gegenstandes. Beim Kippen eines Kartons wirken nur etwa 50 %, bei der Verwendung eines Schub- oder Sackkarrens nur 10 % der Lastmasse.

Körperhaltung, Position der Last

Die Wertung der Körperhaltung erfolgt anhand der Piktogramme. Es sind die für die Teiltätigkeit **charakteristischen Körperhaltungen beim Handhaben der Lasten** zu berücksichtigen. Werden als Folge des Arbeitsfortschritts unterschiedliche Körperhaltungen eingenommen, so kann ein Mittelwert gebildet werden. Keine gelegentlichen Extremwerte verwenden.

Charakteristische Körperhaltungen und Lastpositionen	Körperhaltung, Position der Last	Haltungswertung
	– Oberkörper aufrecht, nicht verdreht – Last am Körper	1
	– geringes Vorneigen oder Verdrehen des Oberkörpers – Last am Körper oder körpernah	2
	– tiefes Beugen oder weites Vorneigen – geringe Vorneigung mit gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers – Last körperfern oder über Schulterhöhe	4
	– weites Vorneigen mit gleichzeitigem Verdrehen des Oberkörpers – Last körperfern – eingeschränkte Haltungsverstabilität beim Stehen – Hocken oder Knien	8

Ausführungsbedingung

Für die Bewertung sind die überwiegend vorliegenden Bedingungen relevant. Gelegentlicher Diskomfort ohne sicherheitstechnische Bedeutung ist nicht zu berücksichtigen.

Ausführungsbedingungen	Ausführungswertung
Gute ergonomische Bedingungen, z. B. ausreichend Platz, keine Hindernisse im Arbeitsbereich, ebener rutschfester Boden, ausreichend beleuchtet, gute Griffbedingungen	0
Einschränkung der Bewegungsfreiheit und ungünstige ergonomische Bedingungen (z. B. 1.: Bewegungsraum durch zu geringe Höhe oder durch eine Arbeitsfläche unter 1,5 m ² eingeschränkt oder 2.: Standsicherheit durch unebenen, weichen Boden eingeschränkt)	1
Stark eingeschränkte Bewegungsfreiheit und/oder Instabilität des Lastschwerpunktes (z. B. Patiententransfer)	2

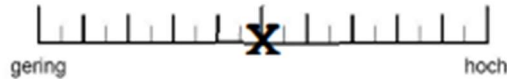
Anhang B (NASA-TLX-Fragebogen)

Beanspruchungshöhe

Name: _____ Einsatz-Nr: _____

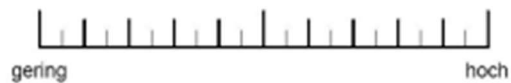
Geben Sie jetzt für jede der unten stehenden Dimensionen an, wie hoch die Beanspruchung war. Markieren Sie dazu bitte auf den folgenden Skalen, in welchem Maße Sie sich in den sechs genannten Dimensionen von der Aufgabe beansprucht oder gefordert gesehen haben:

Beispiel:



Geistige Anforderungen

Wie viel geistige Anstrengung war bei der Informationsaufnahme und -verarbeitung erforderlich (z.B. Denken, Entscheiden, Rechnen, Erinnern, Hinsehen, Suchen...)? War die Aufgabe leicht oder anspruchsvoll, einfach oder komplex, erforderte sie hohe Genauigkeit oder war sie fehlertolerant?



Körperliche Anforderungen

Wie viel körperliche Aktivität war erforderlich (z.B. Ziehen, Drücken, Drehen, Steuern, Aktivieren,...)? War die Aufgabe leicht oder schwer, einfach oder anstrengend, erholsam oder mühselig?



Zeitliche Anforderungen

Wie viel Zeitdruck empfanden Sie hinsichtlich der Häufigkeit oder dem Takt, mit dem Aufgaben oder Aufgabenelemente auftraten? War die Abfolge langsam und geruhsam oder schnell und hektisch?



Leistung

Wie erfolgreich haben Sie Ihrer Meinung nach die vom Versuchsleiter (oder Ihnen selbst) gesetzten Ziele erreicht? Wie zufrieden waren Sie mit Ihrer Leistung bei der Verfolgung dieser Ziele?



Anstrengung

Wie hart mussten sie arbeiten, um Ihren Grad an Aufgabenerfüllung zu erreichen?



Frustration

Wie unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert (versus sicher, bestätigt, zufrieden, entspannt und zufrieden mit sich selbst) fühlten Sie sich während der Aufgabe?



Kontrollieren sie bitte, ob Sie zu allen Fragen Angaben gemacht haben. Bei Unklarheiten wenden Sie sich bitte an die Versuchsleiterin / den Versuchsleiter.

Subskalen:

Der Wert jeder Subskala ist ein Einzelmesswert. Je nach Fragestellung können Subskalen auch einzeln verwendet oder untereinander kombiniert werden.

Auswertung:

Jedem Kreuz wird ein ganzzahliger Wert von 0 bis 20 zugeordnet, wobei „0“ als gering und „20“ als hoch gewertet wird. Befindet sich ein Kreuz zwischen zwei Teilstrichen der Skala, wird derjenige ganzzahlige Wert vergeben, der sich näher am Kreuzungspunkt der Angabe des Teilnehmers befindet.

Quellen:

Hart, S. G. (2006). NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting*, 904-908. Santa Monica: HFES.

Anhang C (Sensorenliste/Einsatzreport)

Sensorenliste/Einsatzreport

Datum: _____

Beobachter: _____

FW

[illegible]

Anhang D (Resultatblatt)

Datum: _____

FTFD



Nr: _____

Anthropometrische Daten (Grösse, Gewicht, Bauchumfang, Alter)

Nachname	Vorname	m/w	Alter (J)	Grösse [cm]	Gewicht [kg]	Bauchumfang [cm]

Der/die Teilnehmer/in fühlt sich gesund und fit, um den Test zu absolvieren (Ja ☐/Nein ☐)

Handkraft (Hand-Dynamometer)

Handkraft 1 [kg]	Handkraft 2 [kg]	Handkraft 3 [kg]	Bestwert [kg]

Isometrischer Deadlift Test (IDT)

Versuch 1 [kg]	Versuch 2 [kg]	Bestwert [kg]

Y-Balance Test

Rechts 1 [cm]	Rechts 2 [cm]	Rechts 3 [cm]	Links 1 [cm]	Links 2 [cm]	Links 3 [cm]	Differenz li-re [cm]

Sørensen Test

Dauer [s]

Klimmzüge mit Zusatzgewicht (Gewichtsweste: 12.5 kg ☐ | kg)

Anzahl korrekter Wiederholungen

Liegestützen

Anzahl korrekter Wiederholungen

Farmers walk (Gewicht pro Seite: 20 kg ☐ | kg)

Dauer [s]	Distanz [m]

30-15 IFT (Intermittent Fitness Test) (Version: 40 m ☐ | 28 m ☐)

Dauer [s]	Letzte abgeschlossene Stufe (V30-15IFT) [km/h]

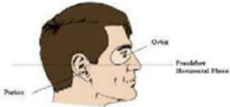

Version: 20240722

Bemerkungen:

Anhang E (Beschreibung der FTFD)

Anthropometrische Daten

Grösse, Gewicht, Bauchumfang, Alter

MATERIAL	Stadiometer, Waage, Massband mit Feder für Bauchumfangmessung
GRÖSSE 	<p>Der/die Teilnehmende stellt sich ohne Schuhe auf die Platte des Stadiometers, den Rücken zum Lineal. Der Blick gerade aus, Jochbein und äusserer Gehörgang bilden dabei eine Linie (Frankfurter Horizontale, Vgl. Bild links).</p> <p>Der/die Testleitende fordert den/die Teilnehmenden auf, tief einzuatmen und den Atem kurz anzuhalten. Dabei schiebt er das verschiebbare horizontale Kopfstück so nach unten, dass dies oben auf dem Kopf ruht. Dann soll der/die Teilnehmende ausatmen und wegstreten. Es wird der Zentimeterwert vom Lineal notiert (rote Pfeile), auf 0.1 cm genau.</p>
GEWICHT	Ohne Schuhe Gewicht messen. Es wird auf 0.1 kg genau notiert.
BAUCHUMFANG 	<p>Der/die Teilnehmende steht aufrecht, Arme entspannt auf der Seite. Am Ende mehrerer Atemzüge des/der Teilnehmenden wird das Massband parallel zur Erde (horizontal) zwischen der letzten papierbaren Rippe und dem Hüftknochen (spina iliaca) anlegen. Aus praktischen Gründen wird empfohlen, dass die Teilnehmenden einen eigenen Finger auf und den zweiten Finger über den eigenen Bauchnabel halten.</p> <p>Gemessen wird dann ca. Fingerbreiten über dem Bauchnabel.</p> <p>Es werden 2 Messungen möglichst auf der nackten Haut durchgeführt. Ein enges T-Shirt kann auch anbehalten werden.</p> <p>Der Bauchumfang wird auf 0.5 cm genau notiert.</p>
ALTER	Das Alter wird zur Errechnung des VO2max benötigt (Milligan).
RESULTATE	<p>Grösse [cm], Gewicht [kg], Bauchumfang [cm], Alter (J)</p> <p>Aus der Grösse (l) und dem Bauchumfang (u) wird die «waist-to-height-ratio» (WHtR) errechnet. $WHtR = \frac{u}{l}$</p>
TESTGÜTE	Krippendorff's Alpha für Grösse, Gewicht und Bauchumfang = 0.823, 0.999 und 0.964 (Jost, 2019) (Abhängig von der Testausrüstung und Erfahrung der Testleitenden).
TESTBEREICH	Anthropometrische Daten: Der Bauchumfang und das Verhältnis Bauchumfang zur Grösse sind epidemiologische Masse der allgemeinen Gesundheit.



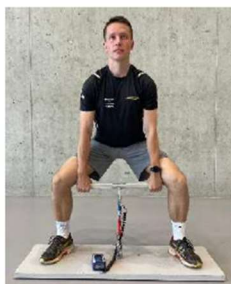
Handkraft (Hand-Dynamometer)

MATERIAL	Handdynamometer, Stuhl
VORBEREITUNG	<p>Dynamometer-Anzeige auf Null setzen. Gegebenenfalls Dynamometer-Griffabstand einstellen auf Handgrösse: Daumenwurzel bis 2. Fingerglied des Mittelfingers.</p> <p>Der Teilnehmende auf dem Stuhl Platz nehmen lassen. Das Dynamometer zuerst in die linke Hand geben (nach der linken Hand kommt die Messung der rechten Hand).</p> <p>Die Füsse sind flach auf dem Boden und die Schultern adduziert (der Oberarm berührt die Körperseite), rechter Winkel zwischen Ober- und Unterarm. Keine Supination (Links-/Rechtsdrehung des Handgelenks vermeiden).</p> <p>Falls der Stuhl eine Lehne hat, wird diese nicht mit dem Rücken berührt.</p>
DURCHFÜHRUNG	Der/die Teilnehmende presst das Dynamometer progressiv immer fester mit der Hand zusammen, bis ein persönliches Maximum erreicht wird. Zwischen den Versuchen 1 Minute Pause.
VERSUCHE	<p>3x links</p> <p>3x rechts</p>
KONTROLLE DURCH TEST-LEITENDEN	Der Kraftaufbau soll nicht ruckartig geschehen und die Armposition soll auch unter Maximalkraft möglichst gehalten werden (kein «Nachdrücken»). Kein Schütteln des Dynamometers.
MESSUNG	Der/die Testleidende liest den Wert aus dem schwarzen Ring [kg] auf dem Hand-dynamometer ab. Der beste Wert pro Seite wird notiert (auf 1kg genau).
RESULTATE	Handkraft [kgf], Gesamtkraft [kgf]
TESTGÜTE	<p>Interrater- und Test-Retest-Reliabilität sind gut bis exzellent (ICC für Interrater: 0.86-0.99 und für Test-Retest 0.93-0.99) (Richards, Olson, & Palmiter-Thomas, 1996), bzw. Krippendorff's Alpha = 0.902 (Jost, 2019). Statische Validität ist besser als die dynamische (0.988-0.994 vs. 0.94-0.95)(Cronin, Lawton, Harris, Kilding, & McMaster, 2017).</p> <p>Reliabilität nach Wyss, Tschopp, and Dössegger (2014): $r = 0.939$</p> <p>19 studies that compared HHD to isokinetic testing were demonstrated in general to have a moderate-to-good reliability and validity when compared with isokinetic testing (Stark, Walker, Phillips, Fejer, & Beck, 2011).</p>
TESTBEREICH	Gesamtkörperkraft (Handkraft ist prädikativ für Gesamtkraft, Mortalität u.v.m.)



Isometrischer Deadlift Test (IDT)

MATERIAL	Grundplatte mit Griffstange, Zugwaage (mit Ersatzbatterien AA 4x).
VORBEREITUNG	<p>Der/die Teilnehmende stellt sich breitbeinig auf das Brett (Position «Sumo stance deadlift»), Mitte des Fusses auf Höhe des O-Rings mit der Zugwaage. Die Griffstange wird zwischen den Beinen («Stange zwischen den Knien einklemmen») gehalten. Die Höhe der Griffstange ist auf 40 cm festgelegt. Das Gesäss wird mit geradem Rücken nach hinten verschoben. Die Arme werden gestreckt gehalten, der Kopf bleibt in der Verlängerung der Wirbelsäule, Blick nach vorne, Schultern hinten.</p> <p>Die Anweisung ist, mit geradem Rücken (eher etwas im «hohlen Kreuz» vom Gefühl her) die Stange nach oben zu ziehen, ohne Ruck, und der Rücken darf nicht rund werden. Es darf ein submaximaler Probeversuch durchgeführt werden, bevor die zwei Maximalkraftmessungen gemacht werden.</p> <p>Die Zugwaage wird tariert und die Schleppanzeige eingestellt (Peak MAX).</p>
DURCHFÜHRUNG	Der Teilnehmende geht in Ausgangsstellung (Lasthebeposition) und zieht mit geradem Rücken kontinuierlich über 3 Sekunden (der/die Testleitende zählt laut mit) an der Kette bis ein Kraftmaximum erreicht wird. Nach einer kurzen Pause fordert der/die Testleitende zum zweiten Versuch auf, der genau gleich abläuft (die Anzeige wieder tariert, siehe Bilder 1-3 unten).
VERSUCHE	2
KONTROLLE DURCH TEST-LEITENDEN	Genau auf die Haltung achten (gerader Rücken, Schultern zurück). Kontinuierlicher Kraftaufbau, nicht ruckartig ziehen. Abbruchkriterium: Rücken rundet sich (lumbal und/oder thorakal)
MESSUNG	Der bessere der beiden Testwerte auf dem Dynamometer [kN] oder [kg] wird notiert.
RESULTATE	Kraft in Kilo-Newton [kN] oder [kg].
TESTGÜTE	<p>ICC = 0.93. The mean between day variation for BLC strength was 2.67±12.36 Kg in adults, and 1.21±15.85 Kg in adolescents, with no differences in gender (p = 0.05 for adults, and p = 0.64 for adolescents). Bland-Altman plots show test retest reproducibility of the BLC dynamometer in session 1 and session 2 using the error score.</p> <p>Strength variables (handgrip, kneeextensor, and knee-flexor strength) explained 87% of the variance in BLC strength. A stepwise linear regression showed that dominant knee extensor and flexor strength were the most important significant predictors of BLC strength (r² = 0.86) (Ten Hoor, Musch, Meijer, & Plasqui, 2016).</p>
TESTBEREICH	Isometrische Maximalkraft Beine/lumbaler Rücken, Haltekraft Hände (Anheben und Umsetzen von Verletzten Personen). Der gemessene Wert mal 100 kann als das maximale Gewicht in kg interpretiert werden, welches in korrekter Haltung angehoben werden kann.



1



2



3

Y-Balance Test

MATERIAL	Y-Balance-Testgerät
VORBEREITUNG	Testvorbereitung: Der Proband ist barfuss. Einbeinstand auf der mittleren Platte (Standbox), als erstes das linke Bein als Standbein, Zehen hinter der Linie.
DURCHFÜHRUNG	<p>Instruktion: Mit Spielbein (zuerst rechts) das entsprechende bewegliche Brett so weit wie möglich in die Testrichtung anterior wegschieben. Danach das Standbein/Spielbein wechseln. Es werden vorgängig 6 Testversuche durchgeführt, da der Lerneffekt bis zum 6. Versuch vorhanden ist und danach eine Plateauphase folgt. Bei der Testung wird der beste Wert notiert, sobald 3 Versuche gültig sind.</p> <p>Der Standfuss darf sich bewegen, auch die Ferse darf sich von der Unterlage ablösen, Körperbewegungen zum Halten des Gleichgewichts sind ebenfalls erlaubt.</p>
VERSUCHE	3 Versuche pro Bein (nur lediglich in anterior Richtung)
KONTROLLE DURCH TEST-LEITENDEN	Der Versuch ist ungültig, wenn der Proband mit dem Spielbein den Boden berührt, von der Standplattform runter fällt oder das Brett mit Schwung wegstösst, oder wenn Spielbein nicht kontrolliert auf Höhe der Standbox zurückgeführt werden kann (ohne auf den Boden abzusetzen).
MESSUNG	Distanz am Proximalen Punkt des Bretts ablesen, bester Wert aus den drei gültigen Versuchen zählt. Diesen Wert auf 5 mm runden.
RESULTATE	Bester Wert in [cm] pro Bein in Richtung anterior, Differenzen li-re [cm]
TESTGÜTE	«There was moderat to high quality evidence demonstrating that the YBT-LQ is a reliable dynamic neuromuscular control test. » (Plisky, Schwartkopf-Phifer, Huebner, Garner, & Bullock, 2021); excellent inter and intra-rater reliability when used in healthy adults (Powden, Dodds, & Gabriel, 2019)
TESTBEREICH	<p>Beurteilung der Bewegungsqualität: Erkennen von Asymmetrien / Dysbalancen, Verlaufszeichen.</p> <p>Die Rechts-links Differenz weist auf Asymmetrien bezüglich Kraft / Stabilität hin. Bei einer Rechts-links Differenz von >4cm in der anterioren Testrichtung ist die Wahrscheinlichkeit für eine Verletzung der unteren Extremität 2.5 x höher.</p>



Testrichtungen:
A = anterior (a)



Klimmzüge mit Zusatzgewicht

MATERIAL	Klimmzugstange, Gewichtsweste 12.5 kg, Handzähler
VORBEREITUNG	Der/die Teilnehmende legt die Gewichtsweste an und stellt sich unter die Klimmzugstange. Die Stange sollte so hoch sein, dass der/die Teilnehmende frei hängen kann, ohne den Boden zu berühren.
DURCHFÜHRUNG	Der Teilnehmende startet mit dem Kommando „Start“ aus der unteren Position. Der/die Testleiter zählt die Wiederholungen laut mit. Der Teilnehmende zieht sich hoch, bis das Kinn über die Stange kommt und senkt sich dann kontrolliert wieder ab, bis die Arme vollständig gestreckt sind.
VERSUCHE	1
KONTROLLE DURCH TEST- LEITENDEN	Der Körper muss in der unteren Position vollständig gestreckt sein. Keine Kick-Bewegungen (keine Schwungnutzung). Das Kinn muss über die Stange kommen, um eine Wiederholung zu zählen.
MESSUNG	Die Anzahl korrekte Wiederholungen werden gezählt: Eine Wiederholung wird gezählt, wenn das Kinn über die Stange gebracht werden kann. Der Handzähler kann vom Testleitenden verwendet werden.
RESULTATE	Anzahl korrekter Wiederholungen.
TESTGÜTE	
TESTBEREICH	Kraftausdauer Arme (Ziehen)

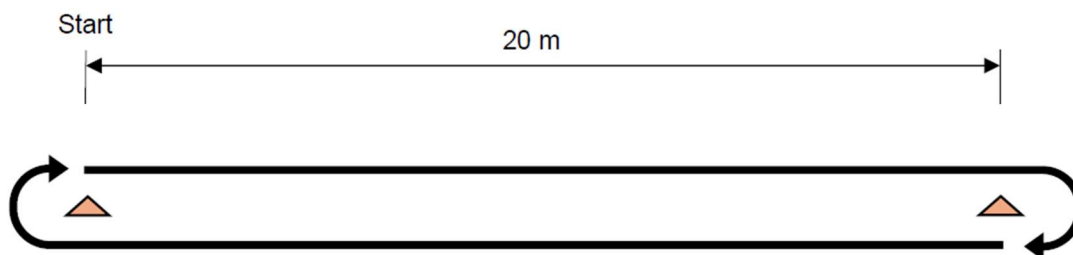
Liegestützen

MATERIAL	Matte, Handzähler
VORBEREITUNG	Der/die Teilnehmende legt sich in die Ausgangsposition für Liegestütze auf eine Matte. Die Hände werden schulterbreit auseinander und die Füße zusammen aufgestellt. Der Körper bildet eine gerade Linie von den Schultern bis zu den Füßen. Die Hände befinden sich direkt unter den Schultern.
DURCHFÜHRUNG	Auf das Kommando „Start“ senkt der/die Teilnehmende den Körper, indem die Ellbogen gebeugt werden, bis der Oberarm parallel zum Boden ist oder eine definierte Tiefe erreicht wird (z.B. Stirn berührt die 5 cm Matte). Der Körper wird dann wieder hochgedrückt, bis die Arme vollständig gestreckt sind. Die Übung wird so oft wie möglich wiederholt, ohne dass die Ausführung technisch inkorrekt wird.
VERSUCHE	1
KONTROLLE DURCH TEST-LEITENDEN	Der Körper muss eine gerade Linie von den Schultern bis zu den Füßen bilden. Der Oberarm muss parallel zum Boden sein, bevor der Körper wieder hochgedrückt wird. Es dürfen keine Pause oder Unterbrechungen während der Übung gemacht werden. Die Hände müssen schulterbreit positioniert bleiben.
MESSUNG	Die Anzahl korrekter Wiederholungen wird gezählt. Eine Wiederholung wird gezählt, wenn der Körper vollständig gesenkt und wieder in die Ausgangsposition zurückgebracht wird.
RESULTATE	Anzahl korrekter Wiederholungen.
TESTGÜTE	
TESTBEREICH	Kraftausdauer Oberkörper (Drücken)



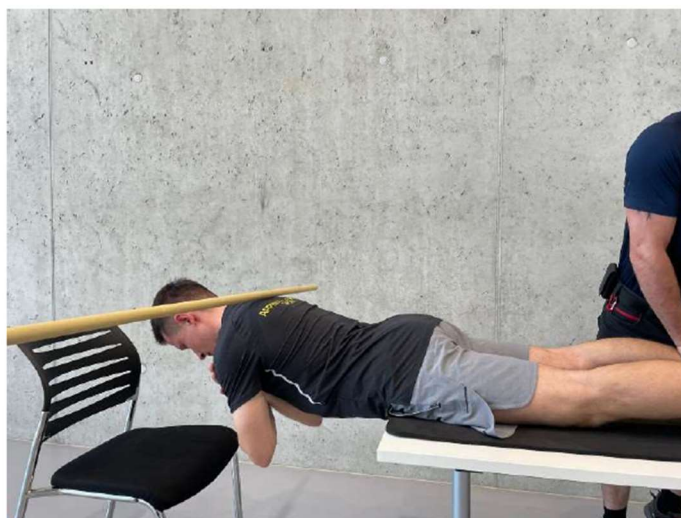
Farmers walk

MATERIAL	Zwei Hanteln (je 20 kg pro Seite), Messband oder markierte Strecke (20 Meter), Stoppuhr
VORBEREITUNG	Markieren Sie eine gerade Strecke von 20 Metern Länge. Stellen Sie sicher, dass die Hanteln bereit sind und jeweils 20 kg wiegen. Lassen Sie die Teilnehmer eine Aufwärmphase durchlaufen, um Verletzungen zu vermeiden. Dies kann dynamische Dehnübungen und leichte kardiovaskuläre Aktivitäten umfassen.
DURCHFÜHRUNG	Der/die Teilnehmer/in steht an der Startlinie, die Gewichte rechts und links neben ihm/ihr auf dem Boden. Auf das Kommando „Start“ hebt der/die Teilnehmer/in die Schlauchkassetten an und beginnt die Strecke entlangzugehen. Der/die Teilnehmer/in geht die 20-Meter-Strecke hin und zurück zur Startlinie. Dieser Prozess wird wiederholt, bis entweder die Hände oder die Beine aufgeben und der/die Teilnehmer/in die Gewichte nicht mehr tragen kann.
VERSUCHE	1
KONTROLLE DURCH TEST-LEITENDEN	Der/die Testleitende achtet darauf, dass die Gewichte korrekt gehalten werden und die Teilnehmer/innen die Strecke ohne Pausen oder Hilfsmittel zurücklegen. Die Haltung der Teilnehmer/innen sollte während des gesamten Tests aufrecht bleiben, und die Schultern sollten nicht nach vorne fallen. Der/die Testleitende sorgt dafür, dass die Teilnehmer/innen die Strecke ohne Abkürzungen zurücklegen und die Wenden korrekt ausführen.
MESSUNG	Die Gesamtdistanz [m]
RESULTATE	Distanz [m]: Gesamtdistanz, die der/die Teilnehmer/in zurückgelegt hat.
TESTGÜTE	
TESTBEREICH	Bewertung der funktionellen Kraftausdauer der Arme, Schultern, des Rückens und der Beine sowie die Griffkraft.



Sørensen Test

MATERIAL	Tisch, Airexmatte, Stuhl, Stoppuhr, hoher Positionsständer
VORBEREITUNG	<p>Der/die Teilnehmende liegt mit dem unteren Teil des Körpers bis zur Hüfte auf dem Tisch. Der grosse vordere Darmbeinstachel (Spina iliaca ventralis) kommt dabei als Referenz möglichst auf der äussersten Kante zu liegen. Der/die Teilnehmende darf sich dabei mit den Händen vor sich abstützen.</p> <p>Ein weiterer Teilnehmender kniet sich hinter den/die zu Testende(n), und fasst ihn fest um die Knöchel. Eine verlässliche Fixierung ist wichtig, damit der/die zu Testende eine hohe Körperspannung aufbauen kann.</p> <p>Die Arme werden vor der Brust gekreuzt (Hände auf Schultern oder Clavicula berühren).</p> <p>Der Oberkörper wird horizontal gehalten, sodass der gesamte Körper eine gerade Linie bildet. Der Testleitende stellt den T-Bar so ein, dass der Positionsständer den unteren Teil der Brustwirbelsäule des/der Teilnehmenden leicht berührt.</p> <p>Bevor der Test startet darf sich der/die Teilnehmende nochmals mit dem Armen auf dem Stuhl abstützen und sich entspannen.</p>
DURCHFÜHRUNG	Auf das Startsignal hin hält der Teilnehmende seine Oberkörper so lange wie möglich in der horizontalen geraden Position. Die Hände dürfen nicht von der Clavicula gelöst werden. Sobald der Kontakt zum T-Bar abbricht, wird die Zeit gestoppt.
VERSUCHE	1
KONTROLLE DURCH TEST-LEITENDEN	Kontakt der Fingerspitzen mind. Mit Clavicula und Kontakt Rücken mit Positionsständer genau kontrollieren.
MESSUNG	Sekunden bis Testabbruch.
RESULTATE	Sekunden [s]
TESTGÜTE	Test-Retest- und Interrater-Reliabilität je nach Studie gut bis exzellent (0.54-0.99 and 0.59-0.99) (Moreau, Green, Johnson, & Moreau, 2001). Krippendorff's Alpha = 0.638 (Jost, 2019).
TESTBEREICH	Isometrische Kraftausdauer lumbale Wirbelsäule.



30-15 IFT (Intermittent Fitness Test)

MATERIAL	Stoppuhren, mp3, Messband, Pylonen
VORBEREITUNG	Zeichnen Sie einen geradlinigen Verlauf über eine Strecke von 28 Metern ab (Abbildung 1) und achten Sie darauf, dass genügend Platz an beiden Enden genügend Platz zum Auslaufen zu lassen (falls erforderlich). Verwenden Sie einfarbige Kegel für die Markierungen A (0 Meter), B (14 Meter), und C (28 Meter) und andersfarbige Kegel, um die Punkte 2 Meter von jedem Ende entfernt zu markieren.
DURCHFÜHRUNG	Die Teilnehmer/innen stellen sich in einer Linie bei Punkt A (0-Meter-Marke) auf. Die Starttaste der Audio-Datei wird gedrückt, beim Piepton (normalerweise nach einer gesprochenen Testanweisung) müssen die Teilnehmer/innen beginnen, in Richtung der Punkte B und C zu laufen. Beim nächsten Piepton sollten sie ungefähr an der 14-Meter-Marke (Punkt B) sein und beim nächsten Piepton müssen sie sich innerhalb der 2-Meter-Zone an der 28-Meter-Marke befinden (idealerweise sind sie genau an Punkt C [28-Meter-Marke]). Nach jeder 30-Sekunden-Laufphase gibt es eine 15-sekündige passive Erholungsphase, in der die Athleten langsam in dieselbe Richtung laufen, in die sie gelaufen sind (d. h. vorwärts), bis sie die nächste Markierung (A, B oder C) erreichen.
VERSUCHE	1
KONTROLLE DURCH TEST-LEITENDEN	Während des IFT müssen die Teilnehmer/innen bei jedem akustischen Signal die nächste Markierung erreicht haben. Der Test wird abgebrochen, wenn die Teilnehmer/innen völlig erschöpft sind und von sich aus aufhören oder wenn sie bei drei aufeinander folgenden Signaltönen nicht innerhalb der 2-Meter-Endzonen sind. Das Lauftempo (in km/h-1) wird notiert. Dieses Tempo wird als VIFT (Geschwindigkeit für den intermittierenden Fitnesstest) bezeichnet.
MESSUNG	Zeit in [mm:ss] bis Testabbruch, Letzte abgeschlossene Stufe (V30-15IFT) [km/h]
RESULTATE	Geschätzt VO ₂ max [ml/min/kg] = $28.3 - 2.15 * (\text{Geschlecht } m=1, w=2) - 0.741 * (\text{Alter, J}) - 0.0357 * (\text{Gewicht [kg]}) + 0.0586 * (\text{Alter, J}) * (\text{Letzte abgeschlossene Stufe (V30-15IFT) [km/h]}) + 1.03 * (\text{Letzte abgeschlossene Stufe (V30-15IFT) [km/h]})$
TESTGÜTE	The shared variance between VO ₂ max and V30-15IFT being only 70% (r = 0.86, P<0.001), the estimation is only moderate. This is because other determinants than maximal aerobic power influence performance at the test (i.e., recovery ability, change of direction and anaerobic capacity). The formula has been validated in players from 13 to 28 only. (Martin Buchheit)
TESTBEREICH	Testung der aerobe und anaerobe Ausdauerleistungsfähigkeit

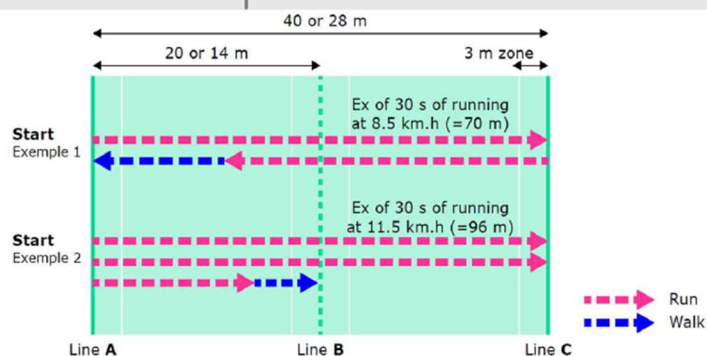


Abbildung 1. Schema der Anlage des 30-15 IFT (intermittierender Fitnesstest) (ursprüngliche 40-m-Version und Ice). Bei der 28-m-Variante werden die Wendezonen an den Enden des Spielfelds und die Zone in der Mitte (14 m) auf 2 m reduziert.

Anhang E (NASA-TLX-Boxplots)

