

A man with a beard, wearing a grey t-shirt and black shorts, is running in a gymnasium. He is captured in a dynamic pose, leaning forward with his arms pumping. The background shows large windows and a basketball hoop. An orange cone is visible on the floor to the right.

EHSM

Eidgenössische
Hochschule
für Sport
Magglingen

Forschung zu Sport in der Armee

Studien, Projekte und Publikationen der Jahre 2018–2024
der Fachgruppe Monitoring und Evaluation,
Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen EHSM,
in Zusammenarbeit mit der Schweizer Armee



Inhaltsverzeichnis

1. Studie Wirkevaluation (2018–2022)	6
1.1 Hohe körperliche Anforderungen während der ersten 9 Wochen RS in der Schweizer Armee	7
1.2 Verletzungsrisiko während der RS bei Rekruten der Schweizer Armee	10
2. Körperliche Fitness – Rekrutierung und Rekrutenschule	13
2.1 Entwicklung der körperlichen Fitness bei Schweizer Rekruten und Rekrutinnen über die 18 Wochen Rekrutenschule (2018)	13
2.2 Sport in der Armee: Fitnessstest der Armee für die Rekrutierung (2021 und 2022)	15
2.3 Überprüfung der Messgenauigkeit des progressiven Ausdauerlaufs (2024)	16
3. Training App ready (2018–2024ff)	18
3.1 Qualitative Interviews zur App ready	19
3.2 Befragung von Rekrutinnen und Rekruten zum Nutzungsverhalten der App ready	20
3.3 Überprüfung des Fitness-Selbsttests der App ready	22
3.4 Überprüfung der Energieverbrauchsberechnung bei Krafttrainingseinheiten der App ready	26
4. Publikationen in Zusammenarbeit mit der NATO-Arbeitsgruppe «Human Factors and Medicine» (2021 / 2022)	27
4.1 Validierung von körpertragbaren Geräten zur Messung des Energieverbrauchs und der Herzfrequenz im militärischen Einsatzbereich	27
4.2 March in March – Der Einfluss der Ausdauerleistungsfähigkeit von Soldaten auf physiologische Reaktionen während eines 34-km-Marsches	28
5. Fit on Duty – Erkennung von körperlicher und mentaler Ermüdung von Soldatinnen und Soldaten im Einsatz (2021–2024ff)	29
5.1 Messgenauigkeit sowie Vor- und Nachteile von Eye-Tracking-Brillen	30
5.2 Physiologischer Belastungsindex (PSI) während eines 100-km-Marsches	31
5.3 Variabilität von physiologischen Basiswerten: Bedeutung wiederholter Messungen für personalisierte Frühwarnsysteme	32
5.4 Subjektives Wärmeempfinden und Wärmegefühl im Vergleich zu objektiven Messungen der Körperkerntemperatur: Unterschiede in Abhängigkeit vom Fitnessniveau	34
6. P(O TS) – Prognose der Wahrscheinlichkeit, bei bestimmten Testergebnissen Spezialeinheitskraft zu werden (2021–2024ff)	36
6.1 Zusammenhänge zwischen verschiedenen Maximalkraftmessungen: Lassen sich die Messwerte von Squat-, Deadlift-, und Countermovement-Tests vergleichen?	37
6.2 Design und Akzeptanz der Leistungstests	38
6.3 Einfluss der Gene ACE, ACTN3 und CKM auf die sportliche Leistungsfähigkeit bei Sondereinsatzkräften	39
6.4 COMT rs4680 G-Allel-Träger in Spezialeinheiten von Polizei und Militär haben eine bessere Reaktionszeit und eine geringere Tendenz zu Interferenz	40
7. Referenzen	42

Abkürzungsverzeichnis

AdA	Angehörige(r) der Armee
AEES	Ambulatory Energy Expenditure Estimation in Soldiers
Art S 31	Artillerie- und Aufklärungsschule 31
CMJ	Countermovement Jump
DOF	Distance on foot (Distanz zu Fuss)
EKF S 64	Elektronische Kriegführungsschule 64 (heute: Elektronische Operationen Schule 64)
FI S 81	Fliegerschule 81
FTA	Fitnessstest der Armee für die Rekrutierung
Geb Spez S 15	Gebirgsspezialistenschule 15
GPS	Global Positioning System (Globales Positionsbestimmungssystem)
HFM	Human Factors and Medicine
ICC	Intraklassenkorrelation
ICSPP	Congress on Soldiers' Physical Performance (Kongress zur körperlichen Leistungsfähigkeit von Soldaten)
Ih S 43	Instandhaltungsschule 43
Inf DD S 14	Infanterie Durchdiener Schule 14
Inf S 2	Infanterieschule 2
ISSUL	Institut des Sciences du Sport de l'Université de Lausanne (Institut für Sportwissenschaften der Universität Lausanne)
KPI	Key Performance Indicators (Leistungsindikator(en))
MAE	mean absolute error (mittlerer absoluter Messfehler)
MAPE	mean absolute percentage error (mittlerer absoluter prozentualer Messfehler)
MET	metabolic equivalent of task (metabolisches Äquivalent)
NATO	North Atlantic Treaty Organization
P(O)TS	Predicting the Probability of becoming an Operator given specific Test results (Prognose der Wahrscheinlichkeit, bei bestimmten Testergebnissen Spezialeinheitskraft zu werden)
PADIS	Physical Activities and Demands in Swiss Soldiers
PAEE	Physical Activity Energy Expenditure (Energieverbrauch durch körperliche Aktivität)
PROGRESS	Einfluss von progressiv aufgebauter körperlicher Belastung, Sport und Führungsstil auf Fitness, Verletzungen, Austritte, militärische Leistungsfähigkeit, Stress und Motivation bei Schweizer Rekruten
PSI	Physiological Strain Index (physiologischer Belastungsindex)
PZ S 21	Panzerschule 21
RPE _m	rating of perceived mental exertion (Bewertung der subjektiven mentalen Anstrengung)
RPE _p	rating of perceived physical exertion (Bewertung der subjektiven körperlichen Anstrengung)
RS	Rekrutenschule
Rttg S 75	Rettungsschule 75
SAFT	Swiss Army Physical Fitness Training
SOF	Special Operations Force(s) (Spezialeinheit(en))
WEA	Weiterentwicklung der Armee

Ausgangslage

Basierend auf den Erkenntnissen der Studie SAFT (Swiss Army Physical Fitness Training) sowie der Vorgängerstudien PADIS (Physical Activities and Demands in Swiss Soldiers) und PROGRESS (Einfluss von progressiv aufgebauter körperlicher Belastung, Sport und Führungsstil auf Fitness, Verletzungen, Austritte, militärische Leistungsfähigkeit, Stress und Motivation bei Schweizer Rekruten) wurden der Armeeführung Massnahmen zur Steigerung der individuellen Fitness sowie zur Reduktion der Verletzungs- und Austrittsraten während der Rekrutenschule (RS) empfohlen. Der vorliegende Bericht ist eine Zusammenfassung der wissenschaftlichen Projekte und Studien, welche die Fachgruppe Monitoring und Evaluation der Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen EHSM in Zusammenarbeit mit der Schweizer Armee in den Jahren 2018 bis 2024 auf der Basis dieser Massnahmen durchgeführt hat. In den angegebenen Jahren wurden mehrere Bachelor- und Masterarbeiten verfasst. Die Resultate aus diesen Arbeiten sind in diesem Bericht ebenfalls zu finden. Ein grosser Teil der Projekte wurde bereits an sportwissenschaftlichen Kongressen präsentiert, oder die Resultate der Studien wurden in sportwissenschaftlichen Zeitschriften publiziert. Weitere Auswertungen stehen noch an und werden in den Jahren 2024ff verschriftlicht.

Wenn im Folgenden von Rekruten oder Soldaten gesprochen wird, sind nur männliche Angehörige der Armee (AdA) gemeint. Wenn Rekrutinnen und Soldatinnen in einer Datenerhebung eingeschlossen waren, wird die entsprechend weibliche Form auch im Text verwendet.

Der Bericht gliedert sich von den ältesten zu den neuesten Themen, wobei die Projekte nachfolgend kurz zusammengefasst werden (ebenfalls in zeitlich aufsteigender Reihenfolge).

Studie Wirkevaluation (2018–2022):

Ziel der Studie Wirkevaluation war es, die körperliche Aktivität der AdA vor der RS zu erfassen. Diese Informationen tragen dazu bei, günstige Verhaltensweisen vor der RS zu identifizieren, um das Verletzungsrisiko während der RS zu minimieren. Die Auswertung dieser Daten ist noch nicht abgeschlossen. Dennoch wurden in den letzten Jahren bereits Auszüge aus den Daten an wissenschaftlichen Kongressen präsentiert.

Körperliche Fitness – Rekrutierung und Rekrutenschule (2018–2024):

Sowohl die Stellungspflichtigen bei der Rekrutierung als auch die Rekrutinnen und Rekruten während der RS absolvieren den Fitnesstest der Armee (FTA). Die EHSM erstellt jährlich einen Bericht über die Ergebnisse bei der Rekrutierung. Im Rahmen von zwei Masterarbeiten wurden die Resultate des FTA während der 18-wöchigen RS in verschiedenen Truppengattungen untersucht, und die Messgenauigkeit des progressiven Ausdauerlaufes wurde überprüft.

Training App ready (2019–2024ff):

Die Training App ready ermöglicht eine optimale körperliche Vorbereitung auf die Rekrutierung und die RS durch ein personalisiertes Ausdauer- und Krafttraining. Die Training App ready und der integrierte Selbsttest wurden überprüft und die Erkenntnisse bei der Weiterentwicklung berücksichtigt sowie in die App integriert.

Zusammenarbeit mit der NATO-Arbeitsgruppe «Human Factors and Medicine» (2021/2022):

Aus den Erhebungen der Studien «Ambulatory Energy Expenditure Estimation in Soldiers» (AEEES) und SAFT wurden in den Jahren 2021 und 2022 zwei weitere Peer-Review-Artikel veröffentlicht. In der einen Publikation wurde die Messgenauigkeit von körpertragbaren Messgeräten untersucht, in der anderen der Einfluss der Ausdauerleistungsfähigkeit von Soldaten auf physiologische Reaktionen während eines 34 km-Marsches.

Fit on Duty (2021–2024ff):

Das Ziel des Forschungsprojektes «Fit on Duty» ist es, relevante physiologische Veränderungen bei Soldatinnen und Soldaten im militärischen «Alltag» sowie im «Einsatz» zu erkennen, sodass schwerwiegende Zwischenfälle vermieden werden können. Dazu soll ein modular aufgebautes Messsystem eingesetzt werden, das die Einsatzfähigkeit in Echtzeit erfasst und bei Bedarf eine Intervention auslösen kann.

In wissenschaftlichen Studien sollen neue Erkenntnisse zur Physiologie des Menschen und zur Qualität, Machbarkeit und Akzeptanz der Technologien gewonnen werden. Zum Forschungsprojekt «Fit on Duty» wurden bereits einige Ergebnisse publiziert.

Prognose der Wahrscheinlichkeit, bei bestimmten Testergebnissen Spezialeinheitskraft zu werden (P(O|TS); 2021–2024ff):

Die Selektion geeigneter Personen für die Ausbildung von Sondereinheiten der Armee, der Polizei und der Berufsfeuerwehr stellt eine Herausforderung dar, da Vorhersagen bezüglich der Eignung von Personen getroffen werden müssen, um diejenigen mit hohem Leistungspotenzial zu erkennen. Die Studie P(O|TS) hat zum Ziel, mit einem validierten Prognosemodell die Entscheidungsfindung für die Personalselektion zu unterstützen. Dafür werden die Anforderungen an den Beruf in prädiktive physische und kognitive Leistungstests übersetzt.

Dieses Projekt wird als Dissertation durchgeführt. Erste Erkenntnisse wurden bereits publiziert.

1. Studie Wirkevaluation (2018–2022)

Rückblick

Die Studie von T. Wyss (2012) zeigte, dass für viele Rekruten der Schweizer Armee die körperlichen Anforderungen des militärischen Alltags (RS) im Vergleich zum zivilen Leben höher sind (Tabelle 1).¹ Zudem verhielt sich der Verlauf degressiv – die Belastung war hoch am Anfang und nahm bis zur 10. Woche ab. Diese Entwicklung wirkte sich negativ auf die Anzahl Verletzungen, Überlastungsbeschwerden und Austritte aus. Die Autoren der Studie erkannten damals, dass die täglich verbrauchte Energie den Werten von Profisportlern im ähnlichen Alter entspricht. Im Gegensatz zu Profisportlern haben Rekruten oft keine spezifische körperliche Vorbereitung und Anpassung an hohe körperliche Anforderungen sowie kaum Zeit für die Regeneration im militärischen Alltag. Ein wichtiger Unterschied zwischen Athleten und Rekruten besteht zudem darin, dass Athleten einige Stunden pro Tag mit hoher Intensität trainieren, während Rekruten meist mit moderater Intensität, dafür aber über eine längere Dauer körperliche Aktivitäten ausüben.

Dieselben Autoren stellten in einer weiteren Studie (2014) fest, dass die Verletzungshäufigkeit in der RS mit 18 Verletzungen/100 Rekruten/Monat über dem oberen Bereich der Vergleichswerte in Streitkräften anderer Nationen lag (10–15/100 Rekruten/Monat; Tabelle 3).² Eine Berechnung ergab, dass dies zusätzliche medizinische Kosten von etwa 6,9 Millionen CHF für 25'000 Rekruten pro Jahr oder 1750 CHF pro Vorfall bedeuteten.²

Aufgrund dieser Erkenntnisse verfolgte die Interventionsstudie von Roos et al. zwei Ziele: die Reduzierung der körperlichen Belastung zu Beginn der RS durch eine Verringerung der zu Fuss zurückgelegten Distanz (DOF-Intervention) und die Sicherstellung, dass die Rekruten während der ersten 10 Wochen der RS an qualitativ hochwertigem Sport (geleitet durch Sportlehrpersonen) und an einem progressiv aufbauenden Trainingsprogramm teilnahmen (PT-Intervention).^{3,4} Die Studie zeigte, dass die Kombination der beiden Interventionen (DOF und PT-Intervention) zu einer signifikant niedrigeren Verletzungshäufigkeit im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne Intervention führte. Die DOF-Intervention hatte einen stärkeren Effekt auf die Prävention von Überlastungsverletzungen, während die angepasste PT-Intervention mehr Einfluss auf die Verringerung akuter Verletzungen hatte.

Die Autoren schlugen damals vor, die Trainingsmethoden in der Schweizer Armee anzupassen und qualifizierte Sportlehrpersonen für den Sportunterricht einzusetzen. Sportlehrpersonen verfügen über mehr Zeit (da sie ausschliesslich für die Sportlektionen verantwortlich waren) und Erfahrung für die Vorbereitung und Umsetzung der Sportlektionen. Der positive Effekt der angewendeten Trainingsmethoden und die damit einhergehende Verminderung der Verletzungen können so zusätzlich unterstützt werden.

Mit der Weiterentwicklung der Armee 2018 (WEA) wurden die Trainingsinhalte in der RS aufgrund der Erkenntnisse dieser Studien neu erarbeitet, die Trainingsdauer und -häufigkeiten angepasst sowie eine schrittweise Erhöhung der körperlichen Belastung und mehr Erholungsmöglichkeiten eingeführt.

Die Studie «Wirkevaluation» wurde 2018 als Folgestudie der Studie SAFT lanciert. Beim Start dieser Studie wurde das neue Sportkonzept der WEA in allen RS eingeführt. Aktuell wertet die EHSM diese Studie aus. Sie war über 4.5 Jahre angelegt (2018–2022) und untersuchte in den vier Schulen Infanterie Durchdiener Schule 14 (Inf DD S 14), Panzerschule 21 (PZ S 21), Rettungsschule 75 (Rttg S 75) und Elektronische Kriegsführungs-Schule 64 (EKF S 64; heute: Elektronische Operationen Schule 64 (Elo Op S 64)) jeweils eine Kompanie.

Die Studie untersuchte, welche Aktivitäten die AdA vor der RS ausgeübt hatten und wie fit sie zum Start der RS waren. Diese Parameter wurden dann mit den muskuloskelettalen Verletzungen während der RS in Zusammenhang gebracht. Zudem wurde die unterschiedliche körperliche Aktivität der vier Schulen mithilfe von körpertragbaren Sensoren objektiv erfasst. Das Ziel der Studie war es, günstige Verhaltensweisen der körperlichen Aktivität vor der RS zu erkennen, um schliesslich das Verletzungsrisiko während der RS zu minimieren. Zukünftigen Rekruten und Rekrutinnen sollten neben dem Bewusstsein der hohen körperlichen Anforderungen während der RS auch konkrete Empfehlungen zum Bewegungsverhalten im Sinne von Trainingsempfehlungen vor der RS abgegeben werden können.

1.1 Hohe körperliche Anforderungen während der ersten 9 Wochen RS in der Schweizer Armee

Ein Teilziel der Studie Wirkevaluation war es zu überprüfen, ob mit der WEA erreicht wurde, dass die körperlichen Anforderungen während der ersten 9 Wochen der RS progressiv (zunehmend in der Dauer und der Intensität) gestaltet wurden. Die Rekrutinnen und Rekruten könnten sich somit durch langsam ansteigende körperliche Belastungen an die Anforderungen des militärischen Alltages gewöhnen.

Für die folgenden Resultate trugen 80 Rekruten (jeweils 20 Rekruten Inf DD S 14; PZ S 21; Rttg S 75; EKF S 64) körpertragbare Sensoren, welche die zu Fuss zurückgelegte Distanz (DOF) pro Tag berechneten.

Die Rekruten hatten im Schnitt im Vergleich zur Studie von Wyss eine etwas niedrigere mittlere DOF pro Tag (Tabelle 1).¹ Dabei verringerten die Schulen Inf DD S 14, PZ S 21 und Rttg S 75 die DOF im Vergleich zum Jahr 2012 um 1.2–2.3 km/Tag, während die EKF S 64 eine Zunahme der DOF um 2 km pro Tag im Vergleich zu 2012 zeigte (Abbildung 1).⁵

Die degressive Abnahme der DOF über die ersten neun Wochen wurde hingegen nicht mehr beobachtet (Abbildung 2). Das liegt vor allem daran, dass die DOF in den Jahren 2018/19 zu Beginn der RS tiefer war als im Jahr 2012. Vor allem die beiden Schulen Inf DD S 14 und PZ S 21 legen in den ersten vier Wochen deutlich weniger Distanz zu Fuss zurück als im Jahr 2012. Zum Vergleich wurde die Abbildung der Publikation aus dem Jahr 2012 hinzugefügt (Abbildung 3).

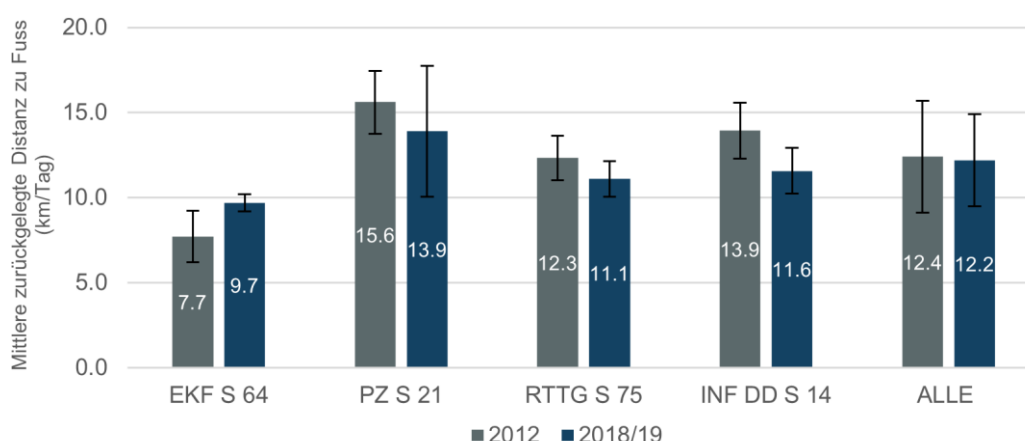


Abbildung 1. Vergleich der Distanz zu Fuss pro Tag (Woche 2–9 der RS). Die Daten wurden in den Jahren 2012 (vor der WEA) und 2018/19 (nach der WEA) erhoben. Diese Resultate wurden der Posterpräsentation am «European College of Sport Science Congress» 2019 in Prag entnommen.⁵

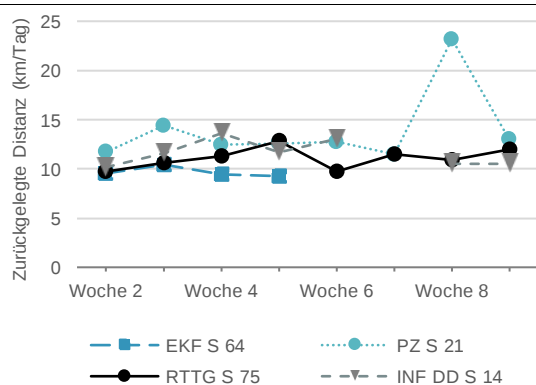


Abbildung 2. Die zu Fuss zurückgelegte Distanz pro Tag der vier untersuchten Rekrutenschulen in den Jahren 2018 und 2019. Aufgrund technischer Probleme fehlen die Resultate der Woche 7 bei der Inf DD S 14. Bei der EKF S 64 war es aufgrund einer Häufung von Unfällen und Austritten ab Woche 6 nicht mehr möglich, Daten zu erheben und zuverlässig auszuwerten. Deshalb wurden von dieser Schule nur die Resultate bis Woche 5 ausgewertet.

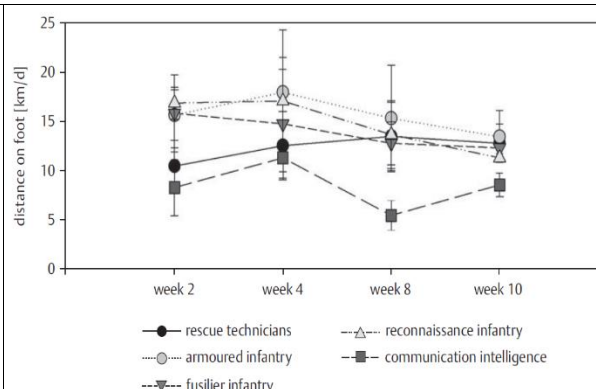


Abbildung 3. Die zu Fuss zurückgelegte Distanz pro Tag der untersuchten Rekrutenschulen im Jahr 2012. Kopiert aus «Ambulatory physical activity in Swiss Army recruits» von Wyss et al.¹

Tabelle 1. Entwicklung der Distanz zu Fuss und des Energieverbrauchs über die ersten 9–10 Wochen der RS in den Jahren 2012, 2014, 2015 und 2019.

	2012 Wyss ¹	2014 Wyss ²	2015 Roos ³				2018/19 Oeschger ⁵
			Kontrollgruppe	Intervention: Adaptierte Distanz zu Fuss (A)	Intervention: Adaptierter Sport mit aufbauen- dem Trainingsplan (B)	Intervention: Kombination von A und B	
Rekrutenschulen	Rettung, Panzergrenadiere, Infanterie, Aufklärungsin- fanterie, Elektronische Operationen	Rettung, Panzergrena- diere, Infanterie Aufklä- rungsinfanterie			Infanterie		Rettung, Panzergrenadiere, Infanterie, Elektronische Operationen
PAEE (MJ pro Tag)	10.5 ± 2.4	11.0 ± 1.4	10.6 ± 0.8	12.9 ± 2.1	12.4 ± 1.8	12.4 ± 1.0	13.7 ± 2.0
DOF (km pro Tag)	12.9 ± 3.3	14 ± 2.1 (11-18) *	15.1 ± 2.2	14.6 ± 3.9	15.7 ± 2.0	18.2 ± 2.1	12.2 ± 2.7
Δ DOF (km pro Woche)	Keine Angaben	-1.7	-2.9	3.5	-1.4	2.1	0.1

Anmerkungen. *Spannweite von 11–18 km pro Tag. Die Daten wurden aus den jeweiligen Publikationen übernommen und in dieser Tabelle zusammengefasst.

PAEE: Energieverbrauch durch körperliche Aktivität

DOF: Distanz zu Fuss

Δ DOF: Durchschnittliche Zu- oder Abnahme der km/Woche über die gesamte Zeit (9–10 Wochen)

Fazit

- Die Rekruten erreichten im Durchschnitt eine leicht niedrigere zu Fuss zurückgelegte Distanz über die ersten 9 Wochen der RS als bei der Studie im Jahr 2012.
- Der degressive Verlauf der zu Fuss zurückgelegten Distanz über die ersten 9 Wochen der RS wurde im Vergleich zu 2012 nicht mehr beobachtet.

Die Erkenntnisse der oben genannten Studien sollen bei der Planung und Umsetzung von Inhalten während der RS weiterhin berücksichtigt werden. Die progressive Entwicklung der zu Fuss zurückgelegten Distanz ist einer der Gründe für ein vermindertes Verletzungsrisiko während der RS.

Im nächsten Abschnitt wird dieser Frage nachgegangen und untersucht, ob das Verletzungsrisiko – unter anderem durch die Reduzierung der zurückgelegten Distanz während der ersten RS-Wochen – tatsächlich gesenkt werden konnte.

Weiterführende Informationen

Zu diesem Thema wurde am «Congress of the European College of Sports Science 2019 (ECSS)» in Prag ein Poster präsentiert.⁵ Der Originaltext ist unter diesem [Link](#) auf der ECSS Website zu finden.

1.2 Verletzungsrisiko während der RS bei Rekruten der Schweizer Armee

In den Jahren 2018/2019 der Studie Wirkevaluation wurden die Verletzungen von 479 Rekruten ausgewertet. In einem zweiten Durchgang (2020/2021) wurden die Verletzungen von zusätzlich 421 Rekruten ausgewertet.

In den Jahren 2018/2019 hatten die 479 Rekruten bei 258 Verletzungen (111 akute und 147 Überlastungsverletzungen) den Arzt oder die Ärztin aufgesucht. In den Jahren 2020/2021 lagen diese Werte bei 228 Verletzungen (59 akute und 169 Überlastungsverletzungen).

Da die Rekruten der EKF S 64 im Jahr 2018/2019 von einem zivilen Arzt behandelt wurden, konnten die Verletzungen nicht vollständig erhoben werden. Vermutlich wurden in dieser Schule aus diesem Grund beutend weniger Verletzungen als in den Jahren 2020/2021 registriert. Daher und weil es bei der EKF S 64 keine Daten aus den früheren Jahren gibt, wurden sie für folgende Zusammenfassungen über alle Schulen und für die Vergleiche in Tabelle 3 ausgeschlossen.

Über die gesamte RS (18 Wochen) verletzten sich 47% (39% im zweiten Durchgang) der Rekruten, 24% (13%) aller Rekruten hatten eine akute und 29% (33%) der Rekruten hatten eine Überlastungsverletzung. Es zeigt sich, dass vor allem Rekruten der PZ S 21 sowie der INF DD S 14 mehr schwere Verletzungen aufwiesen als die Rekruten der RTTG S 75 und der EKF S 64 (Tabelle 2). Schwere Verletzungen führten zur Entlassung aus dem Militärdienst oder zu bleibenden gesundheitlichen Schäden.

Tabelle 2. Verletzungsinzidenz der vier untersuchten Rekrutenschulen (EKF S 64, PZ S 21, RTTG S 75, Inf DD S 14) in den Jahren 2018/19 und 2020/21.

	EKF S 64		PZ S 21		RTTG S 75		INF DD S 14	
	2018/19	2020/21	2018/19	2020/21	2018/19	2020/21	2018/19	2020/21
Anzahl Rekruten	93	107	156	110	119	87	111	117
Verletzungsinzidenz (VI)	1.9	10.6	13.8	11.9	12.9	13.0	16.8	12.7
VI Bagatelle	0.7	3.5	4.4	2.4	4.1	6.4	3.4	2.7
VI leicht	0.7	3.3	5.3	5.7	3.7	4.6	8.0	5.1
VI mittelschwer	0.0	3.3	2.6	2.4	4.7	2.0	4.4	4.4
VI schwer	0.2	0.4	1.6	1.4	0.4	0.0	1.0	0.6
Verletzte Rekruten (%)	8.6	39.3	46.2	40.0	41.2	43.7	54.1	33.3

Anmerkungen. Die Verletzungsinzidenz (VI) entspricht der Anzahl neu auftretender Verletzungen pro Monat pro 100 Rekruten. Schwer (Entlassung aus dem Militärdienst / bleibende gesundheitliche Schäden), mittelschwer (temporärer Ausfall / eingeschränkter Dienst für mehr als 7 Tage), leicht (eingeschränkter Dienst bis zu 7 Tagen), Bagatelle (keine Folgen – weder Ausfall noch Dispens). Ein Teil dieser Resultate aus den Jahren 2018/19 wurde am ICAMPAM 2022 in Colorado präsentiert.⁶

Seit der ersten Studie im Jahr 2012 konnte die Verletzungsinzidenz (Anzahl neu auftretende Verletzungen pro Monat pro 100 Rekruten) sowohl bei der PZ S 21 als auch bei der INF DD S 14 (von 18 auf 12 respektive von 18 auf 13 Fälle) gesenkt werden. Bei der RTTG S 75 blieb die Verletzungsinzidenz über die Jahre konstant bei rund 13 Fällen pro 100 Rekruten pro Monat. Über alle Schulen gesehen, konnten vor allem die leichten Verletzungen, welche zu einem eingeschränkten Dienst bis zu 7 Tagen führen, vermindert werden. Die mittelschweren Verletzungen, welche zu einem temporären Ausfall oder eingeschränkten Dienst für mehr als 7 Tage führen, blieben seit 2012 bei 3–3.7 Fällen pro Monat pro 100 Rekruten. Auch die schweren Verletzungen blieben über die Jahre etwa gleich hoch (0.4 im Jahr 2012 auf 1.0 und 0.7 in den Jahren 2018/19 respektive 2020/21). Seit dem Jahr 2012 konnte die Zahl von verletzten Rekruten während der RS von 51% auf 39% in den Jahren 2020/21 gesenkt werden.

Tabelle 3. Verletzungsinzidenz und Anzahl verletzte Rekruten seit 2012 in Rekrutenschulen der Schweizer Armee.

		2012 Wyss ⁷	2014 Wyss ²	2015 Roos ³		2018/19 Oeschger ⁶	2020/21 (nicht publizierte Daten)
				Kontrollgruppe	Interventionsgruppe		
Untersuchte Schulen	Rettung, Panzergrenadiere, Aufklärungsinfanterie, Infanterie			Infanterie		Rettung, Panzergrenadiere, Infanterie, (Elektronische Operationen)	
Verletzungsinzidenz (VI)	16.7	18.0	21.3	14.3	14.4 (12.0)	12.5 (12.0)	
VI Bagatelle	4.0		5.8	4.3	4.0 (3.4)	3.1 (3.6)	
VI leicht	8.0		9.3	5.0	5.6 (4.6)	5.2 (4.7)	
VI mittelschwer	3.1		4.5	4.0	3.7 (3.0)	3.0 (3.1)	
VI schwer	0.4		1.3	0.8	1 (0.9)	0.7 (0.6)	
Verletzte Rekruten (%)	50.8	54.1	58.8	48.1	46.9 (39.5)	38.5 (38.7)	

Anmerkungen. Bei der Studie «Wirkevaluation» (betrifft die Jahre 2018/19 und 2020/21) wurden zum ersten Mal die Verletzungen, die in der Schule «Elektronische Operationen» aufgetreten sind, erhoben. Damit die Daten mit früheren Studien vergleichbar sind, wurde vor der Klammer jeweils der Wert ohne die Schule «Elektronische Operationen» aufgelistet.

Verletzungsinzidenz (VI): Anzahl Verletzungen pro 100 Rekruten pro Monat.

Verletzte Rekruten (%): Anzahl verletzte Rekruten während der RS in %.

Bagatelle: keine Folgen – weder Ausfall noch Dispens

Leicht: eingeschränkter Dienst bis zu 7 Tagen

Mittelschwer: temporärer Ausfall / eingeschränkter Dienst für mehr als 7 Tage

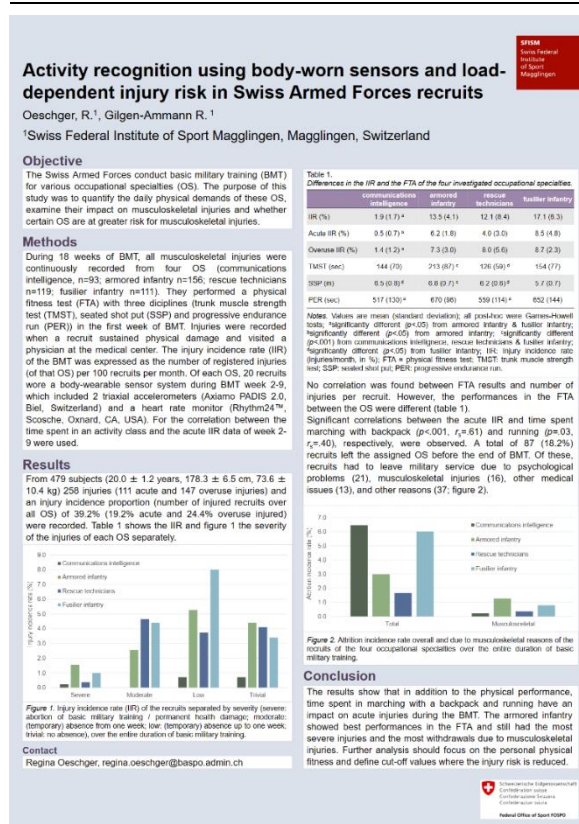
Schwer: Entlassung aus dem Militärdienst / bleibende gesundheitliche Schäden

Fazit

- **Reduzierung der Verletzungsinzidenz seit den Studien 2012–2015:** Die Verletzungsinzidenz konnte insbesondere bei der PZ S 21 und der INF DD S 14 im Vergleich zu den Studien in den Jahren 2012, 2014 und 2015 gesenkt werden. Die Verletzungsinzidenz befindet sich auf gleichem oder sogar tieferem Niveau wie die Interventionsgruppe in der Studie von Roos et al. (2015). Möglicherweise führte die Einführung des neuen Sportkonzepts der WEA^a zu positiven Effekten in Bezug auf Verletzungen während der RS. Eine weitere Erklärung für die positive Entwicklung der Verletzungsinzidenz ist die Reduzierung der DOF zu Beginn der RS (siehe Kapitel 1.1). Bei der Erhebung in den Jahren 2020/21 ist es möglich, dass die COVID-19-Pandemie einen Einfluss auf die Inhalte während der RS hatte und die Verminderung der Verletzungen daher stammt.
- Es zeigte sich, dass bestimmte RS, wie die PZ S 21 und die INF DD S 14, eine höhere Neigung zu schweren Verletzungen aufweisen. Dies unterstreicht die Bedeutung, die schulspezifischen Belastungen und Anforderungen zu (er)kennen, um mit geeigneten Massnahmen Verletzungen weiter zu minimieren. Die neuen Sportkonzepte sollten daher weiterhin konsequent umgesetzt werden. Darüber hinaus könnten Verletzungen durch die Unterstützung von qualifizierten und erfahrenen Trainingsleitenden weiter reduziert werden.
- **Herausforderungen bei mittelschweren und schweren Verletzungen:** Während leichte Verletzungen reduziert wurden, blieben die mittelschweren (temporärer Ausfall für mehr als 7 Tage) und schweren Verletzungen (Entlassung oder bleibende gesundheitliche Schäden) über die Jahre konstant. Dies weist darauf hin, dass trotz Fortschritten in der Gesamtverletzungsrate weiterhin spezifische Anstrengungen notwendig sind, um schwerwiegende Verletzungen zu minimieren.

Weiterführende Informationen

Zu diesem Thema wurde an der «International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement» 2022 in Keystone, Colorado, ein Poster präsentiert (Abbildung 4).⁶



+

Abbildung 4. Dieses Poster wurde am ICAMPAM 2022 präsentiert.

^a Mit der WEA 2018 wurden die Trainingsinhalte in der RS neu erarbeitet, die Trainingsdauer und -häufigkeiten angepasst sowie eine schrittweise Erhöhung der körperlichen Belastung und mehr Erholungsmöglichkeiten eingeführt. Weitere Information zum Sportkonzept sind im Reglement Sport in der Armee zu finden (51.041 d).

2. Körperliche Fitness – Rekrutierung und Rekrutenschule

2.1 Entwicklung der körperlichen Fitness bei Schweizer Rekruten und Rekrutinnen über die 18 Wochen Rekrutenschule (2018)

In der vorliegenden Masterarbeit wurde die Fitnessentwicklung während der 18-wöchigen RS untersucht. Dazu wurden Daten von 5018 Rekruten ($n = 4980$) und Rekrutinnen ($n = 38$) aus sieben Truppengattungen aus dem Jahr 2018 retrospektiv ausgewertet. Im Folgenden wird eine stark verkürzte Version dieser Arbeit präsentiert.⁸

Die ausgewerteten Schulen sind:

- Artillerie- und Aufklärungsschule (Art S 31)
- Elektronische Kriegführungsschule (EKF S 64)
- Fliegerschule (FI S 81)
- Gebirgsspezialistenschule (Geb Spez S 15)
- Infanterieschule (Inf S 2)
- Instandhaltungsschule (Ih S 43)
- Panzerschule (Pz S 21)

Damit die Resultate der FTA verglichen werden können, wurden nur die Disziplinen in die Auswertung eingeschlossen, die zu allen drei Zeitpunkten durchgeführt wurden (Globaler Rumpfkrafttest, Medizinballstoss, 20-m-Pendellauf). Die maximal mögliche Punktzahl lag daher bei 75 Punkten.

Die Abbildung 5 zeigt, dass sich die AdA in allen Schulen vom ersten zum zweiten FTA verbesserten und sich vom zweiten zum dritten FTA verschlechterten. Dabei erreichten einzig die Art S 31, die FI S 81 und die Pz S 21 beim Schlusstest eine bessere Punktzahl als beim Einstiegstest. Die EKF S 64, Geb Spez S 15, Inf S 2 und Ih S 43 hingegen schnitten beim letzten FTA schlechter ab als beim Einstiegstest. Die detaillierte Auswertung dieser Masterarbeit ist bei Bedarf verfügbar. Unter diesem [Link](#) auf edoc, dem institutionellen Repository der Universität Basel, ist die Zusammenfassung zu finden.

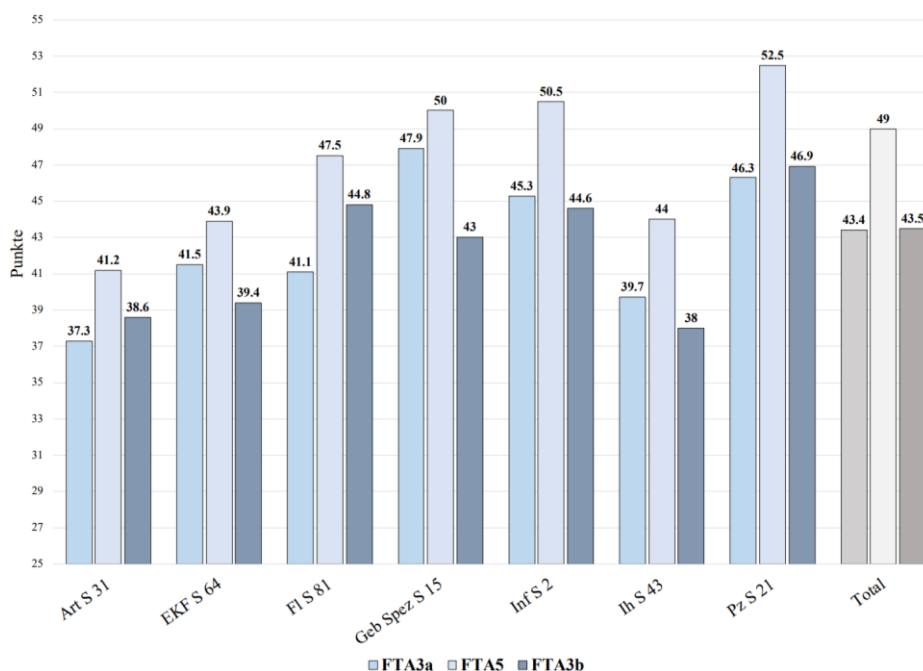


Abbildung 5. Vergleich zwischen den sieben Truppengattungen über die durchschnittlich erreichten Punktzahlen (aus maximal 75) bei den drei Fitnessstests der Armee (FTA) während der RS im Jahr 2018. Kopiert aus der Masterarbeit «Entwicklung der körperlichen Fitness bei Schweizer Rekruten und Rekrutinnen über die 18 Wochen Rekrutenschule».⁸

Eine ähnliche Entwicklung der Resultate im FTA wurde bei der Studie Wirkevaluation beobachtet.⁶ Bei allen vier untersuchten RS (EKF S 64, PZ S 21, RTTG S 75 und Inf DD S 14) verbesserte sich die Gesamtpunktzahl vom ersten zum zweiten FTA und nahm dann vom zweiten zum dritten FTA wieder ab. In den Abbildungen 6a-6d ist der Verlauf der Resultate im Medizinballstoss, dem Globalen Rumpfkrafttest sowie dem Ausdauerlauf (20-m-Pendellauf) dargestellt. Die Resultate in den Abbildungen stammen aus dem Jahr 2018/19 aus der Studie Wirkevaluation.

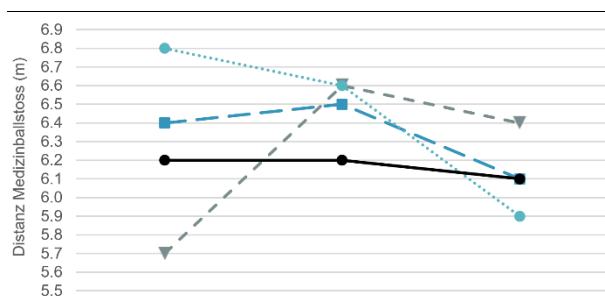


Abbildung 6a. Verlauf der Resultate im Medizinballstoss (m) über die gesamte RS von jeweils einer Kompanie der vier Rekrutenschulen EKF S 64, PZ S 21, RTTG S 75 und Inf DD S 14.

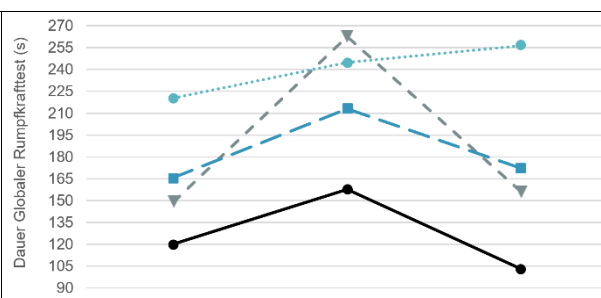


Abbildung 6b. Verlauf der Resultate im globalen Rumpfkrafttest (s) über die gesamte RS von jeweils einer Kompanie der vier Rekrutenschulen EKF S 64, PZ S 21, RTTG S 75 und Inf DD S 14.

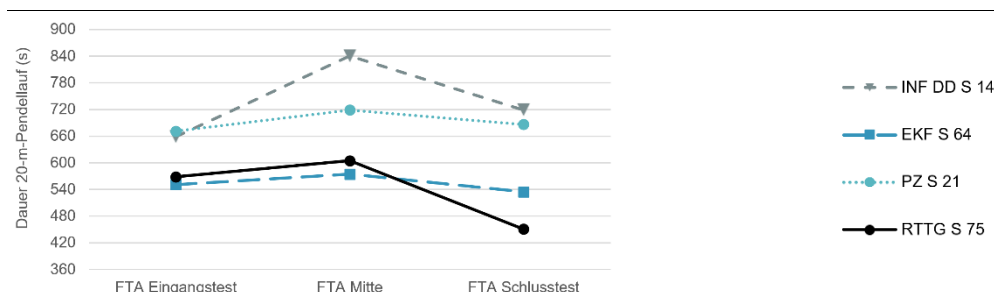


Abbildung 6c. Verlauf der Resultate im 20-m-Pendellauf über die gesamte RS von jeweils einer Kompanie der vier Rekrutenschulen EKF S 64, PZ S 21, RTTG S 75 und Inf DD S 14.

Der beobachtete Rückgang der Fitness in der zweiten Hälfte der RS kann auf mehrere Faktoren zurückgeführt werden. Im Schlussbericht der Studie SAFT hielten die Autoren fest, dass das geplante und dann auch durchgeführte Sportpensum im Verlauf der RS aus Zeitgründen immer geringer wurde. Es wurde damals darauf hingewiesen, dass der Sport stets und in allen Ausbildungsphasen in Konkurrenz mit anderen Ausbildungsinhalten steht.⁹ Dies könnte auch den Rückgang der Fitness in den beiden oben genannten Studien erklären. Darüber hinaus ist es durchaus möglich, dass sich einige AdA beim FTA-Abschlusstest weniger stark ausbelastet haben als bei den beiden FTA zuvor. Der dritte FTA am Ende der RS verliert für die AdA an Bedeutung, weshalb sie sich nicht mehr maximal ausbelasten, was zu den schlechteren Ergebnissen führt. Aus diesen Gründen kann nicht abschliessend geklärt werden, in welche Richtung sich die Leistungsfähigkeit der AdA in der zweiten RS-Hälfte tatsächlich entwickelt.

Fazit

Der FTA ist grundsätzlich ein gutes Instrument, um das Risiko abzuschätzen, während der RS eine Verletzung zu erleiden.⁷ Es ist somit in erster Linie ein Werkzeug, um geeignetes Personal für die jeweiligen Funktionen zu selektieren.

Alle notwendigen Ausbildungsinhalte in der RS unterzubringen ist aufgrund der limitierten Zeit eine Herausforderung. Umso wichtiger ist es daher, die zur Verfügung stehende Zeit für den Sport optimal zu nutzen. Der FTA zu Beginn und in der Mitte der RS kann dabei helfen, den AdA personalisierte Trainingsempfehlungen abzugeben. Gleichgewichtsübungen, Kraftzirkeltrainings und hochintensive Intervalltrainings unter fachkundiger Aufsicht sind geeignete Trainingsmethoden, welche auch ohne Material und Infrastruktur durchgeführt werden können.⁴

Ausblick

Um die Sportleiterinnen und Sportleiter neben den bereits erarbeiteten Trainingsinhalten weiter zu entlasten und zu unterstützen, wäre eine Anwendung der Training App ready während der RS ebenfalls eine Möglichkeit.

2.2 Sport in der Armee: Fitnessstest der Armee für die Rekrutierung (2021 und 2022)

Die EHSM verfasst einen jährlichen Bericht der Daten des FTA der Stellungspflichtigen an der Rekrutierung. Die an der Rekrutierung mittels FTA gesammelten Daten sind relevant für die Einteilung der Stellungspflichtigen in eine passende Funktion in der Schweizer Armee. Zudem dienen die Daten dem Monitoring der Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit und des Bewegungsverhaltens der Schweizer Jugend über die Jahre.

Die Rekrutierung im Jahr 2021 wurde unter den Sars-CoV-2 Richtlinien durchgeführt. Es wurden insgesamt 31'246 Stellungspflichtige zur Rekrutierung aufgeboten. Die Auswertung wurde mit Daten von 29'890 Personen, davon 648 Frauen (2.2%) gemacht. Rund 74% der Stellungspflichtigen erfüllen die Bewegungsempfehlungen von kumulierten 450–750 MET-Minuten pro Woche.^b Dieser Wert ist in den letzten Jahren stabil (Abbildung 7).

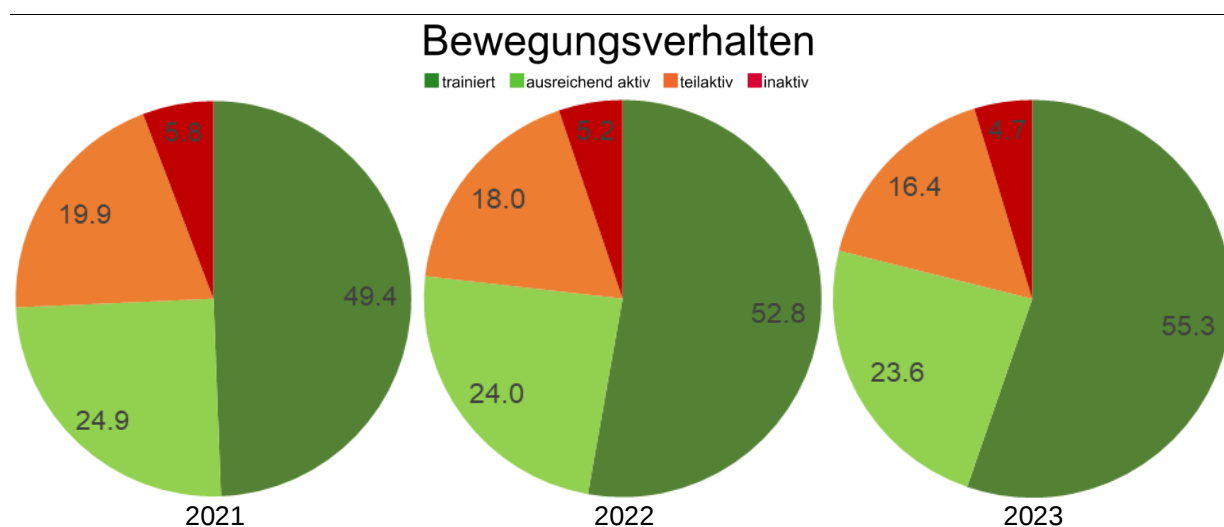


Abbildung 7. Das Bewegungsverhalten der Stellungspflichtigen zum Zeitpunkt der Rekrutierung in den Jahren 2021, 2022 und 2023.

Im Jahr 2022 wurden 34'259 Stellungspflichtige zur Rekrutierung aufgeboten. Die Auswertung der Daten konnte mit 33'135 Personen, davon 656 Frauen (2.0 %), gemacht werden. Insgesamt 87.6 % (n = 29'041) haben den FTA vollständig absolviert (Tabelle 4a). Rund 77% der Stellungspflichtigen erreichen die Bewegungsempfehlungen von kumulierten 450–750 MET-Minuten pro Woche (Abbildung 7).

Im Jahr 2023 erreichten 79% diese Bewegungsempfehlungen. Bei den Frauen war ein höherer Anteil an Trainierten als bei den Männern (64.8% vs. 55.1%) feststellbar. Der Anteil Inaktiver lag bei den Frauen bei 0.6% (Männer: 4.8%). Die Leistungen im FTA an der Rekrutierung 2023 sind in Tabelle 4b ersichtlich.

Tabelle 4a. Leistungen an der Rekrutierung 2022 (n = 28'416 Männer, n = 625 Frauen)

	Männer		Frauen	
Standweitsprung	2.25 ± 0.26 m	0.10–3.20 m	1.84 ± 0.24 m	0.90–2.62 m
Medizinball (2kg)	6.40 ± 0.74 m	1.00–10.05 m	4.55 ± 0.52 m	2.20–6.80 m
Rumpfkrafttest	113.37 ± 55.21 s	1–327 s	88.32 ± 47.15 s	5–290 s
Einbeinstand	43.42 ± 11.74 s	2–120 (max) s	47.36 ± 13.84 s	19.8–113 s
progressiver Ausdauer-test Rundbahn	755.437 ± 223.40 s	25–1190 s	595.62 ± 198.40 s	60–1182 s
progressiver Ausdauer-test als 20m-Pendellauf	555.14 ± 137.03 s	1–1022 s	427.05 ± 135.16 s	85–932 s

^b MET-Minuten: Das Metabolische Äquivalent (MET) ist eine Masseinheit, welche den Energieverbrauch einer Aktivität pro Minute angibt. Jede Aktivität hat einen bestimmten MET-Wert. Die Multiplikation des MET-Wertes einer Aktivität mit der Dauer der Aktivität in Minuten entspricht den MET-Minuten.

Tabelle 4b. Leistungen an der Rekrutierung 2023 (n = 29'094 Männer, n = 539 Frauen)

	Männer		Frauen	
	Mittelwert $\pm$ SD	Spannweite	Mittelwert $\pm$ SD	Spannweite
Standweitsprung	2.25 $\pm$ 0.26 m	1.00–3.21 m	1.84 $\pm$ 0.23 m	1.10–2.52 m
Medizinball (2kg)	6.38 $\pm$ 0.74 m	2.4–10.7 m	4.58 $\pm$ 0.52 m	3.30–7.10 m
Rumpfkrafttest	114.5 $\pm$ 55.88 s	1–436 s	88.3 $\pm$ 47.68 s	5–295 s
Einbeinstand	42.7 $\pm$ 11.77 s	3–200 s	48.1 $\pm$ 15.07 s	18–129 s
progressiver Ausdauer- test Rundbahn	769 $\pm$ 222.0 s	23–1185 s	601 $\pm$ 169.3 s	240–976 s
progressiver Ausdauer- test als 20m-Pendellauf	556 $\pm$ 153.7 s	1–1179 s	429 $\pm$ 137.4 s	71–827 s

Die vollständigen Berichte der jeweils letzten drei Jahre sind auf der Website des Bundesamtes für Sport BASPO unter diesem Link ([Fitnesstest der Armee für die Rekrutierung \(admin.ch\)](#)) einsehbar ([Bericht 2023](#), [Bericht 2022](#), [Bericht 2021](#)).¹⁰

2.3 Überprüfung der Messgenauigkeit des progressiven Ausdauerlaufs (2024)

Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) ist ein wichtiger Prädiktor für Gesundheit und aerobe Fitness. Sie wird idealerweise durch einen Belastungstest auf dem Laufband oder dem Fahrradergometer gemessen, bei dem die Atemluft der Person analysiert wird. Günstige und einfach durchzuführende Alternativen zu teuren und aufwändigen Labortests sind Feldtests wie der progressive Ausdauerlauf, der von Wyss et al. im Jahr 2007 entwickelt und validiert wurde.¹¹ In dieser Masterarbeit wurde der progressive Ausdauerlauf erneut auf den Prüfstand gestellt. Zusätzlich wurde untersucht, wie genau die VO_{2max} -Schätzung der Polar und Garmin Sportuhren ist. An der Studie nahmen 14 weibliche (22.9 ± 3.2 Jahre; VO_{2max} 45.8 ± 5.6 ml/min/kg) und 17 männliche (24.2 ± 2.9 Jahre; VO_{2max} 57.0 ± 7.6 ml/min/kg) Personen teil.

Die mittlere Testdauer des progressiven Ausdauerlaufes betrug 998 ± 232 s ($16:38 \pm 3:52$ min:sek), die mittlere Stufe bei Testabbruch 16.1 ± 2.6 km/h. Die Testdauer und die Stufe beim Testabbruch des progressiven Ausdauerlaufes zeigten einen grossen Zusammenhang mit der gemessenen VO_{2max} ($r = 0.88$, $p < 0.001$). Der Unterschied zwischen der berechneten und der gemessenen VO_{2max} lag im Durchschnitt bei 2.3 ± 1.9 ml/min/kg (4.9 ± 5.2 %; Abbildung 8).

Auch die Berechnung der VO_{2max} mit der Formel nach Wyss et al. stimmte sehr gut mit den Labormessungen überein ($r = 0.96$, $p < 0.001$).¹¹ Diese Formel überschätzt die VO_{2max} bei Werten < 60 ml/min/kg und unterschätzt die VO_{2max} bei Werten > 60 ml/min/kg (Abbildung 9). Je weiter die VO_{2max} unter bzw. über 60 ml/min/kg liegt, desto ausgeprägter ist die Über- bzw. Unterschätzung.¹¹

Die VO_{2max} -Schätzungen von Polar und Garmin zeigten ebenfalls eine grosse Übereinstimmung mit den Labormessungen ($r = 0.91$, $p < 0.001$ bzw. $r = 0.72$, $p < 0.001$). Die Garmin Fenix 7 unterschätzt die VO_{2max} leicht und hat einen Messfehler von durchschnittlich 6.2 ± 5.8 % (Abbildungen 10 und 11). Bei mehr als der Hälfte der Teilnehmenden (57%) wichen die Ergebnisse der Garmin-Uhr um maximal 6 % von der Labormessung ab.¹²⁻¹⁴

Die mit dem submaximalen Lauftest der Polar Vantage V2 berechnete VO_{2max} lag im Mittel um 12.1 ± 6.9 % daneben und unterschätzte die VO_{2max} ebenfalls (Abbildungen 12 und 13). Nur bei 17 % der Teilnehmenden lag die Abweichung der Uhr vom tatsächlichen Wert unter 6 %. Die Abbildungen 8–13 wurden der Masterarbeit von Sonderegger (2024) «Validierung progressiver Ausdauerlauf, VO_{2max} Schätzung Garmin und submaximaler Lauftest Polar» entnommen.¹⁵

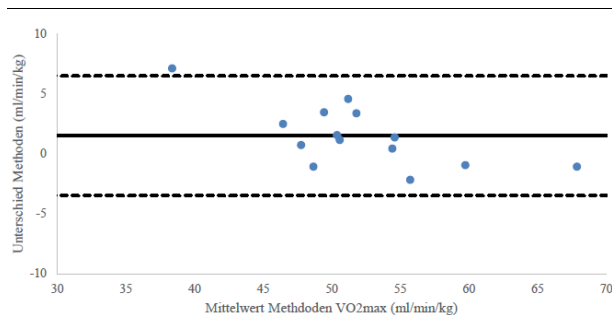


Abbildung 8. Bland-Altman-Diagramm der berechneten maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max} ; Formel von Wyss et al. (2007)) und der gemessenen VO_{2max} ($n = 14$). Die untere Grenze lag bei -3.5 ml/min/kg, die obere Grenze bei 6.5 ml/min/kg. Der systematische Fehler betrug 1.5 ml/min/kg.

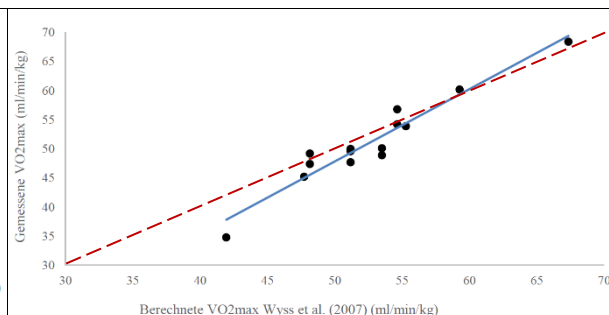


Abbildung 9. Streudiagramm der berechneten maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) und der gemessenen VO_{2max} ($n = 14$). Die gestrichelte rote Linie zeigt an, wo sich die Werte bei einer Übereinstimmung der beiden Messmethoden befinden würden. Die blaue Linie ist die gemessene lineare Trendlinie.

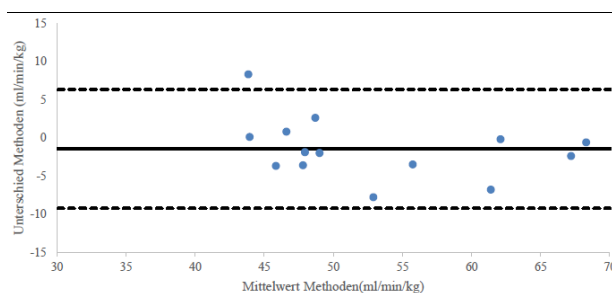


Abbildung 10. Bland-Altman-Diagramm der geschätzten maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max} ; Garmin Fenix 7) und der gemessenen VO_{2max} . Die untere Grenze lag bei -9.3 ml/min/kg, die obere Grenze bei 6.3 ml/min/kg ($n = 14$). Der systematische Fehler betrug -1.5 ml/min/kg.

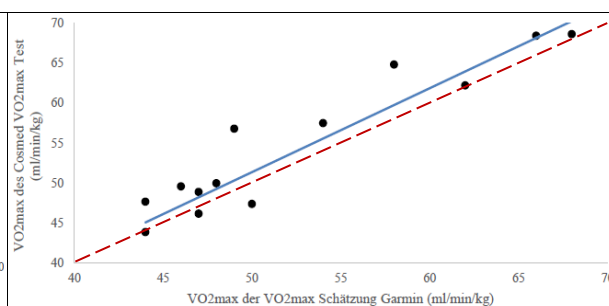


Abbildung 11. Streudiagramm der durch die Garmin Fenix 7 geschätzten maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) und der gemessenen VO_{2max} ($n = 14$). Die gestrichelte rote Linie zeigt an, wo sich die Werte bei einer Übereinstimmung der beiden Messmethoden befinden würden. Die blaue Linie ist die gemessene lineare Trendlinie.

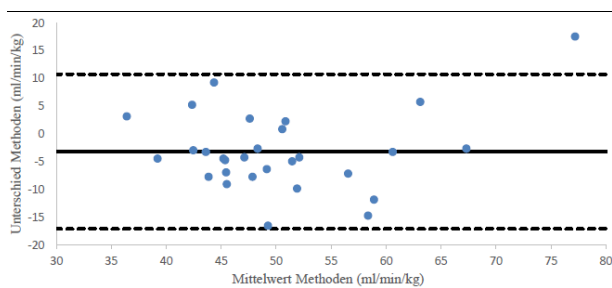


Abbildung 12. Bland-Altman-Diagramm der geschätzten maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max} ; Polar Vantage V2 - submaximaler Lauftest) und der gemessenen VO_{2max} ($n = 29$). Die untere Grenze lag bei -17.1 ml/min/kg, die obere Grenze bei 10.8 ml/min/kg. Der systematische Fehler betrug -3.2 ml/min/kg.

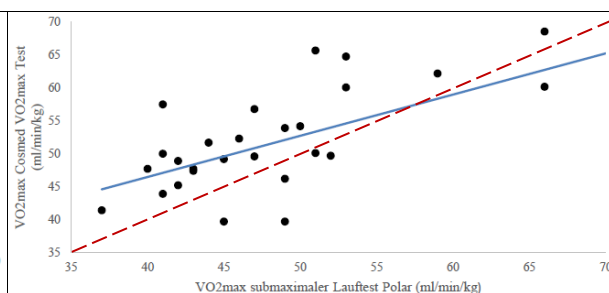


Abbildung 13. Streudiagramm der durch die Polar Vantage V2 geschätzten maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) durch den submaximalen Lauftest und der gemessenen VO_{2max} ($n = 29$). Die gestrichelte rote Linie zeigt an, wo sich die Werte bei einer Übereinstimmung der beiden Messmethoden befinden würden. Die blaue Linie ist die gemessene lineare Trendlinie.

Fazit

Der progressive Ausdauerlauf eignet sich sehr gut und auch die Garmin Sportuhr eignet sich gut, um die VO_{2max} einer Person zu schätzen. Die VO_{2max} -Schätzung durch Garmin wird laut Hersteller präziser, wenn mehrere Lauftrainings durchgeführt werden. Der submaximale Lauftest von Polar ist zu ungenau, um eine gute Einschätzung über die VO_{2max} zu erhalten.

Weiterführende Informationen

Die Masterarbeit von N. Sonderegger (Universität Freiburg, 2024) ist bei Bedarf verfügbar.

3. Training App ready (2018–2024ff)



Die ready App ermöglicht es, mit einem auf das aktuelle Fitnesslevel und dem Rekrutierungswunsch zugeschnittenen Sportprogramm zu trainieren. Dabei werden die Kraft und die Ausdauer gezielt verbessert. Zudem gibt die App Hintergrundinformationen zu den militärischen Funktionen (die Website www.miljobs.ch ist in der App implementiert), Tipps zum RS-Start und dem Fitnesstest der Armee (FTA). Auch Hinweise zur Ernährung und zu mentaler Stärke sind in der App enthalten.

Diese körperlichen und mentalen Vorbereitungen auf die RS sind wichtig. Sie können dazu beitragen, das Verletzungsrisiko zu minimieren sowie den hohen Belastungen standzuhalten. Denn der militärische Alltag ist physisch und psychisch meist deutlich anspruchsvoller als der zivile.

Die Applikation kann auch beim Berufs- und Milizpersonal für das persönliche Grundlagentraining oder als Unterstützung von Trainings in Gruppen eingesetzt werden. Dieses digitale Trainingsangebot ist in einem modernen Arbeitsumfeld eine grosse Bereicherung – die kurzen, videoangeleiteten und «pfannenfertigen» Trainingseinheiten entsprechen dem Zeitgeist.

Die Vorteile der App sind:

- Einzigartiges Ermöglichen einer personalisierten Trainingsempfehlung der Armee an die Stellungspflichtigen und die AdA
- Sich während der militärischen Laufbahn fit halten und den physischen und psychischen Anforderungen resilient entgegenzutreten
- Die Gesundheit mit Sport und Bewegung aufrechterhalten

Die Training App ready ist seit März 2019 im App Store (iOS) und im Google Play Store in Deutsch, Französisch und Italienisch verfügbar und wurde 200'102-mal heruntergeladen (Stand April 2024).

Die Nutzerinnen und Nutzer hinterlassen regelmässig wertvolle Kommentare (Feedbacks, Fragen und Wünsche) in den beiden App Stores.

Aufgrund finanzieller Engpässe und dem Transfer der App zu einem neuen Vertragspartner wurden in den Jahren 2021–2023 keine Updates für die App ready herausgegeben. Die App wurde dennoch weiterhin evaluiert und überprüft.

3.1 Qualitative Interviews zur App ready

In Zusammenarbeit mit dem «Institut des Sciences du Sport» der Universität Lausanne (ISSUL) wurden im Sommer 2020 18 Rekruten zur App ready befragt. In der folgenden Zusammenfassung der Masterarbeit von Jean-Philippe Fartaria (Universität Lausanne) wurden drei verschiedene Rekrutengruppen befragt: Rekruten, die die App noch nie genutzt haben (7); Rekruten, die die App nicht mehr nutzen (6); Rekruten, die die App nutzen (5).

Ergebnisse aus diesen Interviews:

Die Kraft- und Ausdauerübungen, die den Kern der App bilden, entsprachen weitgehend den Erwartungen der Nutzer. Die Kraftübungen wurden häufiger genutzt als die Ausdauerübungen. Der integrierte Selbsttest wurde von den Nutzern sehr gut angenommen. Laut ihren Aussagen führte das Durchführen des Tests dazu, dass sie sich über die körperlichen Anforderungen der Armee und den eigenen Fitnessstand bewusst wurden. Der Selbsttest diente somit als Motivationsquelle für das Training und als Indikator für die erzielten Fortschritte. Von den weiteren Funktionen der App wurden «Brainfood» und «Auszeichnung» sehr selten genutzt oder gar nicht wahrgenommen. Beides war für die Nutzer uninteressant.

Aus den Interviews wurden drei Nutzertypen identifiziert:

- Erstens Rekruten (n=10), die die Anwendung positiv bewerteten, bereits körperlich aktiv waren und eine Affinität zur Armee hatten. Sie nutzten hauptsächlich den Selbsttest der App, um ihre persönliche Leistungsfähigkeit zu bestimmen. Die Trainingseinheiten der App ready waren für diese Gruppe nicht interessant, da sie bereits eine eigene Trainingsroutine hatten.
- Zweitens ein Rekrut (n=1), der zuvor noch nicht trainiert hatte und mit Hilfe der App mit dem körperlichen Training begann. Hier hat die App ready genau ihren Zweck erfüllt.
- Drittens die Nicht-Nutzer (n=7). Diese Gruppe zeigte ein generelles Desinteresse an Sport und auch an der Armee.

Die befragten Rekruten erwähnten folgende mögliche Verbesserungen für die App:

Sie nannten die Möglichkeit, mit der App selbstständig Trainings zu generieren und die personalisierten Trainingspläne selbst anzupassen. Darüber hinaus gaben sie an, dass die Integration von Smartwatches oder Herzfrequenzsensoren sowie ein ansprechendes Trainingstagebuch und Fortschrittskurven die Attraktivität der App weiter steigern könnten. Gleichzeitig ist bekannt, dass die meisten der befragten Rekruten die Trainingseinheiten der App nicht regelmässig nutzten und keinen Spass daran haben, mit dem Smartphone zu trainieren. Aus diesem Grund kann bezweifelt werden, dass solche Neuerungen die Nutzerzahlen der App steigern können und die App aufgrund dieser Möglichkeiten für das Training genutzt wird.

Einige Nutzer schlugen die Einführung von «Herausforderungen» vor. Diese Herausforderungen könnten viele Formen annehmen, z. B. «Laufen Sie im Juni 10 km» oder «Machen Sie 500 Liegestütze in einer Woche». Sie nannten zudem das Schaffen einer Gemeinschaft (Community) innerhalb der App, um das Engagement weiter zu fördern. Das Erstellen von öffentlichen Ranglisten, in denen sich die Nutzer vergleichen können, wurde als eine weitere Möglichkeit genannt, die Trainingsmotivation zu steigern.

Fazit

Die Analyse der in zwei Kasernen erhobenen Daten zeigte, dass die App ihr Ziel (Personen, die bisher wenig oder gar nicht körperlich aktiv waren) nur sehr eingeschränkt erreichte.

Es zeigte sich, dass Personen, welche kein Interesse an der Armee oder am Sport hatten, die App ready nicht nutzten und den Sinn einer Nutzung nicht sahen. Um diese Personen zu erreichen, muss also nicht die App geändert werden, sondern vielleicht die Kommunikation rund um die App ready. Indem man die Kommunikation auf Personen ausrichtet, die bisher keinen Bezug zum Sport haben, ist es möglich, dass sie sich angesprochen fühlen, sich für die App interessieren und die Wichtigkeit der körperlichen Leistungsfähigkeit für die Rekrutenschule verstehen.

Das Interesse am Sport, an der Armee und an neuen Technologien ermutigte zukünftige Rekruten, die App zu nutzen. Umgekehrt führte mangelndes Interesse an den oben genannten Bereichen dazu, dass die App nicht genutzt wurde.

Weiterführende Informationen

Die Original-Masterarbeit von J.P. Fartaria (Universität Lausanne, 2020) ist bei Bedarf verfügbar.

3.2 Befragung von Rekrutinnen und Rekruten zum Nutzungsverhalten der App ready

Zum RS-Start 2-2021 wurde bei allen startenden Rekruten eine Befragung zur Bekanntheit und dem Nutzungsverhalten der App ready durchgeführt. Es zeigte sich, dass von den 3536 befragten Personen 77% (2736 Personen) die App ready kannten. 1686 Personen hatten die App installiert. Von allen befragten Rekrutinnen und Rekruten gaben 13% an, dass sie mindestens einmal mit der App trainiert haben (443 Personen). Im Vergleich dazu: Im Jahr 2020 gaben 7% an, dass sie mit der App ready trainierten. Bevor die App ready im März 2019 auf den Markt kam, trainierten 7% mit einer beliebigen Fitness-App. Die Mehrheit (23%; 827) aller Rekrutinnen und Rekruten installierten die App ready am Orientierungstag (Abbildung 14).

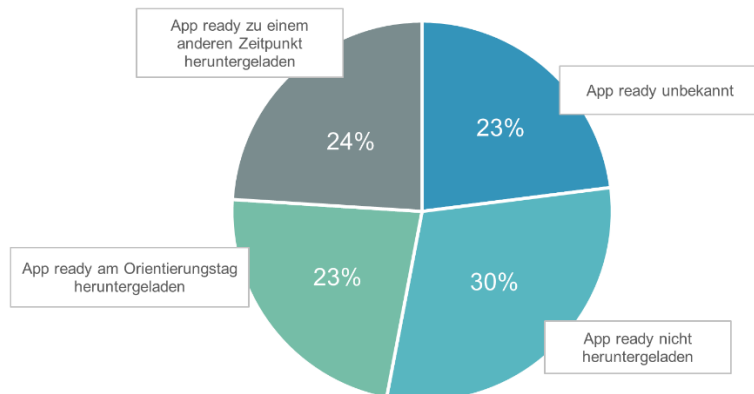


Abbildung 14. RS-Start 2/2021 - Anteil der Rekrutinnen und Rekruten, welche die App kannten und zu einem bestimmten Zeitpunkt herunterluden.

Aus den folgenden Gründen wurde die App ready nicht genutzt:

- 67% – Persönliche Barrieren oder eigenes Trainingskonzept
- 17% – Kommunikation der App, Informationen zum Nutzen fehlten
- 8% – Barrieren der App
- 9% – Keine Antwort

Antworten der 443 Personen, die mit der App trainierten

Die Rückmeldungen der 443 App-ready-Nutzenden sind insgesamt sehr positiv. Die folgenden Auswertungen basieren auf den Antworten dieser 443 Personen.

Die Abstimmung der Trainingsintensität der Kraft- sowie der Ausdauertrainingseinheiten auf die persönliche körperliche Fitness wird von den meisten (64 % respektive 55 %) als «gerade richtig» eingestuft. Die Ausdauertrainings empfinden 16% als «viel zu leicht» oder «eher zu leicht». Beim Krafttraining liegt dieser Anteil bei 21%. Im Gegensatz dazu empfinden 22% die Ausdauertrainings als «eher zu streng» oder «viel zu streng», beim Krafttraining ist dieser Anteil etwas tiefer und liegt bei 11% (Abbildung 15).

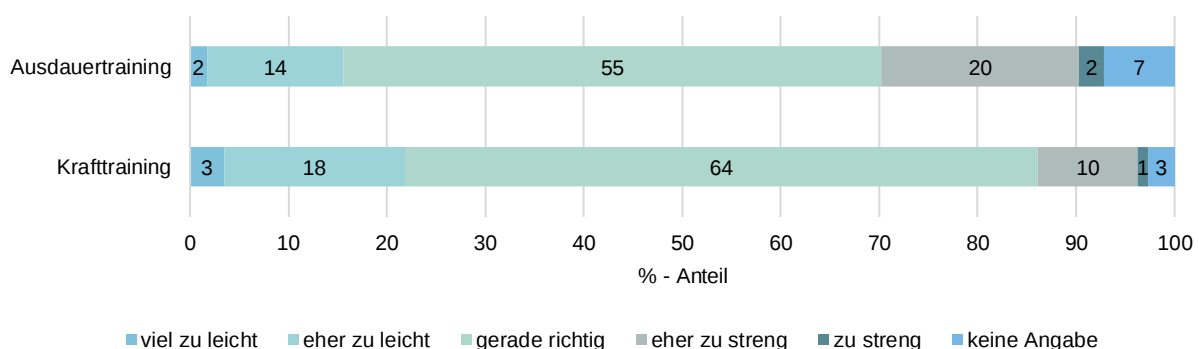


Abbildung 15. Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie waren die Trainings auf Ihre körperliche Fitness abgestimmt?

63% der Benutzerinnen und Benutzer wünschen sich, dass sie ihre eigene Leistung über eine längere Zeitspanne in einer Art Trainingstagebuch verfolgen können. Knapp die Hälfte (48%) begrüsst eine Erweiterung des Trainingsangebotes. Die einfachere Handhabung und Navigation stossen bei 46% auf Interesse.

Zwischen 34% und 44% der Benutzerinnen und Benutzer wünschen sich andere Punkte (Vergleich der persönlichen Leistungen mit einer Community, ein ansprechenderes Erscheinungsbild/Design (Abbildung 16), ein Belohnungssystem (durch die Leistung Goodies erhalten), eine Anbindung an eine Sportuhr oder Smartwatch).

Fazit

Personen, die die App nicht kennen oder denen der Nutzen der App nicht ausreichend erklärt wurde, sollen durch gezielte Kommunikation abgeholt werden. Deshalb wurde im September 2022 ein Video lanciert, das deutlich macht, dass im militärischen Dienst die physische Readiness ein Schlüsselement darstellt. Im Video werden die Wichtigkeit von körperlicher Fitness veranschaulicht und die App als Trainingstool eingeführt. [Link zum Video «Sport in der Armee»](http://www.mediathek.admin.ch) (www.mediathek.admin.ch)

Die Orientierungstage scheinen ein guter Zeitpunkt zu sein, die App zu präsentieren und die Vorteile einer Nutzung der App ready aufzuzeigen. Auch der Rekrutierungstag eignet sich gut, um die App bekanntzumachen. Da die AdA ab diesem Zeitpunkt Resultate aus dem FTA haben und ihre zukünftige Funktion bei der Armee kennen, können sie mit der Eingabe dieser Resultate in der App noch gezielter trainieren und sich auf die bevorstehende RS vorbereiten.

Die Hürden der App sollen durch eine weitere Verbesserung beseitigt werden. Es geht darum, die Personen nicht zu verlieren und sie im besten Fall zum Training mit der App zu motivieren.

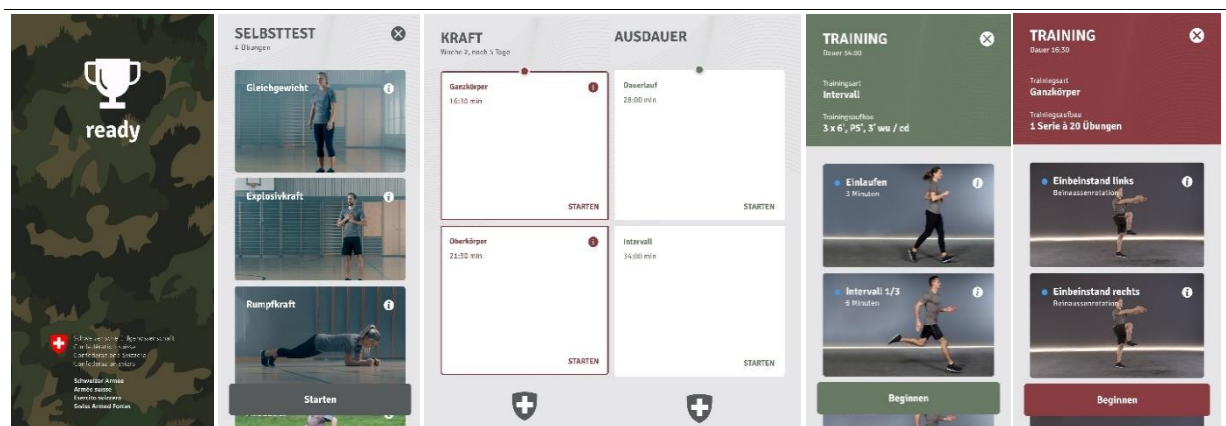


Abbildung 16. Von 39 % der Rekrutinnen und Rekruten, die mit der App mindestens einmal trainiert haben, wird angeregt, das Erscheinungsbild zu überarbeiten.

3.3 Überprüfung des Fitness-Selbsttests der App ready

Der in der App ready integrierte digitale Selbsttest dient – in Kombination mit der Zielfunktion in der Armee oder dem persönlichen Trainingsziel – der Generierung eines persönlichen und passgenauen Trainingsplans. Der Selbsttest der App ready entspricht teilweise dem FTA. Die Disziplinen wurden so angepasst, dass die Resultate mit dem Smartphone erfasst werden können und für die Testdurchführung kein Equipment und keine Testleitungsperson nötig sind. Daher wurden neben dem bekannten Globalen Rumpfkrafttest und dem Einbeinstand zwei neue Disziplinen eingeführt. Dabei handelt es sich um den Countermovement Jump (CMJ)^c, der die Explosivkraft der Beine testet (Abbildung 17) und den 4-Minuten-Lauf, der die Ausdauerleistungsfähigkeit misst. Für den FTA existieren bereits etablierte Wertetabellen. Die Leistungsbeurteilung durch den Selbsttest der App ready soll genauso präzise sein wie der FTA selbst. Deshalb wurden mehrere Studien durchgeführt, um die Messgenauigkeit der App ready und die Umrechnungsformeln vom Selbsttest auf den FTA zu überprüfen.

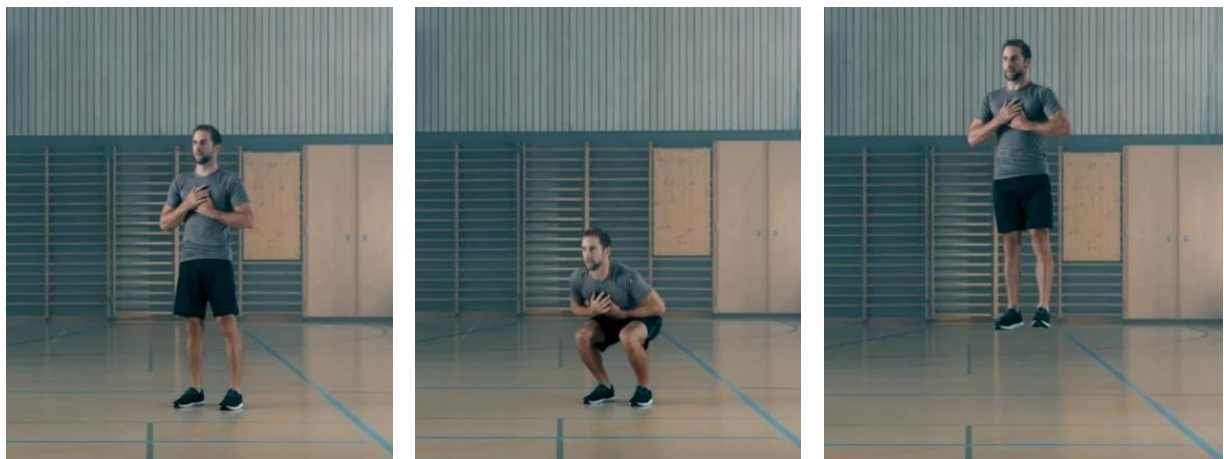


Abbildung 17. Ablauf Countermovement Jump des Selbsttests der App ready.

Messgenauigkeit der App ready beim CMJ:

Zuerst wurde die Messgenauigkeit des CMJ der App ready überprüft. Dafür wurde bei 27 Frauen und 8 Männern die Flugzeit beim CMJ mit der App ready und gleichzeitig mit dem Referenzgerät Optojump gemessen. Mit der App ready wurde eine um 1.5 % ($p < 0.05$) niedrigere Flugzeit (453 ± 60 ms) gemessen als mit dem Optojump-System (460 ± 65 ms). Die Resultate zeigten einen starken Zusammenhang ($r = 0.839$, $p < 0.05$) zwischen dem CMJ, gemessen mit dem Handy, und dem Referenzsystem Optojump.¹⁶

Vergleichbarkeit CMJ und Standweitsprung – Entwicklung der Wertetabelle:

Bei 29 Frauen und 42 Männern wurde anschliessend die Vergleichbarkeit vom CMJ zum Standweitsprung untersucht. In diesem Teil der Studie erreichten die Probanden eine durchschnittliche Flugzeit von 596 ± 58 ms im CMJ im Vergleich zu einer Distanz von 2.35 ± 0.36 m im Standweitsprung. Die Korrelation zwischen den beiden Tests war stark ($r = 0.829$, $p < 0.05$).¹⁶ Durch die Berechnung der Punktzahl via den Standweitsprung wurde die Wertetabelle des CMJ entwickelt.

Vergleichbarkeit CMJ und Einwiederholungsmaximum (1RM):

Zudem führten 14 Probanden (7 Frauen und 7 Männer) den CMJ im Vergleich zum 1RM an der Beinpresse durch. Die Probanden erreichten beim CMJ eine durchschnittliche Flugzeit von 432 ± 98 ms im Vergleich zu 181.57 ± 43.08 kg beim 1RM-Beindrücktest. Der Zusammenhang zwischen den beiden Tests war hoch ($r = 0.782$, $p < 0.05$) und erhöhte sich, wenn das Körpergewicht in die lineare Regression zur Schätzung des 1RM aus den CMJ-Daten einbezogen wurde ($r = 0.837$, $p < 0.05$). Die Regressionsformeln zur Berechnung von Sprunghöhe und 1RM aus dem CMJ sind in Tabelle 5 dargestellt.¹⁶

^c Der Countermovement Jump (CMJ) ist eine Sprungform, die in der Sportwissenschaft zur Sprungdiagnostik eingesetzt wird, um die Kraftfähigkeit der Beinmuskulatur zu testen.

Tabelle 5. Geschätzte Sprunghöhe und Einwiederholungsmaximum (1RM) auf Grundlage des Countermovement Jump (CMJ).

Abhängige Variable	Schätzung, basierend auf dem CMJ der App ready	r
Sprunghöhe (m)	$\text{Sprunghöhe} = (g \cdot t_{\text{CMJ}}^2 [s]) / 8$	1.00
1RM Beinpresse (kg)	$1\text{RM} = 249.927 \cdot t_{\text{CMJ}} [s] + 1.264 \cdot \text{Körpergewicht [kg]} - 10.265$	0.84

Anmerkungen. g: Gravitationsbeschleunigung (9.81 m/s²); t_{CMJ}: Flugzeit in Sekunden; r: Korrelationskoeffizient. Die Resultate wurden dem Originalabstract «Assessment of muscle strength by the mobile application ready is valid for military training and selection procedures» von Wyss et al. (2020) entnommen.¹⁶

Wiederholbarkeit Rumpfkrafttest, Einbeinstand und CMJ der App ready:

In dieser Masterarbeit wurde überprüft, wie gut sich die erreichten Resultate im Selbsttest reproduzieren lassen.¹⁷ Die Resultate von 44 Berufsschülerinnen und Berufsschülern zeigten, dass der Rumpfkrafttest eine gute Wiederholbarkeit (Intraklassenkorrelation (ICC) = 0.9, CI = 0.83-0.95; $r = 0.83$; $p = 0.31$) hat und somit eine gute Methode ist, die Rumpfkraft mittels der App ready zu testen.¹⁸

Die Ergebnisse des Einbeinstands (ICC = 0.6, CI = 0.25-0.78; $r = 0.47$; $p = 0.81$) waren vergleichbar mit den Werten des Einbeinstands ($r = 0.50$) des aktuellen FTA.^{11,18}

Der CMJ hingegen zeigte eine mässige Zuverlässigkeit (ICC= 0.58, CI=0.25-0.77; $r=0.44$). Wenn der CMJ mit einem Android-Gerät durchgeführt wurde, war der ICC niedriger, als wenn er mit einem iPhone durchgeführt wurde (0.38 (-0.53 – 0.81) und 0.71 (0.40 – 0.86)). Zudem verbesserten sich die Schülerinnen und Schüler signifikant vom ersten zum zweiten Test (455 ± 77 ms vs. 485 ± 93 ms, $p = 0.04$), was sehr wahrscheinlich auf eine Gewöhnung an die Übung zurückzuführen ist.¹⁸ Der CMJ ist eine komplexe Bewegung. Ungeübte Sportlerinnen und Sportler erreichen bereits durch die Gewöhnung an die Bewegung eine bessere Leistung und nicht durch eine tatsächliche Leistungssteigerung. Darüber hinaus wurde erkannt, dass die Qualität und das Betriebssystem der Smartphones einen Einfluss auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse haben.

Vergleichbarkeit CMJ und Standweitsprung – Weiterentwicklung und Verbesserung der Wertetabelle:

Für diesen Vergleich wurden die Resultate von 88 männlichen Rekruten der Infanterie Durchdienerschule in Birmensdorf ausgewertet. Zwischen dem CMJ (Mittelwert aus zwei Sprüngen: 506 ± 49 ms) und dem Standweitsprung (bester Versuch aus 3 Sprüngen: 2.36 ± 0.17 m) bestand ein moderater Zusammenhang ($r = 0.41$). Der Zusammenhang wurde grösser, wenn das Gewicht der Rekruten in die Formel miteingerechnet wurde. Die Korrelation von CMJmean/kg mit dem Standweitsprung/kg ergab dann einen Wert von $r = 0.83$, was einem starken Zusammenhang entspricht.

Vergleichbarkeit progressiver Ausdauerlauf und 4-Minuten Lauf:

77 Rekruten der Infanterie Durchdienerschule in Birmensdorf absolvierten den progressiven Ausdauerlauf (aus dem FTA) sowie den 4-Minuten Lauf. Durchschnittlich erreichten sie im 4-min-Lauf eine Lauftanz von 1063 ± 88 Meter und im progressiven Ausdauerlauf eine Laufzeit von 985 ± 128 Sekunden (16:25 ± 2:08 min). Es zeigte sich, dass der progressive Ausdauerlauf einen starken Zusammenhang ($r = 0.78$) mit dem 4-Minuten-Lauf aufweist. Diese Auswertung ermöglicht es, die Punktzahl im 4-Minuten-Lauf neu über den progressiven Ausdauerlauf anstelle über den 12-Minuten Lauf zu berechnen, wie es bisher gemacht wurde.

Messgenauigkeit des 4-Minuten-Laufs der App ready:

Zwei Masterarbeiten beschäftigten sich mit der Validität der Distanzmessung des 4-Minuten-Laufs der App ready.^{19,20} Der Schwerpunkt dieser Arbeiten lag auf der Genauigkeit der Distanzmessung mittels globalem Positionsbestimmungssystem (GPS) oder des in Smartphones integrierten Schrittzählers. Ausserdem wurde der Einfluss des Smartphone-Typs auf die Distanzmessung untersucht. Im Jahr 2020 führten fünf Testpersonen 114 Läufe durch.

Die von der App ready angezeigte Distanz für den 4-Minuten-Lauf betrug durchschnittlich 574 ± 131 m, während die mit dem Massband gemessene Distanz bei 653 ± 156 m und einer durchschnittlichen Laufgeschwindigkeit von 2.72 m/s lag. Es wurde ein systematischer Messfehler von -79 ± 144 m, ein mittlerer absoluter Messfehler (MAE) von 111 ± 120 m und ein mittlerer prozentualer Messfehler (MAPE) von 15.7 ± 14.5 % gemessen. Insgesamt lagen die Differenzen zwischen -562 m und 159 m, beziehungsweise bei bis zu 62 %. Der Anteil der Messwerte, die innerhalb der Toleranz von 10% lagen, betrug 47.4%.

Insbesondere ein Smartphone (Huawei P10) lieferte sehr schlechte Messergebnisse. Die Messgenauigkeit ohne dieses Messgerät sowie die Ergebnisse mit ein- und ausgeschaltetem GPS sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6. Distanzmessgenauigkeit der App ready mit und ohne GPS bei Android-Smartphones und iPhones.

	Alle		Alle (ohne Huawei)		iPhone		Android (ohne Huawei)	
	GPS ein	GPS aus	GPS ein	GPS aus	GPS ein	GPS aus	GPS ein	GPS aus
Distanz gemessen (m)	653 ± 159	653 ± 156	628 ± 153	631 ± 152	645 ± 149	652 ± 156	595 ± 162	586 ± 138
Distanz App (m)	584 ± 136	564 ± 127	589 ± 138	595 ± 109	591 ± 114	595 ± 117	586 ± 181	593 ± 92
Systematischer Messfehler (m)	-68 ± 107	-89 ± 172	-39 ± 73	-36 ± 109	-54 ± 79	-57 ± 94	-9 ± 46	8 ± 129
Absolute Differenz (m)	85 ± 94	135 ± 138	59 ± 57	90 ± 71	71 ± 64	88 ± 65	35 ± 30	94 ± 85
Differenz (%)	-9 ± 14	-10 ± 24	-5 ± 10	-3 ± 17	-7 ± 11	-7 ± 14	-2 ± 7	5 ± 12
Absolute Differenz (%)	12 ± 11	19 ± 16	9 ± 7	14 ± 10	10 ± 8	13 ± 8	6 ± 4	17 ± 13
Laufgeschwindigkeit (m/s)	2.7 ± 0.7	2.7 ± 0.7	2.6 ± 0.6	2.6 ± 0.6	2.7 ± 0.6	2.7 ± 0.7	2.5 ± 0.7	2.4 ± 0.6
10% Genauigkeit (%)	59 (33/56)	36 (21/58)	69 (33/48)	42 (21/50)	59 (19/32)	44 (15/34)	88 (14/16)	38 (6/16)

Anmerkungen. Die Werte sind Mittelwert ± Standardabweichung. GPS: Globales Positionsbestimmungssystem.

Bei ausgeschaltetem GPS wurde die Distanz von der App ready bei kürzeren Distanzen überschätzt und bei längeren Distanzen unterschätzt. Diese Beobachtung wurde bei allen Smartphone-Typen gemacht. Bei drei Smartphone-Typen wurde die Distanz bei kürzeren Distanzen unterschätzt (Huawei P10, Nokia 9 und iPhone 6s; Abbildung 18).

Die beiden Masterarbeiten zeigten, dass die Messgenauigkeit beim 4-Minuten-Lauf mit eingeschaltetem GPS bei allen getesteten Smartphones präziser war als mit dem Schrittzähler (Abbildung 19). Der Smartphone-Typ hatte den grössten Einfluss auf die Messgenauigkeit im 4-Minuten-Lauf. Die Erfassung der zurückgelegten Distanz mittels GPS wurde mit jüngeren Smartphone-Generationen zunehmen präziser. Die Messgenauigkeit konnte durch die Wahl einer Laufstrecke mit möglichst wenigen Kurven und Richtungsänderungen optimiert werden.

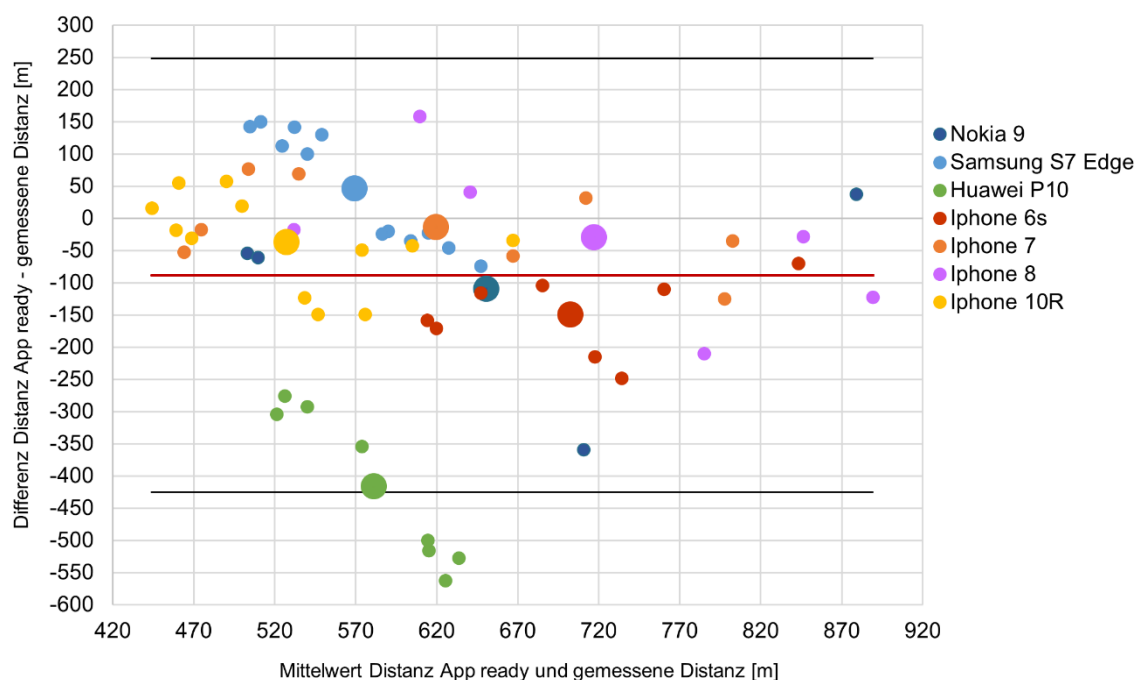


Abbildung 18. Bland-Altman-Diagramm zur Beurteilung der Übereinstimmung zwischen der angegebenen Distanz im 4-Minuten-Lauf der App ready bei ausgeschaltetem GPS (GPS aus) und der gemessenen Distanz. Auf der y-Achse ist die Differenz und auf der x-Achse der Mittelwert der beiden Messungen dargestellt. Die grösseren Punkte sind die Mittelwerte der jeweiligen Geräte. Die rote Linie ist der systematische Fehler (mittlere Differenz) über alle Messungen, dieser beträgt -89 m. Die beiden schwarzen Linien liegen bei $\pm 1.96 \cdot$ Standardabweichung der Differenz, das entspricht 248 m respektive -425 m (n = 59).

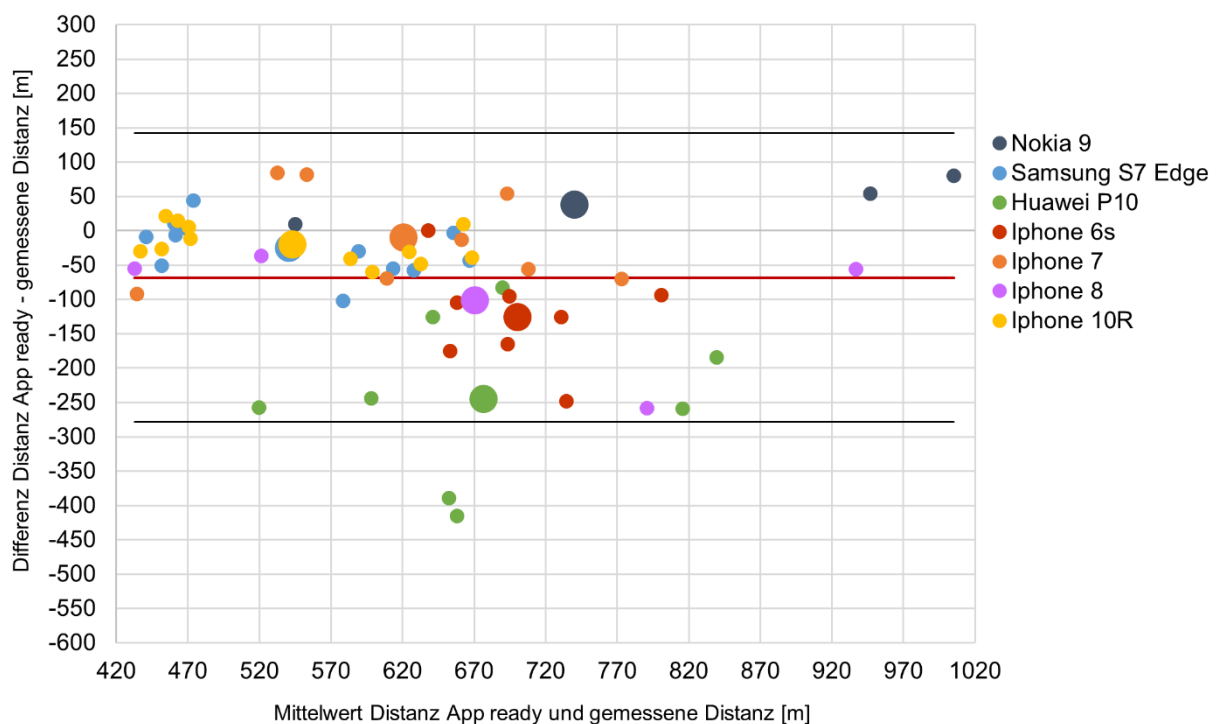


Abbildung 19. Bland-Altman-Diagramm zur Beurteilung der Übereinstimmung zwischen der angegebenen Distanz im 4-Minuten-Lauf der App ready bei eingeschaltetem GPS (GPS ein) und der gemessenen Distanz. Auf der y-Achse ist die Differenz und auf der x-Achse der Mittelwert der beiden Messungen dargestellt. Die grösseren Punkte sind die Mittelwerte der jeweiligen Geräte. Die rote Linie ist der systematische Fehler (mittlere Differenz) über alle Messungen, er beträgt -68 m. Die beiden schwarzen Linien liegen bei $\pm 1.96 \cdot \text{Standardabweichung der Differenz}$, das entspricht 142 m respektive -279 m (n = 56).

Fazit

Der Selbsttest der App ready hat sein Ziel – sich ohne Hilfsmittel und selbständig zu testen und dadurch einen massgeschneiderten Trainingsplan zu erhalten – grösstenteils erreicht. Mit leichten Anpassungen kann der Test optimiert und noch besser auf die Zielgruppe abgestimmt werden.

Die beiden neu entwickelten Disziplinen 4-Minuten-Lauf (anstelle des progressiven Ausdauerlaufs) und CMJ (anstelle des Standweitsprungs) sowie auch die beiden bereits bekannten Feldtests Rumpfkrafttest und Einbeinstand eignen sich für den Einsatz in der App ready. Um die Zuverlässigkeit des CMJ im Selbsttest der App ready zu erhöhen, schlägt die Fachgruppe Monitoring und Evaluation vor, den Mittelwert von zwei Versuchen im CMJ und die neu errechnete Formel inklusive Körpergewicht zu verwenden. Für den 4-Minuten-Lauf wird empfohlen, das GPS einzuschalten und den Lauf auf einer Strecke ohne oder mit wenigen, möglichst weiten Kurven durchzuführen. Ausserdem wird vorgeschlagen, die Leistung im 4-Minuten-Lauf ebenfalls mit der neuen, optimierten Wertetabelle abzubilden. Die Trainingsempfehlung der App ready kann so noch besser auf die persönliche Leistungsfähigkeit abgestimmt werden.

Ausblick

Folgende neue Formeln werden beim umfassenden App ready Update im Jahr 2024 für die Berechnung des Standweitsprungs und der Ausdauerleistungsfähigkeit verwendet:

$$\text{Standweitsprung [m/kg]} = 0.006334 + 0.003741 \cdot \text{CMJmean [m/kg]}$$

$$\text{Progressiver Ausdauerlauf (aussen) [s]} = -221.648 + 1.135 \cdot \text{4-min Lauf [m]}$$

Weiterführende Informationen

Die ersten drei Teile der Überprüfung des Selbsttests der App ready (Messgenauigkeit der App ready beim CMJ; Vergleichbarkeit CMJ und Standweitsprung – Entwicklung der Wertetabelle; Vergleichbarkeit CMJ und Einwiederholungsmaximum [1RM]) wurden von T. Wyss im Jahr 2020 als «Conseil International du Sport Militaire (CISM) Sport Science Abstract» veröffentlicht. Der Originaltext mit dem Titel «Assessment of muscle strength by the mobile application ready is valid for military training and selection procedures» ist bei Bedarf verfügbar.

R. Volken (2020) und F. Canepa (2021), beide Universität Fribourg, haben in ihren Masterarbeiten «Validierung der Laufdistanz beim 4-Minuten-Lauf der App Ready: Untersuchung verschiedener Einflussfaktoren auf die Laufdistanz» und «Validierung der Laufdistanz beim 4-Minuten-Lauf der App Ready» den 4-Minuten-Lauf untersucht.^{19,20} Die Originalarbeiten von [R. Volken](#) und [F. Canepa](#) sind unter den jeweiligen Links auf FOLIA (institutionelles Repositorium der Universität Fribourg) zu finden.

K. Bärffuss (Universität Freiburg, 2021) untersuchte in der Masterarbeit mit dem Titel «Ein digitaler Fitnesstest als Leistungsüberprüfung an Berufsschulen – Reliabilität des Selbsttests der Training Applikation «ready» zur Beurteilung des Gleichgewichts, der Explosivkraft, der Rumpfkraft und der Ausdauer von Berufsschülerinnen und Berufsschülern» bei 44 Berufsschülerinnen und Berufsschülern die Wiederholbarkeit des Selbsttests der App ready.¹⁷ Die Originalarbeit ist unter diesem [Link](#) auf FOLIA zu finden.

Zudem wurden die Resultate der genannten Masterarbeit und der Datenerhebung bei den Rekruten der Infanterie Durchdienerschule in Birmensdorf am «Congress of the European College of Sports Science 2021 (ECSS)» durch ein E-Poster präsentiert.¹⁸ Der [Originaltext](#) sowie das [E-Poster](#) sind online auf der ECSS Website zu finden.

3.4 Überprüfung der Energieverbrauchsrechnung bei Krafttrainingseinheiten der App ready

Die App ready berechnet für jedes absolvierte Krafttraining den Energieverbrauch der körperlichen Aktivität. Dies geschieht über die metabolischen Äquivalentwerte (MET-Werte) aus dem «2011 Compendium of Physical Activities».²¹ Dieser Katalog beinhaltet für jede körperliche Aktivität ein korrespondierender MET-Wert. Je intensiver eine körperliche Aktivität ist, desto höher wird der MET-Wert. Je höher der MET-Wert ist, desto höher ist der Energieverbrauch pro investierte Minute.

Das Ziel der Bachelorarbeit von M. Pini war es, diese Schätzung des Energieverbrauchs der App ready mittels indirekter Kalorimetrie (Spiroergometer MetaMax 3B) bei 25 Schülerinnen und Schülern (16.1 ± 1.8 Jahre alt) zu überprüfen. Es wurden 18 Ganzkörpertrainings (GKT) und 17 hochintensive Intervalltrainings (HIIT) der App ready untersucht. Bei der App ready wurde ein mittlerer Energieverbrauch von 111.9 ± 47.8 kcal gemessen, beim Referenzgerät ein mittlerer Energieverbrauch von 157.2 ± 64.3 kcal, dieser Unterschied war signifikant ($p < 0.001$). Gleichzeitig war die Korrelation zwischen den beiden Geräten gross ($r_s = 0.897$). Die mittlere absolute Differenz des Energieverbrauchs zwischen der App ready und dem Referenzgerät betrug bei den GKT -47.9 ± 27.8 kcal (-35.1 ± 11.2 %) und -42.4 ± 32.1 kcal (-21.3 ± 11.4 %) bei den HIIT.

Fazit

Die Resultate zeigten, dass die App ready den Energieverbrauch bei beiden Trainingsarten unterschätzte; bei den GKT um 21.3 %, bei den HIIT um 35.1%.²²

Ausblick

Um den Energieverbrauch bei den Krafttrainingseinheiten präzise zu berechnen, wird im umfassenden App ready Update im Jahr 2024 der MET-Wert für GKT von 3.8 auf 4.6 MET und für HIIT von 8.0 auf 10.8 MET angehoben.

Weiterführende Informationen

M. Pini (Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen EHSM, 2022) untersuchte in der Bachelorarbeit mit dem Titel «Validierung der Smartphone-Applikation «Ready» zur Messung des Energieverbrauchs während Krafttrainings bei Jugendlichen» bei 25 Schülerinnen und Schülern die Messgenauigkeit des Energieverbrauchs in Krafttrainingseinheiten der App ready.²² Die Originalarbeit ist auf der EHSM-Publikationsdatenbank ([Link](#)) unter «Suche Qualifikationsarbeiten» zu finden.

4. Publikationen in Zusammenarbeit mit der NATO-Arbeitsgruppe «Human Factors and Medicine» (2021 / 2022)

Die EHSM führte in Zusammenarbeit mit den Niederlanden, den Vereinigten Staaten von Amerika und dem Vereinigten Königreich im Rahmen des NATO-Gremiums «Human Factors and Medicine» (HFM-260: Enhancing Warfighter Effectiveness with Wearable Biosensors and Physiological Models)^d Studien durch. Die Erkenntnisse aus diesen Studien wurden unter anderem in folgenden zwei Artikeln veröffentlicht.

Die Studie «Ambulatory Energy Expenditure Estimation in Soldiers (AEEES)» hatte zum Ziel, die Genauigkeit, Machbarkeit und den Tragekomfort der wichtigsten am Körper tragbaren Sensoren zur Schätzung des Energieverbrauchs und der Herzfrequenz von Soldaten und Soldatinnen zu überprüfen.

Die Studie «March in March» hatte zum Ziel, die physiologischen Prozesse von Soldaten während eines 34-km-Marsches zu untersuchen.

4.1 Validierung von körpertragbaren Geräten zur Messung des Energieverbrauchs und der Herzfrequenz im militärischen Einsatzbereich

Rekruten der Infanterie-RS in Aarau wurden mit mehreren körpertragbaren Sensoren ausgerüstet, um die Messgenauigkeit verschiedener Geräte und Algorithmen zu untersuchen. Die getesteten Geräte werden von militärischen Organisationen weltweit eingesetzt, um die körperlichen Belastungen und Tätigkeiten zu messen und um schliesslich personelle Ressourcen sinnvoll einsetzen zu können.

Die Studie zeigte bei allen untersuchten Geräten eine ausgezeichnete Validität in Bezug auf die Herzfrequenz (mittlerer absoluter prozentualer Fehler (MAPE) <1.4%) und eine schlechte bis mässige Validität in Bezug auf den Energieverbrauch (MAPE zwischen 29.9% und 75.1%) im Vergleich zur Kriteriumsmessung. Insgesamt schnitt das Everion®-Gerät (heute: Biofourmis, Boston, Vereinigte Staaten von Amerika; damals: Biovotion, Zürich, Schweiz) sowohl beim Energieverbrauch als auch bei der Messung der Herzfrequenz am besten ab. Everion® ist ein medizinisches Gerät, das physiologische Parameter wie Herzfrequenz, Atemfrequenz, Hauttemperatur, Aktivitätslevel und Sauerstoffsättigung messen kann. Da das Gerät am Oberarm angebracht wird, ist das System bei militärischen Tätigkeiten besonders gut geeignet, da es einen guten Tragekomfort bietet und andere Ausrüstungsgegenstände nicht beeinträchtigt. Das getestete Schweizer System PADIS 2.0 berechnete den Energieverbrauch am zweitbesten (MAPE 37.5 %) und lag bei der Genauigkeit der Herzfrequenzmessung an vorderster Stelle zusammen mit zwei anderen Geräten (MAPE 0.9%). Auch das Schweizer System eignet sich bezüglich Tragekomfort sehr gut für den Einsatz im Militärdienst.

Fazit

- Die Fachgruppe Monitoring und Evaluation arbeitet weiterhin mit dem Schweizer System PADIS 2.0 (welches im Rahmen der Studie PADIS entwickelt wurde), um während des Militärdiensts den Energieverbrauch von Soldatinnen und Soldaten objektiv zu erheben.
- Grundsätzlich eignen sich Sensoren, die am Oberarm platziert werden, für Messungen bei militärischen Tätigkeiten am besten. Dies wird bei zukünftigen Studien berücksichtigt.

Weiterführende Informationen

Die Resultate dieser Studie wurden 2021 in der Zeitschrift «Physiological Measurement» publiziert: Gilgen-Ammann R, Roos L, Wyss T, Veenstra BJ, Delves SK, Beeler N, Buller MJ, Friedl KE. Validation of ambulatory monitoring devices to measure energy expenditure and heart rate in a military setting. *Physiol Meas* (2021). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6579/ac19f9>

^d Die NATO-Organisation für Wissenschaft und Technologie wurde geschaffen, um den wissenschaftlichen und technologischen Bedarf des Bündnisses und seiner Partnerstaaten zu decken. Das Gremium «Human Factors and Medicine» (www.sto.nato.int - [The Human Factors and Medicine Panel](https://www.sto.nato.int/The-Human-Factors-and-Medicine-Panel)) schafft die wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen für die Optimierung von Gesundheit, Schutz, Wohlbefinden und Leistung des Menschen im Einsatzumfeld. Dies wird durch Informationsaustausch und gemeinsame Experimente und Feldversuche erreicht.

4.2 March in March – Der Einfluss der Ausdauerleistungsfähigkeit von Soldaten auf physiologische Reaktionen während eines 34-km-Marsches

Während des 34-km-Marsches in der Durchhaltewoche wurden die Herzfrequenz, die Körperkerntemperatur sowie der Energieverbrauch und die Energieaufnahme (Nahrung) bei Soldaten gemessen und aufgezeichnet. Anhand dieser Daten wurde untersucht, wie sich die genannten Parameter bei Soldaten mit unterschiedlicher Ausdauerleistungsfähigkeit verhalten. Zusätzlich wurde erfasst, wie viele Soldaten den Marsch vorzeitig abbrechen mussten. Die teilnehmenden Soldaten gehörten der Rettungsschule 75 in Wangen an.

Es zeigte sich, dass die am besten ausdauertrainierten Soldaten niedrigere maximale Kernkörpertemperaturen und niedrigere Herzfrequenzen aufwiesen als die weniger gut ausdauertrainierten Soldaten. Die maximale Körperkerntemperatur lag in keiner Gruppe über 38.5°C bei einer Aussentemperatur von 7°C am Start und 2°C am Ziel. In den Pausen, die im Durchschnitt 20 Minuten dauerten, sanken die Herzfrequenz und die Körperkerntemperatur bei allen Soldaten gleich stark ab.

Der Energieverbrauch während des 34 km langen Marsches war bei allen Soldaten extrem hoch: Sie verbrauchten während des 8-stündigen Marsches ca. 4800 kcal. Dieses Defizit konnte dabei von allen Soldaten bei Weitem nicht gedeckt werden, es resultierte ein durchschnittliches Energiedefizit von -3614 kcal. Soldaten mit einer höheren Ausdauerleistungsfähigkeit hatten einen geringeren Gesamtenergieverbrauch, konnten mehr Nahrung zu sich nehmen und hatten somit eine etwas geringere negative Energiebilanz (-3050 kcal) als die anderen Soldaten.

9 (von insgesamt 55 untersuchten Soldaten) mussten den Marsch abbrechen. Es gab keine Abbrüche bei der Gruppe von Soldaten mit höchster Ausdauerleistungsfähigkeit. Abbruchgründe waren Schmerzen oder Blasen an den Füßen (4), Knieschmerzen (1), Rückenschmerzen (1), Muskelkrämpfe (1), Blasen, Muskelkrämpfe und Knieschmerzen (1), keine Angabe (1).

Der Energiezufuhr während sowie dem raschen Wiederauffüllen der Energiespeicher nach einem solchen Marsch sollten grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden. Ausserdem ist eine gute Ausdauerleistungsfähigkeit mit einem geringeren Risiko verbunden, den Marsch abbrechen zu müssen (und mögliche Folgebeschwerden zu erleiden).

Fazit

- Die Studie verdeutlichte, dass eine höhere Ausdauerleistungsfähigkeit bei Soldaten das Risiko eines vorzeitigen Abbruchs verringerte.
- Ein 34-km-Marsch führte zu einem grossen Energiedefizit bei allen Soldaten. Einem raschen Wiederauffüllen der Energiespeicher nach einem solchen Marsch sollte grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden. Zudem sollte die Nahrungsaufnahme unter Belastung geübt werden.

Weiterführende Informationen

Der volle Text (Englisch) ist unter folgendem Link zu finden:

Regina Oeschger, MSc; Lilian Roos, PhD; Thomas Wyss, PhD; Mark J Buller, PhD; Bertil J Veenstra, MSc; Rahel Gilgen-Ammann, PhD. Influence of Soldiers' Cardiorespiratory Fitness on Physiological Responses and Dropouts During a Loaded Long-distance March. Military Medicine (2022). <https://doi.org/10.1093/milmed/usab540>

5. Fit on Duty – Erkennung von körperlicher und mentaler Ermüdung von Soldatinnen und Soldaten im Einsatz (2021–2024ff)

Die Physis eines Soldaten oder einer Soldatin ist das Kapital einer erfolgreichen Armee, da im Einsatz Höchstleistungen gefordert sind. Zivilisten und AdA sind häufig einer hohen körperlichen und kognitiven Belastung, hohem psychischen Druck und Schlafmangel ausgesetzt. Externe Faktoren wie extreme Hitze oder Kälte können die Belastung zusätzlich erhöhen. Infolgedessen nehmen die kognitiven und körperlichen Fähigkeiten ab, und das Risiko von Krankheiten, Verletzungen oder Unfällen steigt. Die Folgen wie hitzebedingte Erkrankungen oder mangelnde Aufmerksamkeit durch Müdigkeit oder Erschöpfung können schwerwiegend bis tödlich sein.

Um Leistungseinbußen zu vermeiden und physiologische sowie psychologische Fähigkeiten in allen Situationen aufrechtzuerhalten, wächst das Interesse an der Entwicklung von Methoden zur Messung und Überwachung des Ermüdungszustandes einer Person und ihres Umfeldes (z.B. Umgebungstemperatur, geografischer Standort).

Die zunehmende Nutzung von Wearables (körpertragbare Sensoren, die physiologische Parameter wie Herzfrequenz, Aktivität und Schlaf erfassen) im Alltag und die voranschreitende Digitalisierung entwickeln sich in rasantem Tempo. Diese Technologien bieten nicht nur Chancen für die Verbesserung der militärischen Ausbildung, sondern auch die Möglichkeit, Menschenleben zu retten. Allerdings sind damit auch Risiken wie ein «gläserner Patient» (durchleuchteter Mensch), Datensicherheit, Dateninterpretation sowie moralische und ethische Aspekte verbunden.

Ziel des Forschungsprojektes «Fit on Duty» ist es, ein individuelles Gesundheitsmonitoring zu entwickeln, das die physiologischen, psychologischen und mentalen Parameter einer Einzelperson erfasst und den Zustand dieser Person in Echtzeit einschätzen kann. Dieses soll zu einem selbstlernenden und personalisierten Präventionssystem werden und als unterstützendes Führungsinstrument fungieren. So soll das Frühwarnsystem möglichst viele gesundheitliche Zwischenfälle (z.B. Hitzeschlag, Kollaps) zu verhindern helfen. Die physiologischen, physischen und mentalen Parameter sollen kontinuierlich und sporadisch bei AdAs anhand von tragbaren, computergestützten Sensoren erhoben und in Echtzeit bearbeitet werden.

In wissenschaftlichen Studien sollen relevante Erkenntnisse zur Physiologie des Menschen, zur Qualität, Machbarkeit und Akzeptanz der Technologien erforscht werden.

5.1 Messgenauigkeit sowie Vor- und Nachteile von Eye-Tracking-Brillen

Das Augenblinzeln ist ein vielversprechender Indikator, der die Ermüdung einer Person anzeigen kann. Je müder eine Person ist, desto häufiger erfolgt ein Lidschlag. Es sind verschiedene Brillen, welche die Bewegung der Augen und den Lidschlag erfassen (Eyetracker) auf dem Markt erhältlich. Zwei mobile optische Eyetracker wurden in einer militärischen Trainingsumgebung (in einem Feldtest) auf ihre Messgenauigkeit und die praktische Anwendbarkeit untersucht.

Drei männliche Teilnehmer der Schweizer Armee nahmen an dieser Studie teil. Sie trugen jeweils einen optischen Eyetracker, entweder VPS16 (Viewpointssystem GmbH, Wien, Österreich) oder Pupil Core (Pupil Labs GmbH, Berlin, Deutschland), während vier militärischen Trainingssituationen: Sanitätsausbildung (Healthcare education), Orientierungslauf, Schiessen und Marschieren. Beide Geräte zeichneten während der Messungen Videoaufnahmen der Augen auf, die als Referenz für die anschliessende Auswertung dienten. Die Genauigkeit der Systeme wurde durch den Abgleich der Ergebnisse der Softwares mit dem visuellen Überprüfen der Aufnahmen ermittelt. Die beiden optischen Eyetracker-Systeme wiesen eine hohe Zahl an falschen und verpassten Lidschlägen auf. Nur 49% (VPS16) und 73% (Pupil Core) der registrierten Lidschläge wurden als richtig klassifiziert.

Die Studie zeigte, dass die Genauigkeit optischer Eyetracker unter Feldbedingungen erhebliche Mängel aufweist. Das individuelle Verhalten, die Umgebung, die Platzierung der Brille, das Sonnenlicht, Körper- und Kopfbewegungen sowie auch Vibrationen und Schweiß verringern die Messgenauigkeit erheblich. Zudem muss die Platzierung der Kameras oder der Elektroden bewusst gewählt werden, und die Software und die Hardware müssen robust sein, um allen Einflussfaktoren standzuhalten. Zum heutigen Zeitpunkt kann keine Eye-Tracking-Brille für den Einsatz in einer anspruchsvollen Arbeitsumgebung empfohlen werden. An allen Systemen sind weitere Verbesserungen an der Hardware, der Kalibrierungsmethode, der Abtastrate (die Häufigkeit, mit der ein Signal pro Zeitintervall abgetastet wird) und am Algorithmus erforderlich, um den Ermüdungsgrad im Einsatz zuverlässig zu messen.

Fazit

- Das Augenblinzeln gilt als vielversprechender Indikator für Ermüdung, jedoch zeigen aktuelle optische Eyetracker erhebliche Mängel in der Messgenauigkeit, insbesondere unter realen Feldbedingungen.
- Die Nutzung von Eye-Tracking-Brillen zur zuverlässigen Ermüdungserkennung in anspruchsvollen militärischen Umgebungen erfordert dringende Verbesserungen in Hardware, Kalibrierung, Abtastrate und Algorithmen. Diese Erhebungsmethode wird für weitere Studien im Rahmen von Fit on Duty nicht berücksichtigt.

Weiterführende Informationen

Zu diesem Thema wurden zwei «Peer-Review-Artikel» in der wissenschaftlichen Zeitschrift «Military Medicine» im Jahr 2021 veröffentlicht. Die Texte (Englisch) sind unter folgenden Links zu finden:

- Theresa Schweizer, MSc; Thomas Wyss, PhD; Rahel Gilgen-Ammann, PhD. Eyeblink Detection in the Field: A Proof of Concept Study of Two Mobile Optical Eye-Trackers. Military Medicine (2021). <https://doi.org/10.1093/milmed/usab032>
- Theresa Schweizer, MSc; Thomas Wyss, PhD; Rahel Gilgen-Ammann, PhD. Detecting Soldiers' Fatigue Using Eye-Tracking Glasses: Practical Field Applications and Research Opportunities. Military Medicine (2021). <https://doi.org/10.1093/milmed/usab509>

5.2 Physiologischer Belastungsindex (PSI) während eines 100-km-Marsches

Es ist bekannt, dass Müdigkeit physiologische und psychologische sowie thermoregulatorische Beeinträchtigungen hervorruft. Bei längerem Training und Schlafentzug kann Müdigkeit das Gleichgewicht der Körperkerntemperatur schwächen und daher als Risikofaktor für hitzebedingte Krankheiten wirken. Der physiologische Belastungsindex (PSI) ist ein Instrument zur Erkennung von hitzebedingten Erkrankungen. Der PSI basiert auf der Körperkerntemperatur und der Herzfrequenz.

Bei einem 100-km-Marsch wurde bei 20 Soldaten und einer Soldatin untersucht, ob der PSI die zunehmende und kumulative Ermüdung während längerer Belastung mit Schlafentzug widerspiegelt. Zu fünf Zeitpunkten (bei km 0, 30, 55, 72 und 93) wurde die geistige und körperliche Ermüdung ermittelt und mit dem PSI verglichen.

Der PSI der Gruppe lag beim Start des Marsches bei 2,56 und am Ende des Marsches bei 3,09 mit einem Höchstwert bei 55km von 3,58 (auf einer Skala von 0–10). Statistisch gesehen gab es keine Veränderung des PSI im Verlaufe des Marsches ($p > 0,05$; Abbildung 20). Die vier Ermüdungsindikatoren zeigten jedoch, dass die mentale und körperliche Ermüdung während des Marsches deutlich zugenommen hatte (Abbildung 21). Der PSI hatte somit keinen bis einen schwachen Zusammenhang mit den untersuchten mentalen und körperlichen Ermüdungsindikatoren. Weil der PSI während des gesamten Marsches auf einem niedrigen Niveau blieb und kein Anstieg der Werte zu erkennen war, war auch kein Zusammenhang mit der Ermüdung zu erkennen.

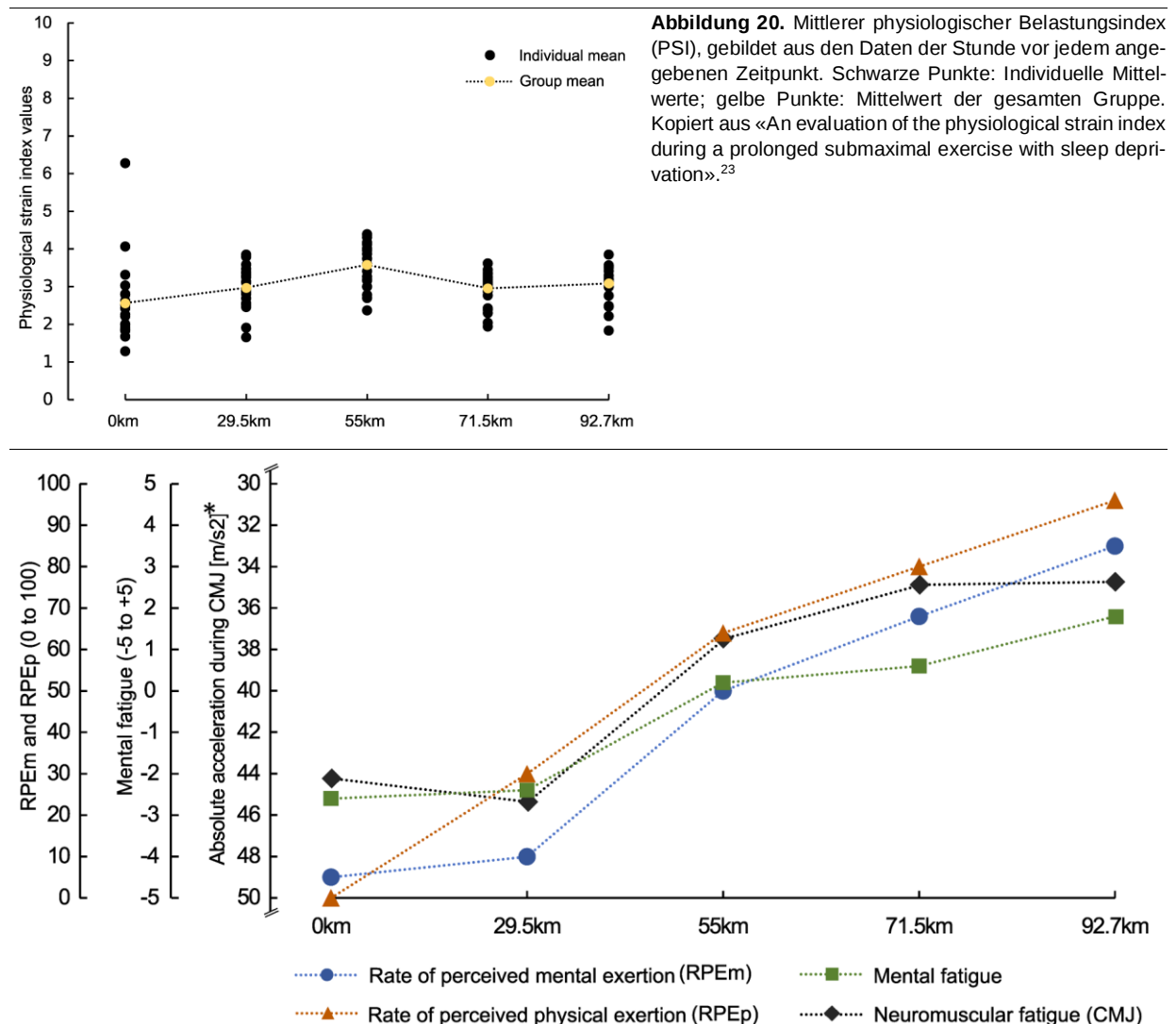


Abbildung 21. Ergebnisse der vier Ermüdungsindikatoren (RPEm, RPEp: subjektive körperliche und geistige Anstrengung; CMJ: neuromuskuläre Ermüdung; geistige Ermüdung) während des 100-km-Marsches. *Die Werte auf der Achse «absolute Beschleunigung während des CMJ» sind absteigend dargestellt, denn bei zunehmender Ermüdung sinkt die Leistung im CMJ. Kopiert aus «An evaluation of the physiological strain index during a prolonged submaximal exercise with sleep deprivation».²³

Der PSI ist aus diesen Gründen nicht geeignet, um die Ermüdung während eines 100-km-Marsches zu erkennen. Möglicherweise sind die Pausen während des Marsches (und damit verbunden eine Absenkung der Herzfrequenz und der Körperkerntemperatur) entscheidend dafür, dass der PSI nicht mit der Ermüdung in Zusammenhang gebracht werden kann. Ob der PSI ein persönliches hitze- oder anstrengungsbedingtes Ereignis erkennen oder übersehen würde, kann nicht abschliessend beurteilt werden, da kein Soldat und keine Soldatin das Auftreten eines solchen erlebt hat.

Fazit

- Der physiologische Belastungsindex (PSI) ist als Instrument zur Erkennung der Ermüdung während eines 100-km-Marsches nicht geeignet, da der PSI während des gesamten Marsches auf einem niedrigen Niveau – ohne erkennbaren Anstieg – bleibt.

Weiterführende Informationen

Zu diesem Thema wurde am «Congress of the European College of Sports Science 2021 (ECSS)» ein E-Poster präsentiert.²³ Der [Originaltext](#) sowie das [E-Poster](#) sind online auf der ECSS Website zu finden.

5.3 Variabilität von physiologischen Basiswerten: Bedeutung wiederholter Messungen für personalisierte Frühwarnsysteme

Die Überwachung des individuellen Gesundheitszustandes erfordert die Bestimmung der individuellen Ausgangswerte von Herzfrequenz, Körperkerntemperatur, Hauttemperatur und Herzfrequenzvariabilität. Nur so ist es möglich, einen Bezugspunkt für die Bestimmung von Abweichungen vom normalen oder erwarteten Bereich einer Person zu schaffen. Üblicherweise werden Kurzzeitmessungen (3–5 Minuten) oder Langzeitmessungen (24 Stunden) verwendet, um individuelle Referenzwerte zu erhalten.

Ziel dieser Studie war es, die Variabilität (das Ausmass, in dem die Basiswerte einer Person variieren) der gemessenen Basiswerte unter militärischen Feldbedingungen zu untersuchen. Dazu wurden 22 männliche Rekruten an zwei Tagen während der RS nach einem standardisierten Verfahren getestet (Abbildung 22).

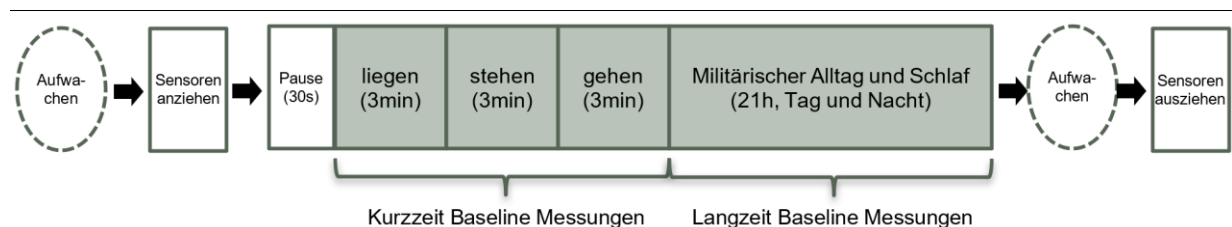


Abbildung 22. Ablauf der Pilotstudie mit den Kurzzeit- und Langzeit-Basismessungen, welche an zwei unterschiedlichen Tagen durchgeführt wurde.

Herzfrequenzvariabilität, Herzfrequenz und Ruheherzfrequenz zeigten eine signifikant hohe Intra-Basiswerte-Variabilität (Variation der Werte «innerhalb» der Person), selbst während der standardisierten Kurzzeitmessungen. Im Gegensatz dazu zeigten Körperkerntemperatur und Hauttemperatur eine geringe Intra-Baseline-Variabilität. Darüber hinaus zeigte die Körperkerntemperatur eine signifikante Übereinstimmung zwischen den beiden Messungen für alle Aktivitäten mit Ausnahme der nächtlichen Körperkerntemperatur-Messung. Obwohl sich die meisten Parameter zwischen den beiden Messtagen nicht signifikant unterschieden, gab es keine ausreichende Evidenz für eine Äquivalenz zwischen den beiden Messungen (Tabelle 7).

Für die Entwicklung personalisierter Frühwarnsysteme ist es unerlässlich, einen individuellen Basiswert zu definieren, der als Referenzpunkt für die Erkennung signifikanter Abweichungen vom normalen Gesundheitszustand dient. Dieser Basiswert muss im Laufe der Zeit wiederholt gemessen werden, sowohl durch standardisierte Kurzzeitmessungen als auch durch Langzeitmessungen im Feld. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es nicht empfehlenswert ist, den individuellen Ausgangswert nur einmal zu messen.

Tabelle 7. Beschreibende Auswertungen der Körpertemperatur, des Wärmeempfindens und des Wärmekomforts über alle Probandinnen und Probanden der Studie.

		Zeitpunkt 1 Mittelwert ± SD	Zeitpunkt 2 Mittelwert ± SD	T-Test p-Wert	TOST p-Wert	CV [95% KI]
RMSSD	Liegen	110.67 ± 59.09	91.1 ± 58.88	0.15*	0.87	52.7% [0.24 - 0.86]
	Stehen	55.87 ± 36.95	72.05 ± 83.18	0.64* ¹	0.70	44.4% [0.21 - 0.73]
	Gehen	35.24 ± 30.89	41.11 ± 53.85	0.46* ¹	0.57	90.1% [0.39 - 1.61]
	Tag	59.39 ± 17.67	69.35 ± 24.96	0.19*	0.82	23.2% [0.11 - 0.36]
	Nacht	70.19 ± 23.08	80.62 ± 40.17	0.47*	0.68	59.3% [0.27 - 1.00]
HR (bpm)	Liegen	61.00 ± 8.13	65.1 ± 12.28	0.48*	0.57	18.8% [0.09 - 0.29]
	Stehen	77.75 ± 7.08	75.92 ± 13.96	0.69*	0.33	12.9% [0.06 - 0.20]
	Gehen	81.76 ± 6.90	88.27 ± 8.98	0.02	0.84	7.3% [0.04 - 0.11]
	Tag	85.77 ± 7.98	81.77 ± 6.78	0.32*	0.48	9.4% [0.05 - 0.14]
	Nacht	64.01 ± 4.60	66.29 ± 11.29	0.61*	0.41	12.2% [0.06 - 0.19]
RHR (bpm)	Liegen	58.20 ± 8.39	62.16 ± 12.15	0.50*	0.56	20.4% [0.10 - 0.32]
KKT (°C)	Liegen	37.03 ± 0.11	37.13 ± 0.19	0.18*	0.01*	0.4% [0.00 - 0.01]
	Stehen	37.04 ± 0.11	37.14 ± 0.18	0.14*	0.01*	0.4% [0.00 - 0.01]
	Gehen	37.03 ± 0.10	37.14 ± 0.17	0.11*	0.01*	0.4% [0.00 - 0.01]
	Tag	37.39 ± 0.23	37.42 ± 0.16	0.75*	0.00*	0.4% [0.00 - 0.01]
	Nacht	36.88 ± 0.20	37.10 ± 0.17	0.00	0.06	0.5% [0.00 - 0.01]
T _{Haut} (°C)	Liegen	34.35 ± 0.35	34.55 ± 0.43	0.37*	0.31	1.2% [0.01 - 0.02]
	Stehen	34.46 ± 0.35	34.66 ± 0.46	0.39*	0.33	1.2% [0.01 - 0.02]
	Gehen	34.62 ± 0.31	34.77 ± 0.47	0.46*	0.25	1.1% [0.01 - 0.02]
	Tag	35.12 ± 0.20	34.77 ± 0.26	0.02	0.65	0.9% [0.00 - 0.01]
	Nacht	35.32 ± 0.60	35.35 ± 0.52	0.88*	0.09	1.0% [0.01 - 0.01]

Anmerkungen. Der p-Wert aus dem t-Test (oder dem Wilcoxon-Test) und den beiden einseitigen Tests (TOST) zwischen Zeitpunkt 1 und Zeitpunkt 2 ist angegeben. Die TOST-Grenzen wurden auf 5 % des Mittelwerts und 0.3 °C für Körperkerntemperatur (KKT) und Hauttemperatur (T_{Haut}) festgelegt. CV: Variationskoeffizient; KI: Konfidenzintervall; SD: Standardabweichung; RMSSD: Quadratischer Mittelwert der Differenzen aufeinanderfolgender R-R-Intervalle (englisch: root mean square of successive differences); HR: Herzfrequenz; RHR: Ruheherzfrequenz.

¹ = der Wilcoxon-Test (nichtparametrischer Test) wurde durchgeführt.

* = kein signifikanter Unterschied im t-Test (oder Wilcoxon-Test) oder signifikante Äquivalenz im TOST.

Fazit

- Die Ergebnisse dieser Studie unterstreichen die Notwendigkeit wiederholter Messungen der physiologischen Basiswerte, da sich diese über die Zeit verändern und grosse Unterschiede zwischen den Messungen auftreten können.
- Präzise individuelle Ausgangswerte sind grundlegend für die Erkennung von Werten, die ausserhalb der festgelegten Grenzwerte liegen und somit gesundheitsrelevante Folgen haben könnten.

Weiterführende Informationen

Zu diesem Thema wurde am «International Congress on Soldiers' Physical Performance (ICSPP) 2023» in London, UK, ein Poster präsentiert (Abbildung 22).²⁴ Der Originaltext wurde im [Programme Book](#) veröffentlicht. Das «Programme Book» des «6th International Congress on Soldiers' Physical Performance» ist bei Bedarf verfügbar.

5.4 Subjektives Wärmeempfinden und Wärmekomfort im Vergleich zu objektiven Messungen der Körperkerntemperatur: Unterschiede in Abhängigkeit vom Fitnessniveau

Hitzeakklimatisierung und Ausdauertraining sind Massnahmen zur Förderung der physiologischen Anpassungen im Körper, welche die negativen Auswirkungen von Hitzestress (die physiologische Belastung des Körpers auf übermässige Wärme) auf die körperliche Leistungsfähigkeit verringern können.²⁵

Es ist jedoch bisher unbekannt, ob und wie Hitzestress subjektiv wahrgenommen wird. In dieser Studie wurde daher untersucht, wie sich das individuell empfundene Wärmeempfinden und der Wärmekomfort bei unterschiedlichen Aktivitäten und ansteigender Körperkerntemperatur je nach Fitnessniveau unterscheiden. Dafür wurden 14 gesunde Probanden (7 Frauen und 7 Männer; 28 ± 6 Jahre, 172 ± 9 cm, 70 ± 9 kg) unmittelbar nach sechs verschiedenen Aktivitäten (Abbildung 23) über das Wärmeempfinden und den Wärmekomfort befragt. Die Skala des Wärmeempfindens reichte von sehr kalt (1) bis sehr heiss (7) in 7 Stufen, die Skala des Wärmekomforts reichte von komfortabel (1) bis extrem unkomfortabel (5) in 5 Stufen (Abbildung 24 und Abbildung 25).²⁶ Während der ganzen Studie wurde die Körperkerntemperatur mit einem rektalen Thermistor (MSR Electronics GmbH, Henggart, Schweiz) gemessen. Alle Aktivitäten wurden einmal unter normalen Bedingungen (durchschnittlich $19,4^\circ\text{C}$) in Shorts und T-Shirt und einmal unter heissen Bedingungen, die durch das Tragen mehrerer Schichten undurchlässiger Kleidung hervorgerufen wurde, durchgeführt (Abbildung 26).

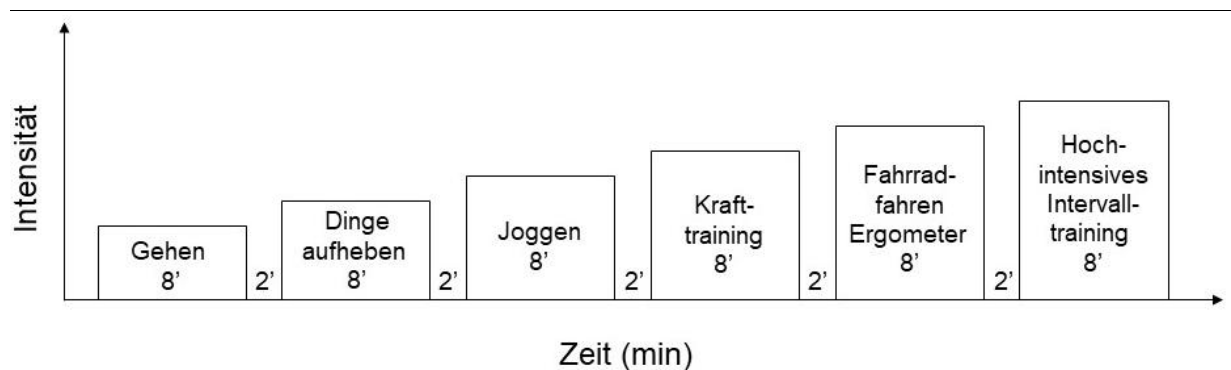


Abbildung 23. Ablauf der Studie, die einmal unter normalen und einmal unter heissen Bedingungen durchgeführt wurde. Die heisse Bedingung wurde durch das Tragen mehrerer Schichten undurchlässiger Kleidung erzeugt.

1	très froid	sehr kalt
2	froid	kalt
3	frais	kühl
4	Ni chaud ni froid	weder warm noch kalt
5	Un peu chaud	etwas warm
6	chaud	heiss
7	Très chaud	sehr heiss

1 Confortable	2 Un peu déconfortable	3 déconfortable	4 Très déconfortable	5 extrêmement déconfortable
1 komfortabel	2 leicht unkomfortabel	3 unkomfortabel	4 sehr unkomfortabel	5 extrem unkomfortabel

Abbildung 24. Skala zum Wärmeempfinden von 1 = sehr kalt bis 7 = sehr heiss.

Abbildung 25. Skala zum Wärmekomfort von 1 = komfortabel bis 5 = extrem unkomfortabel.



Abbildung 26. Links: Fahrradfahren auf dem Fahrradergometer unter normalen Bedingungen. Mitte: Hochintensives Intervalltraining unter normalen Bedingungen. Rechts: Krafttraining unter heißen Bedingungen durch das Tragen mehrerer Schichten undurchlässiger Kleidung.

Die Werte der Körperkerntemperatur, des Wärmeempfindens und des Wärmekomforts während der Untersuchung sind in Tabelle 8 dargestellt. Der Wärmekomfort nahm über die Studie ab (d.h. es wurde unkomfortabler; $SE = 0.087$, $t = 7.9$, $p < 0.001$) und die Körperkerntemperatur zu ($SE = 0.174$, $t = 5.0$, $p < 0.001$). Diese beiden Faktoren führten zu einer signifikanten Erhöhung des Wärmeempfindens, wobei das Fitnesslevel keinen Einfluss auf diesen Effekt hatte ($SE = 0.157$, $t = -1.5$, $p = 0.132$). Oder anders gesagt, das Wärmeempfinden und die Körperkerntemperatur nahmen im Verlauf der Studie zu. Beide Faktoren führten zu einer signifikanten Abnahme des Wärmekomforts. Auch hier hatte das Fitnesslevel keinen Einfluss auf den Effekt.

Tabelle 8. Beschreibende Auswertungen der Körpertemperatur, des Wärmeempfindens und des Wärmekomforts über alle Probandinnen und Probanden der Studie.

	Mittelwert $\pm$ SD	Minimum	Maximum
Körperkerntemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	37.7 ± 0.5	36.5	38.8
Wärmeempfinden (Skala 1-7)	5.1 ± 1.3	2	7
Wärmekomfort (Skala 1-5)	2.0 ± 0.5	1	4

Anmerkungen. SD: Standardabweichung.

Fazit

In dieser Studie wurden keine Unterschiede im subjektiven Wohlbefinden bei zunehmender Körperkerntemperatur zwischen den beiden Fitnesslevel ersichtlich. Da die Stichprobe sowohl für trainierte als auch für untrainierte Probanden sehr klein war und die Obergrenze für eine ethisch vertretbare Körperkerntemperatur (diese liegt bei 39.5°C) während der Studie nicht erreicht wurde, sind weitere Untersuchungen in diesem Bereich notwendig um Unterschiede im subjektiven Wärmeempfinden zu verstehen.

Weiterführende Informationen

Zu diesem Thema wurde am «Congress of the European College of Sports Science 2024 (ECSS)» in Glasgow ein E-Poster präsentiert.²⁷ Der [Originaltext](#) sowie das [E-Poster](#) sind online auf der ECSS Website zu finden.

6. P(O|TS) – Prognose der Wahrscheinlichkeit, bei bestimmten Testergebnissen Spezialeinheitskraft zu werden (2021–2024ff)

Sondereinheiten der Polizei und der Armee sowie die Berufsfeuerwehr benötigen körperlich fittes Personal. Für die Ausbildung müssen Personen ausgewählt werden, welche auch langfristig die eigene hohe Einsatzbereitschaft aufrechterhalten und verbessern können (Abbildung 27).

Die für den Job benötigten Kraft- und Ausdauerfähigkeiten und die kognitiv-psychischen Anforderungen wurden definiert und in einer landesweiten Studie bei potenziell fähigen Spezialkräften (Special Operations Forces; SOF) zweimal getestet. Zwischen den Tests hatten die Kandidatinnen und Kandidaten Zeit, ihre Fähigkeiten zu trainieren. Dazu erhielten sie eine Trainingsempfehlung, die sich aus ihrem Genotyp (kraft- oder ausdauerorientierter Typ), ihrer Trainingsgewohnheit und den Resultaten der ersten Tests ableitete. Es wurden Kandidaten und Kandidatinnen erhoben, die beabsichtigten, sich für die SOF zu bewerben, solche, die sich in einem Vorauswahlverfahren befanden, sowie bereits aktive SOF.

Aus all diesen Daten wird die Wahrscheinlichkeit eines Austritts oder einer Muskel-Skelett-Verletzung mit Hilfe eines Bayes'schen Ansatzes^e berechnet. Durch ein Prognosemodell soll die Entscheidungsfindung für die Personalselektion unterstützt werden. Dabei wird das Entwicklungspotenzial einer Person abgeschätzt und somit die Erfolgsprognose bereits in der Vorselektion verbessert. Die Anforderungen an den Beruf werden dann in prädiktive physische und kognitive Leistungstests übersetzt.

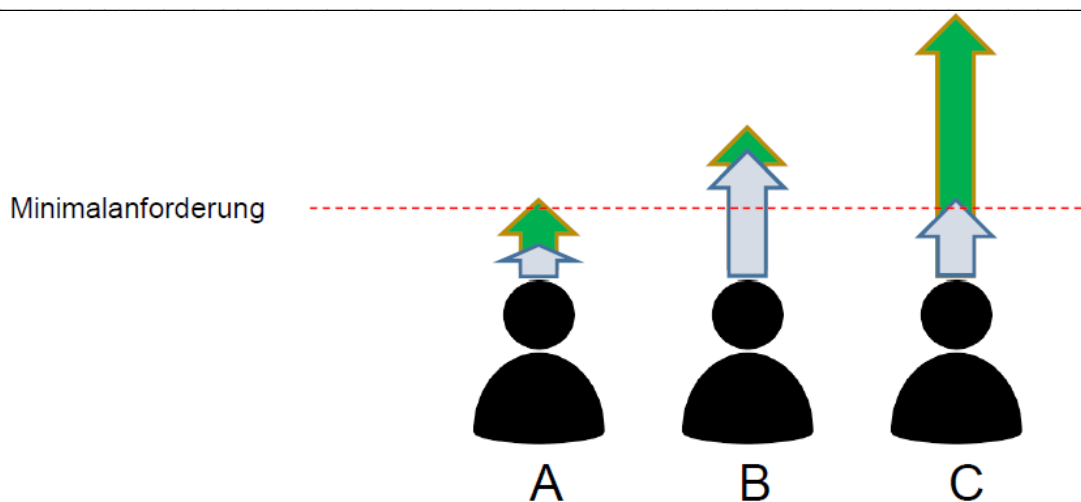


Abbildung 27. Personalentscheide sollten das Potenzial (grün) zur Entwicklung und zur Erhaltung des notwendigen körperlichen Fitnesslevels mitberücksichtigen. Entscheide einzig aufgrund der momentanen Leistungsfähigkeit (hellblau) und der Minimalanforderungen (rote Linie) sind unter Umständen nicht adäquat.

^e Bayesianische Methoden kombinieren bestehendes Wissen mit neuen Daten. Durch die neuen Informationen können ein Schätzmodell aktualisiert und somit verbesserte Entscheidungen getroffen werden.

6.1 Zusammenhänge zwischen verschiedenen Maximalkraftmessungen: Lassen sich die Messwerte von Squat-, Deadlift-, und Countermovement-Tests vergleichen?

Die beiden Übungen Kniebeuge und Kreuzheben beanspruchen vor allem die Muskulatur, die für die Beugung und Streckung von Knie und Hüfte zuständig ist. Auch bei Sprüngen wie dem Gegenbewegungssprung (Countermovement Jump; CMJ) wird dieselbe Muskulatur beansprucht, jedoch die Muskeln auf andere Weise rekrutiert. Aufgrund der Ähnlichkeiten in der Bewegungsausführung der vier genannten Übungen stellt sich die Frage, wie stark die Werte miteinander zusammenhängen (korrelieren). Ziel dieser Bachelorarbeit war es, ein neues mobiles Messgerät, mit welchem die maximale Kraftproduktion im isometrischen Kreuzheben (isometrischer Deadlift)^f gemessen werden kann, mit Laborstandards zu vergleichen und zu validieren.

Dazu wurden die isometrischen Maximalkraftwerte bei der Kniebeuge (Squat) und dem Kreuzheben sowie die Flughöhe des CMJ mit der Kraftmessplatte (Cyccess Sports, SP Sportdiagnosegeräte GmbH, Trins, Österreich) im Labor gemessen und anschliessend auf Korrelation mit den Werten des mobilen Messgerätes untersucht (Tabelle 9).²⁸ Die Messungen wurden mit einer heterogenen Gruppe von acht Probandinnen und Probanden (27.5 ± 7.9 Jahre) im Zeughaus Biel durchgeführt.

Tabelle 9. Die Korrelationskoeffizienten zwischen jeweils zwei Methoden zur Messung der Muskulatur der unteren Extremitäten.

Methode 1	Methode 2	r
Isometrischer Deadlift (N): mobiles Messgerät	Isometrischer Deadlift (kg): Kraftmessplatte	0.98
	Isometrischer Squat: Kraftmessplatte	0.97
	Max. Wiederholungen im dynamischen Deadlift (110 kg)	0.95
		0.69
Isometrischer Deadlift (N/kg): mobiles Messgerät	CMJ (Sprunghöhe in cm): Kraftmessplatte	0.74
Flugzeit (ms): App ready*		0.70

Anmerkungen. r: Korrelationskoeffizient nach Pearson; Kraftmessplatte: Cyccess Sports; * gemessen mit dem Smartphone Samsung Galaxy A52; n = 8. Die Resultate wurden der Bachelorarbeit von Brügger (2022) entnommen.²⁸

Fazit

Die durchgeführten Messungen mit dem mobilen Messgerät zeigten eine hohe Korrelation des isometrischen Deadlifts mit dem isometrischen Deadlift, der mit dem Referenzgerät Kraftmessplatte gemessen wurde. Das mobile Messgerät kann folglich als valides Messinstrument für Feldstudien verwendet werden.

Beim CMJ spielt die schnelle Aktivierung der Muskelfasern sowie der Dehnungsverkürzungszyklus eine wichtige Rolle. Beim Deadlift hingegen spielt die Zeit bis zur maximalen Aktivierung der Muskeln eine kleinere Rolle, viel wichtiger ist die vollständige Rekrutierung der motorischen Einheiten. Beide Rekrutierungsmuster hängen von den Trainingsgewohnheiten einer Person ab und können durch ein spezifisches Training verbessert werden. Daher lässt sich der Deadlift nur unter Berücksichtigung der genannten Einflüsse mit dem CMJ vergleichen, was aus physiologischer Sicht zu erwarten und in den Resultaten erkennbar ist.

Weiterführende Informationen

K. Brügger (Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen EHSM, 2022) untersuchte in der Bachelorarbeit mit dem Titel «Zusammenhänge zwischen verschiedenen Maximalkraftmessungen: Lassen sich die Messwerte von Squat-, Deadlift-, und Countermovement-Tests vergleichen?» bei acht Probanden die Vergleichbarkeit von verschiedenen Maximalkrafttests.²⁸ Die Originalarbeit ist auf der EHSM-Publikationsdatenbank ([Link](#)) unter «Suche Qualifikationsarbeiten» zu finden.

^f Im Gegensatz zum klassischen Kreuzheben (Deadlift), bei dem das Gewicht vom Boden gehoben wird, hält man beim isometrischen Deadlift das Gewicht in einer festen Position, ohne es zu bewegen. In der Sportwissenschaft bedeutet «isometrisch», dass während einer Muskelkontraktion keine Veränderung der Muskellänge oder der Gelenkposition stattfindet obwohl die Muskeln angespannt werden.

6.2 Design und Akzeptanz der Leistungstests

Die Auswahl der richtigen Einsatzkräfte soll die Bereitschaft sicherstellen und vor Überlastungen sowie Verletzungen schützen. Bei einer Stichprobe von militärischen und polizeilichen Spezialeinheiten (Special Operations Forces; SOF) wurde die Akzeptanz von Leistungstests bei SOF überprüft. Die gemessenen Fitnessparameter (Reaktionszeit, Stabilität, Power, maximale Muskelkraft, Kraftausdauer sowie kurz-, mittel- und langfristige Ausdauer und psychologische Eigenschaften) decken die wichtigsten Erfolgsfaktoren und SOF-spezifischen Schlüsselindikatoren (Key Performance Indicators; KPIs) ab. Zur Validierung der Akzeptanz wurde ein Online-Fragebogen mit der 5-Punkte-Likert-Skala («stimme überhaupt nicht zu» bis «stimme voll zu») verwendet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Akzeptanzquote der Fitnesstests von 62 % (Standweitsprung und isometrischer Kreuzhebetest) bis zu 97 % (Reaktionstest mit Fit-Light® und einer FX-Trainingspistole)⁹ reicht (Abbildung 28). Die Aussagen aktiver SOF bestätigen die Relevanz und Ausgewogenheit der körperlichen Tests («Sehr ausgewogener Test mit vielen relevanten Übungen, die mit meinem Beruf zu tun haben»).

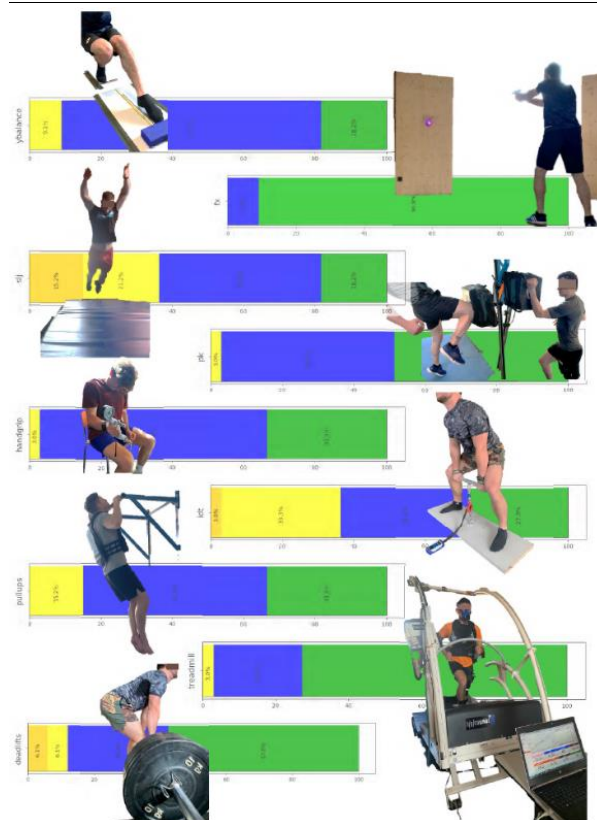


Abbildung 28. Likert-Diagramme der Zustimmung zur Aussage: «Der Test ist relevant für meinen Job, er misst die Fähigkeiten, die ich im Job brauche.» Rot: Stimme überhaupt nicht zu; Orange: Stimme eher nicht zu; Gelb: Stimme weder zu noch dagegen; Blau: Stimme eher zu; Grün: Stimme voll zu ($n = 34$).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die SOF die Tests, die ihre beruflichen Anforderungen abdecken und potenziell geeignete SOF identifizieren können, positiv bewerten. Die etwas geringere Zustimmung zu einigen Tests ist hauptsächlich auf die Antworten von noch nicht rekrutierten SOF-Anwärtern der Polizei zurückzuführen.

Weiterführende Informationen

Zu diesem Thema wurde am «International Congress on Soldiers' Physical Performance (ICSPP) 2023» in London, UK, ein Poster präsentiert (Abbildung 29).²⁹ Der Originaltext wurde im «[Programme Book](#)» des «6th International Congress on Soldiers' Physical Performance» veröffentlicht. Der Originaltext ist bei Bedarf verfügbar.

⁹ In diesem Reaktionstest wird über visuelle Lichtsignale (Fit-Light®) die Reaktionszeit, Agilität und Präzision getestet.

SFISM
Swiss Federal
Institute
of Sport
Magglingen

⁽¹⁾Swiss Federal Institute of Sport Magglingen, Switzerland

Alain Dössegger^(1,2), Martin Flück⁽²⁾, Thomas Gspöner⁽²⁾, Thomas Wyss⁽¹⁾, Gilgen-Ammann Rahel⁽¹⁾, Christian Probst^(1,2), Oliver Faulstich⁽³⁾

⁽¹⁾ Swiss Federal Institute of Sport Magglingen, Switzerland
⁽²⁾ University of Fribourg, Switzerland
⁽³⁾ Stadl Partners GmbH, Switzerland
⁽⁴⁾ Center for Nephrology, Hypertension, and Metabolic Diseases, Hannover, Germany
⁽⁵⁾ University of Basel, Switzerland

Alain.Doessegger@baspo.admin.ch

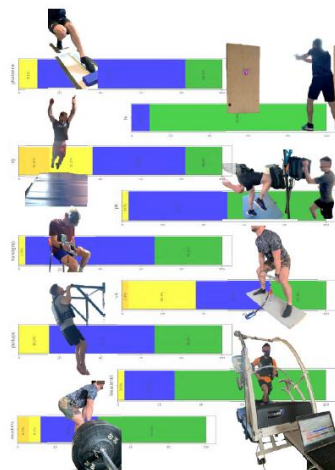


Figure 1-9
Likert plots of the agreement with the following statement per test used in the P(C/TG) study: "The test is relevant to my job, it measures the skills I need on the job" ($n = 34$).
Likert scale: ■ Do not agree at all ■ Do not agree ■ Neither agree nor disagree ■ Somewhat agree ■ Fully agree

Acknowledgements
 1.U. Veli, Dom (Flashbang Magazine), Hazi swiss, Strengthlevel.com, Girmil, Eddie, CWO Schreier, Innovationboard Sales Army, 11. Goldhorn, SPHAR.ch, K. Quadrio, CWO Raapo, Col Stoll, Col Guentli, Col Hedinger, Research Commission Sales Army, Pilgrimage, PowerKube*, G. Hög, C. Beuchat, G. Mutt, P. Dörner, FOGPO housekeeping service, J. Bachmann, Sinf. 75. Garde.

Illustrations
Title: Courtesy by Dom, Flashbang Magazine (Autum 2022, Issue 15); Alpha-Actinin-3 Gene: CC-BY-SA 3.0
Wikipedia; DNA/RNA Shield Collection Tube with Swab: Zymo Research; Fitness Tests: © Main Author

Background
Selection of training responders aims to ensure operational fitness—the readiness to respond at any time—and to protect against overuse and injuries. A nationwide study aims to identify potentially capable special operators and to provide individually tailored training recommendations. The training recommendation are based on (a) actual performance parameters, (b) genotypes, and (c) training history.

Method
Physical fitness data, gene polymorphisms, and training habits are collected from candidates applying for SOF in a pre-selection process, and as well from current operators using REDCap electronic data capture tool. Fitness parameters measured are strongly related to SOF specific key job performance indicators (KPI). They include: Executive function (e.g. reaction time), stability, impulse ("power"), maximal muscular strength, strength endurance, short-, mid-, and long-term endurance, and psychological traits. Polymerase chain reaction analysis (PCR) was used to assess eight gene polymorphisms (ACE IV, ACTN3, MSTN, CKM, HIF1A, AGT, TNC, PTK2), as well as gene methylations of stress markers (COMT).

Training habits and psychological traits were collected by questionnaire. Based on these information, individually tailored training recommendations were provided to the SOF. Data from current operators are used as benchmark to compare with

Acceptance of the operationalisation test parameters from KPI were validated by online questionnaire using Likert scale acceptance (5-point-Likert scale, "somewhat agree" and "fully agree" together were considered as "accepted") with a sample of active military and police SOF operators. Likert plots were drawn using Matlab.

Results

Fitness testing procedures, PCR analyses, as well as anonymisation procedure of SOF operators are well established. More than 150 candidates and 80 active operators were measured once.

Fitness tests are covering the main critical success factors and KPI of SOF. Acceptance rate of the physical fitness tests range from 62 % (standing long jump sli) and isometric deadlift test id) to 97% (reaction test with FX and FitLight®). Statements of active SOF operators indicate well-balanced and relevant physical tests («Very balanced test with many relevant exercises related to my profession»).

Discussion

Operators highly agree with the tests covering their job requirements and potentially identifying potentially capable operators. The somewhat lower agreement to some tests were mainly due to answers from not-yet-recruited people SOP candidates. Genotypes and training history together explained the phenotypes or the observed performance. Considering the very high parsimony, the training recommendations seem to be in line with actual physical. Athletes' performance tests will be repeated after a training phase in order to identify training responders. Selection or dropout will be evaluated, respectively. The probability of dropout or musculoskeletal injury will be calculated using a Bayesian approach. A predictive model for the dropout will be calculated, taking into consideration the difference of test results after a training period. The interdisciplinary study design allows to prospectively study training response and



6.3 Einfluss der Gene ACE, ACTN3 und CKM auf die sportliche Leistungsfähigkeit bei Sondereinsatzkräften

Es wurde ein signifikanter Zusammenhang des ACTN3-CC-Genotyps mit einer gesteigerten Schnellkraft festgestellt, während ACE- und CKM-Genotypen keinen nennenswerten Einfluss auf die Schnellkraft, die Kraftausdauer oder die Ausdauer aufwiesen. Es wurde kein Einfluss der untersuchten Gene auf Kraftausdauer und Ausdauer festgestellt.³⁴

Weiterführende Informationen

Die Masterarbeit von F. Wolf (Universität Basel, 2024) mit dem Titel «Einfluss der Gene ACE, ACTN3 und CKM auf die sportliche Leistungsfähigkeit bei Sondereinsatzkräften» ist bei Bedarf verfügbar.³⁴ Die Zusammenfassung der Arbeit ist unter diesem Link zu finden: [Master Thesis F. Wolf \(2024\) – edoc Universität Basel](#)

6.4 COMT rs4680 G-Allel-Träger in Spezialeinheiten von Polizei und Militär haben eine bessere Reaktionszeit und eine geringere Tendenz zu Interferenz

Der Genpolymorphismus rs4680 in einem Enzym namens Catechol-O-Methyltransferase (COMT) beeinflusst, wie das Gehirn den Botenstoff Dopamin verarbeitet, das für die Stressbewältigung und das Gedächtnis wichtig ist.³⁵ Die beiden aus diesem Gen resultierenden Proteinvarianten (G-Allel-Träger und A-Allel-Träger) beeinflussen die Reaktion auf Stress und die Fähigkeit, Aufgaben zu bewältigen, unterschiedlich.³⁶ G-Allel-Träger haben eine erhöhte COMT-Aktivität, was zu einem schnelleren Abbau von Dopamin und damit zu einem niedrigeren Dopaminspiegel im präfrontalen Cortex führt. Diese Personen können negative Reize (z.B. Angst, negative Gedanken oder unangenehme Erfahrungen) besser verarbeiten, haben eine höhere Schmerzschwelle und eine bessere Zielkontrolle als Personen mit der sogenannten «Sorgenmacher-Ausprägung».³⁷⁻³⁹

In Nahkampfsituationen (CQB) oder anderen urbanen Kriegssituationen (z.B. Häuserkampf) kann eine «Kriegerstrategie» (G-Allel-Ausprägung) von Vorteil sein. Die Fähigkeit, unter Stress zu reagieren, Informationen schnell zu verarbeiten und erlernte Antworten auf einfache Aufgaben zu unterdrücken, d.h. nicht zu erstarren oder den Abzug zu betätigen, ist für SOF von entscheidender Bedeutung.

In dieser Studie wurde untersucht, ob G-Allel-Träger unter Stress eine bessere Leistung zeigen. Dazu wurde der Genotyp von 144 SOF-Angehörigen und SOF-Kandidaten bestimmt. Anschliessend wurden die Reaktionszeit auf mehrere komplexe Stimuli (RT DT), die Interferenzneigung^h unter Stress mit dem STROOP-Test nach dem Wiener Testsystem sowie die Reaktionszeit mit Fit-Light® und der FX-Trainingspistole (RT FX; gleicher Reaktionstest wie unter 6.2) gemessen.

Die Auswertungen zeigten, dass G-Allel-Träger im RT DT eine kürzere Reaktionszeit und eine geringere Interferenzneigung aufwiesen. Die durchschnittliche Reaktionszeit im RT FX war bei beiden Ausprägungen statistisch gleich.

Träger des COMT-G-Allels zeigten eine bessere Leistung unter Stress, was unsere frühere Annahme aus der Literatur bestätigte. In einem CQB-Simulationstest wie dem RT FX war der Effekt nicht mehr sichtbar, insbesondere nach einer gewissen Gewöhnungszeit. Möglicherweise überlagerte das Training die Genotyp-Effekte.

Fazit

SOF-Operatoren mit dem COMT-G-Allel können unter Stress besser agieren als die anderen COMT-Genotypen. Die Kenntnis dieser genetischen Unterschiede könnte genutzt werden, um das kognitive Training unter Stress anzupassen und Teams entsprechend den individuellen Stärken zusammenzustellen.

Weiterführende Informationen

Zu diesem Thema wurde am «First International Congress for Preventive Medicine 2024» in Koblenz, DE, ein Poster präsentiert (Abbildung 30) und damit den 1. Platz beim Posterpreis gewonnen.⁴⁰

^h Inferenzneigung ist die unbewusste Tendenz, bei der Interpretation von Informationen und dem Ziehen von Schlussfolgerungen bestimmten Denkmustern oder Annahmen zu folgen, oft zugunsten bestehender Überzeugungen.

COMT rs4680 G-allele carriers in police and military SOF have better reaction time and less interference tendency

Alain Dössegger ^(1,5), Eric Häusler ⁽²⁾, Thomas Gsponer ⁽³⁾, Martin Flück ^(1,4)

⁽¹⁾ Swiss Federal Institute of Sport Magglingen, 2532 Magglingen, Switzerland

⁽²⁾ Percoms AG, 9000 St. Gallen, Switzerland

⁽³⁾ STADL Partners GmbH, 3110 Münsingen, Switzerland

⁽⁴⁾ Physiogene LLC, 1700 Fribourg, Switzerland

⁽⁵⁾ Department of Sport, Exercise and Health, University of Basel, Switzerland

Alain.Doessegger@baspo.admin.ch



Background

Gene polymorphism rs4680 in catechol-O-methyltransferase (COMT) is a prominent modifier of the dopaminergic signaling pathway that modifies stress resilience and memory [1]. The resulting Met-(A-allele) and Val-(G-allele) protein variants are associated with a detrimental or favorable response in executive function [2]. G-allele carriers typically demonstrate a "warrior" phenotype that is characterized by a better processing of aversive stimuli [3], better aiming control [4] and a higher pain threshold [5] than the "worrier" phenotype of non G-allele carriers.

In close quarters battle (CQB) or other urban warfare situations, a warrior strategy might be advantageous. The ability to react under stress, the speed of information processing and the ability to inhibit overlearned answers to simple tasks, i.e., no freeze or to pull a trigger, is critical for Special Operation Forces (SOF). We believe that SOF G-allele carriers show better performance under stress.

Method

Within the scope of the P(O)TS study, 144 SOF operators and SOF candidates agreed to genotyping determined by high resolution analysis of the melting curve (HRM) of the amplicons from saliva samples. Reaction speed was measured with the complex multiple-stimuli reaction determination test (DT), interference tendency under stress with the STROOP test using the Vienna Test System (Schuhfried, Austria). We measured reaction time with a practical reaction test adapted for SOF, using Fitlight® and Simunition®/FX handgun.

COMT G-allele carriers and non-carriers (i.e., AA genotypes) were compared using Bayesian independent samples T-Test [6] with an uninformed Cauchy prior distribution and an informed Normal prior distribution (0.5, .05).

Results

DT reaction time (RT DT) and STROOP write interference showed moderate and very strong evidence for the alternative hypothesis relative to the null hypothesis, with G-allele carriers having better reaction time and less interference tendency. Average reaction time in the Fitlight/FX test (RT FX) was lower in G-allele carriers, although statistically anecdotal (Bayes factor < 3). The effect vanishes with the second attempt.

Discussion

Reduced interference tendency and reactive stress tolerance characterizes people who show peak performance under stress [7]. SOF COMT G-allele carriers showed better performance under stress, confirming our prior belief derived from the literature. Mechanisms involve a four-fold reduction in COMT activity, and the increasing dopamine levels inhibiting stress-induced rises in blood flow to the brain's prefrontal cortex in A-allele carriers. Within a CQB mimicking test setting with a handgun, the effect is no longer visible, especially after some familiarization, possibly due to training that overrides genotype effects.

Key message

SOF operators with COMT Val-(G)-allele may act better under stress compared to AA genotypes. Awareness of such genetically influenced differences could be used to tailor cognitive training under stress and to compose teams according to individual strengths.



Table 1

COMT rs4680 G-allele carriers (GG/AG) show reduced reaction time in DT and reduced write interference in STROOP test compared to AA genotype in a Bayesian T-Test. Group means of the two groups were more probable different from each other than equal (BF10 in favor of the alternative Hypothesis) in STROOP read interference and reaction time in a SOF-adapted reaction test with the Fitlight system and a FX handgun as well, when updating our prior belief (= the group effect size is positive with a mean effect size of 0.5) with the actual data.

							95% Credible Interval		BF ₁₀	
	Allele	N	Mean	SD	SE	Coefficient of variation	Lower	Upper	Uninformed	Informed
DT reaction time	AA	48	0.694	0.064	0.009	0.092	0.676	0.713	3.76	8.85
	GG/AG	96	0.666	0.060	0.006	0.090	0.654	0.678		
STROOP write interference	AA	48	0.730	0.129	0.019	0.177	0.692	0.767	464	1430
	GG/AG	96	0.657	0.078	0.008	0.119	0.641	0.672		
STROOP read interference	AA	48	0.812	0.122	0.018	0.150	0.777	0.848	0.67	1.24
	GG/AG	96	0.778	0.110	0.011	0.142	0.756	0.801		
Fitlight/FX avg RT 1st attempt	AA	72	2.334	0.299	0.035	0.128	2.264	2.404	0.69	1.21
	GG/AG	161	2.270	0.227	0.018	0.100	2.236	2.306		

Note: Positive Bayes factors (BF₁₀) > 3 were interpreted as moderate, > 10 as strong and > 30 as very strong indicator that a change in beliefs about the hypotheses under consideration is necessitated in favor of the alternative hypothesis relative to the null hypothesis (H₀ = no difference between the mean of the two independent groups). Uninformed prior distribution ~Cauchy(0.707), informed prior distribution ~N(0.5, 0.5)

References

- Maiorana, A.K., et al., A functional polymorphism in the COMT gene and performance on a test of prefrontal cognition. *Am J Psychiatry*. 2002; 159(4): p. 652-4.
- Barnett, J.H., et al., Effects of the catechol-O-methyltransferase Val158Met polymorphism on executive function: a meta-analysis of the Wisconsin Card Sort Test in schizophrenia and healthy controls. *Molecular Psychiatry*. 2007; 12(5): p. 502-509.
- Smolka, M.N., et al., Gene-gene effects on central processing of aversive stimuli. *Molecular Psychiatry*. 2007; 12(3): p. 307-317.
- Lage, G.M., et al., Association between the catechol-O-methyltransferase (COMT) Val158Met polymorphism and manual aiming control in healthy subjects. *PLoS One*. 2014; 9(6): p. e99698.
- Vetterlein, A., M. Morze, and M. Reuter, Are catechol-O-methyltransferase gene polymorphisms genetic markers for pain sensitivity after all? - A review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev*. 2023; 148: p. 105112.
- Rouder, J.N., et al., Bayesian t tests for accepting and rejecting the null hypothesis. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2009; 16(2): p. 225-237.
- Schuhfried, G., STROOP Interference Test Manual. S. GmbH, Editor. 2023: Mödling, Austria.

Acknowledgements

1LI Veli, Gilmi, Eddie, Finch, Marco, Thomas, CWO Schreier, Innovationboard Swiss Army, 1LI Goldhorn, SPJAIR.ch, Col Stok, Col Guerini, Col Hedinger, Research Commission Swiss Army, Fitlight®, G. Hägi, C. Beuchat, S. Mutti, P. Dünner, FOSPO housekeeping service, Prof. Dr. Gerber, Dr. R. Züger

Illustrations

Title: VBS/DOPS – Philipp Schmidt (Fotograf); Chromosomes: Biorender.com; Tests: © Main Author

7. Referenzen

1. Wyss T, Scheffler J, Mäder U. Ambulatory physical activity in Swiss Army recruits. *Int J Sports Med*. Sep 2012;33(9):716-22. doi:10.1055/s-0031-1295445
2. Wyss T, Roos L, Hofstetter MC, Frey F, Mäder U. Impact of training patterns on injury incidences in 12 Swiss Army basic military training schools. *Mil Med*. Jan 2014;179(1):49-55. doi:10.7205/MILMED-D-13-00289
3. Roos L, Boesch M, Sefidan S, et al. Adapted marching distances and physical training decrease recruits' injuries and attrition. *Mil Med*. Mar 2015;180(3):329-36. doi:10.7205/MILMED-D-14-00184
4. Roos L, Hofstetter MC, Mäder U, Wyss T. Training Methods and Training Instructors' Qualification Are Related to Recruits' Fitness Development During Basic Military Training. *J Strength Cond Res*. Nov 2015;29 Suppl 11:S178-86. doi:10.1519/JSC.0000000000001106
5. Oeschger R, Roos L. Sensor-based objective measurement of physical activity in Swiss Armed Forces. presented at: 24th Annual Congress of the European College of Sport Science; 3rd - 6th July 2019; Prague - Czech Republic.
6. Oeschger R, Gilgen-Ammann R. Activity Recognition Using Body-Worn Sensors and Load-Dependent Injury Risk in Swiss Armed Forces Recruits. *Journal for the Measurement of Physical Behaviour*. 01 Dec. 2022 2022;5(4):300-400. doi:10.1123/jmpb.2022-0032
7. Wyss T, Von Vigier RO, Frey F, Mader U. The Swiss Army physical fitness test battery predicts risk of overuse injuries among recruits. *J Sports Med Phys Fitness*. Oct 2012;52(5):513-21.
8. Bischof I. *Entwicklung der körperlichen Fitness bei Schweizer Rekruten und Rekrutinnen über die 18 Wochen Rekrutenschule*. Masterarbeit. Universität Basel (Schweiz). 2021.
9. Beeler N, Roos L, Studer F, et al. *Studie Swiss Army Physical Fitness Training (SAFT)*. SFISM SFIoSM; 2016.
10. Dössegger A, Mudry M. *Fitness test der Armee bei der Rekrutierung Resultate 2021*. 2022.
11. Wyss T, Marti B, Rossi S, Kohler U, Mäder U. Assembling and verification of a fitness test battery for the recruitment of the Swiss Army and nation-wide use. *Schweiz Z Sportmed Sporttraumat*. 2007;55(4):126-131.
12. Maier T, Gross M., Trösch, S., Steiner, T., Müller, B., et al. *Manual Leistungsdiagnostik*. 2016
13. Noonan V, Dean E. Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Phys Ther*. Aug 2000;80(8):782-807.
14. Shephard RJ. Tests of maximum oxygen intake. A critical review. *Sports Med*. 1984;1(2):99-124. doi:10.2165/00007256-198401020-00002
15. Sonderegger N. *Validierung progressiver Ausdauerlauf, VO2max Schätzung Garmin und submaximaler Lauf test Polar*. Masterarbeit. Universität Freiburg (Schweiz); 2024.
16. Wyss T, Roos L, Oeschger R, et al. Assessment of muscle strength by the mobile application ready is valid for military training and selection procedures. Abstract. *CISM Sport Science Abstract*. 2020.
17. Bärffuss K. *Ein digitaler Fitness test als Leistungsüberprüfung an Berufsschulen - Reliabilität des Selbsttests der Training Applikation «ready» zur Beurteilung des Gleichgewichts, der Explosivkraft, der Rumpfkraft und der Ausdauer von Berufsschülerinnen und Berufsschülern*. Masterarbeit. Universität Freiburg (Schweiz); 2021.
18. Oeschger R, Bärffuss K, Gilgen-Ammann R. Test-Retest reliability of a physical fitness self-test integrated in a smartphone training application. E-Poster presented at: 26th Annual Congress of the European College of Sport Science; 08.-10.09. 2021; Virtual Congress. <http://wp1191596.server-he.de/DATA/EDSS/C26/26-0280.pdf>
19. Volken R. *Validierung der Laufdistanz beim 4-Minuten-Lauf der App Ready: Untersuchung verschiedener Einflussfaktoren auf die Laufdistanz*. Masterarbeit. Universität Freiburg (Schweiz); 2020.
20. Canepa F. *Validierung der Laufdistanz beim 4-Minuten-Lauf der App Ready*. Masterarbeit. Universität Freiburg (Schweiz); 2021.
21. Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, et al. 2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc*. Aug 2011;43(8):1575-81. doi:10.1249/MSS.0b013e31821ece12
22. Pini M. *Validierung der Smartphone-Applikation «Ready» zur Messung des Energieverbrauchs während Krafttrainings bei Jugendlichen*. Bachelorarbeit. Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen EHSM; 2022.
23. Schweizer T, Oeschger R, Gilgen-Ammann R. An evaluation of the physiological strain index during a prolonged submaximal exercise with sleep deprivation. E-Poster presented at: 26th Annual Congress of the European College of Sport Science; 08.-10.09. 2021; Virtual Congress. <http://wp1191596.server-he.de/DATA/EDSS/C26/26-0590.pdf>

24. Schweizer T, Ribiczey-Rüegger P, Gilgen-Ammann R. Development of early warning systems - how to assess one's physiological individual baseline information presented at: 6th International Congress on Soldiers' Physical Performance (ICSPP); 12.-14.09.2023; London, UK.
25. McLellan TM, Cheung SS, Selkirk GA, Wright HE. Influence of aerobic fitness on thermoregulation during exercise in the heat. *Exerc Sport Sci Rev.* Oct 2012;40(4):218-9; author reply 220. doi:10.1097/JES.0b013e3182625a83
26. Schweiker M, Fuchs X, Becker S, et al. Challenging the assumptions for thermal sensation scales. *Building Research & Information.* 2017/07/04 2017;45(5):572-589. doi:10.1080/09613218.2016.1183185
27. Gilgen-Ammann R, Schweizer T. Perceived heat sensation and heat comfort versus objective measures of core body temperature: differences depending on fitness level. presented at: 29th Annual Congress of the European College of Sport Science; 02-05.07.2024; Glasgow, UK.
28. Brügger K. *Zusammenhänge zwischen verschiedenen Maximalkraftmessungen: Lassen sich die Messwerte von Squat-, Deadlift-, und Countermovement-Tests vergleichen?* Bachelorarbeit. Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen EHSM; 2022.
29. Dössegger A, Flück M, Gsponer T, et al. Design and acceptance results of a nationwide study with Special Operation Forces. presented at: 6th International Congress on Soldiers' Physical Performance (ICSPP); 12.-14.09.2023; London, UK.
30. Puthucherry Z, Skipworth JR, Rawal J, Loosemore M, Van Someren K, Montgomery HE. The ACE gene and human performance: 12 years on. *Sports Med.* Jun 01 2011;41(6):433-48. doi:10.2165/11588720-000000000-00000
31. Pickering C, Kiely J. More than Just a Gene for Speed. *Front Physiol.* 2017;8:1080. doi:10.3389/fphys.2017.01080
32. Chen C, Sun Y, Liang H, Yu D, Hu S. A meta-analysis of the association of CKM gene rs8111989 polymorphism with sport performance. *Biol Sport.* Dec 2017;34(4):323-330. doi:10.5114/biolSport.2017.69819
33. Ahmetov II, Hall ECR, Semenova EA, Pranckevičienė E, Ginevičienė V. Advances in sports genomics. *Adv Clin Chem.* 2022;107:215-263. doi:10.1016/bs.acc.2021.07.004
34. Wolf F. *Einfluss der Gene ACE, ACTN3 und CKM auf die sportliche Leistungsfähigkeit bei Sondereinsatzkräften.* Masterarbeit. Universität Basel (Schweiz); 2024.
35. Malhotra AK, Kestler LJ, Mazzanti C, Bates JA, Goldberg T, Goldman D. A functional polymorphism in the COMT gene and performance on a test of prefrontal cognition. *Am J Psychiatry.* Apr 2002;159(4):652-4. doi:10.1176/appi.ajp.159.4.652
36. Barnett JH, Jones PB, Robbins TW, Müller U. Effects of the catechol-O-methyltransferase Val158Met polymorphism on executive function: a meta-analysis of the Wisconsin Card Sort Test in schizophrenia and healthy controls. *Mol Psychiatry.* May 2007;12(5):502-9. doi:10.1038/sj.mp.4001973
37. Smolka MN, Bühler M, Schumann G, et al. Gene-gene effects on central processing of aversive stimuli. *Mol Psychiatry.* Mar 2007;12(3):307-17. doi:10.1038/sj.mp.4001946
38. Lage GM, Miranda DM, Romano-Silva MA, et al. Association between the catechol-O-methyltransferase (COMT) Val158Met polymorphism and manual aiming control in healthy subjects. *PLoS One.* 2014;9(6):e99698. doi:10.1371/journal.pone.0099698
39. Vetterlein A, Monzel M, Reuter M. Are catechol-O-methyltransferase gene polymorphisms genetic markers for pain sensitivity after all? - A review and meta-analysis. *Neurosci Biobehav Rev.* May 2023;148:105112. doi:10.1016/j.neubiorev.2023.105112
40. Dössegger A, Häusler E, Gsponer T, Flück M. COMT rs4680 G-allele carriers in police and military SOF have better reaction time and less interference tendency. presented at: First International Congress for Preventive Medicine; 2024; Koblenz, DE.

Ein Produkt der Eidgenössischen Hochschule für Sport Magglingen EHSM

Autorinnen und Autoren

Monitoring und Evaluation, EHSM: Regina Oeschger, Rahel Gilgen-Ammann, Christiane Beuchat, Dössegger Alain, Schweizer Theresa, Thomas Wyss

Mitarbeit

Masterarbeiten: Kim Bärffuss (Universität Fribourg), Irina Bischof (Universität Basel), Francesco Canepa (Universität Freiburg), Jean-Philippe Fartaria (Universität Lausanne), Nawa Sonderegger (Universität Fribourg), Ramona Volken (Universität Freiburg), Flavio Wolf (Universität Basel)

Bachelorarbeiten: Konrad Brügger (EHSM), Matteo Pini (EHSM)

Lektorat: Christa Grötzinger, EHSM

Foto: Zentrum digitale Medien der Armee DMA

Herausgeber: Bundesamt für Sport BASPO

Internet: www.baspo.ch; www.ehsm.admin.ch

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung oder Verbreitung jeder Art – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers und unter Quellenangabe gestattet.