

Aus dem  
Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin  
Abteilung II – Molekulare und zelluläre Sportmedizin  
Geschäftsführender Leiter: Univ.-Prof. Dr. med. Wilhelm Bloch

**Die metabolische und neuromuskuläre  
Leistungsfähigkeit von nordrhein-westfälischen  
Polizeieinheiten unter Berücksichtigung der  
Körperschutzausstattung**

an der Deutschen Sporthochschule Köln  
zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der Sportwissenschaft**

angenommene Dissertation

vorgelegt von

**Lukas Zwingmann**

aus  
Hamm

Köln, 2022

Erster Gutachter: Prof. Dr. rer. nat. Patrick Wahl  
Zweiter Gutachter: Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Michael Behringer  
Vorsitzender des  
Promotionsausschusses: Prof. Dr. rer. nat. Mario Thevis  
Datum der Disputation: 04.03.2022

Eidesstattliche Versicherungen gem. § 7 Abs. 2 Nr. 4 und 5 der Promotionsordnung der Deutschen Sporthochschule Köln, 20.02.2013:

Hierdurch versichere ich:

Ich habe diese Arbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen und technischen Hilfen angefertigt; sie hat noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen. Wörtlich übernommene Textstellen, auch Einzelsätze oder Teile davon, sind als Zitate kenntlich gemacht worden.

Hierdurch erkläre ich, dass ich die „Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis“ der Deutschen Sporthochschule Köln eingehalten habe.

08.03.2022   
Datum, Unterschrift

## Danksagung

Eine Dissertation wie diese ist selten die Leistung eines\*r Einzelnen, sondern das Resultat Vieler, die durch ihre Hingabe, Hilfsbereitschaft, Erfahrung, Neugier oder Geduld unabdingbare Beiträge leisten.

Ich möchte mich daher bei allen Kolleg\*innen der Deutschen Sporthochschule Köln bedanken, mit denen ich früher wie heute interessante und aufschlussreiche Gespräche führen durfte. Mein Dank gilt vor allem meinen Kolleg\*innen am Deutschen Forschungszentrum für Leistungssport Köln (momentum) für die langjährige gute Zusammenarbeit, die unzähligen lehrreichen Momente und einmaligen Erfahrungen.

Danke an Tim Below, Marco Hoppstock, Marvin Zedler und alle weiteren Beteiligten, die mich fast ein Jahr lang mit Schweiß und Hingabe bei der KSA-Studie unterstützt haben. Es wäre ohne Euch nicht möglich gewesen.

Danke auch an Sebastian Keller und Sarah Strütt für Eure konstruktiven und kritischen Stimmen während der Erstellung dieser Dissertation.

Ein ganz großer Dank gilt meinem Doktorvater, Patrick Wahl, der mir auf meinem akademischen Weg nun seit vielen Jahren fachlich wie menschlich ein großartiger Betreuer war. Gleichmaßen danken möchte ich Jan-Peter Goldmann, der mir als Projektleiter die Möglichkeit gegeben hat, das vorliegende Thema zu bearbeiten und der mir ebenfalls stets mit Rat und Tat zur Seite stand.

Von Herzen danken möchte ich meiner gesamten Familie, besonders meinen Eltern und Großeltern, aber vor allem meiner Lebensgefährtin, Janine, die mich seit jeher bedingungslos unterstützen, mich mit ihrer Neugier beflügeln und eine unverzichtbare Konstante in der Gleichung meines Lebensweges sind.

# Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	II
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	III
Liste der Veröffentlichungen	IV
Zusammenfassung	V
Abstract (English)	VII
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Forschungsstand</b>	<b>6</b>
2.1. Das physische Tätigkeitsprofil im Polizeivollzugsdienst	6
2.1.1. Polizeikräfte mit erhöhten Fitnessanforderungen: Spezialeinheiten	12
2.1.2. Polizeikräfte mit erhöhten Fitnessanforderungen: Bereitschaftspolizeien & Einsatzhundertschaften	15
2.2. Aspekte der polizeilichen Körperschutzausstattung (KSA)	17
2.2.1. Einfluss der kumulierten Masse von Ausrüstungsgegenständen	18
2.2.2. Beeinträchtigung der menschlichen Thermoregulation	23
<b>3. Fragestellungen &amp; Forschungsziele</b>	<b>28</b>
<b>4. Studienübersicht</b>	<b>30</b>
4.1. Studie 1 – Körperschutzausstattung	30
4.1.1. Publikation 1	31
4.1.2. Publikation 2	32
4.2. Studie 2 – Spezialeinsatzkommando	33
4.2.1. Publikation 3	34
<b>5. Resümee</b>	<b>35</b>
<b>6. Ausblick</b>	<b>39</b>
Literaturverzeichnis	41

## Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	Analysis of Variance ( <i>engl. Varianzanalyse</i> )
DSHS	Deutsche Sporthochschule Köln
EHU	Einsatzhundertschaften
KSA	Körperschutzausstattung
M	Metabolische Wärmeproduktion
MVC	Maximum Isometric Voluntary Contraction ( <i>engl. Maximale isometrische Willkürkontraktion</i> )
PPE	Personal Protective Equipment ( <i>engl. Körperschutzausstattung</i> )
SEK	Spezialeinsatzkommando
SOP	Special Operations Police ( <i>engl. Polizeiliche Spezialeinheit</i> )
SPW	Sportswear ( <i>engl. Sportkleidung</i> )
$\dot{V}O_{2\max}$	Maximale Sauerstoffaufnahme ( $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ bzw. $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Körperliches Training für den Polizeiberuf im Spannungsfeld zwischen Berufsbelastung, Gesundheit und Leistung. Thematische Inhalte des Kooperationsprojektes zwischen der Polizei NRW und momentum an der Deutschen Sporthochschule Köln. Die Themenschwerpunkte dieser Dissertation sind rot hinterlegt. KSA – Körperschutzausstattung; NRW – Nordrhein-Westfalen.....	4
Abb. 2 Bestandteile und Masse der polizeilichen Körperschutzausstattung in Nordrhein-Westfalen (Stand 2021). Die reale Masse der hier simulierten Bewaffnung und des Funkgerätes können abweichen.....	16
Abb. 3 Mechanismen des menschlichen Wärmeverlustes unter thermoneutralen Umgebungsbedingungen. Links: Uneingeschränkter Wärmeverlust einer unbedeckten Person. Rechts: Eingeschränkter Wärmeverlust bei gleichzeitig erhöhter metabolischer Wärmeproduktion (M) durch das Tragen einer Körperschutzausstattung (modifiziert nach Havenith, 1999).....	25
Abb. 4 Konzeptioneller Aufbau der ersten Studie. Die morphologischen Messungen (ausgegraut) sowie die Bodenreaktionskräfte (kursiv) finden in den Publikationen keine Berücksichtigung. MVC – Maximum Voluntary Contraction; $\dot{V}O_2\text{max}$ – Maximale Sauerstoffaufnahme. ....	30
Abb. 5 Konzeptioneller Aufbau der zweiten Studie. Kursiv geschriebene Parameter fanden in der statistischen Analyse keine Berücksichtigung. DSHS – Deutsche Sporthochschule Köln; SEK – Spezialeinsatzkommando; $\dot{V}O_2\text{max}$ – Maximale Sauerstoffaufnahme. ....	33

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Durchschnittliche Dauer/Wiederholungen je Schicht, Häufigkeit, Bedeutsamkeit und Grad der körperlichen Anstrengung verschiedener Aktivitäten kanadischer Polizist*innen (modifiziert nach Anderson et al., 2001).....	8
Tab. 2 Rangliste der 10 häufigsten Handlungen in Situationen mit Gewaltanwendung im amerikanischen Polizeialltag sowie deren bewertete Bedeutsamkeit (modifiziert nach Arvey et al., 1992).....	9

## Liste der Veröffentlichungen

**Zwingmann L**, Zedler M, Kurzner S, Wahl P, Goldmann J-P. *How fit are special operations police officers? A comparison with elite athletes from Olympic disciplines.* *Front Sports Act Living.* 2021 Dec 2; 3:742655. doi: 10.3389/fspor.2021.742655

**Zwingmann L**, Below T, Braun H, Wahl P, Goldmann J-P. *Consequences of police personal protective equipment and physical training status on thermoregulation and exercise energy expenditure.* *J Sports Med Phys Fitness.* 2021 Feb 23. doi: 10.23736/S0022-4707.21.12196-6

**Zwingmann L**, Hoppstock M, Goldmann J-P, Wahl P. *The effect of physical training modality on exercise performance with Police-related personal protective equipment.* *Appl Ergon.* 2021 Jan 25; 93:103371. doi: 10.1016/j.apergo.2021.103371

## Zusammenfassung

Der Polizeiberuf geht einher mit wechselhaften physischen Belastungen, die von vielen Faktoren abhängen. Über Art, Häufigkeit und Intensität entscheiden neben der Zugehörigkeit einer Einheit, wie den Einsatzhundertschaften oder dem Spezialeinsatzkommando (SEK), auch die Einsatzsituation, Einsatzdauer oder die äußeren Einsatzbedingungen. Die obligatorisch zu tragende Körperschutzausstattung (KSA) ist eine solche Bedingung, die den Polizist\*innen zwar lebensrettenden Schutz bietet, aufgrund ihrer Masse und ihrem mehrschichtigen Material jedoch auch großen Einfluss auf die motorische Leistungsfähigkeit sowie den metabolischen und thermalen Stress nehmen kann.

Die erste Studie dieser Dissertation befasste sich mit der Quantifizierung eben jener Veränderungen durch KSA sowie der Identifikation relevanter Fitnessmerkmale, die der Leistungsfähigkeit bei berufsnahen, sportmotorischen Tests und somit der Einsatzfähigkeit von Polizeibeamt\*innen zugutekommen. 45 männliche Teilnehmer, aufgeteilt in vier Gruppen mit jeweils einer Kombination aus hoher oder niedriger maximaler Sauerstoffaufnahme sowie hoher oder niedriger isometrischer Maximalkraft im Kreuzheben, nahmen an einer Testreihe teil, die sie in randomisierter Reihenfolge einmal mit und einmal ohne KSA durchliefen. Sie bewältigten dabei einen Stufentest auf dem Laufband, dem eine Rettungssimulation im Pre-Post-Design vor- und nachgeschaltet war, in der sie einen Dummy über vier Mal zehn Meter transportierten.

Die KSA bewirkte dabei signifikante Leistungsreduktionen, die beim Stufentest und bei der Rettungssimulation unterschiedlich stark ausfielen. Der Flüssigkeitsverlust verdoppelte sich im Vergleich zur Untersuchung mit Sportkleidung. Die Körpertemperatur stieg signifikant stärker an und erreichte oftmals Werte von über 39 °C. Während die Leistungen im Stufentest und in der Rettungssimulation vor allem mit der maximalen Sauerstoffaufnahme oder der Maximalkraft zusammenhingen, war die Körpertemperaturregulation von diesen Fitnessmerkmalen und der Anthropometrie der



Probanden weitestgehend unbeeinflusst. Insgesamt suggerierten die Ergebnisse, dass vor allem regelmäßiges Ausdauertraining, aber auch Krafttraining und Gewichtsmanagement wichtiger Teil von Rahmentrainingskonzeptionen der Polizeien sein sollten. Reduktionen des thermalen Stresses sind jedoch weniger durch sportliche Betätigung, sondern womöglich mehr durch Verbesserungen des Ausrüstungsmaterials oder Kühlstrategien zu erreichen.

In der zweiten Studie wurde untersucht, ob Anwarter der nordrhein-westfälischen SEKs im Einklang mit ihrem physischen Anforderungsprofil trainieren. Da präzise Aussagen über die minimal notwendige Ausprägung von Fitnessmerkmalen jedoch schwierig zu treffen sind, wurden die retrospektiven Studiendaten in Form einer Stärken-Schwächen-Analyse mit professionellen Leistungssportlern Olympischer Sportarten verglichen. Gepoolte Mittelwerte von insgesamt 3.028 männlichen Athleten aus 36 Sportarten dienten als Referenz und wurden der Stichprobe anhand von Effektstärken gegenübergestellt.

Die Ergebnisse zeigten, dass SEK-Anwarter und somit auch Mitglieder von SEKs im Verhältnis zum Durchschnitt der Leistungssportler größer, schwerer und, in Bezug auf verschiedene Maximalkrafttests, hoch trainiert sind. Sie weisen jedoch insbesondere in den Bereichen der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit und der dynamischen Leistungsfähigkeit der unteren Extremitäten Defizite auf und liegen jeweils im unteren Drittel aller untersuchten Kohorten.

Folglich erscheint ein gesteuertes Umdenken bei den Trainingspraktiken von SEK-Einheiten sinnvoll, die sich möglicherweise stärker an denen von Leistungssportlern orientieren und ein breiteres Spektrum motorischer Fähigkeiten abdecken. Vor allem höhere Anteile plyometrischen Trainings oder polarisierten Ausdauertrainings würden mehr den beruflichen Anforderungen entsprechen.

## **Abstract (English)**

The police profession is accompanied by a variety of physical demands that depend on several factors. The type, frequency and intensity are determined not only by the unit to which an officer belongs, such as a riot police unit or a special operations police unit (SOP), but also by the operational tasks, the duration of the deployment or the external deployment conditions. The obligatory wearing of personal protective equipment (PPE) is one such condition, which on the one hand offers life-saving protection, but on the other hand can have a major impact on physical performance as well as metabolic and thermal stress due to its mass and multi-layered material.

The first study of this dissertation dealt with the quantification of such changes in performance and internal load through PPE as well as the identification of relevant fitness characteristics that benefit police officers during job-oriented physical ability tests. 45 male participants were divided into four groups, each with a combination of high or low maximum oxygen uptake and high or low isometric maximum strength in the deadlift. In randomized order, the participants then went through a test series twice, once with sportswear and once with PPE. They completed an incremental exercise test on the treadmill, preceded and followed by a rescue simulation in a pre-post design, in which they transported a dummy over ten meters for four times.

The PPE caused significant reductions in performance, which differed in their extent between the treadmill test and the rescue simulation. Fluid loss doubled compared to the examination with sportswear. Body temperature increased significantly faster during running in PPE than in sportswear and often reached values of over 39 °C. While performance in the treadmill test and rescue simulation was mainly related to maximum oxygen uptake or maximum isometric strength, body temperature regulation was largely unaffected by these fitness characteristics as well as the body composition of the subjects. Overall, the results suggested that regular endurance training in particular, but also strength training and weight management, should be an important

part of police forces' training concepts. However, a considerable reduction in thermal stress is not expected to result from regular training but probably rather from improvements in equipment material or cooling strategies.

The second study investigated whether applicants of the North Rhine-Westphalian SOP units train in accordance with their physical requirements. However, since little is known about the minimum required level of relevant fitness characteristics, the retrospective data of this study were compared with those of professional athletes of Olympic sports in the form of a strengths-weaknesses analysis. Pooled means of a total of 3,028 male athletes from 36 sports served as references and were compared to the sample of interest using effect sizes.

Relative to the average professional athlete, applicants, and thus members of SOP units, are taller, heavier, and highly trained in terms of various maximal strength tests. However, they show deficits particularly in the areas of aerobic endurance capacity and leg muscle power, each ranking in the bottom third of all cohorts studied.

Consequently, a guided rethinking of SOP units' training practices, possibly more closely aligned with those of professional athletes and covering a broader range of motor abilities, seems appropriate. Especially, higher proportions of plyometric training or polarized endurance training would be more in line with the occupational requirements.

# 1. Einleitung

Polizist\*in zu sein bedeutet einen Beruf auszuüben, der sich durch ein breites Spektrum möglicher Tätigkeitsfelder auszeichnet. Als exekutives Staatsorgan übernimmt die Polizei nicht nur Verantwortung für die Kriminalitätsbekämpfung, sondern sie bietet Bildungs- und Beratungsmöglichkeiten, leistet Aufklärungsarbeit und Notfallhilfe, regelt die inländischen Verkehrswege und gewährleistet die Sicherheit eines jeden Individuums bei Großveranstaltungen und in Gefahrenlagen (Bundeskriminalamt, 2021; Mecking, 2020). Aufgrund der Vielschichtigkeit und Bedeutung der Polizeiarbeit für das öffentliche Leben liegt in der Gesellschaft sowie Politik ein großes Interesse darin, dass die Funktionsfähigkeit dieser Institution und damit auch die langfristige Diensttauglichkeit der Beamt\*innen sichergestellt ist. Die Arbeit von Polizeien, insbesondere die der Bereitschaftspolizeien, ist in den letzten Jahren jedoch mit einem wachsenden psychophysischen Druck verbunden. Dieser Druck ist nicht in erster Linie Folge der „alarmistischen“ Natur dieser Einsatzkräfte, aufgrund der sie in steter Abrufbereitschaft stehen (Fittkau & Heyna, 2020). Viel mehr tragen die altersdemografische Entwicklung und ein wachsender Fachkräftemangel in Deutschland dazu bei, dass die Polizei zunehmend in einen Wettbewerb um qualifizierte Arbeitskräfte mit öffentlicher Hand und Wirtschaft tritt und unter entsprechend erschwerten Bedingungen ihren Nachwuchs gewinnen muss. Jahrelange staatliche Sparmaßnahmen verschärfen dieses Dilemma zusätzlich (Borgwardt, 2011; Fittkau & Heyna, 2020). Infolge dessen werden die personellen Reserven schon heute allein in Nordrhein-Westfalen so weit ausgeschöpft, dass sich bei den Beamt\*innen rund 5,6 Mio. Überstunden angehäuft haben (Gewerkschaft der Polizei NRW, 2020). Gleichzeitig wachsen stetig die Herausforderungen durch eine global steigende wirtschaftspolitische Unsicherheit (Baker, Bloom & Davis, 2021), zahlreiche Großlagen wie Demonstrationen und Sportveranstaltungen sowie eine zunehmende Gewaltbereitschaft gegen Polizist\*innen (Bundeskriminalamt, 2020).

Eine solche Anzahl von psychophysischen Stressoren, die hohe Arbeitsverdichtung und das generell erhöhte Verletzungsrisiko im Einsatz führen bei manchen deutschen Polizeien zu einer auffallend niedrigen Gesundheitsquote (Fittkau & Heyna, 2020). Eine 2017 durchgeführte Umfrage in der Berliner Polizeidirektion A ergab, dass über 40 % der Befragten häufiger als einmal pro Woche unter Schlafstörungen, Nacken-, Schulter- oder Rückenschmerzen litten (Kleiber et al., 2018). Rund ein Viertel gab fast tägliche oder andauernde Beschwerden an. 22,7 % berichteten über chronische Erkrankungen, von denen allein 35,1 % muskuloskelettalen Ursprungs waren, gefolgt von Atemwegs- (23,0 %) und Herz-Kreislauferkrankungen (18,9 %). Alarmierend erscheint nicht zuletzt, dass es etwa ein Drittel der Befragten für eher oder sehr wahrscheinlich hielt, aufgrund des Gesundheitszustandes frühzeitig aus dem Polizeiberuf auszuschcheiden (Kleiber et al., 2018). Das Beispiel Berlin ist zwar kein Abbild der bundesweiten Gesundheitsquote der Polizeien, doch auch in anderen Bundesländern weisen die jährlichen Krankheitstage darauf hin, dass Polizeien überdurchschnittlich von gesundheitlichen Ausfällen betroffen sind (IM Baden-Württemberg, 2016; IM NRW, 2018).

Unweigerlich rücken Fragestellungen zur Förderung der langfristigen Diensttauglichkeit fortlaufend in den Fokus der Behörden. Dabei ist beispielsweise die Aufarbeitung der defizitären Sportkultur, als ein wesentlicher Pfeiler der Gesunderhaltung, in deutschen Polizeien kein allzu neues Thema. Das Deutsche Polizeisportkuratorium hat bereits 1997 den Leitfaden 290 formuliert, der die körperliche Leistungsfähigkeit als Schlüsselqualifikation des Polizeiberufs hervorhebt und die Empfehlung einer verbindlichen Dienstsportteilnahme zum Ausdruck bringt (Rosenbaum, 2016). Vielfach sehen die Sportlerlasse der zuständigen Ministerien der Länder allerdings keine Verpflichtung zum Dienstsport vor. Laut Walter (2011) trägt dieser Umstand zu einer mangelnden Umsetzung des betrieblichen Gesundheitsmanagements in den Polizeien bei. Das nordrhein-westfälische Innenministerium versucht mithilfe des derzeit geltenden Sporterlasses Anreize für sportliche Aktivitäten zu schaffen, indem es von seinen Polizeivollzugsbeamt\*innen einen jährlichen Leistungsnachweis fordert (z. B. durch das

Deutsche Sportabzeichen) und Arbeitszeitgutschriften von insgesamt 36 Stunden pro Jahr ermöglicht, sofern sie für inner- oder außerdienstliche Sportangebote genutzt wurden (IM NRW, 2021c). Doch grundsätzlich, und auch unter Berücksichtigung zahlreicher weiterer Gesundheitsangebote, verbleibt die Verantwortlichkeit für das Sporttreiben weitestgehend bei den Beamt\*innen selbst.

Ein weiteres Problem ergibt sich daraus, dass die Leitfäden und Erlasse für den Sport außerhalb des Einsatztrainings schwammig formuliert und auf freizeitsportliche Aktivitäten ausgerichtet sind (IM NRW, 2021c; Weiler, 2011). In Abgrenzung zu Maßnahmen des allgemeinen Gesundheitsmanagements, das insbesondere die Vorbeugung von Zivilisationskrankheiten zum Ziel hat, stellt sich für den Polizeiberuf die Frage, ob Handlungsanweisungen eine trainingsmethodische Spezifität aufweisen sollten, die an dem physischen Anforderungsprofil im Allgemeinen oder gar an den belastungsinduzierten Besonderheiten der Einheiten ausgerichtet ist. Die Einsatzhundertschaften und Spezialeinsatzkommandos unterliegen beispielweise dem masse- und volumenbedingten Einfluss der zu tragenden Körperschutzausstattung (KSA). Auch ist bei beiden Einheiten, in Anbetracht der Gefahrenlagen, in denen sie zum Einsatz kommen, und des damit einhergehend hohen Konfliktpotentials, von bedeutend längeren und körperlich anspruchsvolleren Belastungen auszugehen als sie in anderen Einheiten erwartbar sind. Um diesen speziellen, gehobenen Anforderungen zu entsprechen, ist es möglicherweise nicht nur bedeutsam überhaupt Sport zu treiben, sondern gezielt jene Komponenten der körperlichen Leistungsfähigkeit auszubilden, die in diesen Einheiten für eine angemessene Einsatzfähigkeit ausschlaggebend sind.

Um eine zielführende Optimierung der Trainingsempfehlungen vornehmen zu können, ist zunächst allerdings ein besseres Grundverständnis über die physischen Einsatzbelastungen notwendig. Ein wichtiger Teilaspekt ist diesbezüglich die Wirkweise der KSA auf den Metabolismus und die Laufmechanik während körperlicher Aktivität sowie der Einfluss konditioneller Fähigkeiten auf solche Zielgrößen. Da das regelmäßige Training aufgrund der gegebenen Polizeistrukturen größtenteils selbstständig,

d. h. ohne professionelle Betreuung, durchgeführt wird, erscheinen zudem Untersuchungen sinnvoll, die sowohl das durchschnittliche Fitnessprofil dieser Einheiten beschreiben als auch auf Trainingsdefizite hinweisen, die stärker aufgearbeitet werden müssen.

Im deutschsprachigen Raum sind trainingswissenschaftliche Untersuchungen der Polizeiarbeit bislang rar. Die Polizei des Landes Nordrhein-Westfalen erhält deshalb seit 2008 wissenschaftlichen Beistand vom Deutschen Forschungszentrum für Leistungssport Köln (momentum) der Deutschen Sporthochschule Köln, mit dem Bestreben, die physischen und sportiven Belange des Polizeiberufs besser verstehen zu lernen. Abbildung 1 zeigt das Spannungsfeld zwischen Berufsbelastung, Gesundheit und Leistung, in dem sich Polizeien bewegen, sowie die wissenschaftlichen Themen und Methoden, mit denen diesen Aspekten im Rahmen der Kooperation begegnet wird.

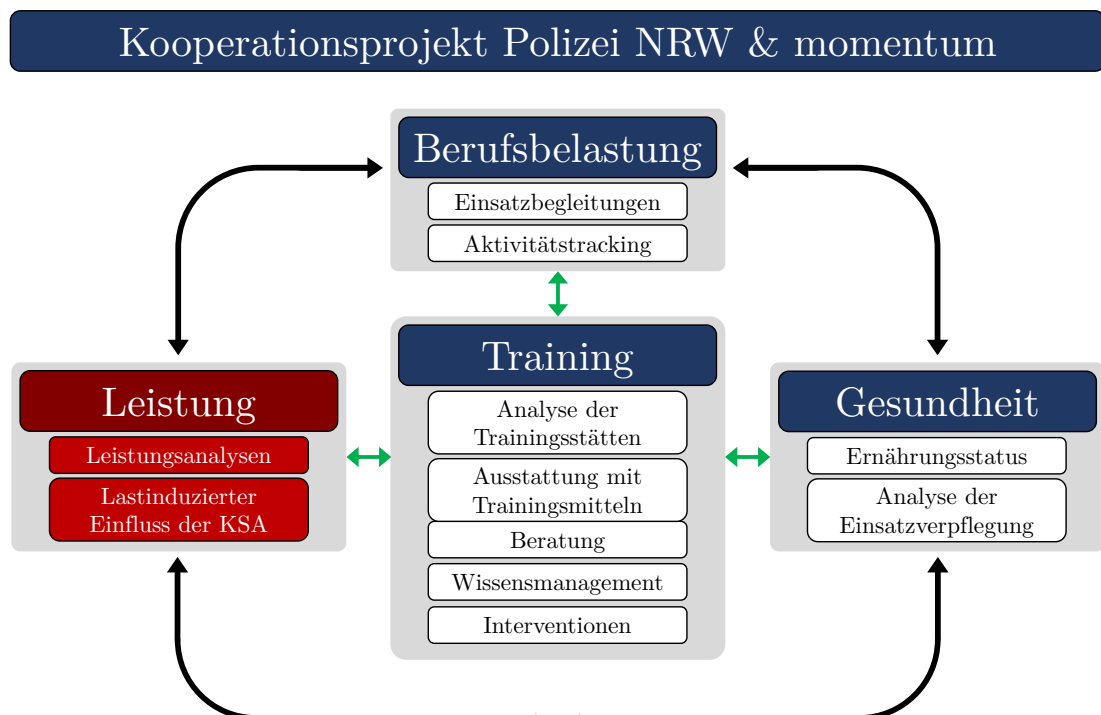


Abb. 1 Körperliches Training für den Polizeiberuf im Spannungsfeld zwischen Berufsbelastung, Gesundheit und Leistung. Thematische Inhalte des Kooperationsprojektes zwischen der Polizei NRW und momentum an der Deutschen Sporthochschule Köln. Die Themenschwerpunkte dieser Dissertation sind rot hinterlegt. KSA – Körperschutzausstattung; NRW – Nordrhein-Westfalen.

Die in dieser Dissertation vorgestellten Studien sind Teil dieses Kooperationsprojektes und setzen an der beschriebenen Problematik eines noch mangelnden Verständnisses für die polizeilichen Leistungsanforderungen an. Die erste vorgestellte Studie umfasst Analysen zur metabolischen Beanspruchung und Thermoregulation unter körperlicher Betätigung während des Tragens von KSA der nordrhein-westfälischen Einsatzhundertschaften. Ziel war es, sowohl die KSA-bedingten Leistungseinbußen zu quantifizieren als auch die Effekte konditioneller Fähigkeiten (Kraft- und Ausdauerleistungsfähigkeit) sowie der Anthropometrie auf die erfassten Zielgrößen zu differenzieren. So könnte beispielsweise eine Priorisierung der konditionellen Fähigkeiten für das einsatzspezifische Training vorgenommen werden. Die zweite Studie beinhaltet ein Fitnessprofil sowie eine vergleichende Stärken-Schwächen-Analyse der konditionellen Fähigkeiten von männlichen SEK-Beamten mit Hochleistungssportlern. Ziel war es hier, die sportmotorischen Defizite der SEK-Beamten aufzuzeigen und daraus Hinweise für das eigenständige Training innerhalb und außerhalb des Dienstes zu formulieren.

Dem voraus geht in Kapitel 2 zunächst ein theoretischer Umriss des physischen Tätigkeits- und Anforderungsprofils von Polizeibeamt\*innen im deutschsprachigen und internationalen Raum sowie eine Beschreibung der biomechanischen und physiologischen Besonderheiten des Tragens von protektiver Ausrüstung.



## 2. Forschungsstand

### 2.1. Das physische Tätigkeitsprofil im Polizeivollzugsdienst

Bei der Beschreibung des physischen Tätigkeits- bzw. Aktivitätsprofils von Polizeikräften ist es wichtig zwischen Behörden zu differenzieren, die schwerpunktmäßig entweder administrative oder vollzugsdienstliche Aufgaben bewältigen. In die zweite Kategorie, die hier von Interesse ist, fallen in Deutschland u. a. Verkehrs- und Bereitschaftspolizeien sowie Spezialeinheiten. Im englischen Sprachgebrauch entsprechen diese Einsatzkräfte in etwa den Begriffen „General Duty/Patrol Police“, „Riot Police“ und „Special Operations Police“, oder Abwandlungen dieser.

Nach aktuellem Kenntnisstand existieren bis heute nur sehr wenige veröffentlichte Studien, in denen die körperliche Belastung während des allgemeinen Polizeivollzugsdienstes mit objektiven Messverfahren wie z. B. Aktivitätstrackern quantifiziert wurde (Buckingham et al., 2020; Ramey et al., 2014). Ramey et al. (2014) versuchten die körperliche Aktivität in kommunalen Behörden der USA zu charakterisieren, indem sie diese mit der Aktivität an arbeitsfreien Tagen verglichen. Sie konnten dabei aufzeigen, dass an freien Tagen geschlechterübergreifend sowohl signifikant mehr Schritte getätigt wurden als auch insgesamt mehr Energie pro Stunde verbraucht wurde ( $136,4 \text{ kcal} \cdot \text{h}^{-1}$  vs.  $144,0 \text{ kcal} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Der durchschnittliche Energieverbrauch sowie die Bewegungsintensität sanken zudem mit steigendem Dienstgrad. Gleichzeitig stellten Ramey et al. fest, dass 79 % der Teilnehmer\*innen übergewichtig waren, obwohl 97 % angaben, körperlich aktiv zu sein. Unter Berücksichtigung von berufsbedingten Barrieren eines ausgewogenen Ernährungsverhaltens, wie Arbeitsauslastung und unregelmäßige Arbeitszeiten (Mackenzie-Shalders et al., 2020), deuten die Ergebnisse nicht nur auf eine Diskrepanz zwischen wahrgenommener und gemessener Aktivität hin, sondern auch auf eine geringe körperliche Belastung im durchschnittlichen Polizeidienst. Dieser Eindruck wird durch die in England durchgeführte Studie von Buckingham et al. (2020) bestätigt, in der 58 % der Teilnehmer\*innen angaben, hauptsächlich sitzend

tätig zu sein und, mit  $10.555 \pm 3.259$  Schritten, vergleichbare Werte mit der zuvor genannten Untersuchung aufwiesen. Limitierend ist hier jedoch, dass rund 20 % der Studienteilnehmer\*innen administrative Tätigkeiten ausübten und somit zu einem verzerrten Bild des Vollzugsdienstes beigetragen haben könnten.

Obwohl auch in früheren Studien schon 80-90 % der Dienstzeit mit geringer physischer Aktivität assoziiert worden sind (Bonneau & Brown, 1995), erscheint die Betrachtung anderer Messgrößen als die von Aktivitätstrackern notwendig. Denn, fernab einer nachweislich mangelhaften Validierung vieler dieser Geräte (Peake, Kerr & Sullivan, 2018), liefern sie keine beschreibenden Informationen über die Formen der Aktivitäten. Zudem bilden sie kurzweilige (hoch-intensive) Belastungen möglicherweise nicht ausreichend ab. So dauern beispielsweise körperliche Auseinandersetzungen oder das Retten und Bergen von Menschen meist nur einige Sekunden bis Minuten. Innerhalb einer angenommenen Arbeitszeit von acht Stunden machen solche Reize einen marginalen Anteil an Langzeitmessungen aus, können metabolisch und neuromuskulär aber bedeutsam sein. Darüber hinaus muss die Fitness von Polizist\*innen nicht der dienstlichen Durchschnittsbelastung entsprechen, sondern der, die in Not- und Gefahrensituationen erforderlich ist (Anderson, Plecas & Segger, 2001; Bonneau & Brown, 1995). Denn so selten diese auch auftreten mögen, kann eine inadäquate Leistungsfähigkeit zur Gefährdung des eigenen oder des Lebens anderer führen.

Anhand von Befragungen ist es möglich die Art der Aktivitäten, deren Häufigkeit sowie deren Bedeutsamkeit für den Polizeiberuf genauer zu beschreiben. Eine um die Jahrtausendwende durchgeführte Befragung, deren Ergebnisse in Tabelle 1 zusammengefasst sind, befasste sich mit einer ausführlichen Charakterisierung der Aktivitäten im kanadischen Polizeidienst (Anderson et al., 2001).

Tab. 1 Durchschnittliche Dauer/Wiederholungen je Schicht, Häufigkeit, Bedeutsamkeit und Grad der körperlichen Anstrengung verschiedener Aktivitäten kanadischer Polizist\*innen (modifiziert nach Anderson et al., 2001).

Aktivität	Dauer (min)/ Wiederholungen	Häufigkeit	Bedeutsamkeit	Physische Beanspruchung
Sitzen	343 min	andauernd	sehr wichtig	
Stehen	147 min	andauernd	sehr wichtig	
Gehen	52 min	andauernd	sehr wichtig	
Beugen/Bücken	13 min	oft	eher wichtig	
Heben & Tragen (unterhalb der Taille)	6 x	oft	eher wichtig	moderat-maximal
Treppensteigen	4 x	oft	sehr wichtig	moderat
Handhaben von Objekten	15 x	oft	eher wichtig	
Hocken/Knien	3 x	oft	eher wichtig	
Drehen	5 x	oft	eher wichtig	
Drücken/Stoßen/Ziehen	3 x	oft	eher wichtig	moderat-maximal
Laufen	1 x	gelegentlich	eher wichtig	moderat-maximal
Klettern	2 x	gelegentlich	eher wichtig	
Balancieren	2 min			
Heben (über Schulter)	4 x	selten	neutral	
Springen	1 x	gelegentlich	eher wichtig	moderat-maximal
Schleppen		gelegentlich	eher wichtig	moderat-maximal
Kriechen		selten	neutral	

**Häufigkeitsskala:** *niemals, selten, gelegentlich, oft, andauernd.*

**Bedeutsamkeitsskala:** *sehr unwichtig, eher unwichtig, neutral, eher wichtig, sehr wichtig.*

**Skala der physischen Beanspruchung:** *minimal, minimal-moderat, moderat, moderat-maximal, maximal.*

Konform mit den Studien, in denen Aktivitätstracker genutzt wurden, nahmen das Sitzen, Stehen und Gehen die überwiegenden Anteile der Dienstzeit ein. Aber auch viele der anderen Aktivitäten waren oft wiederkehrend, von tendenziell wichtiger Bedeutsamkeit und mit moderater bis maximaler Beanspruchung verbunden. Keine der gelisteten Aktivitäten wurde als beruflich unwichtig erachtet. Ergänzend beschrieben die Autor\*innen, dass brisante Ereignisse häufig durch unterschiedliche Formen von körperlicher Konfrontation gelöst werden mussten, unter zumeist moderater Beanspruchung (Anderson et al., 2001).

Eine ältere Untersuchung von Arvey et al. (1992) in den USA ergab ebenfalls, dass polizeiliche Vorfälle am häufigsten durch körperliche Konfrontationen in Form von Ringen („wrestling“) gelöst wurden, gefolgt von Aktivitäten wie Drücken/Stoßen („pushing“), Ziehen („pulling“) und Laufen („running“). Tabelle 2 zeigt darüber hinaus eine Rangliste der zehn häufigsten aus insgesamt 72 Handlungen, die in Situationen auftreten, in denen es zu Gewaltanwendung kommt, sowie deren bewertete Bedeutsamkeit im Dienst.

*Tab. 2* Rangliste der 10 häufigsten Handlungen in Situationen mit Gewaltanwendung im amerikanischen Polizeialltag sowie deren bewertete Bedeutsamkeit (modifiziert nach Arvey et al., 1992).

Handlung	Häufigkeit (Rang)	Bedeutsamkeit (Rang)
Tragen eines Ausrüstungsgürtels (inkl. Schusswaffe, Pfefferspray, Funkgerät) für die Dauer der Schicht.	1	4
Ziehen des Schlittens an einer automatischen Handfeuerwaffe oder einer Schrotflinte, um eine Patrone zu laden.	2	5
Wegziehen einer Person von einer anderen, um sie von einem Kampf abzuhalten, indem sie ergriffen und von der anderen Person wegbe- wegt wird.	3	
Tragen einer Person, die bewusstlos, betrunken oder durch Rauch beeinträchtigt ist, indem sie unter den Armen gepackt, ihr Gewicht gestützt und zum Polizeiauto transportiert wird.	4	
Tragen einer festgenommenen Person, die nicht in der Lage ist oder sich weigert zu gehen, indem sie unter den Armen gepackt, ihr Ge- wicht gestützt und zum Polizeiauto transportiert wird.	5	
Aufwenden von Griffkraft, um eine sich wehrende Person zu halten.	6	12
Ringern, Kämpfen und Überwältigen von angreifenden oder sich weh- renden Personen unter Verwendung von Festnahmetechniken oder anderen Haltegriffen (ausgenommen mechanische Hilfsmittel).	7	10
Verfolgen einer verdächtigen Person auf der Straße, um sie zu ergrei- fen und festzunehmen.	8	
Ziehen einer verdächtigen Person, die sich wehrt und an einem Ge- genstand festhält (z. B. einem Autotürgriff).	9	
Festhalten einer verdächtigen Person unter Verwendung verschiede- ner Griffe wie Nacken- oder Schultergriffe (ohne mechanische Hilfs- mittel).	10	11

**Bemerkung:** Die Bedeutsamkeit der Handlungen wurde nur bis Rang 12 beschrieben. Handlungen mit fehlenden Werten hatten demnach einen Rang größer als 12.

In kritischen Situationen tragen Polizist\*innen demnach meistens einen Ausrüstungsgürtel und erachten diesen als äußerst wichtig. Aktivitäten mit höchster Bedeutsamkeit waren jedoch nur vereinzelt vertreten. Diese betrafen eher unmittelbar lebenswichtige Maßnahmen wie das Abfeuern einer Schusswaffe, das Ausweichen von Autos oder Wurfgegenständen sowie Erste-Hilfe Maßnahmen. Laut eines Berichts des U.S. Department of Justice gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass es in lediglich 1,6 % der Fälle mit Personenkontakt zu Gewaltanwendung kommt (Durose, Smith & Langan, 2007). Konfrontationen mit Männern (2,2 %) sind dabei deutlich häufiger als mit Frauen (1,0 %).

Die beiden vorgestellten Befragungen belegen ein wechselhaftes Anforderungsprofil, das trotz überwiegend ruhender Tätigkeiten durchaus mit regelmäßigen, moderaten bis intensiven Belastungen einhergeht. Eine vergleichbare, veröffentlichte Beschreibung der Polizeiarbeit in Deutschland ist bislang nie vorgenommen worden. Frühere Untersuchungen weisen jedoch darauf hin, dass sich die Art und Intensität der Aktivitäten von Polizeien in Nordamerika, Europa und Australien kaum unterscheiden (Bonneau & Brown, 1995). Es verwundert somit nicht, dass auch deutsche Polizist\*innen ihre Einsatzfähigkeit zu rund 30 % auf allein physische Faktoren, wie Belastbarkeit und Leistungsvermögen, zurückführen (Rosenbaum, 2016).

In Anbetracht der vorangegangenen Darstellungen erscheint ein Mindestmaß körperlicher Fitness für den allgemeinen Polizeivollzugsdienst unabdingbar. Sportliches Training erweist sich diesbezüglich vor allem deshalb als notwendiges Mittel, weil die niedrige Gesamtbelastung während des Dienstes, einhergehend mit einem verhältnismäßig niedrigen Energieverbrauch, an sich keine ausreichend trainingswirksamen Reize zu setzen scheint, die dem Erhalt einer angemessenen Leistungsfähigkeit zuträglich wären. Diese Annahme wird gestützt von Untersuchungen, die zeigen, dass diverse Fitnessmerkmale mit Ende der Ausbildungszeit, in der noch regelmäßiger angeleitet trainiert wird, erheblich abnehmen (Dawes et al., 2017; Orr et al., 2018). Gleichzeitig ist die Prävalenz für kardiovaskuläre Risikofaktoren, einen hohen BMI und

Fettleibigkeit sowie die Ausbildung des metabolischen Syndroms bei Polizeikräften hoch (Anderson, Yoo & Franke, 2016; Buckingham et al., 2020; Hartley et al., 2011; Leischik et al., 2015; Ramey et al., 2014). Ob Polizist\*innen den vorherrschenden konditionellen Ansprüchen grundsätzlich gerecht werden, lässt sich danach zwar nicht beurteilen, eine US amerikanische Studienreihe hat aber offengelegt, dass 10-20 % der Polizist\*innen nicht dazu in der Lage waren, Aufgaben wie eine Verfolgungsjagd oder die Bergung eines Opfers auf einem minimalen Leistungsniveau zu bewältigen (Hoffman & Collingwood, 2005).

Deutlich wird die beschriebene Problematik auch bei der Betrachtung konkreter physiologischer Merkmale. Die maximale Sauerstoffaufnahme ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ) gilt z. B. als wichtiges Vitalzeichen kardiopulmonaler Gesundheit (Wagner et al., 2021) und als limitierendes Kriterium für Ausdauerleistungen (Bassett & Howley, 2000). Basierend auf den Ergebnissen von Wagner et al. (2021), liegt die durchschnittliche  $\dot{V}O_2\text{max}$  bei gesunden Erwachsenen in Altersgruppen von 20 bis 59 Jahren zwischen  $46,6 \pm 7,9$  und  $38,4 \pm 8,5 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Männer) bzw.  $39,3 \pm 6,5$  und  $31,9 \pm 4,7 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  (Frauen). Die bislang durchgeführten Untersuchungen an der Deutschen Sporthochschule Köln mit freiwilligen Polizist\*innen des Wach- und Wechseldienstes ergaben, nebst großer Heterogenität innerhalb der Kohorte, dass rund 36 % der Männer und 28 % der Frauen unterhalb dieser Normwerte liegen. Da bei körperlich anspruchsvollen Studien oft von einer überdurchschnittlichen Sportaffinität der Freiwilligen auszugehen ist, liegt die reale Quote vermutlich noch höher. Auch international gehen die mittlere  $\dot{V}O_2\text{max}$ , aber ebenso andere Fitnessmerkmale von Polizeien, wie Muskelkraft und funktionelle Beweglichkeit, vielfach nicht über die der Durchschnittsbevölkerung hinaus (Marins, David & Del Vecchio, 2019). Ein solcher Umstand führt folglich zurück zu dem eingangs beschriebenen Standpunkt einer defizitären Sportkultur und Rahmentrainingskonzeption.

Allgemeingültige Trainingsempfehlungen für den Polizeivollzugsdienst sind in internationalen Studien kaum beschrieben, sehr wohl aber die Zusammenhänge zwischen

Fitnessmerkmalen und der Leistung bei berufsrelevanten Aufgaben. Beck et al. (2015) demonstrierten, dass sowohl die Agilität (gemessen anhand eines Sprinttests mit Richtungswechseln) als auch die  $\dot{V}O_2\text{max}$  signifikante Prädiktoren einer simulierten Verfolgungsjagd waren, die das Treppensteigen, Eindringen in ein Haus, Überwinden von Hindernissen sowie den Transport und die Festnahme eines Dummies beinhaltete. Andere Studien weisen ebenfalls auf die Bedeutung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit und Sprintleistung sowie Kraftfähigkeiten der unteren und oberen Extremitäten in praxisnahen Testbatterien hin (Canetti et al., 2020; Lockie et al., 2019; Lockie et al., 2018; Orr et al., 2019). Ein erhöhter Körperfettanteil scheint die Leistung bei verschiedenen Aktivitäten zudem zu mindern (Dawes et al., 2016).

Daraus lässt sich grundsätzlich ableiten, dass die gängigen konditionellen Fähigkeiten (Kraft, Ausdauer, Agilität), aber auch ein Gewichtsmanagement beruflich relevant und entsprechend zu berücksichtigen sind. Rosenbaum (2016) empfiehlt auf Grundlage ihrer Forschungsergebnisse mit deutschen Polizeibeamt\*innen zwei angeleitete, konditionell vielseitige Trainingseinheiten pro Woche über eine Dauer von jeweils 60 Minuten. Für einige Einsatzkräfte ist möglicherweise jedoch eine Spezifizierung solcher Empfehlungen erforderlich. Diese Notwendigkeit ergibt sich z. B. bei Spezialeinheiten und Bereitschaftspolizeien aus den physisch anspruchsvolleren Aufgabenbereichen und Einsatzbedingungen gegenüber anderen Einsatzkräften.

#### 2.1.1. Polizeikräfte mit erhöhten Fitnessanforderungen:

##### Spezialeinheiten

Polizeiliche Spezialeinheiten, darunter insbesondere die deutschen Spezialeinsatzkommandos (SEK), sind für Zugriffs- und Schutzmaßnahmen ausgebildet, bei denen von Kontakt mit bewaffneten oder ausgesprochen gewalttätigen Gefährder\*innen auszugehen ist (IM NRW, 2021e). Einer Studie in Australien und Neuseeland zufolge liegt die häufigste Aufgabe von Spezialeinheiten in der Durchsetzung von Haftbefehlen mit

hohem Sicherheitsrisiko, gefolgt von Hoch-Risiko-Personenschutzmaßnahmen, Operationen außerhalb von bebauten Gebieten und Terrorismusbekämpfung (Irving, Orr & Pope, 2019). Die Einheiten werden regelmäßig durch körperlich intensive Aktivitäten gefordert, wie z. B. durch Treppensteigen, Ziehen, Heben und Tragen schwerer Ausrüstung oder Personen, Marschieren oder Laufen über verschiedene Distanzen sowie das Überwinden von Hindernissen (Marins et al., 2020; Silk et al., 2018). Weltweit wird Mitgliedern von Spezialeinheiten daher ein deutlich höheres Maß körperlicher Fitness abverlangt, das sich in verschiedensten Leistungstests nachweislich widerspiegelt (Maupin et al., 2018). Laut persönlicher Kommunikation sind die Anforderungen so hoch, dass SEK-Beamte\*innen in Nordrhein-Westfalen ihre Einheit mit dem Erreichen des 45. Lebensjahres verlassen müssen.

Die Besonderheiten von Spezialeinheiten gehen jedoch nicht nur von den Extremsituationen aus, mit denen sie konfrontiert werden, sondern auch davon, dass ein Großteil der körperlichen Belastungen gar nicht einsatzbedingt ist. Silk et al. (2018) konnten zeigen, dass die meisten Aktivitäten deutlich seltener bei Einsätzen stattfinden als bei Übungen an den Ausbildungsstandorten. Im Gegensatz zu anderen Polizeieinheiten, ist hier also schon das Training mit- oder gar hauptverantwortlich für die physische Beanspruchung der Polizist\*innen und begründet sich darin, dass der Erfolg einer Operation von einer intensiven Vorbereitung und außerordentlichen physischen Verfassung abhängt. Über die konkreten Trainingspraktiken von Spezialeinheiten ist international allerdings wenig bekannt.

Parallel zu den prädiktiven Fitnessmerkmalen des allgemeinen Polizeivollzugsdienstes, messen auch Mitglieder von Spezialeinheiten in den USA, Brasilien und Australien der neuromuskulären Leistungsfähigkeit (u. a. Maximalkraft und Agilität) sowie der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit die größte Bedeutung bei (Davis et al., 2016; Marins et al., 2020; Silk et al., 2018). Die Analysen von Robinson et al. (2018) bestätigen diesen Eindruck. Die Autor\*innen demonstrierten aber z. B. auch, dass die aerobe Fitness den stärksten Zusammenhang zur benötigten Zeit für einen 5 km langen



Marsch aufwies, bei dem die männlichen Teilnehmer insgesamt 25 kg Ausrüstung mit sich trugen. Selbst bei komplexen Fitness-Parcours, bestehend aus Sprint-, Kletter-, Kriech-, Schieß- und Schleppaufgaben, korreliert die  $\dot{V}O_2\text{max}$  unter allen konditionellen Fähigkeiten am stärksten mit der Gesamtleistung (Thomas et al., 2018). Daraus kann abgeleitet werden, dass die Ausdauerleistungsfähigkeit situativ die wichtigste Einflussgröße der Einsatzfähigkeit sein kann und entsprechend ausgeprägt sein muss. Es gibt dennoch Hinweise darauf, dass regelmäßiges Krafttraining gegenüber anderen Trainingsformen bevorzugt wird. Spezialeinheiten sind daher verhältnismäßig muskulös und kräftig, aber nicht zwangsläufig gut ausdauertrainiert (Pryor et al., 2012). Ursprung dessen könnten die allgemein lückenhafte Betreuung und eigenständige Trainingsplanung von Polizist\*innen sein. Marins et al. (2020) haben erst kürzlich gezeigt, dass rund 48 % der Trainingszeit brasilianischer Spezialkräfte unbeaufsichtigt, 61 % eigens geplant und 50 % unstrukturiert sind. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen zuvor bereits Davis et al. (2016) in den USA. Möglicherweise begründet sich darin auch eine variabel hohe Dropout-Quote in Einstellungstests von Spezialeinheiten, die laut älteren Daten in Australien beispielsweise zwischen 18 und 70 % liegt (Hunt, Orr & Billing, 2013).

Es könnte folglich lohnenswert sein, Mitglieder, Bewerber\*innen sowie Trainer\*innen und Ausbilder\*innen von Spezialeinheiten mehr für die beruflichen Leistungsanforderungen zu sensibilisieren. Dazu erscheint eine Analyse des physischen Profils der Beamt\*innen notwendig sowie eine Definition konkreter Stärken und Schwächen, denen im täglichen Training vermehrt Rechnung getragen werden muss. Allerdings ist es bislang schwierig, konkrete Leistungsdefizite auszumachen, weil es kein adäquates, internes Referenzsystem gibt, an dem SEK-Beamt\*innen gemessen werden können. Da Leistungsdefizite innerhalb dieser Population strukturellen Ursprungs sind, sollten erhobene Daten zudem nicht nur innerhalb der Polizeien, sondern bestenfalls mit anderen Populationen oder Kohorten verglichen werden. Hochleistungssportler\*innen bieten sich als externes Referenzsystem an, weil sie i. d. R. professionelle und

evidenzgeleitete Trainingsstrukturen nutzen, die für Spezialeinheiten adaptiert werden können. Besonders olympische Sportarten sind so weitreichend untersucht, dass nicht nur ihre physischen Anforderungsprofile bekannt sind, sondern auch die für den sportlichen Erfolg notwendigen Trainingsformen, -intensitäten und -umfänge. Eine Einordnung des Fitnesszustandes von Spezialkräften in den Kontext des Leistungssports hat es in der Literatur aber bislang nicht gegeben. Eine entsprechende Evaluation und Vergleiche mit unterschiedlichen olympischen Disziplinen wurden deshalb im Rahmen dieser Dissertation angestrebt.

### 2.1.2. Polizeikräfte mit erhöhten Fitnessanforderungen:

#### Bereitschaftspolizeien & Einsatzhundertschaften

Neben den Spezialeinheiten weisen auch die Bereitschaftspolizeien erhöhte Leistungsanforderungen auf. Sie bestehen in Deutschland zumeist aus mehreren Einsatzhundertschaften (EHU), die sich landesweit auf mehrere Polizeipräsidien verteilen und eingesetzt werden, wenn die Möglichkeiten der Kreispolizeibehörden ausgeschöpft sind. Die Haupteinsatzgebiete betreffen unterschiedlichste Großlagen, die in der Regel mit großem Personalaufwand verbunden sind, wie Demonstrationen, Staatsbesuche, Großfahndungen, Razzien oder Sportveranstaltungen (IM NRW, 2021a). Allein die Bewältigung der Fußballspiele der ersten drei nationalen Ligen und des DFB-Pokals erforderten deutschlandweit in den Saisons 2018/19 und 2019/20 jeweils 1,6 Mio. Arbeitsstunden (LZPD NRW, 2020). Im Rahmen solcher Großveranstaltungen ist es Aufgabe der EHU – oder ihrer internationalen Pendanten, die unter dem Begriff „Riot Police“ zusammengefasst werden –, die Menschenmassen zu kontrollieren und Unruhen zu vermeiden, die beispielsweise durch militante oder vandalisierende Gruppierungen eintreten können. Gleichzeitig leisten sie medizinische Unterstützung, sichern Marschrouten und überwachen die Bedrohungslage für vulnerable Personengruppen (Apolinarski, 2019). Spezielle Beweissicherungs- und Festnahmeinheiten

dokumentieren Rechtsbrüche und nehmen Straftäter\*innen aus den Massen heraus (IM NRW, 2021b).

Die einzigartigen Besonderheiten von EHU sind demzufolge der direkte Kontakt mit (potentiell) gewalttätigen Menschenmengen, verbunden mit einer hohen Arbeitsverdichtung und Einsatzzeiten von bis zu 14 Stunden (Apolinarski, 2019). Sportwissenschaftlich ergeben sich allein daraus bereits unzählige Fragestellungen, die das Belastungsmanagement oder auch die Versorgungssituation mit Nahrungsmitteln anbelangen. Untersuchungen sind dazu bislang weder auf nationaler noch internationaler Ebene zu finden. Im Hinblick auf die Frage nach funktional ausschlaggebenden Fitnessmerkmalen ist insbesondere der Umstand zu berücksichtigen, dass Polizist\*innen der EHU über die gesamte Dauer eines Einsatzes mit schwerer Ausrüstung beladen sind, die deutlich über 20 kg wiegen kann (vgl. Abbildung 2). Sie weisen dahingehend sogar eine wichtige Parallele zum SEK auf.



Abb. 2 Bestandteile und Masse der polizeilichen Körperschutzausrüstung in Nordrhein-Westfalen (Stand 2021). Die reale Masse der hier simulierten Bewaffnung und des Funkgerätes können abweichen.

Die KSA ist elementarer Teil der polizeilichen Schutzmaßnahmen, hat aber auch einen nachweislich fundamentalen Einfluss auf die körperliche Beanspruchung, der beim regelmäßigen Training Rechnung getragen werden muss. Während die im nachfolgenden Kapitel 2.2. näher beschriebenen Aspekte des Tragens von Lasten in verschiedensten Berufsgruppen weitreichend untersucht wurden, sind die Effekte von konditionellen Fähigkeiten und Körpereigenschaften hingegen nur mangelhaft ausdifferenziert worden. Dies gab Anlass, die KSA der nordrhein-westfälischen Bereitschaftspolizei anhand unterschiedlich trainierter Gruppen genauer zu betrachten.

## 2.2. Aspekte der polizeilichen Körperschutzausstattung (KSA)

Das Tragen von Lasten (engl. „Load Carriage“) ist ein Forschungsfeld der Ergonomie, das eine lange Historie hat. Denn in vielen Berufen sind Beschäftigte regelmäßig hohen Lasten ausgesetzt, die sich unmittelbar auf die Arbeitsleistung und körperliche Gesundheit auswirken können. Dazu zählen unterschiedlichste Industriebetriebe sowie das Militär, die Feuerwehr oder auch die Polizei. Letztere sind als Organisationen mit Sicherheitsaufgaben zu bezeichnen, die i. d. R. protektive Ausrüstungsgegenstände und Kleidung mit sich führen, um sich selbst und Dritte vor äußeren Gefahrenquellen zu schützen. Diese Protektoren lassen sich unter dem Begriff KSA zusammenfassen und erreichen in modernen militärischen Einheiten, zusammen mit dem übrigen Marschgepäck, manchmal eine Masse von über 50 kg (Knapik, Reynolds & Harman, 2004). Für Betroffene stellt jedoch nicht nur die auferlegte Masse eine körperliche Herausforderung dar, sondern auch das thermisch isolierende Material, die Anzahl an Kleidungsschichten sowie das Volumen und die Steifigkeit der Ausrüstung. All diese Faktoren nehmen Einfluss auf physiologische Reaktionen und biomechanische Bewegungsmuster, die das Leistungsvermögen eines Menschen determinieren. Im Sinne eines besseren Verständnisses dafür, was das für den Polizeiberuf bedeutet, sollen die bisherigen Erkenntnisse über das Thema „Load Carriage“ in diesem Kapitel näher betrachtet werden.

### 2.2.1. Einfluss der kumulierten Masse von Ausrüstungsgegenständen

In wissenschaftlichen Untersuchungen zu protektiver Ausrüstung (engl. „Personal Protective Equipment“) ist ihre Masse der wahrscheinlich meist diskutierte Aspekt. Denn gerade in der militärischen Geschichte ist der Anspruch an moderne Materialien und Ausrüstungsgegenstände immer weiter angestiegen, um der ebenso fortschreitenden Evolution der Waffentechnologie gerecht zu werden (Larsen, Netto & Aisbett, 2011; Scott, 2005). Der Erfolg neuer Entwicklungen spiegelt sich z. B. beim US Militär in einer drastischen Abnahme von Thoraxverletzungen und Letalität durch Schussverletzungen wider (Belmont, Schoenfeld & Goodman, 2010). Mit diesen lebenswichtigen Verbesserungen ging bislang jedoch auch einher, dass die auferlegte Gesamtmasse immer weiter zunahm (Knapik et al., 2004), obwohl sie eine wesentliche Einflussvariable der operativen Leistungsfähigkeit und Verletzungsprävalenz ist. Zusatzlasten werden als die häufigste Ursache einer Lumbago – ugs. Hexenschuss – benannt (Orr et al., 2015; Roy, Lopez & Piva, 2013). Die Knochen und Gelenke der unteren Extremitäten gelten in der australischen Armee als die Körperregionen, die am häufigsten von lastinduzierten Verletzungen wie Stressfrakturen oder Neuropathien betroffen sind (Orr et al., 2015; Orr et al., 2014).

Ein Risikofaktor dafür liegt vermutlich in der veränderten Gang- und Laufmechanik. Studien zufolge führen Zusatzlasten zu einer proportionalen Erhöhung der vertikalen Bodenreaktionskraftspitzen (Birrell, Hooper & Haslam, 2007; Dames & Smith, 2016; Wang et al., 2012). Im Gehen sind zudem die einfache Stütz- und Doppelstützphase signifikant verlängert sowie die mechanische Gelenkleistung an Hüft-, Knie- und Sprunggelenk erhöht (Dames & Smith, 2016). Liew, Morris und Netto (2016a) zeigten Ähnliches beim Laufen mit Lasten in Höhe von 10 und 20 % der eigenen Körpermasse. Während der mittleren Stützphase führten die zusätzlichen Massen einerseits zu einer erhöhten Dorsalflexion in den Sprunggelenken sowie einer größeren Gelenkleistung durch die exzentrische Muskelaktivität der Plantarflexoren. Andererseits wurden die Kniegelenke in der mittleren Stützphase stärker gebeugt und bedingten eine größere

mechanische Gelenkleistung durch die Aktivität der Knieextensoren. Insgesamt ver- richteten die unteren Extremitäten während der Stützphase signifikant mehr negative mechanische Arbeit, um die erhöhte vertikale Bewegungsenergie zu absorbieren (Liew, Morris & Netto, 2016b). Sowohl die Gelenke als auch der betroffene Muskel-Sehnen-Apparat waren somit einem erhöhten mechanischen Stress ausgesetzt. Im Zusammen- hang damit resultierte eine 60-minütige Exposition mit Zusatzlast von 55 % der eige- nen Körpermasse bei  $5,4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  in einer akut erhöhten Faszikellänge und einem klei- neren Fiederungswinkel des M. vastus lateralis (Lidstone et al., 2017). Da während der Belastung auch physiologische Parameter wie Herzfrequenz und Sauerstoffauf- nahme signifikant anstiegen, vermuteten die Autor\*innen, dass die akut veränderte Muskelmorphologie zu einer geringeren mechanischen Effizienz beitrug. D. h. der me- tabolische Energieverbrauch sei stärker angestiegen als die daraus generierte Bewe- gungsenergie. Gleichzeitig zeigten sie, dass nach der Belastung auch die neuromusku- läre Leistungsfähigkeit der Beinstrecker vermindert war, gemessen an einem isometri- schen Maximalkrafttest.

In den beschriebenen Studien wird häufig suggeriert, dass ein Zusammenhang zwi- schen lastinduziertem muskuloskelettalem Stress, neuromuskulärer Ermüdung und Verletzungsprävalenz besteht. Ein direkter Nachweis dafür ist bislang jedoch nicht aufgezeigt worden. Aus der Studie von Orr und Pope (2015) geht vielmehr hervor, dass hohe Lasten zwar eine bedeutende Risikoquelle sind, weitere Einflussfaktoren wie Laufgeschwindigkeit, Terrain oder Belastungsdauer bei der Ursachenforschung aber notwendigerweise mit einbezogen werden müssen.

Zweifelsfrei ist, dass linear zunehmende Lasten zu einem ebenfalls linearen Anstieg des metabolischen Energieverbrauchs führen (Dames & Smith, 2015; Grenier et al., 2012; Huang & Kuo, 2014). In einem Vergleich zwischen Sportkleidung ( $< 1 \text{ kg}$ ) und Kampf- ausrüstung (22,4 kg) sowie Sportkleidung und Marschausrüstung (37,9 kg) der fran- zösischen Fremdenlegion stieg der metabolische Energieverbrauch je zurückgelegtem Meter ( $\text{J} \cdot \text{m}^{-1}$ ) bei einer konstanten Geschwindigkeit von  $4,0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  um  $22,3 \pm 16,3 \%$

und  $37,1 \pm 22,9$  % (Grenier et al., 2012). Unter Berücksichtigung einer hohen interindividuellen Variabilität, entspricht das etwa 1 % je Kilogramm Zusatzlast. In einer anderen Untersuchung stieg der Energieumsatz je Kilogramm Zusatzlast annähernd konstant um  $7,62 \text{ J} \cdot \text{s}^{-1}$  (Huang & Kuo, 2014). Beiden Studien zufolge veränderte sich jedoch die mechanische Effizienz nicht in Abhängigkeit zur Masse. Der Energieumsatz stieg dementsprechend in einem gleichen Verhältnis wie die verrichtete mechanische Arbeit. Verringerungen der mechanischen Effizienz, wie sie in der zuvor genannten Studie von Lidstone et al. (2017) angenommen wurden, sind folglich eher das Resultat von neuromuskulärer sowie metabolischer Ermüdung und weniger unmittelbar lastinduziert.

Ein weiterer wichtiger, massebedingter Aspekt von KSA ist die Reduktion sportmotorischer Leistungen. Der negative Einfluss von KSA auf kurze Sprints (Lewinski et al., 2015; Treloar & Billing, 2011), die Marsch- und Laufleistung (Coakley et al., 2019; DeMaio et al., 2009; Phillips, Stickland & Petersen, 2016; Taylor et al., 2012) oder komplexe Fitness-Parcours (Larsen et al., 2012; Thomas et al., 2018) ist weitgehend belegt. Dabei hängt der Grad der Leistungseinbußen sowohl von der Größe der Zusatzlast als auch von der zu bewältigenden Aufgabe ab. In der Studie von Thomas et al. (2018) stieg die benötigte Zeit für eine Kriechübung mit 14,2 kg schwerer KSA beispielsweise um 34,3 %, die Zeit für das Überwinden einer Mauer um 16,7 % und Schießübungen waren nicht signifikant beeinträchtigt. Eine 9,8 kg schwere KSA führte wiederum zu einer signifikanten Verminderung der Laufleistung in einem Shuttle-Run Test, aber nicht zur Leistungsreduktion eines Agilitätstests oder der Bergung eines Dummies (DeMaio et al., 2009).

Zu berücksichtigen ist, dass situationsspezifisch nicht die Masse allein, sondern auch das Volumen und die Steifigkeit der KSA beeinflussend sein können. Dempsey, Hancock und Rehrer (2013) simulierten das Verlassen eines Fahrzeugs und testeten die Manövrierfähigkeit von Personen während einer Bodenübung. Beide Aufgaben konnten aufgrund einer Volumen-bedingt eingeschränkten Mobilität schlechter gelöst

werden. Noch deutlicher wird die Interaktion der genannten Faktoren in der kürzlich veröffentlichten Studie von Gijsbertse et al. (2021). Die Autor\*innen designten einen speziellen Anzug, der es zuließ, schmale Gewichtsplatten, voluminöse Schaumstoffplatten und steife Kabel unabhängig voneinander anzubringen, um die Effekte von Masse, Volumen und Steifigkeit auf die Leistung während eines Fitness-Parcours zu untersuchen. Alle Faktoren beeinträchtigten die benötigte Gesamtzeit, hatten aber variabel große Effekte auf die Teilübungen des Parcours. Eine zusätzliche Masse von 30 kg erzeugte interessanterweise durchweg die größten Leistungseinbußen, sogar gegenüber einer Kombination aus 10 kg Zusatzlast, 20 L zusätzlichem Volumen und Kabeln mit mittlerer Steifigkeit. Rückschließend scheint die Masse auch unter Einschluss anderer Variablen der wichtigste Aspekt in Bezug auf sportmotorische Leistungen zu sein.

Inwieweit physische Fitnessmerkmale Einfluss auf lastinduzierte Tätigkeiten nehmen, ist bis heute zwar mehrfach analysiert worden, immer wieder aber mit divergenten Ergebnissen. Manche Studien suggerieren, dass die aerobe Fitness der wichtigste Faktor ist (Robinson et al., 2018; Simpson et al., 2017), andere betonen mehr die Bedeutung der Körpermasse und speziell der fettfreien Masse. Denn wie bereits mehrfach gezeigt, verursachen aerobe Ausdauertests und metabolische Kenngrößen wie die  $\dot{V}O_2\text{max}$  ein verzerrtes Bild über die berufliche Leistungsfähigkeit von Menschen mit hohem Körpergewicht, die leichten Personen beim Bewältigen von Aufgaben mit Zusatzlasten durchaus überlegen sein können (Bilzon, Allsopp & Tipton, 2001; Lyons, Allsopp & Bilzon, 2005; Vanderburgh, 2008; Vanderburgh & Flanagan, 2000). Bilzon et al. (2001) legten z. B. dar, dass die relative  $\dot{V}O_2\text{max}$  in ihrer Stichprobe zwar negativ mit dem Körpergewicht, aber nicht mit der Dauer bis zur Ausbelastung bei konstanter Laufgeschwindigkeit von  $9,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  und 18 kg Zusatzlast korrelierte. Hingegen hing die Dauer bis zur Ausbelastung positiv mit dem Körpergewicht sowie der fettfreien Masse zusammen.



Obwohl die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit zweifelsohne eine elementare Rolle spielt, weisen solche Ergebnisse darauf hin, dass die Anthropometrie arbeitsphysiologisch von hohem Stellenwert sein kann. Beispielsweise scheint eine, im Verhältnis zur passiven Masse (Fettmasse + Zusatzlast), große fettfreie Masse zu einer reduzierten fraktionellen Ausnutzung der  $\dot{V}O_2\text{max}$  zu führen (Lyons et al., 2005). D. h. die metabolische Beanspruchung durch Laufbelastungen mit Zusatzlast kann bei Menschen mit hoher Muskelmasse niedriger ausfallen. Auch Taylor, Peoples und Petersen (2016) zeigten, dass die lastinduzierte metabolische Beanspruchung bei kleinen, leichten Personen stärker steigt als bei großen, schweren. Sie schlussfolgerten entsprechend, dass leichte Personen eine bessere aerobe Fitness brauchen, um die gleiche Leistung schwererer Personen zu erbringen.

Problematisch erscheint, dass die Einflussvariablen in keiner der zuvor genannten Studien um die jeweils anderen ausreichend kontrolliert worden sind. In der Studie von Lyons et al. (2005) könnten Personen mit großer fettfreier Masse z. B. deshalb eine niedrigere Ausschöpfung der  $\dot{V}O_2\text{max}$  hervorgebracht haben, weil sie gleichzeitig von einer besseren aeroben Fitness, sprich höheren  $\dot{V}O_2\text{max}$  profitierten. Zudem ist bislang kaum berücksichtigt worden, dass, wie bereits erörtert, größere Massen eine proportional erhöhte mechanische Arbeit und einen höheren Energieumsatz verursachen, die besonders bei anhaltenden Belastungen zu einer Benachteiligung schwerer Individuen führen könnten.

Selbst mehrwöchige Interventionsstudien zu Kraft- und Ausdauertraining wie die von Kraemer et al. (2004) sind limitiert, weil sie nicht beschreiben, wie sich langfristige morphologische und kardiovaskuläre Adaptationen auf einsatznahe Aufgaben auswirken. Interventionszeiträume über mehrere Monate bis Jahre hat es bislang nicht gegeben. Unklar bleibt daher, wie leistungsfähig Personengruppen bei Belastungen mit Zusatzlast sind, die nach vollkommen unterschiedlichen Trainingshistorien ausgewählt wurden. Kenntnis darüber, inwieweit sich beispielsweise spezifisch trainierte Kraft- und Ausdauersportler bei verschiedenen physischen Tätigkeiten mit KSA

unterscheiden, könnte nicht nur für kurz- und mittelfristige, sondern vor allem für langfristige Trainingskonzeptionen von Polizeien und anderen Berufen wegweisend sein.

### 2.2.2. Beeinträchtigung der menschlichen Thermoregulation

Der aufrechte Gang ist eine evolutionäre Erfolgsgeschichte, die es dem Menschen ermöglicht sich mit gerade einmal einem Viertel des Energieverbrauchs anderer Primaten fortzubewegen (Sockol, Raichlen & Pontzer, 2007). Trotzdem transformiert auch der Mensch nur einen geringen Teil der genutzten chemischen Energie in kinetische Energie. In Abhängigkeit von der Tätigkeit, gehen stattdessen rund 80-100 % in Form von Wärmeenergie verloren (Havenith, Holmer & Parsons, 2002). Bei  $10,5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  Laufgeschwindigkeit wird bereits eine Wärme von über 11 W je 1 kg Körpergewicht produziert (Smoljanić et al., 2014). Um dennoch eine konstante Körpertemperatur von etwa  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  beizubehalten, überträgt der Körper die überschüssige Wärmeenergie über unterschiedliche Wege auf seine Umgebung. Gelingt dies nicht, steigt das Risiko einer Hitzeerschöpfung, weil das notwendige Schlagvolumen des Herzens aufgrund der konkurrierenden Anforderungen des skelettmuskulären Blutflusses, der Perfusion lebenswichtiger Organe und der Hautperfusion zur Wärmeabgabe nicht aufrecht gehalten werden kann. Auch Hitzeerkrankungen sind möglich, die von einfachen Muskelkrämpfen über Übelkeit bis zu Hitzeschlägen reichen und vielfältige physiologische Ursachen haben (Périard, Eijsvogels & Daanen, 2021).

Ein Mechanismus, Wärme an die Umgebung abzugeben, ist der direkte Kontakt mit Materialien bzw. Stoffen (Konduktion; z. B. Kontakt der Füße mit dem kalten Fußboden), der beim Sport allerdings eine untergeordnete Rolle spielt. Wichtiger sind viel mehr den Körper umströmende Medien wie Luft, die die Wärme abtragen (Konvektion), thermische Strahlung sowie die Expiration erwärmter und angefeuchteter Atemgase (Havenith, 1999). Bei  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  und geringer Luftfeuchtigkeit können die Konvektion und Wärmestrahlung über 70 % der gesamten Wärmeabgabe ausmachen (Sawka et al., 1993). Mit steigenden Umgebungstemperaturen wächst hingegen die

Rolle der Verdunstung von Schweiß (Evaporation). Bei Umgebungstemperaturen über 35 °C entfernt 1 L Schweiß rund 672 Wh Wärmeenergie und ist für nahezu 100 % der Gesamtwärmeabgabe verantwortlich. Unter besonderen Umweltbedingungen ist die Evaporation damit ein unabdingbarer Faktor der menschlichen Thermoregulation (Rossi, 2005; Sawka et al., 1993).

Entscheidende Einflussfaktoren der Wärmeabgabe sind jedoch nicht nur die Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit, sondern auch die getragene Kleidung. Insbesondere KSA kann dahingehend zum Problem werden. Denn sie bedeckt i. d. R. den gesamten Körper und ist explizit dazu gemacht, vor äußeren Einflüssen wie Feuer, Wasser, Chemie oder physischer Gewalt abzuschirmen. Meist ist das Material entsprechend dick, außerordentlich wärmedämmend und kaum permeabel für Flüssigkeiten, Wasserdampf oder Luft (McCullough, 2005). Hinzu kommt beispielweise bei den EHU, dass durch das Tragen einer Einsatzjacke, einer ballistischen Weste sowie einer schlag- und stichsicheren Weste gleich mehrere Kleidungsschichten getragen werden, die ihrerseits wie Multiplikatoren der negativen Effekte wirken. Die in Abbildung 3 dargestellte, logische Folge bei körperlicher Belastung ist, dass die notwendigen thermoregulativen Mechanismen in ihrer Wirkung stark vermindert sind. Gleichzeitig führt der massebedingt erhöhte Energieverbrauch dazu, dass noch mehr Wärmeenergie anfällt, die abgetragen werden muss.

Dementsprechend haben hohe protektive Ansprüche nicht nur einen negativen Einfluss auf den Tragekomfort von KSA, sondern auch auf den physischen Stress. Einer älteren Untersuchung zufolge verursachte das Tragen einer US-amerikanischen KSA vergleichbare Effekte wie ein Anstieg der Umgebungstemperatur von ca. 15 °C (Yarger, Cronau & Goldman, 1968). Allein das Hinzufügen einer ballistischen Weste zu militärischer Uniform kann zu einem um 30 % erhöhten Anstieg der Körperkern-temperatur und eine um 13 % erhöhte Schweißrate während vierstündigen Gehens führen (Cheuvront et al., 2008).

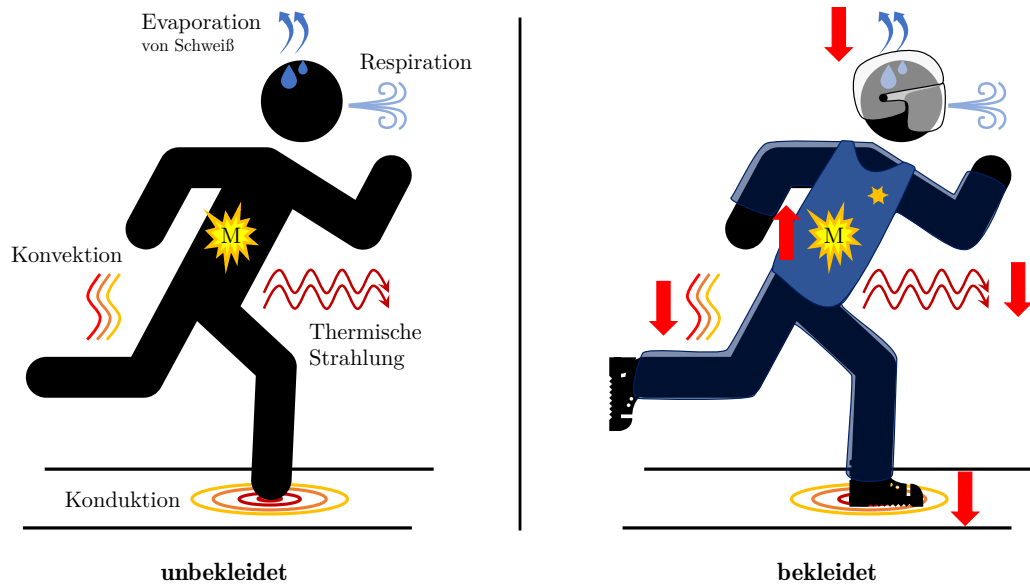


Abb. 3 Mechanismen des menschlichen Wärmeverlustes unter thermoneutralen Umgebungsbedingungen. Links: Uneingeschränkter Wärmeverlust einer unbekleideten Person. Rechts: Eingeschränkter Wärmeverlust bei gleichzeitig erhöhter metabolischer Wärmeproduktion (M) durch das Tragen einer Körperschutzausstattung (modifiziert nach Havenith, 1999).

Eine andere Studie ergab ebenfalls höhere Schweißraten (+18 %), jedoch keinen erhöhten Körpertemperaturanstieg während einer Testbatterie, bestehend aus wechselndem Sitzen und Gehen mit ballistischer Weste und Uniform (Lehmacher, Jansing & Küpper, 2007). Beim Tragen von Gasschutzkleidung während des Gehens bei 21 % und 41 % der individuellen  $\dot{V}O_2\text{max}$  wurden wiederum sowohl eine außerordentlich erhöhte Hauttemperatur als auch Schweißrate nachgewiesen (Smolander et al., 1984). Die Hauttemperatur lag mit Schutzkleidung bei  $36,1 \pm 0,2$  bzw.  $36,9 \pm 0,3$  °C, ohne lediglich bei  $31,3 \pm 0,1$  bzw.  $30,9 \pm 0,4$  °C. Die Schweißrate vervielfachte sich mit  $473 \pm 51$  gegenüber  $70 \pm 23 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  bzw.  $766 \pm 81$  gegenüber  $135 \pm 18 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ .

In der Literatur beschriebene Möglichkeiten zur Verbesserung der Hitzetoleranz unter kompensierbaren Umweltbedingungen beinhalten im Wesentlichen eine Akklimatisierung sowie Ausdauertraining. Es wird angenommen, dass beide Methoden in einer signifikanten Zunahme des Gesamtkörperwassers, des Blutvolumens und der Schweißrate resultieren (Maughan & Shirreffs, 2004; Periard et al., 2016). Besonders Ausdauertraining verbessert zudem die Hautperfusion und folglich den konvektiven

Wärmeverlust durch erhöhte Hauttemperaturen (Boegli et al., 2003; Galan-Carracedo et al., 2019). Es gibt außerdem Hinweise darauf, dass Personen mit guter aerober Fitness höhere Körpertemperaturen tolerieren, möglicherweise durch verminderten physiologischen Stress oder schlichtweg durch geringeres, subjektiv wahrgenommenes Unbehagen im Vergleich zu unsportlichen Personen (Cheung & McLellan, 1998; Selkirk & McLellan, 2001).

Selbst die Körperzusammensetzung gilt als beeinflussender Faktor der Thermoregulation. Denn zum einen weisen verschiedene Gewebe ebenso verschiedene Wärmekapazitäten und Konduktivität auf. Adipöses Gewebe erwärmt sich schneller, leitet die Wärmeenergie aber langsamer an umliegende Strukturen weiter (Bowman, Cravalho & Woods, 1975; Giering, Lamprecht & Minet, 1996). Menschen mit größerem Körperfettanteil neigen demnach zu einem schnelleren Körpertemperaturanstieg unter Belastung (McLellan, 1998; Selkirk & McLellan, 2001). Zum anderen ermöglicht eine, im Verhältnis zum Körpervolumen, große Körperoberfläche, dass mehr Wärme nach außen abgetragen werden kann (Hayward, Eckerson & Dawson, 1986). Marino et al. (2000) konnten bereits darlegen, dass kleinere und leichtere Läufer sowohl von einer masse-bedingt geringeren Wärmeproduktion als auch von einer geringeren Wärmespeicherung in warm-feuchter Umgebung profitieren. Cramer und Jay (2015) zeigten hingegen, dass der Körperfettanteil und das Verhältnis zwischen Körpermasse und Körperoberfläche lediglich 4,3 % und 2,3 % der Varianzen der Körpertemperaturänderung während einer 60-minütigen Radergometrie erklärten.

Derzeit existieren kaum Veröffentlichungen dazu, ob eine gute physische Fitness und vermeintlich vorteilhafte Körperanthropometrie positive Effekte unter nicht-kompensierbaren Hitzebedingungen wie beim Tragen von KSA bewirken. Es ist folglich nicht klar, ob all die zuvor genannten Aspekte und Mechanismen überhaupt eine praktische Relevanz in den von KSA betroffenen Berufen und speziell der Polizei haben. Lediglich Cheung und McLellan (1998) verglichen zwei Personengruppen, die jeweils eine  $\dot{V}O_2\text{max}$  oberhalb oder unterhalb von  $50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  aufwiesen. Unter Belastung

mit sogenannter ABC-Schutzkleidung (atomar, biologisch, chemisch) stand eine bessere aerobe Fitness in Verbindung mit einer durchschnittlich längeren Belastungszeit und einer höheren maximalen Körperkerntemperatur. Die Schweißrate und Wärmeabgabe waren gegenüber der Gruppe mit geringerer  $\dot{V}O_2\text{max}$  aber nicht höher. Selbst eine zehntägige Akklimatisierung führte in der fitteren Gruppe zwar zu einer Steigerung der Schweißrate, bewirkte aber ebenso keine bessere Wärmeabgabe. Die Autor\*innen schlussfolgerten, dass eine hohe Schweißrate während des Tragens von KSA als negative Adaptation zu betrachten ist, weil sie lediglich zu einer schnelleren Dehydration beitrage. Zu vergleichbaren Ergebnissen kamen auch Périard, Caillaud und Thompson (2012) anhand eines Vergleichs von zwei Gruppen mit hoher und niedriger  $\dot{V}O_2\text{max}$  bei Umgebungstemperaturen von 18 und 40 °C.

Weiterführende Untersuchungen, insbesondere mit polizeilicher KSA sind derzeit nicht bekannt. Im Rahmen des Kooperationsprojektes zwischen Polizei NRW und der Deutschen Sporthochschule Köln gab dies Anlass, die Beziehungen zwischen physischer Belastung, KSA und Fitness unter nachfolgenden Fragestellungen genauer zu betrachten.

### 3. Fragestellungen & Forschungsziele

Den herausgestellten Defiziten des aktuellen Forschungsstandes wurde mithilfe von zwei Studien begegnet, die in drei Publikationen mündeten. Die erste Studie umfasste ein breites Spektrum leistungsphysiologischer Messungen, die zum einen Aufschluss darüber geben sollten, wie sich sportmotorische Leistungen sowie der metabolische und thermale Stress durch das Tragen der KSA nordrhein-westfälischer EHU verändern. Zum anderen war es von Interesse zu überprüfen, ob Personengruppen mit unterschiedlichen Fitnessniveaus (in Bezug auf Maximalkraft und Ausdauerleistungsfähigkeit) metabolisch entsprechend unterschiedlich auf körperliche Belastungen reagieren. Konkret sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Welchen Einfluss hat polizeiliche KSA auf die sportmotorische Leistung bei sowohl kurzen, hoch-intensiven Belastungen wie der simulierten Rettung eines Dummies als auch bei sukzessiv ansteigenden Laufbelastungen bis zur volitionalen Erschöpfung?
- Wie verändern sich die metabolische Beanspruchung, die Körpertemperatur, der Flüssigkeitsverlust und der Energieverbrauch infolge einer sukzessiv ansteigenden Laufbelastung mit KSA im Vergleich zu derselben Belastung mit Sportkleidung?
- Unterscheiden sich die sportmotorische Leistung, die metabolische Beanspruchung, die Körpertemperatur, der Flüssigkeitsverlust sowie der Energieverbrauch mit und ohne KSA in Abhängigkeit vom Fitnessniveau, gemessen anhand der isometrischen Maximalkraft im Kreuzheben, der  $\dot{V}O_2\text{max}$  sowie anthropometrischer Kenngrößen?

Im Zuge der zweiten Studie wurden leistungsdiagnostische Daten nordrhein-westfälischer SEK-Anwärter retrospektiv zusammengetragen, um dem bislang ungenügenden Kenntnisstand über deren Fitnessstatus Rechnung zu tragen. Die vertikale Sprunghöhe,  $\dot{V}O_2\text{max}$ , Anthropometrie sowie isometrische Maximalkraft der oberen und

unteren Extremitäten wurden deskriptiv aufbereitet und anschließend im Hinblick auf folgende Fragen analysiert:

- Wie sind die leistungsphysiologischen und anthropometrischen Merkmale von SEK-Kandidaten zu beschreiben?
- Wie sind die leistungsphysiologischen und anthropometrischen Merkmale von SEK-Kandidaten im Kontext des Hochleistungssports einzuordnen?
- Sind anhand der Vergleiche mit Spitzenathleten olympischer Sportarten sportmotorische Stärken und Schwächen zu identifizieren, die im täglichen Training Berücksichtigung finden müssen?



## 4. Studienübersicht

### 4.1. Studie 1 – Körperschutzausstattung

Das methodische Vorgehen zur Untersuchung der belastungsinduzierten Effekte von KSA auf die sportmotorische Leistungsfähigkeit und den metabolischen sowie thermalen Stress in Abhängigkeit vom Fitnessstatus ist in Abbildung 4 skizziert.

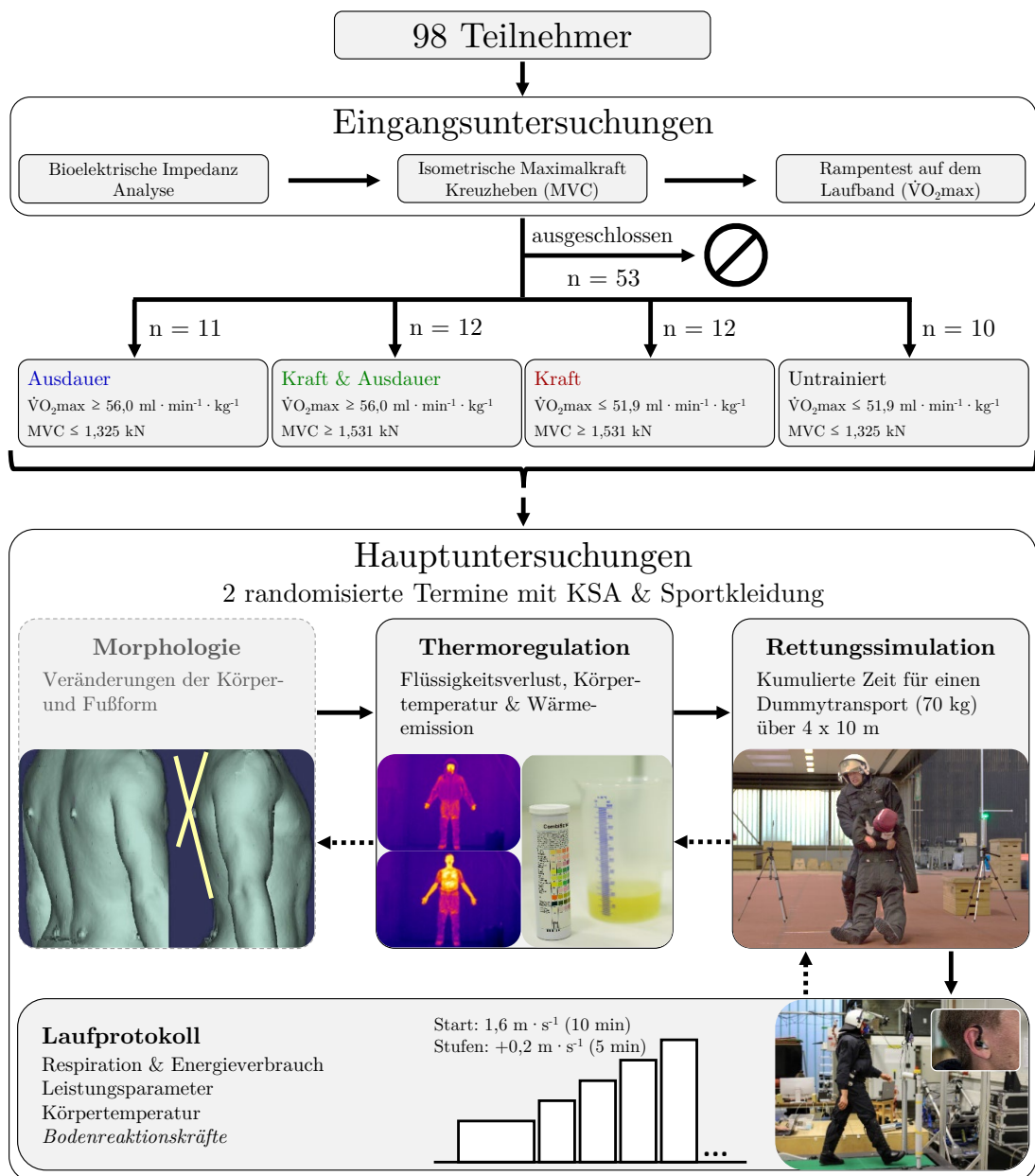


Abb. 4 Konzeptioneller Aufbau der ersten Studie. Die morphologischen Messungen (ausgegraut) sowie die Bodenreaktionskräfte (*kursiv*) finden in den Publikationen keine Berücksichtigung. MVC – Maximum Voluntary Contraction;  $\dot{V}O_2\max$  – Maximale Sauerstoffaufnahme.

#### 4.1.1. Publikation 1

## The effect of physical training modality on exercise performance with Police-related personal protective equipment

Lukas Zwingmann<sup>1,3</sup>, Marco Hoppstock<sup>3</sup>, Jan-Peter Goldmann<sup>2,3</sup>, Patrick Wahl<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Department of Molecular and Cellular Sport Medicine, Institute of Cardiology and Sports Medicine, German Sport University Cologne, Germany

<sup>2</sup> Institute of Biomechanics and Orthopaedics, German Sport University Cologne, Germany

<sup>3</sup> The German Research Centre of Elite Sport Cologne, German Sport University Cologne, Germany

*Applied Ergonomics*, 2021, 93, 103371.

DOI: 10.1016/j.apergo.2021.103371

Submitted: 15 May 2020      Status: Accepted, 13 January 2021

**Purpose:** To investigate the influence of aerobic capacity, muscle strength, and body composition on performance and metabolic demands of men wearing personal protective equipment (PPE).

**Methods:** 45 men were assigned to one of four groups which significantly differed in upright pull isometric strength ( $MVC \leq 1,325$  N or  $\geq 1,531$  N) and maximum oxygen uptake ( $\dot{V}O_2max \leq 51.9$  mL · min<sup>-1</sup> · kg<sup>-1</sup> or  $\geq 56.0$  mL · min<sup>-1</sup> · kg<sup>-1</sup>): endurance-trained (low MVC, high  $\dot{V}O_2max$ ), strength-trained (high MVC, low  $\dot{V}O_2max$ ), endurance- and strength-trained (high MVC, high  $\dot{V}O_2max$ ), and untrained (low MVC, low  $\dot{V}O_2max$ ). Each participant underwent two test series consisting of a repeated 10 m dummy drag and a graded exercise test wearing either sportswear or PPE of a German riot police unit weighing 20.9 kg (statistics: two-way repeated measures ANOVA, stepwise multiple linear regressions).

**Results:** With PPE, dummy drag and running performance were impaired by  $14 \pm 9\%$  and  $58 \pm 7\%$ . Groups with high MVC dragged the dummy significantly faster than groups with low MVC ( $17.5 \pm 1.8$  s/ $17.6 \pm 1.4$  s vs.  $23.4 \pm 5.6$  s/ $22.3 \pm 3.5$  s). Running distance was significantly higher in groups with high  $\dot{V}O_2max$  ( $4.5 \pm 0.8$  km/ $4.4 \pm 0.7$  km vs.  $3.1 \pm 0.5$  km/ $2.8 \pm 0.5$  km). Body composition variables partially correlated with performance (R ranging from -0.70 to 0.41), but were not significant predictors of the regression models in PPE.

**Conclusions:** Individuals who showed a certain degree of aerobic endurance, as well as muscle strength, performed consistently well during the test series. Therefore, none of these variables should be trained in isolation but optimized in combination to be capable in a variety of operational tasks.

#### 4.1.2. Publikation 2

## Consequences of police-related personal protective equipment and physical training status on thermoregulation and exercise energy expenditure

Lukas Zwingmann<sup>1,4</sup>, Tim Below<sup>4</sup>, Hans Braun<sup>2,4</sup>, Patrick Wahl<sup>1,4</sup>, Jan-Peter Goldmann<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Department of Molecular and Cellular Sport Medicine, Institute of Cardiology and Sports Medicine, German Sport University Cologne, Germany

<sup>2</sup> Institute of Biochemistry, German Sport University Cologne, Cologne, Germany

<sup>3</sup> Institute of Biomechanics and Orthopaedics, German Sport University Cologne, Germany

<sup>4</sup> The German Research Centre of Elite Sport Cologne, German Sport University Cologne, Germany

*The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2021 (published online ahead of print).

DOI: 10.23736/S0022-4707.21.12196-6

Submitted: 30 December 2020

Status: Accepted, 22 February 2021

**Background:** The aim was to examine the impact of personal protective equipment (PPE) on human thermoregulation and its alteration in groups of different training status.

**Methods:** 45 men performed a maximum voluntary contraction test in an upright pull position to determine lower body strength and a graded treadmill test to determine maximum oxygen uptake ( $\dot{V}O_2\text{max}$ ). Body composition was estimated via bioelectric impedance analysis. According to specific cutoff values, participants were assigned to a group of endurance-trained, strength-trained, endurance- and strength-trained, or untrained individuals. Subsequently, they completed two graded exercise tests until volitional exhaustion, once wearing sportswear (SPW) and once wearing PPE (20.9 kg). Participants were weighed before and afterward to investigate sweat loss and sweat rate. Body temperature was measured continuously from the tympanic membrane. Energy expenditure was derived from breathing gas analysis.

**Results:** Sweat rate was 91% higher in PPE than in SPW but not significantly different between groups ( $p > 0.05$ ). Body temperature was significantly higher in PPE during submaximal ( $+1.14 \pm 0.45$  °C) and maximal exercise intensity ( $+0.68 \pm 0.57$  °C) and was poorly related to  $\dot{V}O_2\text{max}$  and body composition. Energy expenditure significantly differed between both garments (+37% in PPE) and groups ( $p < 0.05$ ). Additionally, energy expenditure significantly correlated with body weight ( $r = 0.84$  in SPW and  $r = 0.68$  in PPE).

**Conclusions:** Strength training alone does not seem to have any or negligible effects on thermoregulation. Endurance training and weight management might lead to rather small improvements in heat tolerance.

## 4.2. Studie 2 – Spezialeinsatzkommando

In der zweiten Studie wurden die leistungsdiagnostischen Daten einer Kohorte von SEK-Anwärtern retrospektiv analysiert und anhand einer Literaturrecherche mit Profisportlern olympischer Disziplinen verglichen, um physische Stärken und Schwächen herauszustellen. Die entsprechende Methodik ist in Abbildung 5 dargestellt.

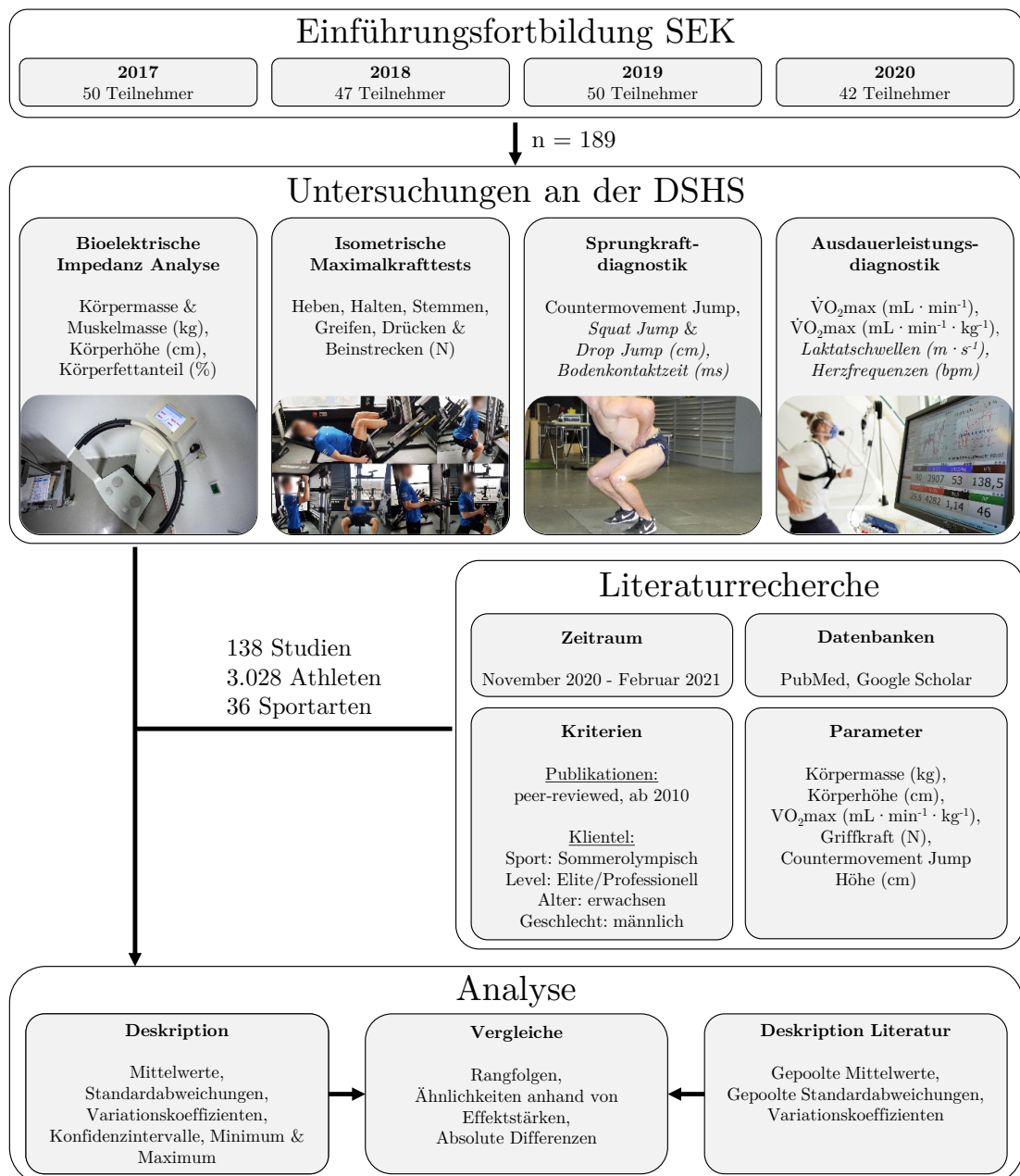


Abb. 5 Konzeptioneller Aufbau der zweiten Studie. *Kursiv* geschriebene Parameter fanden in der statistischen Analyse keine Berücksichtigung. DSHS – Deutsche Sporthochschule Köln; SEK – Spezialeinsatzkommando;  $\dot{V}O_2\text{max}$  – Maximale Sauerstoffaufnahme.

#### 4.2.1. Publikation 3

## How fit are special operations police officers? A comparison with elite athletes from Olympic disciplines

Lukas Zwingmann<sup>1,3</sup>, Marvin Zedler<sup>2,3</sup>, Stefan Kurzner<sup>4</sup>, Patrick Wahl<sup>1,3,5</sup>, Jan-Peter Goldmann<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Department of Molecular and Cellular Sport Medicine, Institute of Cardiology and Sports Medicine, German Sport University Cologne, Germany

<sup>2</sup> Institute of Biomechanics and Orthopaedics, German Sport University Cologne, Germany

<sup>3</sup> The German Research Centre of Elite Sport Cologne, German Sport University Cologne, Germany

<sup>4</sup> Bureau for Education, Training, and Personnel, North Rhine-Westphalia Police Department, Selm, Germany

<sup>5</sup> Institute of Interdisciplinary Exercise Science and Sports Medicine, Medical School Hamburg, Germany

*Frontiers in Sports and Active Living*, 2021, 3, 742655.

DOI: 10.3389/fspor.2021.742655

Submitted: 16 July 2021      Status: Accepted, 4 November 2021

The diverse tasks of special operations police (SOP) units place high physical demands on every officer. Being fit for duty requires a wide range of motor abilities which must be trained regularly and in a structured manner. But SOP operators have to plan and manage large proportions of their training alone, which makes it difficult to control. Therefore, this study aimed to highlight strengths and deficits of the SOP operators' fitness by comparing them to elite athletes, and to define future training goals. 189 male SOP operators completed several isometric strength tests, a graded exercise test to determine maximal oxygen uptake, and countermovement jumps to determine leg muscle power. On the basis of a literature search, performance data were then compared to a total of 3,028 elite male athletes from 36 Summer Olympic disciplines. Pooled means and standard deviations were calculated for each discipline and effect sizes were used to analyze their similarities and differences to the SOP unit. On average, SOP operators were taller, heavier, and stronger than elite athletes. But both the ability to convert this strength into explosive movement and aerobic capacity were significantly less developed. From this point of view, SOP operators should consider polarized endurance training to work efficiently on improving aerobic endurance. In addition, regular plyometric training seems necessary to improve leg muscle power and agility.

## 5. Resümee

Die vorliegenden Studien hatten zum Ziel, Teilaspekte polizeilicher Leistungsanforderungen und Belastungen trainingswissenschaftlich aufzuarbeiten. Dies sind bis dato die ersten Untersuchungen im deutschsprachigen Raum, die sich über den KSA-bedingten Faktor „Zusatzlast“ hinaus mit den anthropometrischen und physiologischen Einflussvariablen auf die sportmotorische Leistungsfähigkeit von EHU-Beamt\*innen befasst haben. Eine wesentliche Erkenntnis aus der KSA-Studie ist, dass die zusätzlich auferlegte Masse sowohl zu erheblichen Leistungseinbußen in unterschiedlichen sportmotorischen Tests als auch zu massiven Einschränkungen der Körpertemperaturregulation führte.

In Bezug auf die sportmotorische Leistung mit KSA waren insbesondere die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit sowie die Maximalkraft der aufrichtenden Rumpf- und Beinmuskulatur von Bedeutung, zeigten untereinander aber kaum Interaktionseffekte. So war die  $\dot{V}O_2\text{max}$  bei der multiplen Regression die einzige relevante Einflussgröße hinsichtlich der Laufdistanz im Stufentest und die Maximalkraft die einzige hinsichtlich der benötigten Zeit für die Rettungssimulation. Anhand des Energieumsatzes ließ sich zwar ein geringfügiger Einfluss der Maximalkraft auf die Laufökonomie während des Tragens von KSA vermuten, dieser war aber nicht statistisch nachweisbar und trat nur bei Probanden auf, die gleichzeitig über eine hohe  $\dot{V}O_2\text{max}$  verfügten. Umgekehrt war es überraschend, dass die  $\dot{V}O_2\text{max}$  keinerlei Einfluss auf die Rettungssimulation hatte. Es wurde eingangs vermutet, dass eine hohe  $\dot{V}O_2\text{max}$  zu einer schnelleren Erholung nach dem erschöpfenden Stufentest und somit zu einem geringeren Anstieg der benötigten Transportdauer zwischen Pre- und Posttest führen würde. Die ausgebliebenen Gruppeneffekte waren wahrscheinlich Folge eines inadäquaten Testdesigns. Dennoch ging aus den Ergebnissen hervor, dass selbst Teilnehmer mit vergleichsweise geringer  $\dot{V}O_2\text{max}$  und Maximalkraft dazu in der Lage waren, die Rettungssimulation im Posttest selbst mit KSA vollständig zu bewältigen. Dies ist eine wichtige

Erkenntnis bei der Frage, ob diese Personengruppe auch nach intensiver Vorbelastung noch akut einsatzfähig ist, und die infolge der Studie bejaht werden kann.

Markant war während des Stufentests hingegen, dass Kraftsportler und Untrainierte, d. h. beide Gruppen mit geringer  $\dot{V}O_2\text{max}$ , beim Tragen der KSA kaum noch über Geschwindigkeiten hinauskamen, bei denen sie entweder gehen oder langsam laufen konnten. Respektive erreichten die beiden Gruppen maximale Laufgeschwindigkeiten von gerade einmal  $2,3 \pm 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  und  $2,2 \pm 0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  und schöpften bereits gehend bei  $1,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  zwischen 50 und 71 % ihrer  $\dot{V}O_2\text{max}$  aus. Im Vergleich dazu lag die Ausschöpfung bei den hoch-ausdauertrainierten Gruppen zwischen 35 und 51 %. Damit kommt der  $\dot{V}O_2\text{max}$  vor allem dann eine große praxisrelevante Bedeutung zu, wenn Polizist\*innen bei Großlagen viel Raum in kurzer Zeit gewinnen oder längere Strecken zu neuen Einsatzorten zurücklegen müssen. Nicht nur Untrainierte, sondern auch explizite Kraftsportler erscheinen hierzu weniger in der Lage als Ausdauersportler.

Eine weitere zentrale Erkenntnis ist, dass weder die physische Fitness noch die Anthropometrie eindeutige Effekte auf die Körpertemperaturregulation hatten. Die Rate des Flüssigkeitsverlustes sowie die Temperaturanstiegsrate unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Gruppen. Die Zusammenhänge zwischen Körpertemperaturanstieg, Körperfettanteil und  $\dot{V}O_2\text{max}$  waren in Sportkleidung zwar signifikant, nicht aber in KSA. Die hohe Wärmedämmung sowie geringe Permeabilität der Kleidungsschichten beeinträchtigen die regulativen Mechanismen des Menschen so stark, dass regelmäßiges Ausdauer- und Krafttraining, ob isoliert oder kombiniert, kaum nennenswerte Auswirkungen haben. In der vorliegenden Studie ergaben sich zwischen der untrainierten und den anderen Gruppen erst bei Laufgeschwindigkeiten von  $\geq 2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  signifikante Unterschiede in der Körpertemperatur. Die Messung der Körpertemperatur über das Trommelfell ist hier zwar als wesentliche Limitation der Studie zu betrachten, dennoch decken sich die Ergebnisse weitestgehend mit denen von Cheung und McLellan (1998). Verbesserungen der Thermoregulation sind folglich nur in

marginalen Maße durch Ausdauertraining und Gewichtsreduktion zu erreichen. Letztere ist vor allem deshalb in Betracht zu ziehen, weil eine große Körpermasse naturgemäß, und wie anhand der vorliegenden Untersuchung belegt, mit einem erhöhten Energieumsatz und somit auch einer erhöhten Wärmeproduktion einhergeht. Fundamentale Verbesserungen sind allerdings ausschließlich durch Optimierungen des Materials und der Kleidungsschichten zu erwarten.

In der dritten Publikation wurden die physische Leistungsfähigkeit und Anthropometrie von Anwärtern des SEK Nordrhein-Westfalens betrachtet, um ihre Konstitution anhand von Vergleichen mit Leistungssportlern in den Kontext ihrer beruflichen Anforderungen zu setzen. Ihr hoher Anteil eigenständigen Trainings in der Freizeit ist äquivalent zu dem von Personen, die bereits einer nationalen oder internationalen Spezialeinheit angehören (Davis et al., 2016; Marins et al., 2020). Daher bilden sie ebenso die Konstitution etablierter SEK-Beamten\*innen ab. Aus diesem Eigenanteil des Trainings ergibt sich gleichzeitig auch die Problemstellung für die vorliegende Studie. Denn aufgrund der lückenhaften Betreuung durch professionelles Personal und aufgrund fehlender Trainingsdokumentationen ist wenig darüber bekannt, ob Mitglieder und Bewerber\*innen des SEK im Einklang mit dem empirisch dargelegten Anforderungsprofil trainieren.

Das zentrale Ergebnis der SEK-Studie bestätigt frühere Untersuchungen, die auf eine Maximalkraft-orientierte Trainingsgestaltung hindeuten (Pryor et al., 2012). Während die Studienteilnehmer überdurchschnittliche Kraftfähigkeiten aufwiesen, die beispielsweise denen von professionellen Kampfsportlern oder Handballern entsprechen, lag die  $\dot{V}O_2\text{max}$  im unteren Quartil aller eingeschlossenen Sportarten. Nicht nur aus den Erkenntnissen der hier vorliegenden KSA-Studie, sondern auch aus internationalen Publikationen, die die substantielle Bedeutung der  $\dot{V}O_2\text{max}$  belegen (Robinson et al., 2018; Thomas et al., 2018), geht demnach ein Defizit in der Ausdauerleistungsfähigkeit von SEK-Beamten\*innen Nordrhein-Westfalens hervor. Gleiches zeigte sich bei der vertikalen Sprunghöhe, die mit  $36,8 \pm 5,1$  cm unter den fünf niedrigsten Kohorten war. Die



Notwendigkeit einer hohen dynamischen Leistungsfähigkeit und Agilität der unteren Extremitäten von polizeilichen Spezialeinheiten erscheint intuitiv und ist ebenfalls mehrfach in Studien beschrieben worden (Mala et al., 2015; Moreno et al., 2019). Eine entsprechende Übersetzung in das regelmäßige Training findet möglicherweise jedoch selten statt. Für SEK-Beamt\*innen und Bewerber\*innen erscheint demnach eine stärkere Integration von plyometrischem, Sprint- und Ausdauertraining notwendig, um die Komplexität der beruflichen Belastungen besser abzubilden.

## 6. Ausblick

Die Herangehensweise des Deutschen Forschungszentrums für Leistungssport Köln, Bewerber\*innen für das SEK beratend in Richtung eines Trainingsansatzes zu lenken, der ein breites Spektrum physischer Leistungsmerkmale abdeckt, wird durch die SEK-Studie nicht nur gestützt, sondern bietet konkrete Anhaltspunkte, an denen sich zukünftige Empfehlungen stärker orientieren können. Limitierend ist in Bezug auf die derzeitige Datenlage allerdings, dass aus ihr nicht hervorgeht, ob die identifizierten Defizite überhaupt praxisrelevante Auswirkungen auf die Einsatzfähigkeit der SEK-Beamt\*innen haben. Zweifelsohne können die Ergebnisse aber dazu beitragen, häufig berichtete Ermüdungserscheinungen, Läsionen des Muskel-Sehnen-Apparates sowie die Dropout-Quote bei Aufnahmetests zu reduzieren. Um langfristig handfeste und kausale Zusammenhänge herstellen zu können, wären detaillierte Trainingsdokumentationen sowie qualitative Beobachtungen des Einsatztrainings sinnvoll. Seitens der Polizei NRW könnte es zudem erstrebenswert sein, ihren Beamt\*innen eine regelmäßige Betreuung qualifizierten Personals zu ermöglichen, um Trainingsdefizite bereits frühzeitig zu erkennen und entsprechend gegenzusteuern.

Die KSA-Studie hat verdeutlicht, welchen Stellenwert sportliches Training bei den Bereitschaftspolizeien einnehmen muss. Auch hier ist es nicht erst seit heute Aufgabe der Behörden, die strukturellen und personellen Voraussetzungen insoweit zu optimieren, dass den Beamt\*innen ausreichend Möglichkeit zur betreuten körperlichen Er-tüchtigung gegeben wird, die den beruflichen Herausforderungen entspricht. Dies muss insbesondere Optionen für spezifisches Ausdauer- wie Krafttraining beinhalten sowie Angebote zur Verbesserung des Gewichtsmanagements. Untersuchungen von Kühlstrategien durch beispielsweise Kühlwesten, Trink- oder Belüftungssysteme haben möglicherweise das größte Potenzial dem thermalen Stress entgegenzuwirken. Einen sehr wichtigen Schritt hat die Polizei NRW erst kürzlich selbst getan, indem sie rund 2.600 Beamt\*innen eine neue KSA zur Verfügung stellte, deren Gewicht um 2,2 kg reduziert und die durch Integration des ballistischen Schutzes in die Schlag- und

Stichschutzweste um eine einflussreiche Kleidungsschicht dezimiert ist (IM NRW, 2021d). Ein Erfolg, der nicht zuletzt auf die Erkenntnisse aus der KSA-Studie zurückgeführt werden kann.

## Literaturverzeichnis

- Anderson, A. A., Yoo, H., & Franke, W. D. (2016). Associations of Physical Activity and Obesity With the Risk of Developing the Metabolic Syndrome in Law Enforcement Officers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 58(9), 946-951. doi:10.1097/JOM.0000000000000833
- Anderson, G. S., Plecas, D., & Segger, T. (2001). Police officer physical ability testing – Re-validating a selection criterion. *Policing: An International Journal of Police Strategies & Management*, 24(1), 8-31. doi:10.1108/13639510110382232
- Apolinarski, W. (2019). The use of crowd and riot control squads in modern police operations. *Internal Security, Special Issue*, 143-156. doi:10.5604/01.3001.0013.2185
- Arvey, R. D., Landon, T. E., Nutting, S. M., & Maxwell, S. E. (1992). Development of physical ability tests for police officers: a construct validation approach. *Journal of Applied Psychology*, 77(6), 996-1009. doi:10.1037/0021-9010.77.6.996
- Baker, S. R., Bloom, N., & Davis, S. J. (2021). Economic Policy Uncertainty Index. Retrieved from <https://www.policyuncertainty.com/index.html>
- Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70-84. doi:10.1097/00005768-200001000-00012
- Beck, A. Q., Clasey, J. L., Yates, J. W., Koebke, N. C., Palmer, T. G., & Abel, M. G. (2015). Relationship of Physical Fitness Measures vs. Occupational Physical Ability in Campus Law Enforcement Officers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2340-2350. doi:10.1519/JSC.0000000000000863
- Belmont, P. J., Schoenfeld, A. J., & Goodman, G. (2010). Epidemiology of combat wounds in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom: orthopaedic burden of disease. *Journal of Surgical Orthopaedic Advances*, 19(1), 2-7. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20370999>
- Bilzon, J. L., Allsopp, A. J., & Tipton, M. J. (2001). Assessment of physical fitness for occupations encompassing load-carriage tasks. *Occupational Medicine (Oxford, England)*, 51(5), 357-361. doi:10.1093/occmed/51.5.357
- Birrell, S. A., Hooper, R. H., & Haslam, R. A. (2007). The effect of military load carriage on ground reaction forces. *Gait and Posture*, 26(4), 611-614. doi:10.1016/j.gaitpost.2006.12.008

- Boegli, Y., Gremion, G., Golay, S., Kubli, S., Liaudet, L., Leyvraz, P.-F., . . . Feihl, F. (2003). Endurance Training Enhances Vasodilation Induced by Nitric Oxide in Human Skin. *Journal of Investigative Dermatology*, *121*(5), 1197-1204. doi:10.1046/j.1523-1747.2003.12518.x
- Bonneau, J., & Brown, J. (1995). Physical ability, fitness and police work. *Journal of Clinical Forensic Medicine*, *2*(3), 157-164. doi:10.1016/1353-1131(95)90085-3
- Borgwardt, A. (2011). *Zur Zukunft der Polizei in Deutschland*. Paper presented at the Fachtagung der Friedrich-Ebert-Stiftung, Berlin. <https://library.fes.de/pdf-files/dialog/09295.pdf>
- Bowman, H. F., Cravalho, E. G., & Woods, M. (1975). Theory, measurement, and application of thermal properties of biomaterials. *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, *4*(00), 43-80. doi:10.1146/annurev.bb.04.060175.000355
- Buckingham, S. A., Morrissey, K., Williams, A. J., Price, L., & Harrison, J. (2020). The Physical Activity Wearables in the Police Force (PAW-Force) study: acceptability and impact. *BMC Public Health*, *20*(1). doi:10.1186/s12889-020-09776-1
- Bundeskriminalamt. (2020). *Gewalt gegen Polizeivollzugsbeamtinnen und Polizeivollzugsbeamte - Bundeslagebild 2019*. Retrieved from Wiesbaden: <https://www.bka.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/JahresberichteUndLagebilder/GewaltGegenPVB/GewaltGegenPVBBundeslagebild2019.html?nn=60092>
- Bundeskriminalamt. (2021). Information zu [www.polizei.de](http://www.polizei.de). Retrieved from [https://www.polizei.de/Polizei/DE/Information/information\\_node.html](https://www.polizei.de/Polizei/DE/Information/information_node.html)
- Canetti, E. F. D., Dawes, J. J., Drysdale, P. H., Lockie, R., Kornhauser, C., Holmes, R., . . . Orr, R. M. (2020). Relationship Between Metabolic Fitness and Performance in Police Occupational Tasks. *Journal of Science in Sport and Exercise*. doi:10.1007/s42978-020-00066-1
- Cheung, S. S., & McLellan, T. M. (1998). Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. *J Appl Physiol (1985)*, *84*(5), 1731-1739. doi:10.1152/jappl.1998.84.5.1731
- Chevront, S. N., Goodman, D. A., Kenefick, R. W., Montain, S. J., & Sawka, M. N. (2008). Impact of a protective vest and spacer garment on exercise-heat strain. *European Journal of Applied Physiology*, *102*(5), 577-583. doi:10.1007/s00421-007-0632-3

- Coakley, S. L., Myers, S. D., Walker, E. F., Hale, B., Jackson, S., Greeves, J. P., . . . Blacker, S. D. (2019). 1.5mile run time and body mass predict 8mile loaded march performance, irrespective of sex. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *22*(2), 217-221. doi:10.1016/j.jsams.2018.07.007
- Cramer, M. N., & Jay, O. (2015). Explained variance in the thermoregulatory responses to exercise: the independent roles of biophysical and fitness/fatness-related factors. *J Appl Physiol* (1985), *119*(9), 982-989. doi:10.1152/jappphysiol.00281.2015
- Dames, K. D., & Smith, J. D. (2015). Effects of load carriage and footwear on spatiotemporal parameters, kinematics, and metabolic cost of walking. *Gait and Posture*, *42*(2), 122-126. doi:10.1016/j.gaitpost.2015.04.017
- Dames, K. D., & Smith, J. D. (2016). Effects of load carriage and footwear on lower extremity kinetics and kinematics during overground walking. *Gait and Posture*, *50*, 207-211. doi:10.1016/j.gaitpost.2016.09.012
- Davis, M. R., Easter, R. L., Carlock, J. M., Weiss, L. W., Longo, E. A., Smith, L. M., . . . Schilling, B. K. (2016). Self-Reported Physical Tasks and Exercise Training in Special Weapons and Tactics (SWAT) Teams. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(11), 3242-3248. doi:10.1519/JSC.0000000000001411
- Dawes, J. J., Orr, R. M., Flores, R. R., Lockie, R. G., Kornhauser, C., & Holmes, R. (2017). A physical fitness profile of state highway patrol officers by gender and age. *Ann Occup Environ Med*, *29*, 16. doi:10.1186/s40557-017-0173-0
- Dawes, J. J., Orr, R. M., Siekaniec, C. L., Vanderwoude, A. A., & Pope, R. (2016). Associations between anthropometric characteristics and physical performance in male law enforcement officers: a retrospective cohort study. *Ann Occup Environ Med*, *28*, 26. doi:10.1186/s40557-016-0112-5
- DeMaio, M., Onate, J., Swain, D. R., S, Morrison, S., & Naiak, D. (2009). Physical Performance Decrements in Military Personnel Wearing Personal Protective Equipment (PPE). 7.
- Dempsey, P. C., Handcock, P. J., & Rehrer, N. J. (2013). Impact of police body armour and equipment on mobility. *Applied Ergonomics*, *44*(6), 957-961. doi:10.1016/j.apergo.2013.02.011
- Durose, M. R., Smith, E. L., & Langan, P. A. (2007). *Contacts between Police and the Public, 2005*. Retrieved from Washington, D.C.: <https://www.bjs.gov/content/pub/pdf/cpp05.pdf>

- Fittkau, K.-H., & Heyna, P. (2020). *Wirksames Führen in der Polizei* (1st ed. 2020 ed.). Wiesbaden: Springer.
- Galan-Carracedo, J., Suarez-Segade, A., Guerra-Balic, M., & Oviedo, G. R. (2019). The Dynamic and Correlation of Skin Temperature and Cardiorespiratory Fitness in Male Endurance Runners. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(16). doi:10.3390/ijerph16162869
- Gewerkschaft der Polizei NRW. (2020). Mehrarbeit nur umgebucht: Entwicklung des Überstundenbergs bei der Polizei in NRW. Retrieved from [https://www.gdp.de/gdp/gdprnw.nsf/id/FC12B5C2A0204F68C1258553003269D1/\\$file/GdP\\_05\\_Grafik07\\_Ueberstunden.pdf?open](https://www.gdp.de/gdp/gdprnw.nsf/id/FC12B5C2A0204F68C1258553003269D1/$file/GdP_05_Grafik07_Ueberstunden.pdf?open)
- Giering, K., Lamprecht, I., & Minet, O. (1996). Specific heat capacities of human and animal tissues. *SPIE*, *2624*, 188-197. doi:10.1117/12.229547
- Gijsbertse, K., Linssen, L., Woering, A., & Catoire, M. (2021). The effects of mass, bulk and stiffness of personal protective equipment and clothing on physical performance when performing a military mobility obstacle course. *Applied Ergonomics*, *95*, 103448. doi:10.1016/j.apergo.2021.103448
- Grenier, J. G., Peyrot, N., Castells, J., Oullion, R., Messonnier, L., & Morin, J. B. (2012). Energy cost and mechanical work of walking during load carriage in soldiers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *44*(6), 1131-1140. doi:10.1249/MSS.0b013e3182456057
- Hartley, T. A., Burchfiel, C. M., Fekedulegn, D., Andrew, M. E., & Violanti, J. M. (2011). Health disparities in police officers: comparisons to the U.S. general population. *International Journal of Emergency Mental Health*, *13*(4), 211-220. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22900455>  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4734372/pdf/nihms742875.pdf>
- Havenith, G. (1999). Heat balance when wearing protective clothing. *Annals of Occupational Hygiene*, *43*(5), 289-296. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10481628>
- Havenith, G., Holmer, I., & Parsons, K. (2002). Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production. *Energy and Buildings*, *34*(6), 581-591. doi:Pii S0378-7788(02)00008-7  
Doi 10.1016/S0378-7788(02)00008-7
- Hayward, J. S., Eckerson, J. D., & Dawson, B. T. (1986). Effect of mesomorphy on hyperthermia during exercise in a warm, humid environment. *American Journal of Physical Anthropology*, *70*(1), 11-17. doi:10.1002/ajpa.1330700104

- Hoffman, R., & Collingwood, T. R. (2005). *Fit for duty* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Huang, T.-W. P., & Kuo, A. D. (2014). Mechanics and energetics of load carriage during human walking. *The Journal of experimental biology*, *217*(Pt 4), 605–613. doi:10.1242/jeb.091587
- Hunt, A. P., Orr, R. M., & Billing, D. C. (2013). Developing physical capability standards that are predictive of success on Special Forces selection courses. *Military Medicine*, *178*(6), 619-624. doi:10.7205/MILMED-D-12-00347
- IM Baden-Württemberg. (2016). *Überstunden und Krankenstand der Polizei in Baden-Württemberg und in den Landkreisen Calw, Freudenstadt und Böblingen*. Retrieved from Stuttgart: [https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/0000/16\\_0467\\_D.pdf](https://www.landtag-bw.de/files/live/sites/LTBW/files/dokumente/WP16/Drucksachen/0000/16_0467_D.pdf)
- IM NRW. (2018). *Auswertung von Fehlzeiten der Beschäftigten des Landes Nordrhein-Westfalen für das Jahr 2017*. Retrieved from Düsseldorf: <https://www.im.nrw/system/files/media/document/file/Gesundheitsbericht%202017.pdf>
- IM NRW. (2021a). Bereitschaftspolizei. Retrieved from <https://polizei.nrw/artikel/bereitschaftspolizei>
- IM NRW. (2021b). Erste BFE in Dienst gestellt: Der Spezialauftrag Beweissicherung und Festnahme. Retrieved from <https://polizei.nrw/artikel/erste-bfe-in-dienst-gestellt-der-spezialauftrag-beweissicherung-und-festnahme>
- IM NRW. (2021c). Förderung der körperlichen Leistungsfähigkeit von Polizeivollzugsbeamtinnen und Polizeivollzugsbeamten (PVB) durch Sport in der Polizei. Retrieved from [https://recht.nrw.de/lmi/owa/br\\_bes\\_text?anw\\_nr=1&gld\\_nr=2&ugl\\_nr=2057&bes\\_id=26465&menu=0&sg=0&aufgehoben=N&keyword=sport#det0](https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_text?anw_nr=1&gld_nr=2&ugl_nr=2057&bes_id=26465&menu=0&sg=0&aufgehoben=N&keyword=sport#det0)
- IM NRW. (2021d). Neue Körperschutzausstattung für die NRW-Bereitschaftspolizei. Retrieved from <https://www.im.nrw/neue-koerperschutzausstattung-fuer-die-nrw-bereitschaftspolizei>
- IM NRW. (2021e). Spezialeinheiten: Polizistinnen und Polizisten in Extremsituationen. Retrieved from <https://polizei.nrw/artikel/spezialeinheiten-polizistinnen-und-polizisten-in-extremsituationen>



- Irving, S., Orr, R., & Pope, R. (2019). Profiling the Occupational Tasks and Physical Conditioning of Specialist Police. *Int J Exerc Sci*, *12*(3), 173-186. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30761201>  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6355130/pdf/ijes-12-3-173.pdf>
- Kleiber, D., Renneberg, B., Wolter, C., Georg, S., & Santa Maria, A. (2018). *Gesundheitsmonitoring II in der Polizeidirektion A*. Retrieved from Berlin: [https://www.ewi-psy.fu-berlin.de/einrichtungen/arbeitsbereiche/klinische\\_psychotherapie/Forschung/Drittmittelgefoiderte-Projekte/Abgeschlossene-Projekte/Polizei-Projekt/Gesundheitsmonitoring-2017.pdf](https://www.ewi-psy.fu-berlin.de/einrichtungen/arbeitsbereiche/klinische_psychotherapie/Forschung/Drittmittelgefoiderte-Projekte/Abgeschlossene-Projekte/Polizei-Projekt/Gesundheitsmonitoring-2017.pdf)
- Knapik, J. J., Reynolds, K. L., & Harman, E. (2004). Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. *Military Medicine*, *169*(1), 45-56. doi:10.7205/milmed.169.1.45
- Kraemer, W. J., Vescovi, J. D., Volek, J. S., Nindl, B. C., Newton, R. U., Patton, J. F., . . . Hakkinen, K. (2004). Effects of concurrent resistance and aerobic training on load-bearing performance and the Army physical fitness test. *Military Medicine*, *169*(12), 994-999. doi:10.7205/milmed.169.12.994
- Larsen, B., Netto, K., & Aisbett, B. (2011). The effect of body armor on performance, thermal stress, and exertion: a critical review. *Military Medicine*, *176*(11), 1265-1273. doi:10.7205/milmed-d-10-00470
- Larsen, B., Netto, K., Skovli, D., Vincs, K., Vu, S., & Aisbett, B. (2012). Body armor, performance, and physiology during repeated high-intensity work tasks. *Military Medicine*, *177*(11), 1308-1315. doi:10.7205/milmed-d-11-00435
- Lehmacher, E. J., Jansing, P., & Küpper, T. (2007). Thermophysiological responses caused by ballistic bullet-proof vests. *The Annals of occupational hygiene*, *51*(1), 91-96. doi:10.1093/annhyg/mel056
- Leischik, R., Foshag, P., Strauß, M., Littwitz, H., Garg, P., Dworrak, B., & Horlitz, M. (2015). Aerobic Capacity, Physical Activity and Metabolic Risk Factors in Firefighters Compared with Police Officers and Sedentary Clerks. *PloS One*, *10*(7), e0133113. doi:10.1371/journal.pone.0133113
- Lewinski, W. J., Dysterheft, J. L., Dicks, N. D., & Pettitt, R. W. (2015). The influence of officer equipment and protection on short sprinting performance. *Applied Ergonomics*, *47*, 65-71. doi:10.1016/j.apergo.2014.08.017
- Lidstone, D. E., Stewart, J. A., Gurchiek, R., Needle, A. R., van Werkhoven, H., & McBride, J. M. (2017). Physiological and Biomechanical Responses to

- Prolonged Heavy Load Carriage During Level Treadmill Walking in Females. *Journal of Applied Biomechanics*, 33(4), 248-255. doi:10.1123/jab.2016-0185
- Liew, B. X., Morris, S., & Netto, K. (2016a). Joint power and kinematics coordination in load carriage running: Implications for performance and injury. *Gait and Posture*, 47, 74-79. doi:10.1016/j.gaitpost.2016.04.014
- Liew, B. X. W., Morris, S., & Netto, K. (2016b). The effects of load carriage on joint work at different running velocities. *Journal of Biomechanics*, 49(14), 3275-3280. doi:10.1016/j.jbiomech.2016.08.012
- Lockie, R. G., Balfany, K., Denamur, J. K., & Moreno, M. R. (2019). A Preliminary Analysis of Relationships Between a 1RM Hexagonal Bar Load and Peak Power with the Tactical Task of a Body Drag. *J Hum Kinet*, 68, 157-166. doi:10.2478/hukin-2019-0064
- Lockie, R. G., Dawes, J. J., Balfany, K., Gonzales, C. E., Beitzel, M. M., Dulla, J. M., & Orr, R. M. (2018). Physical Fitness Characteristics That Relate to Work Sample Test Battery Performance in Law Enforcement Recruits. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11). doi:10.3390/ijerph15112477
- Lyons, J., Allsopp, A., & Bilzon, J. (2005). Influences of body composition upon the relative metabolic and cardiovascular demands of load-carriage. *Occupational Medicine (Oxford, England)*, 55(5), 380-384. doi:10.1093/occmed/kqi087
- LZPD NRW. (2020). *Zentrale Informationsstelle Sporteinsätze - Jahresbericht Fußball Saison 2019/20*. Retrieved from Duisburg: <https://lzpd.polizei.nrw/sites/default/files/2020-11/Z-201012-1%28ZIS-Jahresbericht%202019-2020%2C%20final%20-%20Stand%2012.10.2020%29.pdf>
- Mackenzie-Shalders, K., Matthews, C., Dulla, J., & Orr, R. (2020). Law enforcement personnel are willing to change, but report influencing beliefs and barriers to optimised dietary intake. *BMC Public Health*, 20(1). doi:10.1186/s12889-020-09716-z
- Mala, J., Szivak, T. K., Flanagan, S. D., Comstock, B. A., Laferrier, J. Z., Maresh, C. M., & Kraemer, W. J. (2015). The role of strength and power during performance of high intensity military tasks under heavy load carriage. *US Army Med Dep J*, 3-11. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26101902>
- Marino, F. E., Mbambo, Z., Kortekaas, E., Wilson, G., Lambert, M. I., Noakes, T. D., & Dennis, S. C. (2000). Advantages of smaller body mass during distance

- running in warm, humid environments. *441*(2-3), 359-367. doi:10.1007/s004240000432
- Marins, E., Barbosa, O., Machado, E., Orr, R., Dawes, J., & Del Vecchio, F. (2020). Profile of Self-Reported Physical Tasks and Physical Training in Brazilian Special Operations Units: A Web-Based Cross-Sectional Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(19), 7135. doi:10.3390/ijerph17197135
- Marins, E. F., David, G. B., & Del Vecchio, F. B. (2019). Characterization of the Physical Fitness of Police Officers: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *33*(10), 2860-2874. doi:10.1519/JSC.0000000000003177
- Maughan, R., & Shirreffs, S. M. (2004). Exercise in the heat: Challenges and opportunities. *Journal of Sports Sciences*, *22*(10), 917-927. doi:10.1080/02640410400005909
- Maupin, D., Wills, T., Orr, R., & Schram, B. (2018). Fitness Profiles in Elite Tactical Units: A Critical Review. *Int J Exerc Sci*, *11*(3), 1041-1062. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30147824>
- McCullough, E. A. (2005). Evaluation of protective clothing systems using manikins. In R. A. Scott (Ed.), *Textiles for protection* (pp. 217-232). Cambridge; Boca Raton: Woodhead Publishing Limited.
- McLellan, T. M. (1998). Sex-related differences in thermoregulatory responses while wearing protective clothing. *78*(1), 28-37. doi:10.1007/s004210050383
- Mecking, S. (2020). *Polizei und Protest in der Bundesrepublik Deutschland*. Wiesbaden: Springer.
- Moreno, M. R., Dulla, J. M., Dawes, J., Orr, R., Cesario, K., & Lockie, R. (2019). Lower-body Power and its Relationship with Body Drag Velocity in Law Enforcement Recruits. *Int J Exerc Sci*, *12*(4), 847-858.
- Orr, R. M., Dawes, J. J., Lockie, R. G., & Godeassi, D. P. (2019). The Relationship Between Lower-Body Strength and Power, and Load Carriage Tasks: A Critical Review. *Int J Exerc Sci*, *12*(6), 1001-1022. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31523356>
- Orr, R. M., Dawes, J. J., Pope, R., & Terry, J. (2018). Assessing Differences in Anthropometric and Fitness Characteristics Between Police Academy Cadets and Incumbent Officers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(9), 2632-2641. doi:10.1519/jsc.0000000000002328

- Orr, R. M., Johnston, V., Coyle, J., & Pope, R. (2015). Reported load carriage injuries of the Australian army soldier. *J Occup Rehabil*, *25*(2), 316-322. doi:10.1007/s10926-014-9540-7
- Orr, R. M., Pope, R., Johnston, V., & Coyle, J. (2014). Soldier occupational load carriage: a narrative review of associated injuries. *Int J Inj Contr Saf Promot*, *21*(4), 388-396. doi:10.1080/17457300.2013.833944
- Orr, R. M., & Pope, R. R. (2015). Load Carriage: An Integrated Risk Management Approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *29 Suppl 11*, S119-128. doi:10.1519/JSC.0000000000001029
- Peake, J. M., Kerr, G., & Sullivan, J. P. (2018). A Critical Review of Consumer Wearables, Mobile Applications, and Equipment for Providing Biofeedback, Monitoring Stress, and Sleep in Physically Active Populations. *Frontiers in Physiology*, *9*. doi:10.3389/fphys.2018.00743
- Périard, J. D., Caillaud, C., & Thompson, M. W. (2012). The role of aerobic fitness and exercise intensity on endurance performance in uncompensable heat stress conditions. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(6), 1989-1999. doi:10.1007/s00421-011-2165-z
- Périard, J. D., Eijsvogels, T. M. H., & Daanen, H. A. M. (2021). Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. *Physiological Reviews*, *101*(4), 1873-1979. doi:10.1152/physrev.00038.2020
- Periard, J. D., Travers, G. J. S., Racinais, S., & Sawka, M. N. (2016). Cardiovascular adaptations supporting human exercise-heat acclimation. *Autonomic Neuroscience*, *196*, 52-62. doi:10.1016/j.autneu.2016.02.002
- Phillips, D. B., Stickland, M. K., & Petersen, S. R. (2016). Physiological and performance consequences of heavy thoracic load carriage in females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. Physiologie Appliquée, Nutrition et Métabolisme*, *41*(7), 741-748. doi:10.1139/apnm-2016-0002
- Pryor, R. R., Colburn, D., Crill, M. T., Hostler, D. P., & Suyama, J. (2012). Fitness characteristics of a suburban special weapons and tactics team. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(3), 752-757. doi:10.1519/JSC.0b013e318225f177
- Ramey, S. L., Perkhounkova, Y., Moon, M., Tseng, H. C., Wilson, A., Hein, M., . . . Franke, W. D. (2014). Physical activity in police beyond self-report. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, *56*(3), 338-343. doi:10.1097/JOM.000000000000108

- Robinson, J., Roberts, A., Irving, S., & Orr, R. (2018). Aerobic Fitness is of Greater Importance than Strength and Power in the Load Carriage Performance of Specialist Police. *International journal of exercise science*, *11*(4), 987–998. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6102195/pdf/ijes-11-4-987.pdf>
- Rosenbaum, C. (2016). *Entwicklung und Evaluation von Sporttrainingsprogrammen zur Förderung der Einsatzfähigkeit von Polizeivollzugsbeamtinnen und Polizeivollzugsbeamten*. Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, Hannover.
- Rossi, R. (2005). Interactions between protection and thermal comfort. In R. A. Scott (Ed.), *Textiles for Protection*. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited.
- Roy, T. C., Lopez, H. P., & Piva, S. R. (2013). Loads worn by soldiers predict episodes of low back pain during deployment to Afghanistan. *Spine*, *38*(15), 1310-1317. doi:10.1097/BRS.0b013e31829265c4
- Sawka, M. N., Wenger, B., Young, A. J., & Pandolf, K. B. (1993). Physiological Responses to Exercise in the Heat. In B. M. Marriott (Ed.), *Nutritional Needs in Hot Environments. Applications for Military Personnel in Field Operations*. Washington (DC).
- Scott, R. A. (2005). *Textiles for Protection* (R. A. Scott Ed.). Cambridge: Woodhead Publishing.
- Selkirk, G. A., & McLellan, T. M. (2001). Influence of aerobic fitness and body fatness on tolerance to uncompensable heat stress. *J Appl Physiol* (1985), *91*(5), 2055-2063. doi:10.1152/jappl.2001.91.5.2055
- Silk, A., Savage, R., Larsen, B., & Aisbett, B. (2018). Identifying and characterising the physical demands for an Australian specialist policing unit. *Applied Ergonomics*, *68*, 197-203. doi:10.1016/j.apergo.2017.11.012
- Simpson, R. J., Graham, S. M., Connaboy, C., Clement, R., Pollonini, L., & Florida-James, G. D. (2017). Blood lactate thresholds and walking/running economy are determinants of backpack-running performance in trained soldiers. *Applied Ergonomics*, *58*, 566-572. doi:10.1016/j.apergo.2016.04.010
- Smolander, J., Louhevaara, V., Tuomi, T., Korhonen, O., & Jaakkola, J. (1984). Cardiorespiratory and thermal effects of wearing gas protective clothing. *54*(3), 261-270. doi:10.1007/bf00379055

- Smoljanić, J., Morris, N. B., Dervis, S., & Jay, O. (2014). Running economy, not aerobic fitness, independently alters thermoregulatory responses during treadmill running. *Journal of Applied Physiology*, *117*(12), 1451-1459. doi:10.1152/jappphysiol.00665.2014
- Sockol, M. D., Raichlen, D. A., & Pontzer, H. (2007). Chimpanzee locomotor energetics and the origin of human bipedalism. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *104*(30), 12265-12269. doi:10.1073/pnas.0703267104
- Taylor, N. A., Lewis, M. C., Notley, S. R., & Peoples, G. E. (2012). A fractionation of the physiological burden of the personal protective equipment worn by firefighters. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(8), 2913-2921. doi:10.1007/s00421-011-2267-7
- Taylor, N. A., Peoples, G. E., & Petersen, S. R. (2016). Load carriage, human performance, and employment standards. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. Physiologie Appliquée, Nutrition et Métabolisme*, *41*(6 Suppl 2), S131-147. doi:10.1139/apnm-2015-0486
- Thomas, M., Pohl, M. B., Shapiro, R., Keeler, J., & Abel, M. G. (2018). Effect of Load Carriage on Tactical Performance in Special Weapons and Tactics Operators. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(2), 554-564. doi:10.1519/JSC.0000000000002323
- Treloar, A. K., & Billing, D. C. (2011). Effect of load carriage on performance of an explosive, anaerobic military task. *Military Medicine*, *176*(9), 1027-1031. doi:10.7205/milmed-d-11-00017
- Vanderburgh, P. M. (2008). Occupational relevance and body mass bias in military physical fitness tests. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *40*(8), 1538-1545. doi:10.1249/MSS.0b013e31817323ee
- Vanderburgh, P. M., & Flanagan, S. (2000). The backpack run test: a model for a fair and occupationally relevant military fitness test. *Military Medicine*, *165*(5), 418-421. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10826392>
- Wagner, J., Knaier, R., Infanger, D., K, K. O., Klenk, C., Carrard, J., . . . Schmidt-TrucksAss, A. (2021). Novel CPET Reference Values in Healthy Adults: Associations with Physical Activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *53*(1), 26-37. doi:10.1249/MSS.0000000000002454
- Walter, U. N. (2011). *Empirische Untersuchung zur Wirksamkeit eines physischen Aktivitätsprogramms von Polizeibeamten des 5 und 6 Lebensjahrzehnts*. Universität Konstanz, Konstanz.

- Wang, H., Frame, J., Ozimek, E., Leib, D., & Dugan, E. L. (2012). Influence of Fatigue and Load Carriage on Mechanical Loading During Walking. *Military Medicine*, 177(2), 152-156. doi:10.7205/milmed-d-11-00210
- Weiler, T. (2011). *Auswirkungen eines präventiven Dienstsportprogramms bei der Polizei auf Gesundheitsindikatoren und Krankheitsstand.*
- Yarger, W. E., Cronau, L. H., Jr., & Goldman, R. F. (1968). Body armor in a hot humid environment. Part I. Studies in unacclimatized men. MF12.524.007-8008.1. *Res Rep U S Nav Med Field Res Lab*, 18(16), 1-12. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5723821>