



Institut für Prävention und Arbeitsmedizin  
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung  
Institut der Ruhr-Universität Bochum

# Wie leistungsfähig müssen Einsatzkräfte sein?

## Körperliche Belastung von Feuerwehrlern unter verschiedenen Belastungsbedingungen

M.Sc. Eike Maximilian Marek

DGUV Fachgespräch „Einsatzdienst – Sicher –  
Gesund - Miteinander“, Dresden, 11. Dezember 2018

RUHR  
UNIVERSITÄT  
BOCHUM

**RUB**

# Institut für Prävention und Arbeitsmedizin

Einrichtung der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) mit dem Auftrag, für Sicherheit und Gesundheit an Arbeitsplätzen und in Bildungseinrichtungen zu forschen.

Besteht aus fünf Kompetenz-Zentren:

- Medizin
- Toxikologie
- Allergologie/Immunologie
- Molekulare Medizin
- Epidemiologie



# Belastungen im Atemschutzeinsatz

Großbrand im Berufsgenossenschaftlichen Uni-Klinikum (09.2016)

- 440 Einsatzkräfte (Bochum und angrenzenden Einheiten aus dem Ruhrgebiet)
- Brandausbruchsstelle 6 Etage (ca. 200-300 Watt)



Quelle: WAZ 03/2017



Quelle: Brandschutz 03/2017

# Belastungsprofil eines Atemschutzgeräteträgers

„Kaltstart“ in der Nacht

Hohe physische Beanspruchung im Einsatz

Zusatzgewicht

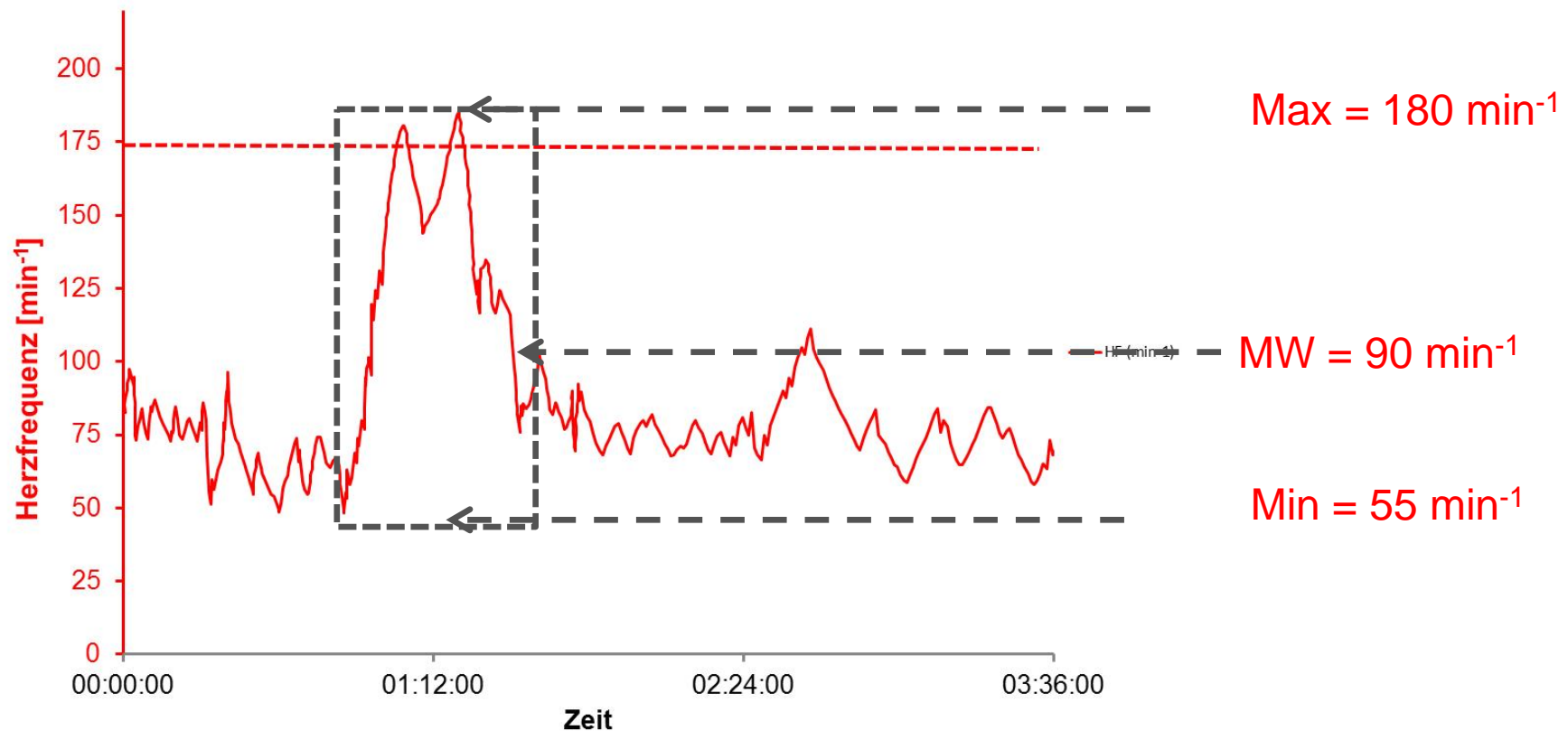


Extreme Hitze

=> Risiko Herz-Kreislaufsystem

Hohe psychische Belastungen

# Belastungsprofil eines Atemschutzgeräteträgers



# IPA FP 133 Studiendesign

Sachgebiet „Feuerwehren und Hilfeleistungsorganisationen“ der DGUV:

PSA-Einfluss

Belastungsprofil eines Atemschutzgeräteträgers

Ausbelastung<sub>Max</sub>

Übungstrecke

Brandschutzübungen

Realer Einsatz

G 26.3

Deskriptiver Vergleich von weiblichen und männlichen  
 Feuerwehrleuten (n=100) unterschiedlichen Alters  
 (20 – 60 Jahre) und unterschiedlicher Zugehörigkeit (FF/BF)

# Anthropometrische Daten

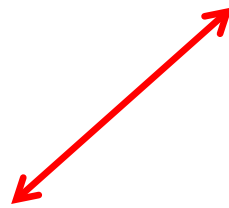
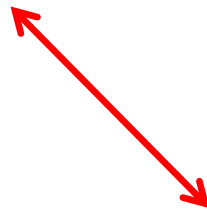
	Alter [Jahre]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]
<b>Anzahl (n)</b>	50 (von 100)	50 (von 100)	50 (von 100)	50 (von 100)
<b>MW ± STAB</b>	45,0 ± 10,1	179,9 ± 10,1	85,9 ± 7,6	27,3 ± 3,7
<b>MIN</b>	29,1	169,3	78,1	23,6
<b>MAX</b>	55,2	189,2	94,5	31,4

Ergebnisse basieren auf einem deskriptiver Vergleich von 50 männlichen Feuerwehrleuten (n=100 angestrebt)

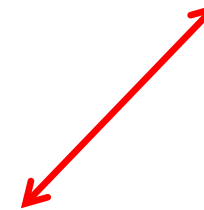
# Ziel der Studie

Realer Einsatz  
(24 Stunden)

Ergometrie im Rahmen  
des G.26.3



Maximale Ausbelastung



Simulations-  
brandübung



Atemschutz-  
übungsstrecke



# Nutzen der Studie

## Kooperationspartner:

- Die tatsächlich körperliche Belastung im Einsatz ist bis heute gänzlich unbekannt
- Empfehlungen für die Betriebssport können aus den Ergebnissen generiert werden
  - **Erhöhung der Sicherheit unter Einsatzbedingungen**

## Wissenschaftlicher Interesse:

- Nationale Daten sind in der Literatur nicht zu finden
- Vergleich der Ergebnisse mit internationalen Daten

# Nutzen der Studie

## Kooperationspartner:

- Die tatsächlich körperliche Belastung im Einsatz ist bis heute gänzlich unbekannt
- Empfehlungen für die Betriebsport können aus den Ergebnissen generiert werden  
 → Erhöhung der Sicherheit unter Einsatzbedingungen

### The Association of Aerobic Fitness With Injuries in the Fire Service



American Journal of Epidemiology  
 © The Author 2013. Published by Oxford University Press on behalf of the Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health. All rights reserved. For permissions, please e-mail: journals.permissions@oup.com.

Vol. 179, No. 2  
 DOI: 10.1093/aje/kwt213  
 Advance Access publication:  
 October 31, 2013

Gerald S. Poplin<sup>a</sup>, Denise J. Roe, Wayne Peate, Robin B. Harris, and Jefferey L. Burgess

**Table 5.** Hazard Ratios<sup>a</sup> for Injuries by Levels Aerobic Fitness in Repeated Measures Modeling, Tucson, Arizona, 2005–2009

VO <sub>2</sub> max Level <sup>b</sup>	All Injuries (n=716)		Exercise Injuries (n=718)		Sprains and Strains (n=718)	
	HR	95% CI	HR	95% CI	HR	95% CI
I		Referent		Referent		Referent
II	1.38	1.06, 1.78	1.20	0.81, 1.77	1.61	1.21, 2.13
III	2.22	1.72, 2.88	2.53	1.76, 3.64	2.63	1.98, 3.50

Abbreviations: CI, confidence interval; HR, hazard ratio, VO<sub>2</sub>max, relative aerobic capacity.

<sup>a</sup> All models were adjusted for sex and age.

<sup>b</sup> The relative aerobic capacity for each level was as follows: I, >48 mL/kg/minute; II, 43–48 mL/kg/minute; and III, 43 mL/kg/minute.

Erhöhung der rel. VO<sub>2</sub>max um 3,5 ml/min/kg  
 Verletzungsrisiko um 14% verringert.

# Belastungsprofil eines Atemschutzgeräteträgers

Ergometrie im Rahmen des G.26.3

# Anforderungen Atemschutzträger

Einsatzkräfte, die unter Atemschutz eingesetzt werden, müssen

- Das 18. Lebensjahr vollendet haben
- Körperlich geeignet sein (die körperliche Eignung ist nach berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, Grundsatz G 26 „Atemschutzgeräte“, in regelmäßigen Abständen festzustellen)
- erneut nach dem Grundsatz G 26 untersucht werden, wenn vermutet wird, dass sie den Anforderungen für das Tragen von Atemschutzgeräten nicht mehr genügen...
- die Ausbildung zum Atemschutzgeräteträger erfolgreich absolviert haben; regelmäßig an Fortbildungsveranstaltungen und an Wiederholungsübungen teilnehmen;
- zum Zeitpunkt der Übung / Einsatzes gesund sein und sich einsatzfähig fühlen.

# Anforderungen Atemschutzträger

Grundsatz G 26.3 „Atemschutz“:

- Lungenfunktionsprüfung, Sehen, Hören, Blut
- Ergometrie unter leistungsphysiologischer Indikation

*„Diese Untersuchung dient dem Arbeitsschutz, mit ihrer Hilfe soll festgestellt werden, ob bei der untersuchten Person gesundheitliche Bedenken gegen das Tragen von Atemschutzgeräten der Gruppe 3 (so genannte „umluftunabhängige Atemschutzgeräte“) bestehen....“*

# Anforderungen Atemschutzträger

Grundsatz G. 26.3 „Atemschutz“:

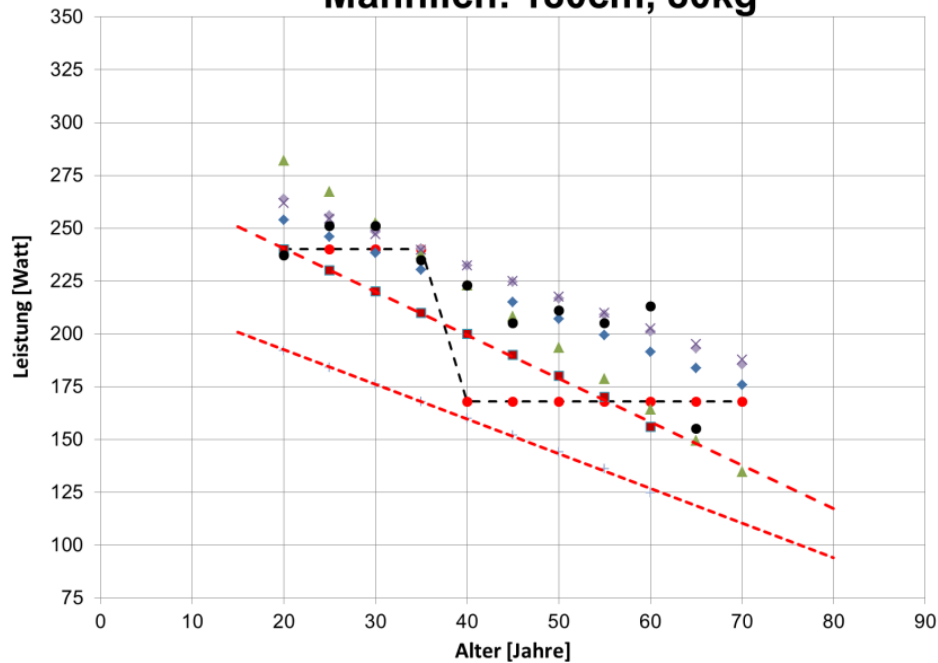
- Lungenfunktionsprüfung, Sehen, Hören, Blut
- Ergometrie unter leistungsphysiologischer Indikation
- Bis 39. Lebensjahr: Sollwert (W170):

Männer	3,0 Watt/kg
Frauen	2,5 Watt/kg
- Ab 40. Lebensjahr: Sollwert (W150):

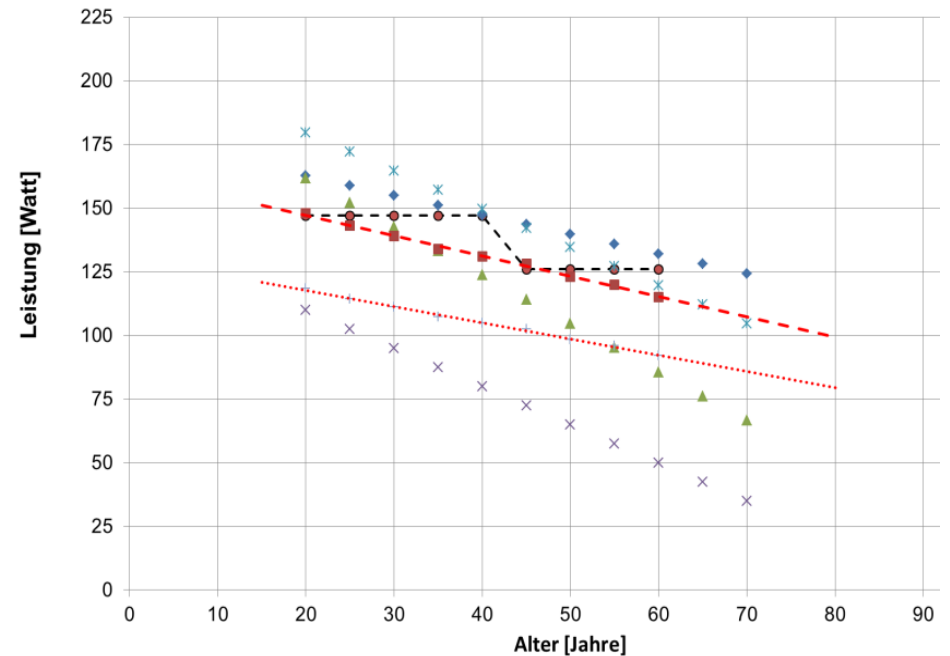
Männer	2,1 Watt/kg
Frauen	1,8 Watt/kg

# Ergometrische Belastung

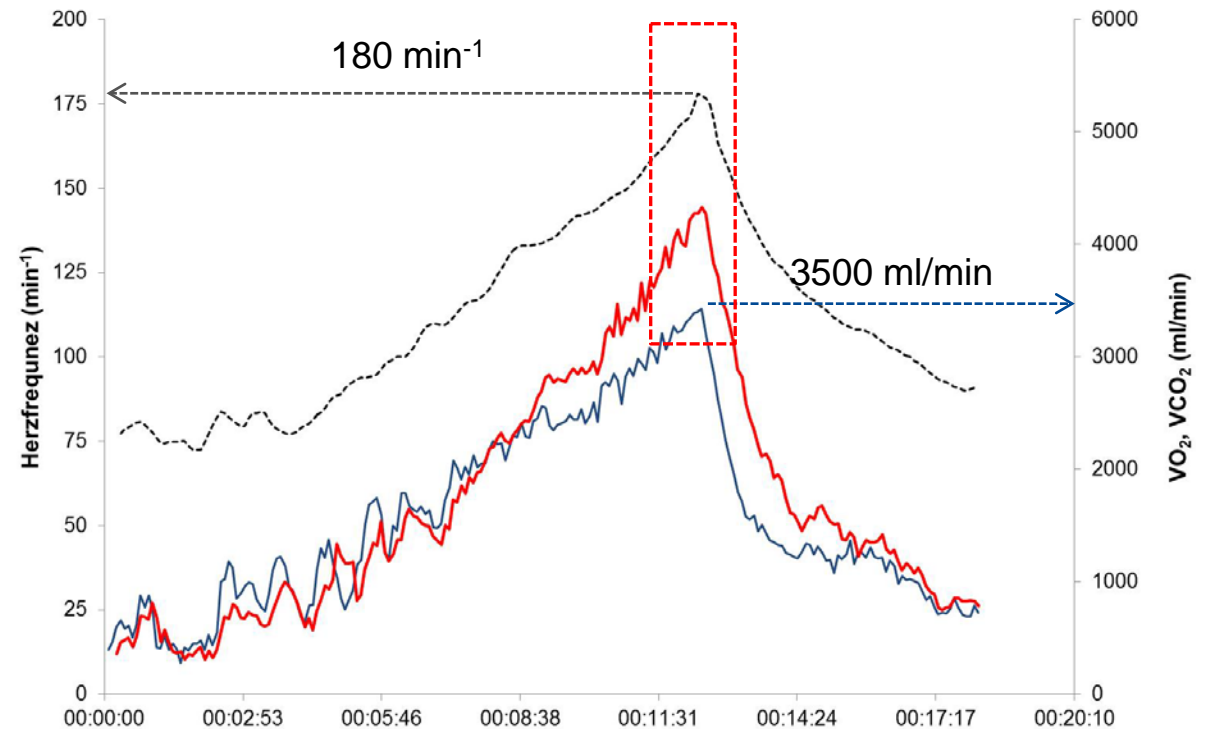
**Männlich: 180cm, 80kg**



**Weiblich: 170cm, 70kg**

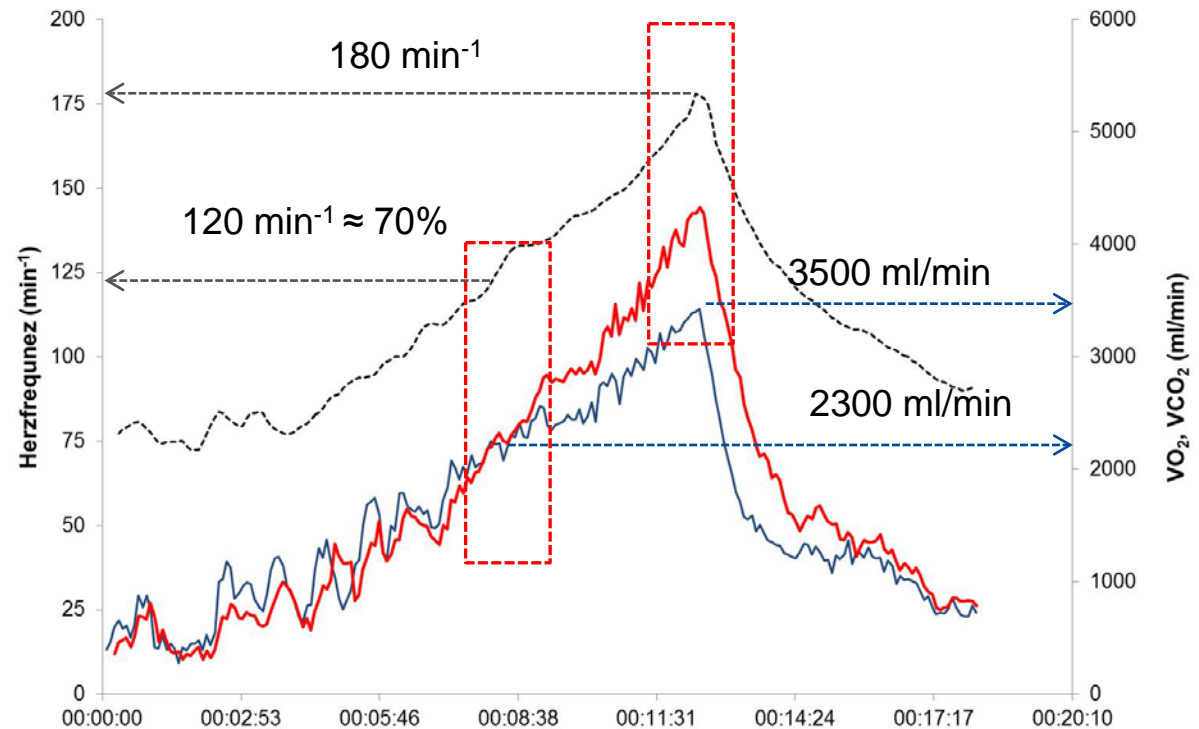


# Ergometrische Belastung





# Ergometrische Belastung



# Ergometrische Belastung: Zusammenfassung

- » Homogenes und unauffälliges Probandengut
- » Diskret erhöhter BMI ( $27,3 \pm 3,7 \text{ kg/m}^2$ )
- » Annähernd maximale Herzfrequenz ( $\approx 181 \text{ min}^{-1}$ ) für fahrradergometrische Ausbelastungen
- » Altersentsprechende maximale Leistungsfähigkeit ( $260 \pm 20 \text{ Watt}$ )
- » Erhöhte Wattleistung bezogen auf den G 26.3 (10-20%)

# Belastungsprofil eines Atemschutzgeräteträgers

Ergometrie im Rahmen des G.26.3

Atemschutzübungsstrecke

## FwDV 7: Aus- und Fortbildung

Atemschutzgeräteträger müssen darüber hinaus jährlich mindestens:

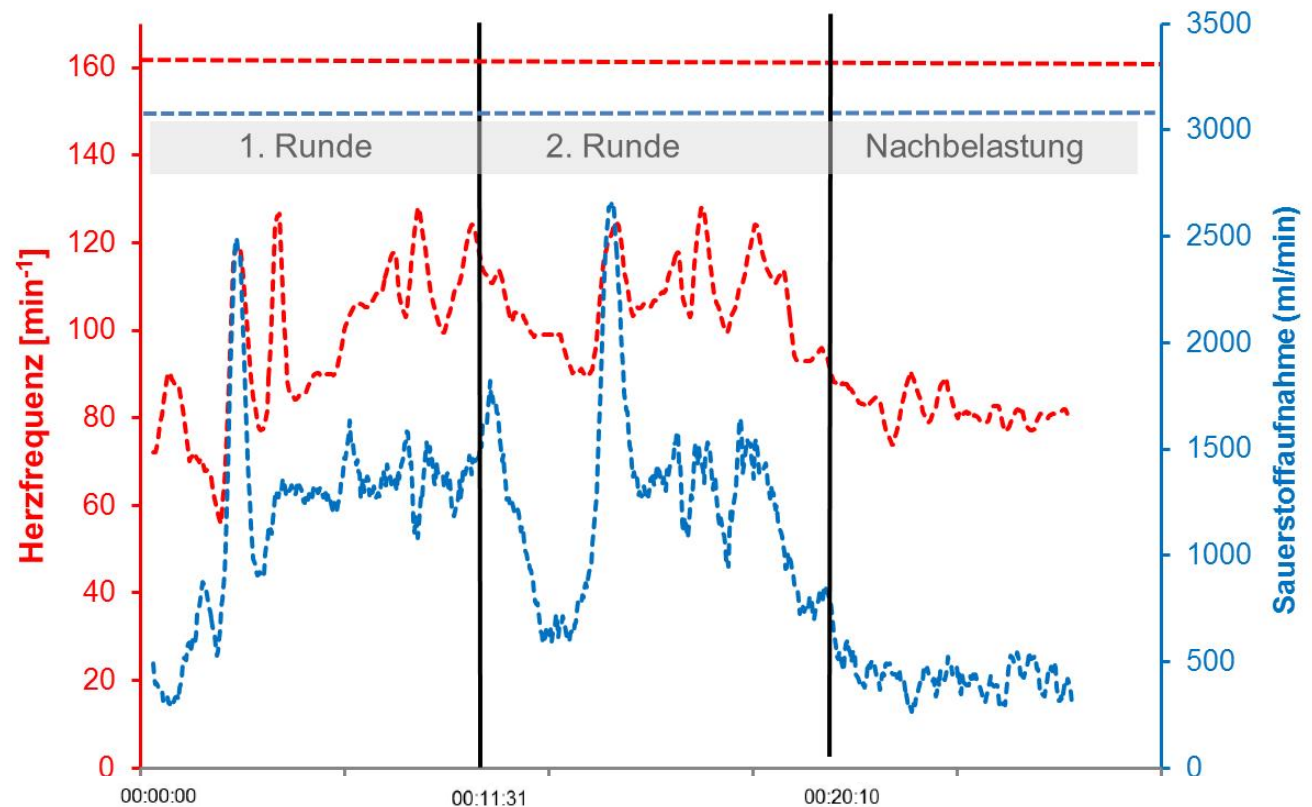
- eine Belastungsübung nach Anlage 4, Abschnitt 2.1.2.2 in einer Atemschutzübungsanlage und eine Einsatzübung innerhalb einer taktischen Einheit unter Atemschutz durchführen....

# FwDV 7: Aus- und Fortbildung

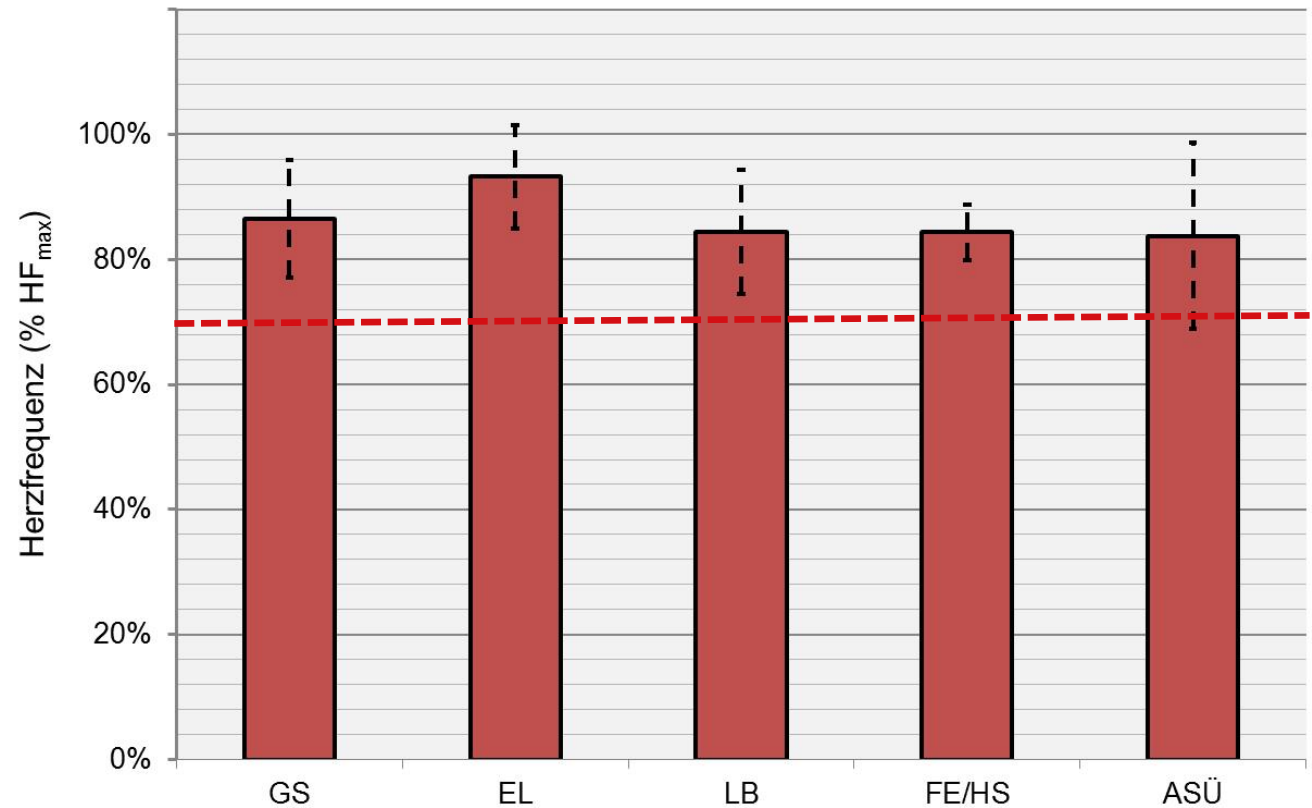
## Belastungsgewöhnungsübung:

- Der Atemschutzgeräteträger soll bei wechselnder und abgestufter Belastung körperliche Arbeit verrichten. Diese Arbeit ist abwechselnd durch Begehen der Orientierungsstrecke und durch Tätigkeit an den Arbeitsmessgeräten zu verrichten. Dazu kann während der Übung der Übungsraum verdunkelt werden.
- Bei der Belastungsgewöhnungsübung muss eine Gesamtarbeit von 60 kJ erbracht werden.

# Atemschutzübungsstrecke Messbeispiel

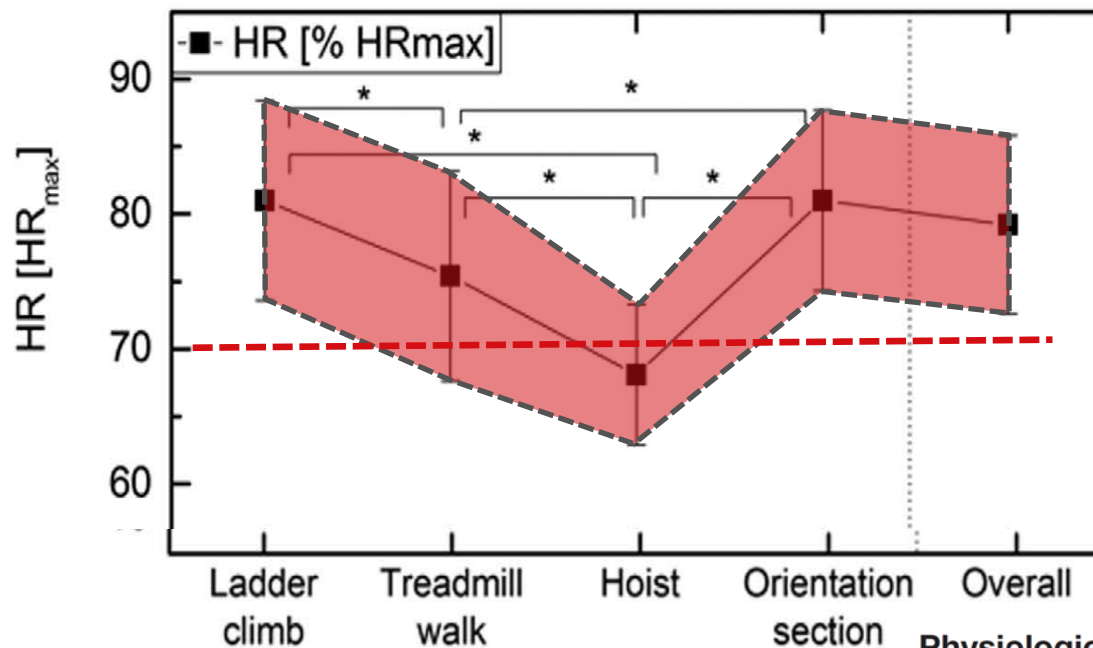


# Atemschutzübungsstrecke Herzfrequenz



Gesamtstrecke (GS), Endlosleiter (EL), Laufband (LB), Fahrradegometer/Hammerschlag (FE/HS), Orientierungsstrecke (ASÜ)

# Atemschutzübungsstrecke



n = 16 m, BF

**Physiological Responses to Firefighting in Extreme Temperatures Do Not Compare to Firefighting in Temperate Conditions**

*Stephanie Windisch<sup>1\*</sup>, Wolfgang Seiberl<sup>1</sup>, Daniel Hahn<sup>2,3</sup> and Ansgar Schwirtz<sup>1</sup>*



# Atenschutzübungsstrecke Zusammenfassung

- » Dauer der Gesamtbelastung  $\approx$  20 Minuten,
- » Herzfrequenz über 80% der maximalen Herzfrequenz mit Spitzen über 90%
- » Relative Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) von über 35 ml/min/kg ( $\approx$  81%)
- » Große Variabilität in Bezug auf den Aufbau einzelner Atemschutzübungsanlage, (Erschwert einen Vergleich)
- » Belastung in der Atemschutzübungsanlage sind in Ansätzen vergleichbar mit simulierten oder realen Einsatzszenarien

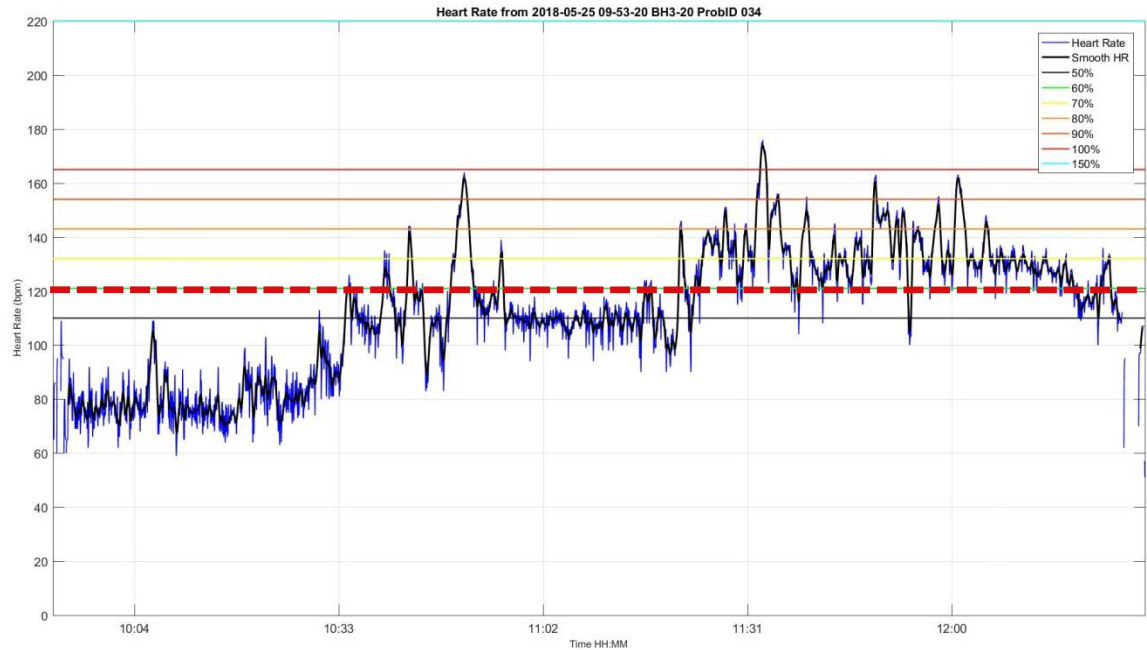
# Belastungsprofil eines Atemschutzgeräteträgers

Ergometrie im Rahmen des G.26.3

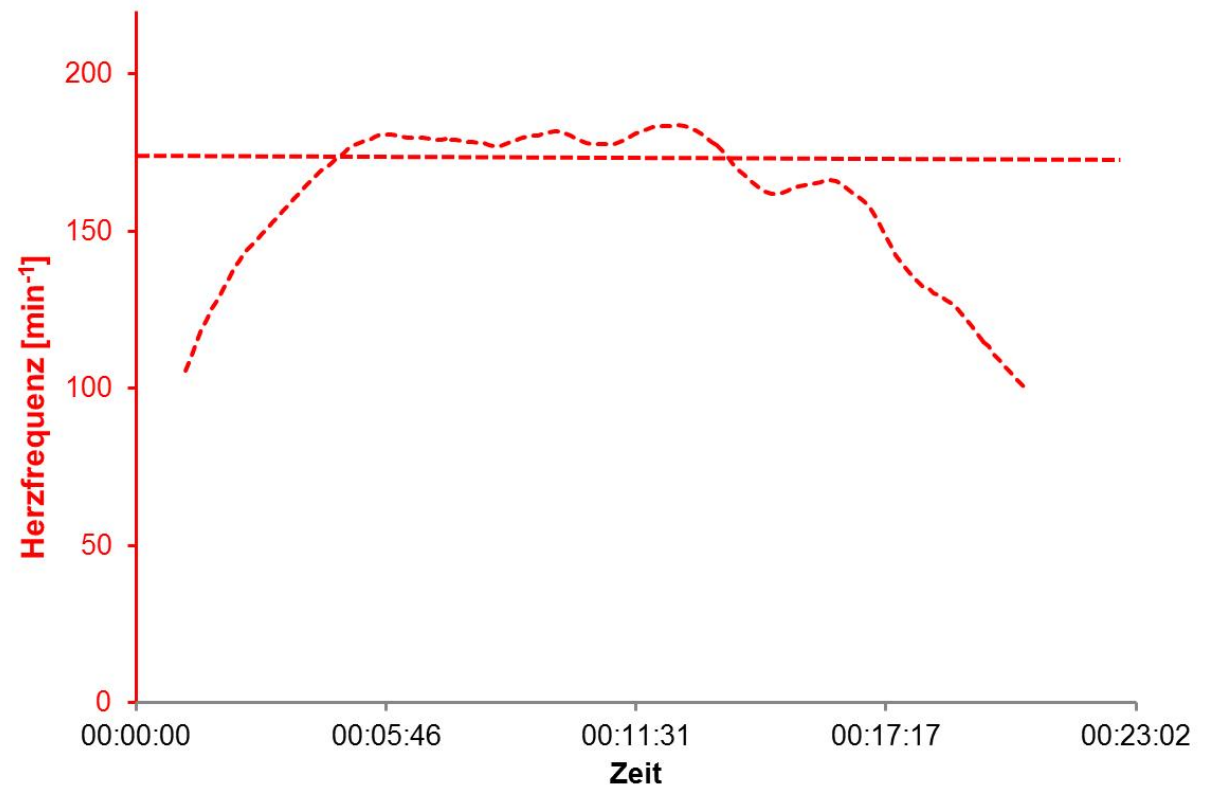
Atemschutzübungsstrecke

Simulationsbrandübungen

# Simulationsübung EFH



# Simulationsbrandübung Brandcontainer

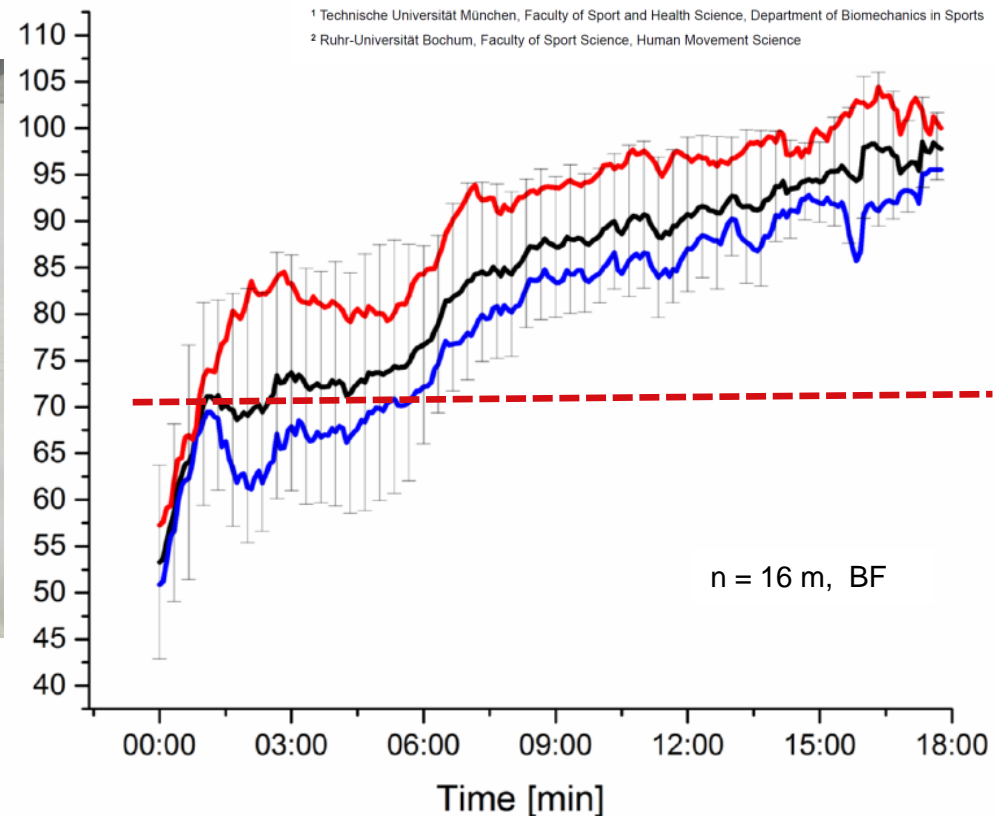


# Simulationsbrandübung Flashovertraining

Inwinkl Stephanie<sup>1</sup>, Seiberl Wolfgang<sup>1</sup>, Schwirtz Ansgar<sup>1</sup>, Hahn Daniel<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität München, Faculty of Sport and Health Science, Department of Biomechanics in Sports

<sup>2</sup> Ruhr-Universität Bochum, Faculty of Sport Science, Human Movement Science



# Simulationsbrandübung

Stressbelastung von Atemschutzgeräteträgern bei der  
Einsatzsimulation im Feuerwehr-Übungshaus Bruchsal  
Landesfeuerwehrschule Baden-Württemberg  
(STATT-Studie)

## Durchschnittliche Herzfrequenz mit Minimal- und Maximalwerten

	Gruppe I (Schläge min <sup>-1</sup> )	Gruppe II (Schläge min <sup>-1</sup> )
- vor Einsatz	79 (58-100)	70 (52-90)
- niedrigste HF im Einsatz	111 (85-173)	92 (60-121)
- höchste HF im Einsatz	186 (167-202)	157 (110-178)
- direkt nach Einsatzende	130 (88-188)	98 (60-136)
- 10 min nach Einsatzende	102 (80-139)	80 (62-101)
- 60 min nach Einsatzende	76 (54-108)	70 (40-86)

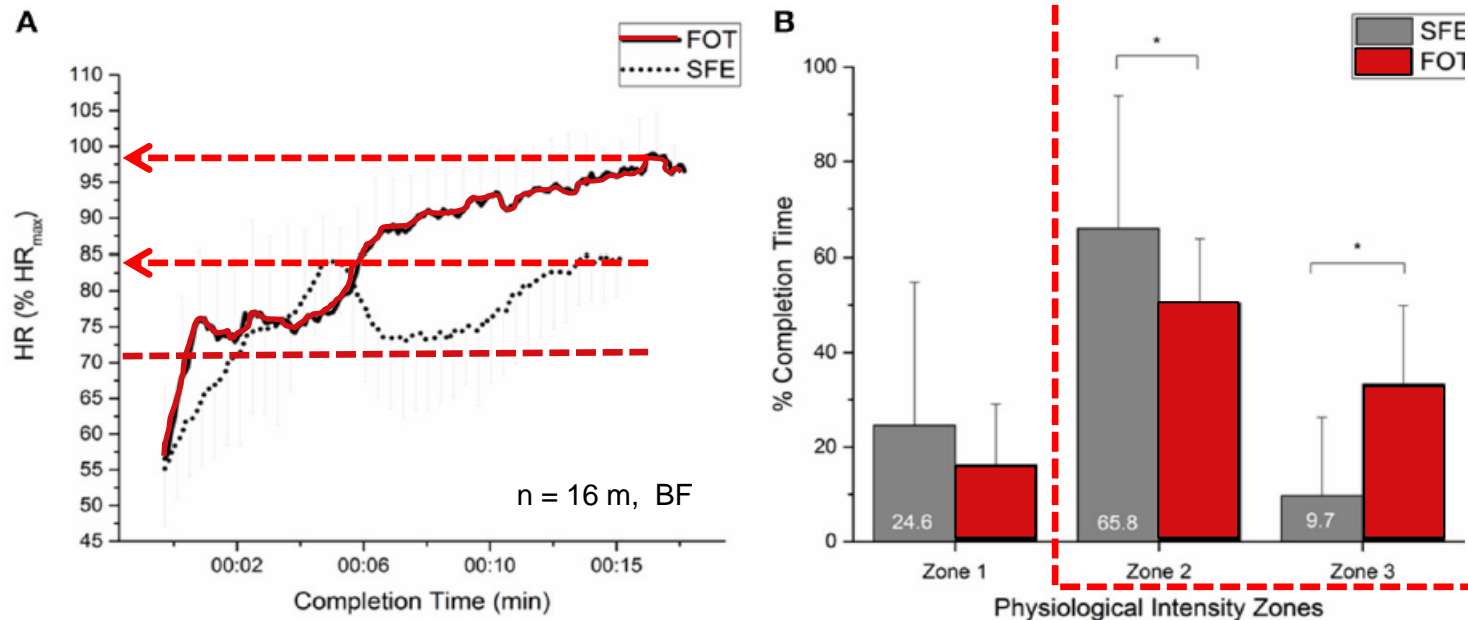
Normbereich: 60-80 Schläge min<sup>-1</sup>

# Atenschutzübungsstrecke vs. Simulationsbrandübung

## Physiological Responses to Firefighting in Extreme Temperatures Do Not Compare to Firefighting in Temperate Conditions

Stephanie Windisch<sup>1\*</sup>, Wolfgang Seiberl<sup>1</sup>, Daniel Hahn<sup>2,3</sup> and Ansgar Schwirtz<sup>1</sup>

August 2017 | Volume 8 | Article 619



# Folgenden mangelnder Leistungsfähigkeit

## Relationship Between Selected Measures of Physical Fitness and Performance of a Simulated Fire Fighting Emergency Task

Rank Performance Percentile	Rescue Time min:sec	Age yrs	Aerobic Capacity		Bench Press		Leg Press max/lbs
			ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	ml.min <sup>-1</sup>	80-lb reps	max/lbs	
75 to 100	3:15 ± 0:25 (n = 56)	25.3 ± 5.4 (n = 55)	45.5 ± 8.4 (n = 56)	3696 ± 709 (n = 55)	33.3 ± 11.6 (n = 44)	194.1 ± 42.9 (n = 39)	448.3 ± 111.6 (n = 22)
50 to 75	4:31 ± 0:23 (n = 55)	28.6 ± 8.1 (n = 52)	41.8 ± 8.8 (n = 55)	3300 ± 698 (n = 54)	32.7 ± 12.3 (n = 43)	176.1 ± 43.8 (n = 41)	413.9 ± 87.0 (n = 34)
25 to 50	5:44 ± 0:25 (n = 56)	33.4 ± 9.5 (n = 54)	36.0 ± 8.7 (n = 56)	3074 ± 590 (n = 56)	27.7 ± 8.7 (n = 38)	164.5 ± 46.5 (n = 41)	377.8 ± 73.7 (n = 31)
0 to 25	11:42 ± 8:23 (n = 55)	34.5 ± 10.4 (n = 54)	34.1 ± 9.1 (n = 55)	2818 ± 896 (n = 55)	24.3 ± 15.9 (n = 39)	151.6 ± 46.5 (n = 38)	369.1 ± 91.4 (n = 29)

**10 ml VO<sub>2</sub> ≈ ▲ 7:27 min Anrückzeit**



# Simulationsübungen Zusammenfassung

- » Dauer der Gesamtbelastung  $\approx$  25 Minuten,
- » Herzfrequenz über 90% der maximalen Herzfrequenz mit Spitzen um 100%
- » Belastung in Simulationsübungen sind in Ansätzen vergleichbar realen Einsatzszenarien
- » Große Variabilität in Bezug auf die Dauer und das Aufgabenspektrum (Erschwert einen Vergleich)

Weitere Datenauswertung bezüglich der Atemschutzübungsanlage:

- » Abgeschätzter Energieverbrauch (KJ) sollte kritisch gesehen werden (Daten in Bearbeitung)
- » Zeit in Bestimmten Herzfrequenzzonen sollte genauer untersucht werden (Daten in Bearbeitung)

# Belastungsprofil eines Atemschutzgeräteträgers

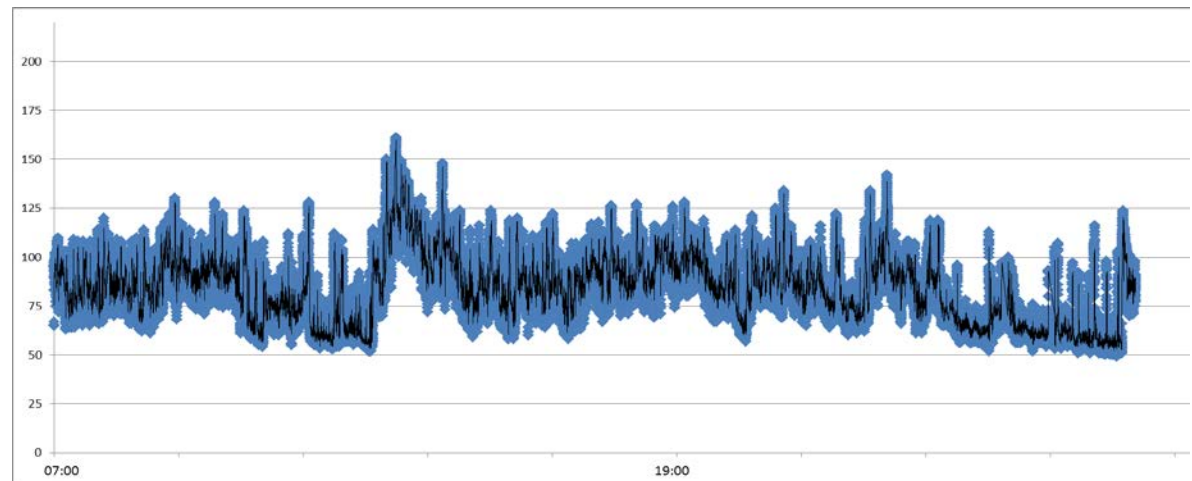
Ergometrie im Rahmen des G.26.3

Atemschutzübungsstrecke

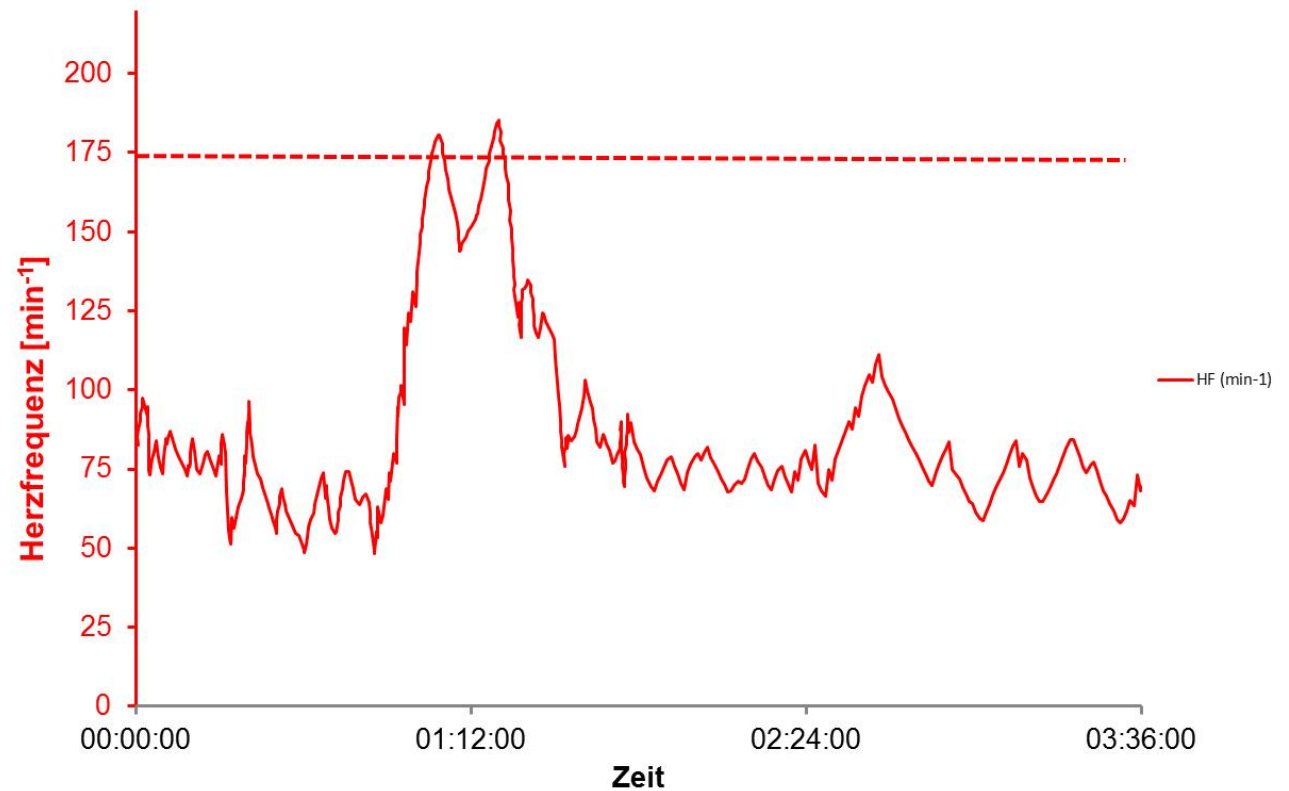
Simulationsbrandübungen

Realer Einsatz

# Messspiel: 24 h Dienst



# Aktuelle Daten: Realer Einsatz



# Realer Einsatz

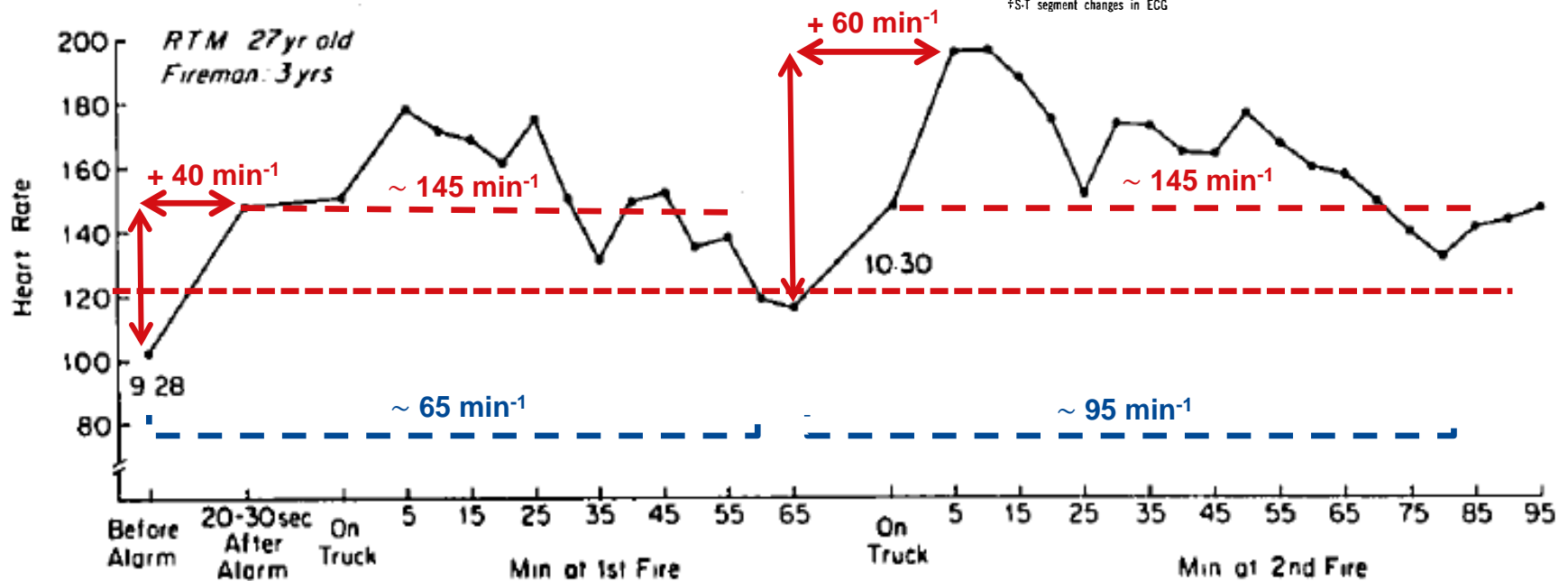
## Heart Rate and ECG Responses of Fire Fighters

R. James Barnard, Ph.D. and Henry W. Duncan, B.S.

Table 3. — Heart Rate and ECG Responses of a Fire Fighter While Sleeping.\*

Time	Before Alarm (beats/min)	15-30 sec After Alarm	On the Fire Truck
23:30	52	100	86
02:24	45	149†	67
03:10	48	97	85

\* Subject C, 38 yr old, fireman 11 yrs  
†ST segment changes in ECG



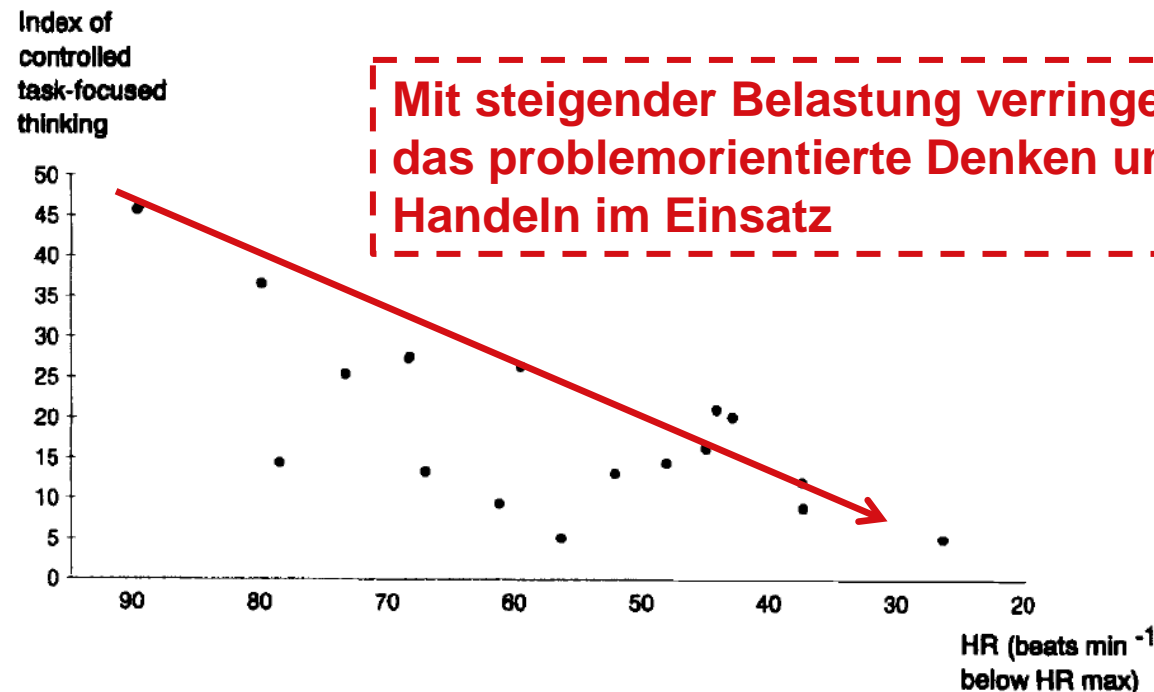
Journal of Occupational Medicine/Vol. 17, No. 4/April 1975

# Körperliche Belastung versus Stress

STRESS MEDICINE, VOL. 10: 63–68 (1994)

## STRESS AND COGNITIVE PERFORMANCE OF FIRE FIGHTERS DURING SMOKE-DIVING\*

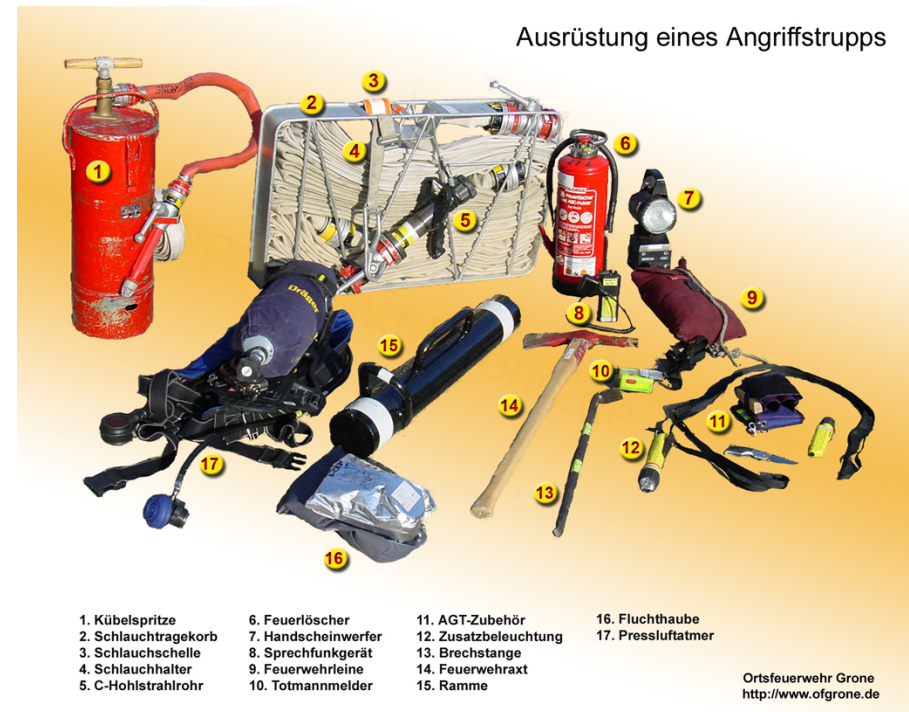
MIKA KIVIMÄKI, PhLic AND SIRPA LUSA, MSc  
*Institute of Occupational Health, Laajaniityntie 1, FIN-01620 Vantaa, Finland*



# Einfluss der PSA auf die Leistungsfähigkeit



<http://ffw-aku.de/atemschutztausruestung.htm>



<https://de.wikipedia.org/wiki/Feuerwehrausr%C3%BCstung>

# Einfluss der PSA auf die Leistungsfähigkeit

Physical fitness profile of professional Italian firefighters: Differences among age groups

Fabrizio Perroni <sup>a,\*</sup>, Lamberto Cignitti <sup>b</sup>, Cristina Cortis <sup>c</sup>, Laura Capranica <sup>d</sup>

<sup>a</sup> School of Exercise and Sport Sciences (SUISM), Department of Medical Sciences, University of Turin, Piazza Bernini 12, Turin, Italy

<sup>b</sup> Italian Fire Fighter Corp, Italy

<sup>c</sup> Department of Human Sciences, Society and Health, University of Cassino and Lazio Meridionale, Italy

<sup>d</sup> Department of Human Movement and Sport Science, University of Rome "Foro Italico", Italy

F. Perroni et al. / Applied Ergonomics 45 (2014) 456–461

**Table 1**

Means ± standard deviations (SD) and statistical differences ( $p < 0.05$ ) of anthropometric and fitness data across age group.

Variables	Age group (yr)					Total
	<25	26–30	31–35	36–40	41–42	
	$n = 34$	$n = 48$	$n = 30$	$n = 31$	$n = 18$	$n = 161$
	Range: 22–25	Range: 26–30	Range: 31–35	Range: 36–40	Range: 41–42	Range: 22–42
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Weight (kg)	74.6 ± 7.7	74.6 ± 6.9	76.4 ± 8.4	78.8 ± 9.4	74.9 ± 10.4	75.8 ± 8.4
High (cm)	177 ± 0.06	178 ± 0.06	175 ± 0.05	177 ± 0.06	175 ± 0.07	176 ± 0.06
BMI (kg m <sup>-2</sup> )	23.8 ± 1.7 <sup>a</sup>	23.7 ± 2.0 <sup>a,b,c</sup>	25.0 ± 2.5	25.3 ± 2.5	24.5 ± 2.7	24.4 ± 2.3
Counter movement jump (cm)	30.1 ± 4.8 <sup>b,c</sup>	30.7 ± 5.4 <sup>b,c</sup>	28.7 ± 4.6 <sup>c</sup>	26.8 ± 4	25.7 ± 3.1	28.9 ± 5.0
Bench press (kg)	76.1 ± 10.3 <sup>a,b,c</sup>	77.1 ± 15.7 <sup>a,b,c</sup>	68 ± 11	67.3 ± 9.3	63.3 ± 11.9	71.8 ± 13.2
20 m (sec)	3.1 ± 0.1	3.1 ± 0.2 <sup>b,c</sup>	3.2 ± 0.2 <sup>c</sup>	3.3 ± 0.2	3.3 ± 0.2	3.2 ± 0.2
Queen's College Step Test (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	52.3 ± 6.5	52.0 ± 6.8	51 ± 7.9	51.1 ± 7.1	53.2 ± 4.8	51.8 ± 6.8
Queen's S.C.B.A. (ml kg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	42.7 ± 3.4	41.9 ± 4.7 <sup>b</sup>	43 ± 4.8	44 ± 6.2	43.1 ± 6.1	42.8 ± 4.9

▲ - 19 %



# Einfluss der PSA auf die Leistungsfähigkeit

Lorenz R<sup>1</sup>, Franz K<sup>2</sup>, Krieger S<sup>1</sup>, Zeilberger K<sup>1</sup>, Jeschke D<sup>1</sup>

Dynamische Leistungsfähigkeit bei reduzierter Wärmeabgabe in  
Feuerwehrschanzungen DEUTSCHE ZEITSCHRIFT FÜR SPORTMEDIZIN Jahrgang 58, Nr. 5 (2007)

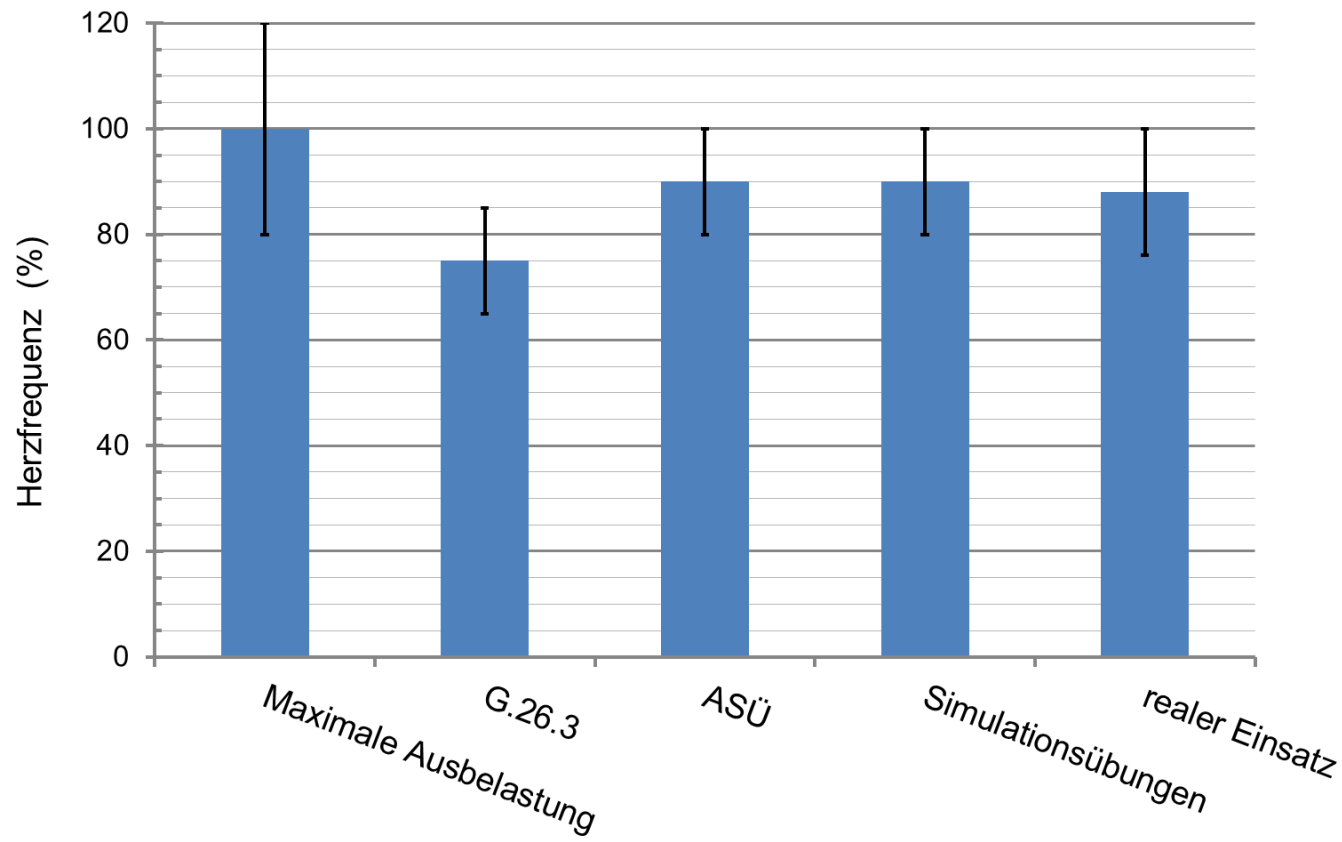
Tabelle 2: Maximalwerte bei den Stufentests in Sportkleidung, Feuerwehrkleidung (SA) und Chemikalienschutzanzügen ohne (CSA) und mit externer Belüftung (CSAeL)

Parameter	Sportbekleidung	Schutzanz. (SA)	CSA	CSAeL
	x ± s	x ± s	x ± s	x ± s
Arbeitsdauer	28,3 ± 2,7 <sup>(a)</sup>	35,1 ± 1,3	32,0 ± 2,0*	31,2 ± 2,3*
RPE (Borg-Skala)	16,7 ± 0,6	17,0 ± 0,9	17,2 ± 1,0	16,8 ± 1,0
O <sub>2</sub> -Aufn. (ml/kg*min)	45,6 ± 3,4	-----	-----	-----
Leistung (Watt)	306 ± 34 <sup>a</sup>	232 ± 14	216 ± 13(*)	209 ± 11*
Leistung (Watt/kg)	4,01 ± 0,36 <sup>a</sup>	3,09 ± 0,14	2,88 ± 0,21(*)	2,79 ± 0,23*
Herzfrequenz (l/min)	182 ± 13	179 ± 10	172 ± 7	175 ± 14
Blutlaktat (mmol/l)	7,71 ± 2,22 <sup>a</sup>	3,58 ± 0,93	4,07 ± 1,37	4,30 ± 1,36
Differenz Körpermasse	- 0,42 ± 0,43	- 0,54 ± 0,25	- 0,45 ± 1,1	- 0,52 ± 0,17

▲ - 30 %

- .....als Ursache der verminderten Maximalleistung in den Feuerwehrausrüstungen wird die verstärkte Hautdurchblutung und damit den geringeren Blutfluss im Muskel, sowie das eingeschränkte Atemvolumen bei Atmung mittels Pressluftflasche angesehen.

# Zusammenfassung



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

## Kontakt:

IPA - Institut für Prävention und Arbeitsmedizin  
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung  
Institut der Ruhr-Universität Bochum  
Bürkle-de-la-Camp-Platz 1  
44789 Bochum

E-Mail: [marek@ipa-dguv.de](mailto:marek@ipa-dguv.de)