Aus dem Ordinariat für Arbeitsmedizin der Universität und dem
Zentralinstitut für Arbeitsmedizin der Freien und Hansestadt Hamburg
(Direktor: Prof. Dr. med. D. Szadkowski)

Beanspruchungsuntersuchungen beim Tragen von polyethylenbeschichteten Einwegchemikalienschutzanzügen mit und ohne Belüftung unter experimentellen Bedingungen und im Feldversuch

D i s s e r t a t i o n

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
dem Fachbereich Medizin der Universität Hamburg vorgelegt von

Florian Zschacke

aus Lübeck

Hamburg, 2001

Inhaltsverzeichnis:

		Seite
1.	Einleitung	3
2.	Methodik	5
	Laborstudie	5
	Feldstudie	6
	Auswertung	7
3.	Ergebnisse	8
4.	Diskussion	15
5.	Zusammenfassung	23
6.	Literatur	24
7.	Anhang	31
8.	Danksagung	34
9.	Lebenslauf	35

1. Einleitung:

Arbeitsschutzanzüge sollen die Haut vor Verletzung sowie Verschmutzung schützen und weitgehend den Kontakt zu perkutan resorbierbaren Schadstoffen verhindern. Zur Vermeidung solcher Schadstoffbelastungen wurden Chemikalienschutzanzüge entwickelt, die auch im Baugewerbe, z. B. bei der Altlastensanierung eingesetzt werden. Bei der Gefahr einer zusätzlichen inhalativen Schadstoffbelastung kommen außerdem Atemschutzgeräte zum Einsatz. Chemikaliendichte Schutzanzüge schützen zwar vor dem perkutanen Schadstoffkontakt, ihre isolierende Wirkung führt aber bei den Beschäftigten zu erheblichen thermischen Belastungen infolge mangelhafter Abfuhr der Körperenergie bei Arbeit. Die physiologischen Veränderungen durch Hitzebelastungen, auch unter Schutzanzügen, sind mehrfach beschrieben worden (u.a. PIEKARSKI, 1984; WENZEL et al., 1989; GRANDJEAN, 1991; HAVENITH, 1999). Der bei Hitzeeinwirkung notwendige physiologische, vom Körper wegführende Energietransport wird behindert, und es kann Gesundheitsgefahr durch die isolierende Bekleidung selbst entstehen.

Zahlreiche Schutzsysteme wurden entwickelt und geprüft, um diese thermischen Belastungen zu mindern. So gibt es semipermeable Stoffe, welche Feuchtigkeit nur von innen nach außen durchlassen (u.a. HÖPPE et al., 1992). Eiswesten können unter dem Schutzanzug getragen werden (u.a. KAMON et al., 1986; LÖSER, 1992; HOFMANN et al., 1996) oder aufwendige, auch von extern, mittels Schlauch luft- oder wasserzuführende Systeme, die den Schutzanzug von innen permanent kühlen (u.a. PIMENTAL et al., 1987; HEISING et al., 1987; STEUER, 1994; HEXAMER et al., 1997; NAG et al., 1998). Hochwertige Schutzanzüge vereinigen mehrere Funktionen, wie z.B. mechanische Belastbarkeit, Kühleffekt und Tragekomfort (geringeres Gewicht, nur geringe Bewegungsbehinderung). Solche Anzüge haben den Nachteil zeitlich (Eiswesten) oder örtlich (externe Belüftungssysteme) begrenzter Einsätze, oder sie stellen einen nicht zu unterschätzenden Kostenfaktor dar, einerseits im Sinne der Beschaffung, andererseits wegen der Notwendigkeit der Dekontamination nach der Verwendung. Eine Alternative sind Einweganzüge, die mit einem Minimum an Materialeinsatz den bestmöglichen Kompromiß zu erzielen versuchen, wie z. B. polyethylenbeschichtete Einwegchemikalienschutzanzüge (PE-Schutzanzüge), die preiswert sind und nach der Verwendung (gegebenenfalls als Sondermüll) entsorgt werden.

Auf Baustellen und zum Teil auch während Altlastensanierungsarbeiten werden u.a. PE-Schutzanzüge ohne zusätzlichen Atemschutz getragen. Für diese Art von Anzügen gibt es mangels ausreichender Untersuchungen keine Trageempfehlungen. Die Vielzahl der Variablen lassen auch in neuesten Veröffentlichungen nur Orientierungspunkte zu (PETERS, 1995; CHEN et al., 1997; HANSON, 1999) und etablierte Tests (SHVARTZ et al., 1977; KENNEY et al., 1986) beziehen sich auf sehr warme (> 33°C) Klimata. Die Erfahrungen aus dem Bereich der typischen wärmebelasteten Arbeitsplätze, etwa bei der Feuerwehr (u.a. PAYNE et al., 1994; SCHOPPER-JOCHUM et al., 1997; SMITH et al., 1997), beim Militär (MCLELLAN et al., 1993) oder in der Metallverhüttung (u.a. HERTING et al., 1984), können bei der arbeitsmedizinischen Überwachung von im Baubereich mit PE-Schutzanzügen eingesetzten Mitarbeitern nur bedingt herangezogen werden und bergen die Gefahr, die Beanspruchung zu unterschätzen (TOCHIHARA et al., 1993).

Die zum Teil anstrengenden Tätigkeiten bei Sanierungen, auch von Altlasten, werden während des ganzen Jahres verrichtet. Im Herbst und Winter wird vor allem der Nässeschutz durch PE-Schutzanzüge von den Trägern in der Regel als vorteilhaft gewertet. Bei verstärkter Sonneneinstrahlung heizt sich das Innenklima dieser Anzüge jedoch rasch mit der Folge einer thermischen Belastung auf. Die körpereigene Wärmeabgabe durch Strahlung und Konvektion, welche für etwa 80 % der Wärmeabgabe verantwortlich sind (WERNER, 1984; GRANDJEAN, 1991), wird in Abhängigkeit von Schutzanzugzuschnitt und Dichtigkeit erheblich eingeschränkt. Luftbewegung kann die Konvektion grundsätzlich verbessern (u.a. LOTENS, 1989; WYON, 1989; HOLMÉR, 1989; HAVENITH et al., 1990), bei isolierender Schutzkleidung hat die Belüftung einen erhöhten Stellenwert (u.a. GUTSCHMIDT et al., 1991). In der vorgestellten Untersuchung sollte daher geprüft werden, ob eine zusätzliche mobile, akkubetriebene, in einen PE-Schutzanzug integrierte Ventilatorbelüftung die thermische Belastung und damit die resultierende Beanspruchung reduzieren kann.

2. Methodik:

Untersucht wurden in einer Labor- sowie einer Feldstudie insgesamt 17 freiwillige Probanden, bei denen folgende Parameter bestimmt wurden: Herzfrequenz (Laborstudie: 3-Kanal-EKG-Gerät Fa. Marquette Hellige GmbH, Freiburg i. Breisgau, Feldstudie: Bioport, Fa. ZAK, Simbach/Inn), Kerntemperatur (sublinguale Messung mittels Digitalthermometer Sidimet M1010, Fa. Siemens, Hamburg), Hauttemperatur (Laborstudie: Temperaturaufnehmer Quat 10, Fa. Heraeus Sensor GmbH, Hanau; Feldstudie: Temperaturaufnehmer Bioport, Fa. ZAK, Simbach/Inn), Schweißverlust (Wiegen der unbekleideten Probanden vor und nach dem Test bzw. dem Arbeitseinsatz), Cortisol (Enzymimmunoassay mit Magnettrenntechnik - EIA-MAIA, Fa. Serono) und Aldosteron (Radioimmunoassay mit Magnettrenntechnik - RIA-MAIA, Fa. Serono, im Harn ohne Extraktion) in Serum und Harn sowie Prolaktin (Immunoenzymometrischer Assay - IEMA-MAIA, Fa. Serono), Wachstumshormon (RIA-MAIA), Trijodthyronin, Thyroxin, (EIA-MAIA), Laktat, Laktatdehydrogenase, Kreatinkinase (enzymatische Bestimmung, photometrisches Verfahren) im Serum und Adrenalin sowie Noradrenalin im Harn (Säulentest fluorimetrisch über Trihydroxiindolreaktion, Fa. BioRad, München).

Für die Untersuchungen standen an Handgelenken und Fußknöcheln mit Gummizugband versehene PE-Schutzanzüge (Kleenguard coveralls, Fa. Kimberley-Clark, Mülheim-Kerlich) mit und ohne zusätzlicher Ventilatorbelüftung zur Verfügung. Die Ventilatorbelüftung (Powerflow, Fa. RACAL, Wembley Middlesex) hatte einschließlich Akku ein Gewicht von 2 kg, eine Größe von 10*10*15 cm und eine Förderleistung von ca. 25 l/min. Der Lufteintritt erfolgte über zwei Einlaßöffnungen in Richtung Rücken und Gesäß.

Laborstudie:

Für diese Studie standen fünf männliche Probanden (mittleres Alter 27,8 ± 2,4 Jahre, Größe 180 ± 10,7 cm, Gewicht 75,4 ± 4,7 kg) zur Verfügung, die je dreimal randomisiert in einem Laborraum fahrradergometrisch untersucht wurden. Die Probanden trugen normale Arbeitsbekleidung (Baumwollunterwäsche, Flanellhemd, Baumwollarbeitshose, Arbeitsschuhe, Schutzhandschuhe) jeweils ohne zusätzlichen PE-Schutzanzug, mit PE-Schutzanzug mit Belüftung und mit PE-Schutzanzug ohne

Belüftung. Um unterschiedliches Klima darzustellen, erfolgte die Untersuchung von 3 Probanden jeweils 3-mal bei 22,3 ± 1 °C und von 2 Probanden jeweils 3-mal bei 28,2 ± 0,4 °C Raumtemperatur. Die Luftfeuchte lag zwischen 23 und 50 %. Nach einer klinischen Untersuchung einschließlich Ruhe-EKG wurden alle Probanden für 30 Minuten auf dem Fahrradergometer (ER900, Fa. Jaeger, Würzburg) mit 75 Watt belastet. Die sich anschließende Ruhephase von 10 Minuten wurde noch sitzend auf dem Ergometer verbracht. Während der Belastungs- und Ruhephasen wurden die Herzfrequenz und die Hautoberflächentemperatur am Brustbein und 4 weiteren Punkten gemessen. In 5-minütigem Rhythmus wurden die Kerntemperatur (sublingual bei geschlossenem Mund) sowie zusätzlich zwecks klinischer Überwachung der Blutdruck gemessen und ein EKG abgeleitet. Vor dem Ruhe-EKG und 15 Minuten nach der Fahrradergometrie erfolgten die Blutentnahmen. Die Sammelzeit des Harns wurde registriert und für die Berechnungen verwendet.

Feldstudie:

Untersucht wurden 12 männliche Beschäftigte (mittleres Alter 32,2 ± 8,9 Jahre, Größe 178 ± 5,9 cm, Gewicht 81,5 ± 15,1 kg) während Altlastensanierungsarbeiten paarweise im Freien in PE-Schutzanzügen, eine Gruppe mit (n = 6), eine Gruppe ohne zusätzliche Anzugsbelüftung (n = 6). Die Unterbekleidung war denen der Laborstudie vergleichbar, gleichfalls wurden Arbeitsschuhe und Handschuhe getragen. Die Lufttemperaturen lagen zwischen 13 und 23 °C, die Luftfeuchte zwischen 48 und 80 %, die Windgeschwindigkeit betrug 0 bis 4 m/s.

Alle Probanden verrichteten bei der Altlastensanierung auf Deponien gewerbeübliche Arbeiten, u.a. bestehend aus Straßenbefestigung, Erdarbeiten mit Schaufel und Schubkarre, maschinellen Erdbohrungen, Tragen von Röhren, Kontrollgängen und Fahren von Baufahrzeugen. Die einzelnen Tätigkeiten waren nicht standardisiert, die Probanden hielten ihren üblichen Arbeitsrhythmus - incl. Pausenwahl - während der halbtägigen Arbeitsschicht ein. Die Messungen vor und nach der Schicht waren identisch mit der Laborstudie, die Hauttemperatur wurde hingegen im rechten Lendenbereich gemessen. Die Messung der Kerntemperatur erfolgte sublingual in Abständen von 20 bis 40 Minuten. Alle Tätigkeiten wurden entsprechend Tab. 1 minütlich von einem Beobachter protokolliert. Zusätzlich erfolgte eine Messung der körper-

lichen Aktivität mittels eines Beschleunigungsaufnehmers (Bioport, Fa. ZAK, Simbach/Inn, Werte in Prozent, Messort zwischen den Schulterblättern). Die notwendige Nahrungsaufnahme (Getränke) wurde bilanziert.

Tab. 1: Arbeitsbelastungskategorien, modifiziert nach HETTINGER et al. (1988) und SPITZER et al. (1982)

Kategorie	**Arbeit**	**Beispiel**	**Arbeitsenergieumsatz kJ/min**
0	keine	leichte Handarbeiten	< 8
1	leichte	Gehen mit geringer Last	8 - 12
2	mittlere bis schwere	Steine stapeln	> 12 - 20
3	sehr schwere	Graben	> 20

Auswertung:

Der Arbeitspuls wurde bei allen Probanden als Differenz zwischen der aufgezeichneten Herzfrequenz (Minutenmittelwerte) und der niedrigsten Herzfrequenz während der gesamten Erfassungszeit ermittelt. Zur Bewertung der biologischen Parameter im Harn wurden die Sammelzeiten vor Beginn der Belastung (zwischen dem morgendlichen Wasserlassen und dem Wasserlassen vor der Untersuchung) sowie während der gesamten Untersuchung berücksichtigt und die Ausscheidung/min berechnet. Der Schweißverlust während der Untersuchung wurde unter Berücksichtigung der eingenommenen Getränke (Feldstudie) auf Liter/Std. standardisiert.

Die statistische Auswertung erfolgte für die Daten der Laborstudie mittels t-Tests mit verbundenen Stichproben sowie varianzanalytischer Verfahren (multiple Varianzanalyse mit Tukey-Test). Die Herzfrequenz, der Arbeitspuls sowie die Haut- und Korntemperatur gingen in letztere Berechnungen in Intervallen von 5 Minuten (1 Zusatzwert 3 Minuten nach Belastungsende) ein. Für die Auswertung der Daten der Feldstudie wurden t-Tests mit verbundenen und unverbundenen Stichproben eingesetzt. Signifikanz wurde bei $\alpha = 0{,}05$ angenommen.

3. Ergebnisse:

Die während der Laborstudie ermittelten Werte der Herzfrequenz, des Arbeitspulses und der Hauttemperatur zwischen den Schulterblättern sind in den Abb. 1 bis 3 sowie in Tab. 8 im Anhang dargestellt, die erhobenen biochemischen Werte können der Tab. 2 entnommen werden. Die Ergebnisse der Varianzanalysen und der Tukey-Tests der Laborstudie finden sich in den Tab. 3, 4 und 5. Die Tab. 6 und 7 weisen die physiologischen und biochemischen Werte der Feldstudie auf. Für die Parameter Herzfrequenz, Arbeitspuls und Hauttemperatur zeigten sich varianzanalytisch signifikante Unterschiede zwischen allen drei Anzugsarten (Tab. 4). Ein signifikanter Unterschied zwischen dem belüfteten und unbelüfteten Anzug fand sich über den gesamten Untersuchungszeitraum (Tab. 5). Bei Differenzierung nach Belastungs- und Erholungsphase, bestätigte sich die Signifikanz nur für letztere. Die Oraltemperaturen stiegen während der Laborstudie - nach initialem Abfall von ca. 0,1 °C - um ca. 0,15 °C an, ohne sich zwischen den Kollektiven signifikant zu unterscheiden. Die biochemischen Werte zeigten varianzanalytisch keine signifikanten Unterschiede.

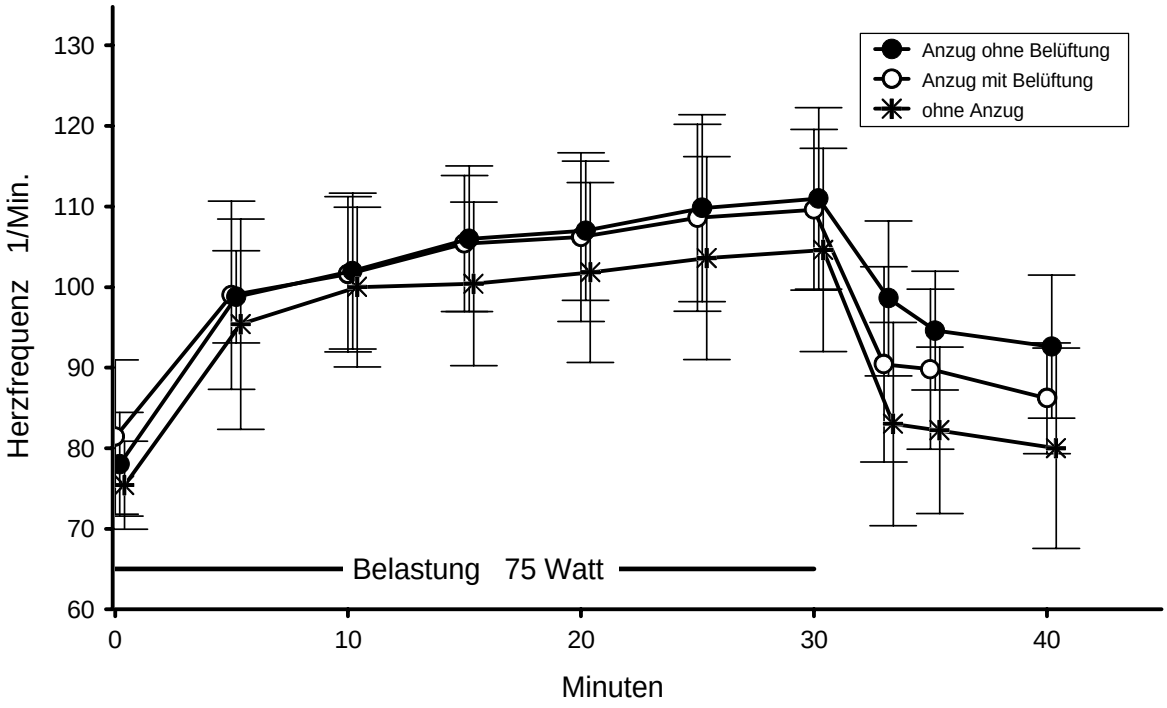

Abb. 1: **Laborstudie:** Mittelwerte und Standardabweichungen der Herzfrequenz, jeweils bei denselben 5 Probanden

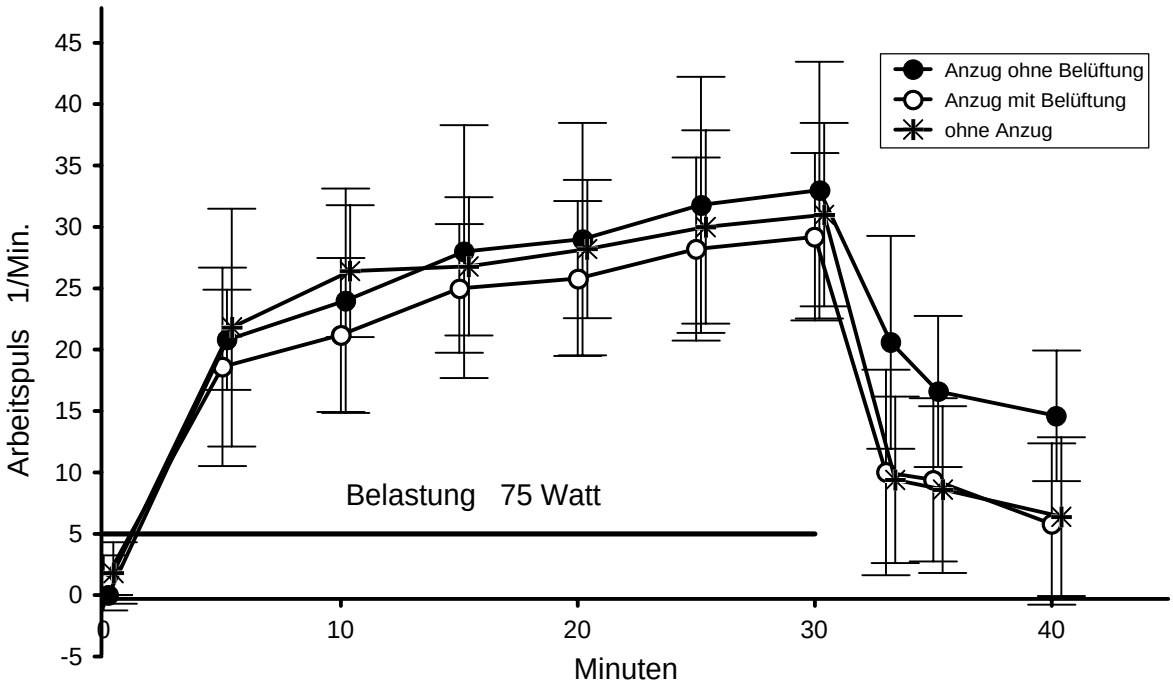

Abb. 2: **Laborstudie:** Mittelwerte und Standardabweichungen des Arbeitspulses, jeweils bei denselben 5 Probanden

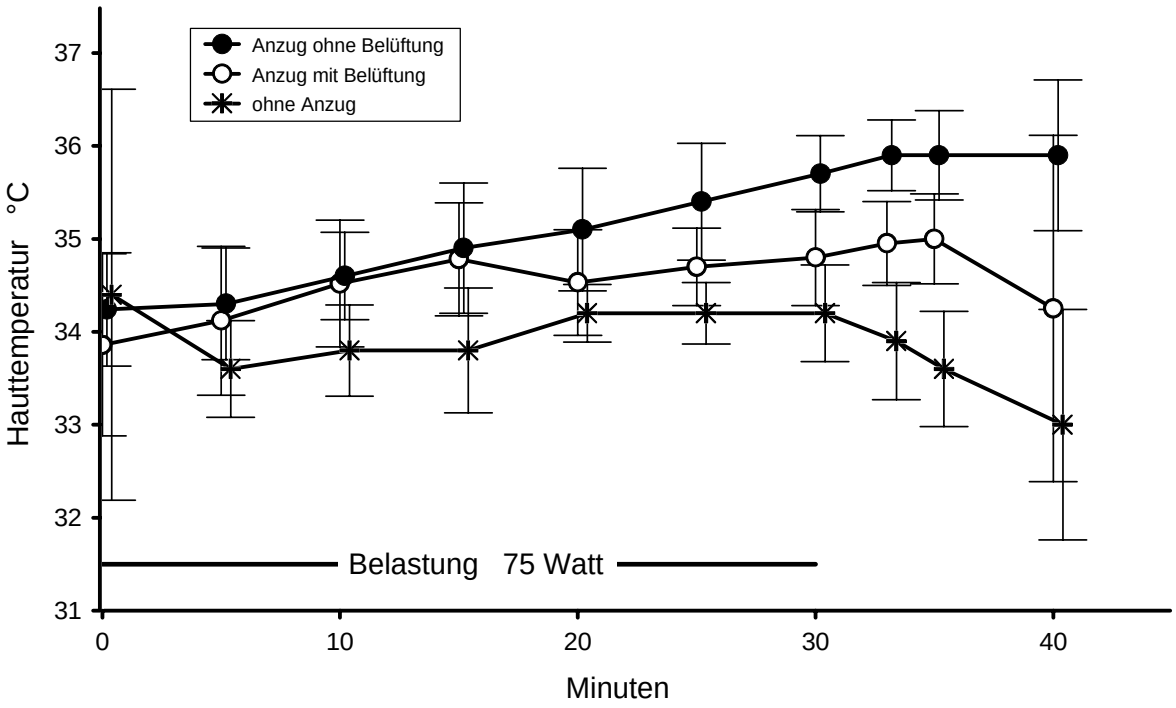

Abb. 3: **Laborstudie:** Mittelwerte und Standardabweichungen der mittleren Hauttemperatur über dem Brustbein, jeweils bei denselben 5 Probanden

Tab. 2: **Laborstudie:** Mittelwerte und Standardabweichungen der Laborparameter vor und nach 30 Minuten Fahrradergometrie sowie Gewichtsverlust, Ergebnisse der t-Tests mit verbundenen Stichproben (n = 5)

		vor Belastung		**nach Belastung**			
		x	s	x	s	Δ[%]	p
Ohne Schutzanzug:							
S-Cortisol	ng/ml	77,1	40,2	47,3	22,0	-39	**0,046**
S-Aldosteron	pg/ml	247,4	98,4	286,4	102,7	15	0,500
S-Laktat	mg/ml	11,0	3,3	9,2	3,1	-17	**0,019**
S-LDH[1]	U/l	176,2	70,4	182,4	51,5	3	0,160
S-Prolaktin	ng/ml	8,15	5,12	5,85	1,28	-29	0,320
S-hGH[2]	ng/ml	0,29	0,29	6,02	9,08	1941	0,482[4]
S-CK[3]	U/l	56,52	14,81	57,12	15,81	1	0,727
S-Trijodthyronin (T_3)	ng/ml	1,83	0,63	1,65	0,33	-10	0,303[5]
S-Thyroxin (T_4)	ng/ml	87,82	12,09	92,66	13,78	5	0,138
H-Cortisol	ng/min	124,0	44,8	116,2	103,0	-7	0,846
H-Aldosteron	ng/min	12,5	9,4	18,6	5,3	47	0,050
H-Adrenalin	ng/min	139,80	248,52	51,80	23,59	-63	0,432
H-Noradrenalin	ng/min	85,80	37,96	119,60	106,11	39	0,530
Gewichtsverlust	g/h	-	-	464,0	146,5	-	-
Mit PE-Schutzanzug, mit Belüftung:							
S-Cortisol	ng/ml	89,8	50,3	51,6	22,3	-43	**0,048**
S-Aldosteron	pg/ml	141,4	89,4	295,6	57,3	109	**0,009**
S-Laktat	mg/ml	15,1	7,7	10,1	3,0	-33	0,186
S-LDH[1]	U/l	177,0	60,5	198,4	72,4	12	0,054
S-Prolaktin	ng/ml	9,66	3,09	6,98	2,90	-28	**0,043**
S-hGH[2]	ng/ml	1,19	0,70	1,16	1,77	-3	0,662[4]
S-CK[3]	U/l	64,38	22,00	67,13	28,98	4	0,523
S-Trijodthyronin (T_3)	ng/ml	1,48	0,88	1,53	0,69	3	0,663[5]
S-Thyroxin (T_4)	ng/ml	82,30	8,35	87,94	10,11	6	**0,010**
H-Cortisol	ng/min	206,0	140,2	169,8	128,8	-18	0,444
H-Aldosteron	ng/min	13,0	5,8	13,6	4,8	5	0,831
H-Adrenalin	ng/min	25,60	11,46	30,60	13,90	19	0,415
H-Noradrenalin	ng/min	64,00	23,12	83,40	20,53	30	0,223
Gewichtsverlust	g/h	-	-	600,0	187,0	-	-

(Fortsetzung Tab. 2)		vor Belastung		nach Belastung			
		x	s	x	s	Δ[%]	p
Mit PE-Schutzanzug, ohne Belüftung:							
S-Cortisol	ng/ml	97,5	42,7	47,7	24,4	-52	**0,018**
S-Aldosteron	pg/ml	160,2	119,3	290,6	162,0	81	0,109
S-Laktat	mg/ml	15,1	3,7	14,1	4,7	-7	0,533
S-LDH[1]	U/l	162,2	49,3	173,6	63,2	7	0,487
S-Prolaktin	ng/ml	9,85	5,05	6,84	2,08	-31	0,161
S-hGH[2]	ng/ml	0,83	0,94	5,03	5,45	503	0,248[4]
S-CK[3]	U/l	71,52	42,78	74,24	39,34	3	0,622
S-Trijodthyronin (T_3)	ng/ml	1,80	0,75	2,00	0,70	11	0,765[5]
S-Thyroxin (T_4)	ng/ml	85,92	13,30	84,26	14,47	-2	0,651
H-Cortisol	ng/min	308,4	141,1	166,6	100,9	-46	0,154
H-Aldosteron	ng/min	15,8	8,3	18,0	10,2	13	0,545
H-Adrenalin	ng/min	29,00	13,40	65,00	68,38	124	0,265
H-Noradrenalin	ng/min	56,60	24,14	110,40	60,33	95	0,154
Gewichtsverlust	g/h	-	-	680,0	44,7	-	-

S- = Serum, H- = Sammelharn, [1:] Laktatdehydrogenase, [2:] Wachstumshormon, [3:] Kreatinkinase, [4:] n = 3, [5:] n = 4, Fettdruck: $p < 0,05$

Tab. 3: **Laborstudie:** Ergebnisse der einfachen Varianzanalyse der biochemischen Werte bezogen auf die Schutzanzugsart (n = 5, verbundene Stichproben, Differenz zwischen vor und nach der Belastung):

	p
Cortisol im Serum	0,333
Aldosteron im Serum	0,235
Laktat im Serum	0,450
LDH[1] im Serum	0,705
Cortisol im Harn	0,187
Aldosteron im Harn	0,631
Schweißverlust	0,115

[1:] Laktatdehydrogenase

Tab. 4: **Laborstudie:** Ergebnisse der zweifachen Varianzanalysen für die untersuchten physiologischen Parameter (n = 5):

	Meßzeitpunkt p	**Schutzanzugsart p**	**Wechselwirkung p**
Belastungsphase:			
Herzfrequenz	0,591	**<0,001**	0,939
Arbeitspuls	0,163	**0,033**	0,997
Hauttemperatur	0,114	**<0,001**	0,479
Erholungsphase:			
Herzfrequenz	0,748	**<0,001**	0,953
Arbeitspuls	0,387	**<0,001**	0,960
Hauttemperatur	0,331	**<0,001**	0,827
Belastungs- und Erholungsphase:			
Herzfrequenz	**0,004**	**< 0,001**	0,097
Arbeitspuls	**< 0,001**	**< 0,001**	0,430
Hauttemperatur	0,132	**< 0,001**	**0,026**

Tab. 5: **Laborstudie:** Ergebnisse der Tukey-Tests für die untersuchten physiologischen Parameter (n = 5):

	Herzfrequenz p	**Arbeitspuls p**	**Hauttemp. p**
Belastungsphase:			
ohne Anzug / Anzug mit Belüftung	**<0,001**	0,088	**<0,001**
ohne Anzug / Anzug ohne Belüftung	**<0,001**	0,945	**<0,001**
Anzug mit Belüftung / Anzug ohne Belüftung	0,687	**0,043**	**0,009**
Erholungsphase:			
ohne Anzug / Anzug mit Belüftung	**0,007**	0,992	**0,005**
ohne Anzug / Anzug ohne Belüftung	**<0,001**	**0,001**	**0,001**
Anzug mit Belüftung / Anzug ohne Belüftung	**0,014**	**0,001**	**0,013**
Belastungs- und Erholungsphase:			
ohne Anzug / Anzug mit Belüftung	**<0,001**	0,278	**<0,001**
ohne Anzug / Anzug ohne Belüftung	**<0,001**	**0,011**	**<0,001**
Anzug mit Belüftung / Anzug ohne Belüftung	**0,013**	**<0,001**	**<0,001**

Fettdruck: $p < 0,05$, Hauttemperatur über dem Brustbein gemessen

Tab. 6: **Feldstudie:** Persönliche Daten, Arbeitszeit, Aktivität und Ergebnisse physiologischer Messungen, Ergebnisse der t-Tests mit unverbundenen Stichproben (n = 6)

	Einheit	mit Belüftung		ohne Belüftung		p
		x	s	x	s	
Lebensalter	Jahre	30,5	8,2	33,8	10,0	0,544
Körpergröße	cm	178,4	6,5	176,9	5,6	0,501
Körpergewicht	kg	82,8	14,2	80,1	17,1	0,607
Arbeitszeit	min	205,5	39,7	209,0	41,9	0,830
Aktivität des Bewegungsmelders	%	31,1	24,0	28,2	22,0	0,789
Aktivität Protokoll[1]	0-3[1]	1,23	0,90	1,28	0,90	0,521
Herzfrequenz	min^{-1}	103,5	16,4	106,4	18,0	0,541
Arbeitspuls:	min^{-1}	25,9	13,9	26,7	15,9	0,383
- Arbeitspuls > 30	min	84,1	40,4	93,8	90,9	0,507
- Anteil an Arbeitszeit	%	41,0	18,6	42,5	38,6	0,419
Hauttemperatur	°C	31,1	2,4	32,5	1,6	0,769
Kerntemperatur	°C	36,3	0,8	36,1	1,5	0,533
Gewichtsverlust	$g\ h^{-1}$	288,4	110,8	277,5	81,5	0,860
Dehydratation	$\%\ h^{-1}\ KG^{-1}$	0,35	0,1	0,35	0,1	0,721

[1:] siehe Tab. 1

Tab. 7: **Feldstudie:** Laborwerte vor und nach Einsatz, t-Tests (n = 12)

		m i t B e l ü f t u n g					
		vor Belastung		**nach Belastung**			
		x	s	x	s	Δ[%]	p[5]
S-Cortisol	ng/ml	130,6	37,5	61,3	21,5	-54	0,028
S-Aldosteron	pg/ml	200,8	98,5	365,0	114,1	81	0,004
S-Laktat	mg/ml	12,9	3,3	10,1	3,4	-22	0,005
S-LDH[1]	U/l	281,6	79,1	249,5	47,4	-12	0,412
S-Prolaktin	ng/ml	6,83	3,19	6,59	1,71	-4	0,841
S-hGH[2]	ng/ml	0,09	0,09	0,29	0,12	216	-[4]
S-CK[3]	U/l	79,32	30,75	97,78	33,23	23	0,003
S-Trijodthyronin (T_3)	ng/ml	1,57	0,35	1,67	0,52	6	0,570
S-Thyroxin (T_4)	ng/ml	90,90	13,93	94,83	10,29	4	0,191
H-Cortisol	ng/min	386,0	121,2	238,0	204,4	-39	0,237
H-Aldosteron	ng/min	20,8	15,1	33,5	18,0	60	0,306
H-Adrenalin	ng/min	23,17	15,93	37,00	20,97	59	0,344
H-Noradrenalin	ng/min	51,67	29,88	189,83	267,13	267	0,226

		o h n e B e l ü f t u n g						
		vor Belastung		**nach Belastung**				
		x	s	x	s	Δ[%]	p[5]	p[6]
S-Cortisol	ng/ml	157,5	34,6	82,1	41,7	-48	0,009	0,113
S-Aldosteron	pg/ml	194,5	117,8	313,6	160,2	61	0,023	0,679
S-Laktat	mg/ml	17,6	7,0	12,6	4,0	-29	0,223	0,109
S-LDH[1]	U/l	266,6	70,9	249,6	36,9	-7	0,441	0,801
S-Prolaktin	ng/ml	7,19	2,30	8,48	1,58	17	0,332	0,377
S-hGH[2]	ng/ml	5,97	8,11	0,29	0,20	-96	0,510	-[4]
S-CK[3]	U/l	74,02	51,15	85,42	54,76	15	0,003	0,073
S-Trijodthyronin (T_3)	ng/ml	1,82	0,36	1,82	0,48	0	0,987	0,712
S-Thyroxin (T_4)	ng/ml	93,65	26,66	95,37	18,82	1	0,656	0,630
H-Cortisol	ng/min	400,0	195,3	279,3	107,5	-31	0,127	0,696
H-Aldosteron	ng/min	15,4	10,7	27,9	12,2	81	0,014	0,375
H-Adrenalin	ng/min	25,33	14,57	35,33	17,64	39	0,131	0,795
H-Noradrenalin	ng/min	67,17	41,57	127,83	81,73	90	0,085	0,473

S = Serum, H- = Sammelharn, [1:] Laktatdehydrogenase, [2:] Wachstumshormon, [3:]Kreatinkinase, [4:] n = 3, [5:] Vergleich der Differenzen vor/nach (verbundene Stichproben), [6:] Vergleich mit/ohne Belüftung (unverbundene Stichproben), Fettdruck: $p < 0,05$

4. Diskussion:

Für die Studie stellten sich 17 Probanden zur Verfügung, davon 5 je dreimal während einer Laborstudie und 12 während einer Felduntersuchung unter realen Einsatzbedingungen. Aufgrund des hohen Aufwandes bei solchen arbeitsphysiologischen Untersuchungen ist die Anzahl untersuchter Probanden selten höher. Zuletzt publizierte Studien beschränkten sich auf die Ergebnisse von an etwa 4 - 16, im Mittel 9 Probanden, durchgeführten Untersuchungen (SMOLANDER et al., 1991; WEBB et al., 1991, GUTSCHMIDT et al., 1991; LÖSER, 1992; JEONG et al., 1988 + 1993; OHNAKA et al., 1993; PAYNE et al., 1994; INOUE et al., 1995; SCHOPPER-JOCHUM et al., 1997; GONZALES et al., 1997 u.a.; RENEAU et al., 1997). Die Probandenanzahl der hier vorgestellten Studie entspricht also denen anderer Untersuchungen und scheint für eine Beurteilung der gestellten Frage geeignet.

Als Hauptergebnis der Studie ist zunächst festzustellen, daß sich in der Laborstudie bei den Probanden im Schutzanzug mit Ventilatorbelüftung signifikant niedrigere Werte für den Arbeitspuls und die Hauttemperatur als ohne Belüftung, also eine beanspruchungsreduzierende Wirkung der Ventilatorbelüftung zeigte (Tab. 4 + 5). Die Signifikanz der Werte bezogen auf den gesamten Untersuchungszeitraum wird wesentlich durch die Erholungsphase bestimmt. Dieses liegt an dem mit 30 Minuten kurzen Belastungszeitraum, in dem sich steady-state- und Umverteilungseffekte erst gegen Belastungsende einstellen. Diese betrifft vor allem die Herzfrequenz, das Blutvolumen im Körper und die eingeschlossene Luft unter dem Schutzanzug, die nicht optimal umgewälzt wird (s.u.). In der Feldstudie war ein solcher Effekt nicht in entsprechendem Umfang festzustellen gewesen. Die ursprünglich erwarteten höheren Außentemperaturen wurden während der Feldstudie allerdings kaum angetroffen.

Für die Beurteilung von Arbeitsbelastungen ist die Ermittlung des Arbeitspulses von Bedeutung. Häufig wird dieser Arbeitspuls als Differenz zwischen der Ruheherzfrequenz im Liegen und dem während einer Belastung gemessenen Wert definiert (u. a. HETTINGER und MÜLLER, 1985; HETTINGER, 1989). Diese Differenz sollte im Mittel 40 Schl./min nicht überschreiten. Da eine Messung der Ruheherzfrequenz schon unter experimentellen Bedingungen (so auch die starken Schwankungen des Arbeitspulses während der Laborstudie), vor allem aber in Feldstudien, kaum realis-

tische Ruhewerte ergibt (Erregung der Probanden vor der Untersuchung, Zeitdruck u. ä.), wurde in dieser Untersuchung für die Berechnung des Arbeitspulses die niedrigste während der gesamten Erfassungszeit ermittelte Herzfrequenz/min herangezogen. Das entspricht nach MÜLLER (1942) einer Ruhepulsmessung im Stehen. Als Dauerleistungsgrenzwert für den so definierten Arbeitspuls wird ein niedrigerer Wert von 30 Schl./min vorgeschlagen (u.a. HETTINGER und MÜLLER, 1985; HETTINGER, 1989).

In der Laborstudie wurde für alle Probanden mit 75 Watt eine mäßige und in jedem Fall zu bewältigende fahrradergometrische Belastung gewählt. Dennoch wurde der Arbeitspuls von 30 Schl./min im Versuch mit unbelüftetem PE-Schutzanzug gegen Ende der Belastung im Mittel überschritten. Die Probanden der Feldstudie arbeiteten intermittierend und hatten somit häufiger Phasen mit Erholungswert (Abb. 4).

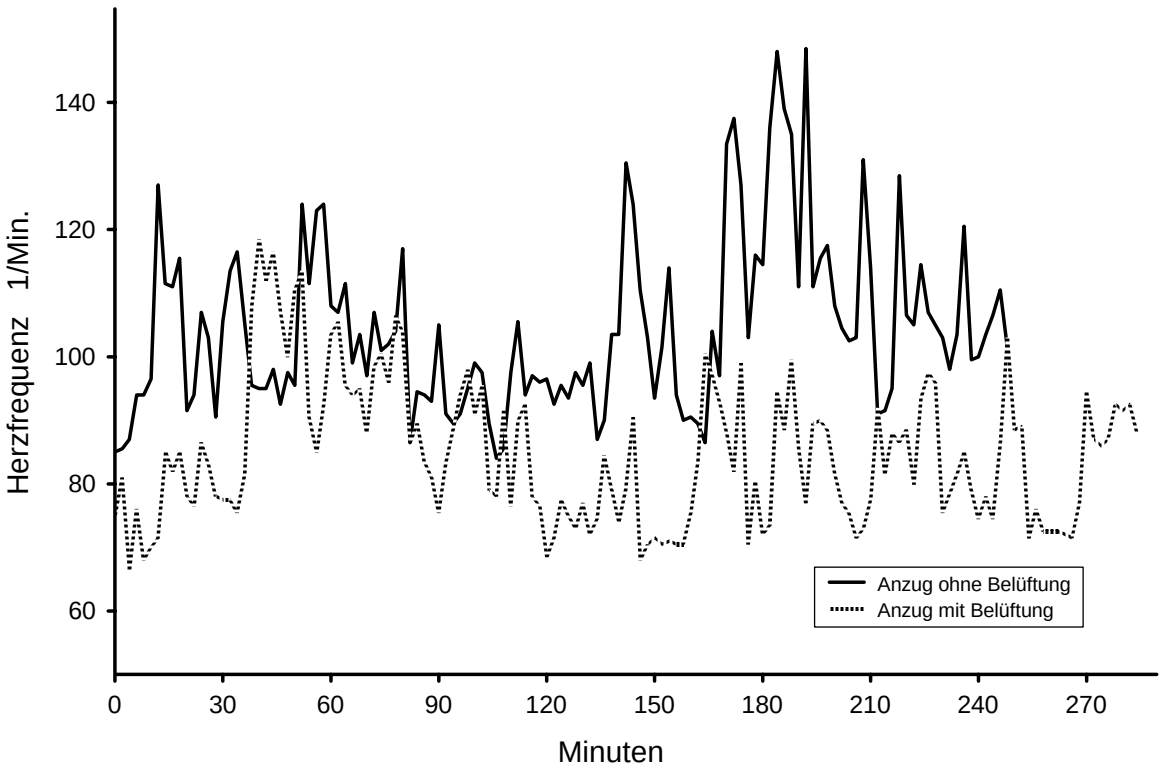

Abb. 4: **Feldstudie:** Verlauf der Herzfrequenz (über jeweils 2 Minuten gemittelt) bei zwei Probanden

Der Vergleich der in der Feldstudie bei den Probanden mit und ohne Belüftung erhobenen Daten zeigt trotz ähnlicher Belastungen (Arbeitszeit, Aktivität) leicht höhere Werte für die Herzfrequenz und den Arbeitspuls in der Gruppe ohne Schutzanzugs-

belüftung an, der Unterschied ist aber nicht signifikant. Ein Arbeitspuls von 30 Schl./min während der gesamten Arbeitszeit wurde von beiden Gruppen im Mittel nicht überschritten. Dennoch war die Arbeit unter Berücksichtigung der mittleren Herzfrequenz von ca. 105 Schl./min als mittelschwer einzustufen. Eine solche Beanspruchung entspricht etwa der von Bergleuten während einer Arbeitsschicht (u.a. MONTOLIU et al., 1995; KALKOWSKY et al., 1996). Dieser Schweregrad korrespondiert nicht mit der protokollierten sichtbaren Arbeitbelastung. Danach war die Arbeit im Mittel allenfalls als leicht- bis mäßiggradig einzustufen gewesen. Die Diskrepanz erklärt sich durch den isolierenden PE-Schutzanzug, dessen thermische Belastung in der protokollierten Arbeit nicht berücksichtigt wird, sich aber in den physiologischen Parametern wie der Herzfrequenz niederschlägt. Die Höhe der angegebenen Aktivität des Beschleunigungsaufnehmers korrelierte nicht ganz mit den protokollierten Tätigkeiten (Tab. 6). Hierfür waren u.a. von motorgetriebenen Arbeitsgeräten ausgehende Vibrationen einerseits und Arbeiten mit höherem Anteil statischer Belastungen andererseits verantwortlich. Erstere führten zu einer höheren Aktivität des Beschleunigungsaufnehmers, letztere eher zu einer Unterschätzung der tatsächlichen körperlichen Belastung.

Die Messung der Körperkerntemperatur ist - sofern sie oral bzw. sublingual durchgeführt wird und unter der Voraussetzung einer kurzen Arbeitsunterbrechung - einfach. In der Literatur werden Körperkerntemperaturanstiege bei Arbeitsbelastungen zwischen 0,8 und 1,5 °C (u.a. HÖPPE und SUPPAN, 1990; KAMPMANN et al., 1992) und absolute Kerntemperaturanstiege auf 37,6 bis 39,3 °C (u.a. MIHAL et al., 1981; WHITE et al., 1989; SÜDBECK, 1991; MCLELLAN et al., 1993; SOLOMON et al., 1994) beschrieben. Die Kerntemperaturen des Laborkollektivs stiegen - nach initialem Abfall um 0,1 °C als Zeichen einer Umverteilung im Blutkreislauf - um 0,15 °C an, ohne sich zwischen den Gruppen signifikant zu unterscheiden. In der Feldstudie zeigte die Kerntemperatur zwischen den beiden Kollektiven ebenfalls keine Unterschiede.

Für die Messung der Hauttemperatur wurde während der Laborstudie der Bereich des Brustbeins - wegen geringerer mechanischer Beanspruchung während der Fahrradergometrie - und im Feldversuch der Lendenbereich rechts gewählt. In Voruntersuchungen hatte sich gezeigt, daß die PE-Schutzanzüge von einzelnen Beschäftig-

ten der Altlastensanierung im Kragenbereich nicht ständig verschlossen gehalten wurden und somit der Meßort am Brustbein zeitweise einer erhöhten Außenventilation ausgesetzt gewesen wäre. Für die Hauttemperatur bestehen damit zwischen Labor- und Feldstudie Meßortunterschiede, die auf die Ergebnisse Einfluß gehabt haben könnten. So ist nicht auszuschließen, daß sich bei der Messung in der Feldstudie die Nierendurchblutung ausgleichend auf die Hauttemperatur im Lendenbereich ausgewirkt hat (WERNER, 1984). Die nur geringen Unterschiede in den Hauttemperaturen zwischen den Probanden im Feldversuch mit belüftetem und unbelüftetem PE-Schutzanzug könnten hierauf zurückzuführen sein. In der Laborstudie, bei dem der Kragen ständig geschlossen war, fanden sich dagegen bei Messung über dem Brustbein zwischen den Gruppen signifikante Unterschiede. Die höchste mittlere Hauttemperatur wiesen jene Probanden auf, die den Schutzanzug ohne zusätzliche Ventilatorbelüftung trugen, also auch am stärksten thermisch belastet waren.

In einem Schutzanzug ist die eingeschlossene Luft schon in kürzester Zeit mit Wasserdampf gesättigt. Dieser Effekt ist weitgehend unabhängig von einer höheren Außentemperatur. Bei allen untersuchten Kollektiven war innerhalb von wenigen Minuten die Schutzanzuginnenseite mit Kondenswasser benetzt. Während der gesamten Untersuchung tropften geringe Mengen dieses Wassers aus den Öffnungen ab. Das auf der Haut befindliche Wasser führt zu einer Schwitzhemmung (WERNER, 1984; NUNNELEY, 1989) und fördert damit indirekt den Wärmeanstieg des Körpers. Bei völliger Benetzung der Haut mit Schweiß ist der Anteil der Evaporation geringer als der ohnehin schon kleine Anteil der Wärmeabfuhr durch abtropfenden Schweiß. Schon bei mäßigem Schwitzen (200 bis 400 g/h) ist davon auszugehen, daß in einem isolierenden Schutzanzug eine Wärmeabfuhr durch Evaporation praktisch nicht mehr stattfindet und die Kühlungskapazität erschöpft ist (TEMMING et al., 1972).

Für Arbeiten im Freien sind in unseren Breitengraden Akklimatisierungseffekte im allgemeinen weniger zu erwarten als in geschlossenen Räumen oder Industrieanlagen mit konstanten klimatischen Belastungen. Akklimatisierungen, wie sie u.a. von PIEKARSKI (1984) oder YOUNG et. al. (1985) für Hitzearbeitsplätze und u.a. von BUDD (1989) für Kältearbeitsplätze beschrieben wurden, fallen so weniger ins Gewicht. AOYAGI et al. (1998) zeigten, daß geringe Akklimatisierungseffekte zu verstärkter Dehydrierung und psychischer Belastung führen. Nach HETTINGER (1991) liegt der „Alarm-Wert“ des Gewichtsverlusts für nicht akklimatisierte Personen - un-

abhängig von der Bekleidung - bei 520g/h. So sind 4000g/h (bezogen auf eine 8-Stunden Arbeitsschicht) demnach bei freiem Flüssigkeitsausgleich maximal tolerabel. Während Marathonläufen beschrieb TORII (1995) Gewichtsverluste von 1000-1200g/h in der kalten und 1500-2000g/h in der warmen Jahreszeit. Die Gewichtsverluste durch Schwitzen während der Laborstudie mit Werten von 464 g/h (ohne Schutzanzug) bis 680 g/h (mit PE-Schutzanzug ohne Belüftung) zeigen auf hohem Niveau einen deutlich unterschiedlichen Beanspruchungseffekt. Das entspricht einer Dehydratation von 0,62 $\%h^{-1}KG^{-1}$ respektive 0,90 $\%h^{-1}KG^{-1}$. Da nach RENEAU (1997) bei kurzen Belastungen (30 Minuten) die Schweißrate (und Körpertemperatur) sensitiver als die Herzfrequenz ist, darf dieser Parameter nicht unterschätzt werden. Die niedriger liegenden durchschnittlichen Schweißmengen der Feldstudie (im Mittel 282 g/h, 0,35 $\%h^{-1}KG^{-1}$ Dehydratation, kein Unterschied zwischen den Kollektiven) weisen auf die geringere äußere thermische Belastung von 13 bis 23 °C bei der Altlastensanierung als in der Laborstudie hin (22 bzw. 28 °C).

Die untersuchten PE-Schutzanzüge hatten alle eine einheitliche Größe, d. h. eine Abstimmung auf die Statur des Probanden hat nicht stattgefunden. Dabei ist aber der Belüftungseffekt durch den Ventilator neben körperlicher Bewegung wesentlich durch die Schutzanzugskonfektion bestimmt. So läßt ein weit geschnittener Schutzanzug eine bessere Durchströmung entlegener Abschnitte zu und erhöht den positiven Pumpeffekt durch Körperbewegung (HOLMÉR, 1992). Dieses ist besonders wichtig, da die Kühlung dieser Bereiche (Beine und Arme) sich am effektivsten auf die Kühlung auswirkt (XU, 1999). Die Arbeitssicherheit wird allerdings durch zu weiten Schnitt verringert, da z.B. ein Verhaken am Arbeitsgerät möglich ist. Ein zu enger Schnitt des Schutzanzuges führt hingegen zu negativen Strömungsveränderungen durch Toträume und undichte Stellen, die teils durch nachlässige Anwendung (unvollständiger Verschluß) und teils durch Risse, vor allem an mechanisch belasteten Regionen wie dem Schritt wurde dieses mehrfach beobachtet, hervorgerufen werden. Es ist zu vermuten, daß hierbei auch erhebliche interindividuelle Schwankungen bestehen.

Für Cortisol ist seit langem eine ausgeprägte zirkadiane Rhythmik mit hohen Werten am Morgen, einem langsamen Abfall während des Tages und einem relativ steilen Anstieg nach Mitternacht bekannt (PINCUS, 1943; HALBERG, et al., 1961; WEITZMAN et al., 1971; WEGNER et al., 1981 u.a.). Die Halbwertszeit im Blut be-

trägt etwa 110 Minuten (MÜLLER, 1978), die Produktion kann innerhalb von Sekunden erfolgen. Cortisol fördert die Glukoneogenese, ist ergotrop, auch im Sinne einer muskulären Leistungssteigerung. Bei experimentell durchgeführten fahrradergometrischen Belastungsuntersuchungen fanden sich nach einem kurzzeitigen anfänglichen Abfall zumeist mehr oder weniger deutliche Anstiege (u.a. SUTTON et al., 1969; GAWEL et al., 1979; FEW et al., 1980; PORTA et al., 1993).
Solche Anstiege wurden in dieser Studie im Labor nicht gesehen, es zeigte sich im Gegenteil - auch unter Berücksichtigung der zirkadianen Rhythmik - ein signifikanter Abfall des Cortisols im Serum zwischen 39 und 52 %. Es sind leider keine Vergleichswerte der Probanden ohne Belastung verfügbar. Der beobachtete Abfall korrespondiert mit Ergebnissen von CORNIL et al. (1965), die 30 Minuten nach einer 20minütigen Belastung mit 100 Watt ebenfalls signifikante Erniedrigungen (im Mittel um 34 % im Plasma) feststellten. Varianzanalytisch ergab sich zwischen den hier untersuchten Gruppen weder im Serum noch im Harn ein signifikanter Unterschied. In der Feldstudie wiesen die Probanden - unter Berücksichtigung der längeren Arbeitszeit und des damit verbundenen physiologischen Abfall dieses Hormons - plausible signifikante Abnahmen des Cortisolspiegels im Serum und nichtsignifikante Abnahmen im Harn auf. Zwischen diesen beiden Gruppen der Feldstudie (mit und ohne Ventilatorbelüftung) ergaben sich ebenfalls keine statistisch zu sichernden unterschiedlichen Abnahmen des Cortisolspiegels.

Die Ausschüttung des Nebennierenrindenhormons Aldosteron wird unter physiologischen Bedingungen durch Änderungen des Volumens und des ionalen Gehaltes des Extrazellulärraums und der Gefäße beeinflußt. Die Halbwertszeit im Plasma ist mit 15 bis 35 Minuten recht kurz (MÜLLER, 1978). Aldosteron wurde bereits häufiger als Parameter einer physischen Belastung oder bei Hitzeexposition herangezogen (u.a. MELIN et al., 1980; GEYSSANT et al., 1981; FELIXBERGER et al., 1982; PIEKARSKI, 1984; GUEZENNEC et al., 1986; WOLF et al., 1986, FRANCESCONI et al., 1989, ALLSOPP et al., 1998). Danach führt Hitzebelastung zu einem Anstieg des Aldosteronspiegels im Serum und im Harn. Die bei den untersuchten Gruppen registrierte, in der Feldstudie auch signifikant gesteigerte Aldosteronausschüttung läßt daher auf einen nachhaltigen Belastungsreiz schließen. Ein von MELIN et al. (1980) beobachteter bis zu 13-facher Anstieg nach maximaler erschöpfender fahrradergometrischer Belastung wurde aber auch nicht andeutungsweise erreicht, zumal die Elektrolytbilanz hier einen wesentlichen Einfluß ausübt (FRANCESCONI et

al., 1985; ALLSOPP et al., 1998) und die durchschnittliche Dehydratation mit 1,18 % des Körpergewichts pro Stunde als mäßig einzustufen ist (MORAN et al., 1998; MCLELLAN et al., 1999). Zwischen den von uns untersuchten Gruppen mit und ohne Ventilatorbelüftung ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Körperliche Belastungen durch Arbeit mit Überschreitung der anaeroben Schwelle führen zu einer Erhöhung des Laktatgehaltes im Serum. Innerhalb von 40 Minuten stellen sich nach Belastung wieder Normalwerte von Laktat ein (VANHELDER et al., 1984). OYONO-ENGUELLE et al. (1993) beschreiben einen zusätzlichen Einfluß von Wärmebelastung auf den Laktatgehalt. SMITH et. al. (1997) stellten nach einem simulierten Feuerwehreinsatz mit erheblicher körperlicher Belastung einen deutlich größeren Anstieg des Laktats bei zusätzlicher Wärmebelastung (90 °C) fest als bei eher niedrigeren Temperaturen von 14 °C. Die in der hier vorgestellten Studie belegbare Abnahme der Laktatwerte bei allen Teilkollektiven weist auf eine gute aerobe Stoffwechsellage der Probanden ohne nachhaltige Defizite hin. Die umgekehrtproportionale Aktivität der Laktatdehydrogenase (LDH) war danach erwartungsgemäß.

Die Kreatinkinase (CK) ist als Indikator für erhöhte Muskelaktivität geeignet (KOUTEDAKIS et al., 1993). In der Feldstudie zeigte sich entsprechend ein signifikanter Anstieg, der allerdings in der Laborstudie nicht reproduzierbar war. Für Prolaktin, Wachstumshormon (hGH), Trijodthyronin, Thyroxin wird seit längerem eine Belastungsreaktion diskutiert (GAWEL 1979, VANHELDER 1984, De MEIRLEIR 1985, BRISSON 1989, LUGER 1992, HARGREAVES 1996, LEINO 1999). Es zeigten sich aber keine wesentlichen Veränderungen bei diesen Meßwerten. Bei Belastungen im warmen Ambiente steigen die Plasma-Katecholamine generell an (HOFFMAN 1994, HARGREAVES 1996, LEINO 1999). Wesentliche Veränderungen der Katecholamine im Sammelharn konnten wir nicht beobachten.

Abschließend läßt sich feststellen, daß in der Laborstudie bei zum Teil höheren Raumtemperaturen bereits unter mäßiger fahrradergometrischer Belastung ein beanspruchungsmindernder Effekt der eingesetzten Ventilatorbelüftung belegbar ist. Die in der Feldstudie mögliche Eigenregie ließ, im Gegensatz zur vorgegebenen fahrradergometrischen Belastung, einen geeigneten Wechsel von stark und weniger

stark anstrengender Arbeit und eine verbesserte Anzugbinnenbelüftung zu. Die Lufttrockentemperaturen von maximal 23 °C führten außerdem zu keiner höheren äußeren Wärmebelastung. Der Einsatz einer mobilen Belüftung bewirkte in der Feldstudie keine signifikante Reduzierung der Beanspruchung. Eine günstige Wirkung der zusätzlichen Belüftung ist bei Altlastensanierungsarbeiten an Tagen mit erhöhten Außentemperaturen zu vermuten und vorsorglich zu empfehlen. Zur retrospektiven Überwachung von Personal in Schutzkleidung bietet sich der Gewichtsverlust an. Durch exakte Bilanzierung von Einfuhr, Ausfuhr und Körpergewicht (Wiegen des Probanden nur mit Unterwäsche), läßt sich der Gewichtsverlust bzw. die Schweißproduktion pro Stunde feststellen. Beim Überschreiten der Schwelle von 400 g/h oder 0,5%$h^{-1}KG^{-1}$, sollten vermehrt Pausen oder das Abbrechen der Tätigkeit erwogen werden.

5. Zusammenfassung:

Isolierende Chemikalienschutzanzüge führen bei längeren Arbeiten zu erheblichen thermischen Belastungen. Überprüft werden sollte, ob eine einfache, am Körper zu tragende Ventilatorbelüftung die Beanspruchung beim Einsatz in polyethylen(PE)-beschichteten Einwegchemikalienschutzanzügen reduzieren kann.
Untersucht wurden 17 männliche Probanden, davon 5 (mittleres Alter 28 ± 2 Jahre) jeweils dreimal randomisiert in einer Laborstudie (3 Probanden bei 22 °C, 2 Probanden bei 28 °C Raumtemperatur), 12 (Alter 32 ± 9 Jahre) während eines Feldversuchs bei Außentemperaturen zwischen 13 und 23 °C. Bestimmt wurden Herzfrequenz, Arbeitspuls, Haut- und Kerntemperatur (sublingual), Cortisol, Aldosteron, Laktat und LDH im Serum, Cortisol und Aldosteron im Sammelharn sowie der Schweißverlust. In der Laborstudie erfolgte die Belastung auf dem Fahrradergometer über 30 Minuten bei 75 Watt jeweils ohne Schutzanzug, mit belüftetem PE-Schutzanzug und mit PE-Schutzanzug ohne Belüftung. Während der im Mittel 3½-stündigen Feldstudie wurden Altlastensanierungsarbeiten im PE-Schutzanzug jeweils parallel mit und ohne Belüftung durchgeführt und nach einem standardisierten Schema protokolliert.
Während der Laborstudie ergaben sich höhere Beanspruchungen (Herzfrequenz, Arbeitspuls, Hauttemperatur) im Schutzanzug ohne Belüftung als mit Belüftung. Die Unterschiede zwischen den Anzugsarten waren signifikant. Der Schweißverlust war im Schutzanzug ohne Belüftung ebenfalls am höchsten. Entsprechende Unterschiede fanden sich, bei allerdings niedrigeren Umgebungstemperaturen, in der Feldstudie nicht. Kerntemperatur, hormonelle und biochemische Laborparameter zeigten keine Beanspruchungsunterschiede, weder in der Labor- noch während der Feldstudie.
Insgesamt war ein Effekt der Belüftung unter standardisierten Laborbedingungen mit erhöhten Raumtemperaturen nachweisbar, nicht jedoch in der Feldstudie mit frei wählbaren Arbeitseinteilungen und ohne erhöhte Außentemperaturen. Eine günstige Wirkung der zusätzlichen Belüftung dürfte aber bei Altlastensanierungsarbeiten an Tagen mit erhöhter Außentemperatur aber zu vermuten sein.

6. Literatur:

- Allsopp AJ, Sutherland R, Wood P, Wootton SA (1998) The effect of sodiumm balance on sodium secretion and plasma aldosterone concentration. Eur J Appl Physiol 78(6):516-521
- Aoyagi Y, McLellan TM, Shephard RJ (1998) Effects of endurance training and heat acclimation on psycological strain in exercising men wearing protective clothing. Ergonomics 41, 328-357
- Brisson GR, Boisvert P, Peronnet F, Quirion A, Senecal L (1989) Face cooling-induced reduction of plasma prolactin response to exercise as part of an integrated response to thermal stress. Eur J Appl Physiol 58(8), 816-820
- Budd GM (1989) Ergonomic aspects of cold stress and cold adaption. Scand J Work Environ Health 15, suppl 1:15-26
- Chen YT, Constable SH, Bomalaski SH (1997) A lightweigt ambient air-cooling unit for use in hazardous environments. Am Ind Hyg Assoc J (US) 58(1):10-14
- Cornil A, De Coster A, Copinschi G, Franckson JRM (1965) Effect of muscular exercise on the plasma level of cortisol in men. Acta Endocrinologica 48:163-168
- De Meirleir KL, Baeyens L, L´Hermite-Baleriaux M, L´Hermite M, Hollmann W (1985) Exercise-induced prolactin release is related to anaerobiosis. J Clin Endocrinol Metab (US) 60(6), 1250-1252
- Felixberger F, Nern E, Wegner R, Szadkowski D (1982) Differenzierung beruflicher Belastung durch Bestimmungen der renalen Cortisol- und Aldosteronausscheidung. Verhdl Dtsch Ges Arbeitsmed eV 22. Jahrestagung, Gentner, Stuttgart, 471-476
- Few JD, Cashmore GC, Turton G (1980) Adrenocortical response to one-leg and two-leg exercise on a bicycle ergometer. Eur J Appl Physiol 44:167-174
- Francesconi RP, Szlyk PC, Sils IV, Leva N, Hubbard RW (1989) Plasma renin activity and aldosterone: correlations with moderate hypohydration. Aviat Space Environ Med 60(12):1172-1177
- Gawel MJ, Alaghband-Zadeh J, Park DM, Rose FC (1979) Exercise and hormonal secretion. Postgraduate Med J 55:373-376
- Geyssant A, Geelen G, Denis C, Allevard AM, Vincent M, Jarsaillon E, Bizollon CA, Lacour JR, Gharib C (1981) Plasma vasopressin renin activity and aldosterone: Effect of exercise and training. Eur J Appl Physiol 46:21-30

- Gonzales RR, McLellan TM, Withey WR, Chang SK, Pandolf KB (1997) Heat strain models applicable for protective clothing systems: comparison of core temperature respose. J Appl Physiol 83:1017-1032
- Grandjean E (1991) Physiologische Arbeitsgestaltung, Ecomed, Landsberg München Zürich
- Guezennec CY, Defer G, Carzola G, Sabanthier C, Lhoste F (1986) Plasma renin activity aldosterone and catecholamine levels when swimming and running. Eur J Appl Physiol 54:632-637
- Gutschmidt B, Schäcke G, Hunsinger M, Silber P (1991) Cardiopulmonale Funktion beim Tragen von Schutzanzügen unter dosierter Belastung. Verhdl Dtsch Ges Arbeitsmed eV 31 Jahrestagung, Gentner, Stuttgart, 117-120
- Halberg F, Frank G, Harner R, Matthewes J, Baker H, Graven H, Melby J (1961) The adrenal cycle in men on different schedules of motor and mental activity. Experientia 17:282
- Hargreaves M, Angus D, Howlett K, Conus NM, Febbraio M (1996) Effect of heat stress on glucose kinetics during exercise. J Appl Physiol (US) 81(4), 1594-1597
- Hanson MA (1999) Development of a draft British standard: the assessment of heat strain for workers wearing personal protective equipment. Ann Occup Hyg (GB) 43(5):309-319
- Havenith G, Heus R, Lotens WA (1990) Clothing ventilation vapour resistance and permeability index: changes due to posture movement and wind. Ergonomics 33:989-1005
- Heising M, Werner J (1987) Control of sweating in man after work-induced thermal load and symmetrically applied cooling. Eur J Appl Physiol 56:608-614
- Herting R, Hettinger T, Eising G (1984) Einfluß von Schutzkleidung auf die Beanspruchung des Menschen bei Arbeit unter Wärmestrahlungsexposition. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 19:9-14
- Hettinger T (1989) Klimawirkungen auf den Menschen. In: Konietzko J, Dupuis H (Hrsg): Handbuch der Arbeitsmedizin. Ecomed, Landsberg München Zürich, III-4.3:1-16
- Hettinger T (1991) Prävention bei klimatischen Belastungen. In: Konietzko J, Dupuis H (Hrsg): Handbuch der Arbeitsmedizin. Ecomed, Landsberg München Zürich, V-1.2.6:1-15

- Hettinger T, Müller BH (1985) Ergonomie. In: Reichel G (Hrsg): Grundlagen der Arbeitsmedizin. Kohlhammer, Stuttgart Berlin Köln Mainz, 427-472
- Hettinger T, Averkamp C, Müller BH, Tielsch R (1988) Arbeitsbedingungen in der Glasindustrie. Beuth, Berlin
- Hexamer M, Werner J (1997) Control of liquid cooling garments: technical control of mean skin temperature and its adjustments to exercise. Appl Human Sci 16(6), 237-247
- Hoffman JR, Maresh CM, Armstrong LE, Gabaree CL, Bergeron MF, Kenefick RW, Castellani JW, Ahlquist LE, Ward A (1994) Effects of hydration state on plasma testosterone, cortisol and catecholamine concentrations before and during mild exercise at elevated temperature. Eur J Appl Physiol 69(4), 294-300
- Hofmann S, Henze W, Engel P (1996) Mikroklimatisierung von isolierenden Schutzanzügen mittels Wassereiskühlweste. Verhdl. der Dtsch Ges Arbeitsmed Umweltmed eV 36. Jahrestagung, Rindt, Fulda, 447-448
- Holmér I, Nilsson H, Rissanen S, Hirata K, Smolander J (1992) Quantification of heat balance during work in three types of asbestos-protective clothing. Int Arch Occup Environ Health 64:243-249
- Holmér I (1989) Recent trends in clothing physiology. Scand J Work Environ Health, 15 suppl 1:58-65
- Höppe P, Ruppert-Horn M, Kessel R (1992) Quantitative Bestimmung der zusätzlichen thermischen Beanspruchung durch das Tragen von Regenschutzbekleidung bei schwerer Arbeit. Verhdl Dtsch Ges Arbeitsmed Umweltmed eV 32. Jahrestagung, Gentner, Stuttgart, 286-291
- Höppe P, Suppan P (1990) Quantifizierung der potentiellen thermischen Belastung durch die spezielle Schutzkleidung der Waldarbeiter. Verhdl Dtsch Ges Arbeitsmed und Umweltmed eV, 30. Jahrestagung, Gentner, Stuttgart, 135-139
- Inoue Y, Nakao M, Okudaira S, Ueda H, Araki T (1995) Seasonal variation in sweating responses of older and younger men. Eur J Appl Physiol 70:6-12
- Jeong WS, Tokura H (1993) Different thermal conditions of the extremities affect thermoregulation in clothed man. Eur J Appl Physiol 67:481-485
- Kalkowsky B, Kampmann B, Piekarski C (1996) Zur Beanspruchung von Bergleuten an klimatisch belasteten Betriebspunkten. Verhdl Dtsch Ges Arbeitsmed Umweltmed 36 Jahrestagung, Rindt, Fulda, 435-439

- Kamon E, Kenney WL, Deno NS, Soto KI, Carpenter AJ (1986) Readdressing personal cooling with ice. Am Ind Hyg Assoc J 47(5):293-298
- Kampmann B, Piekarski C, Morfeld P (1992) Vergleich der Beanspruchungsprognose der Norm ISO 7933 mit Beanspruchungsmessungen in Klimakammern. Z Arb Wiss 46:208-218
- Kenney WL, Lewis DA, Anderson RK, Kamon E (1986) A simple exercise test for the prediction of relative heat tolerance. Am Ind Hyg Assoc J 47(4):203-206
- Koutedakis Y, Raafat A, Sharp NC, Rosmarin MN, Beard MJ, Robbins SW (1993) Serum enzyme activities in individuals with different levels of physical fitness. J Sports Med Phys Fitness 33(3):252-257
- Leino TK, Leppaluoto J, Ruokonen A, Kuronen P (1999) Neuroendocrine response to physiological workload of instrument flying in student pilots. Aviat Space Environ Med 70(6), 565-570
- Löser R-E (1992) Vergleichende Untersuchung von Klimatisierungsmaßnahmen für Chemikalienschutzanzüge, Drägerheft 352:12-16
- Lotens WA (1989) The actual insulation of multilayer clothing. Scand J Work Environ Health 15, suppl 1:66-75
- Luger A, Watschinger B, Deuster P, Svoboda T, Clodi M, Chrousos GP (1992) Plasma growth hormone and prolactin responses to graded levels of acute exercise and to a lactate infusion. Neuroendokrinologie (Schweiz) 56(1), 112-117
- McLellan TM, Jacobs I, Bain JB (1993) Influence of temperature and metabolic rate on work performance with Canadian Forces NBC clothing. Aviat Space Environ Med 64(7):587-594
- McLellan TM, Cheung SS, Latzka WA, Sawka MN, Pandolf KB, Millard CE, Withey WR (1999) Effects of dehydration, hypohydration and hyperhydration on tolerance during uncompensable heat stress. Can J Appl Physiol 24(4):349-361
- Melin B, Eclache JP, Geelen G, Annat G, Allevard AM, Jarsaillon E, Zebidi A, Legros JJ, Gharib C (1980) Plasma AVP neurophysin renin activity and aldosterone during submaximal exercise performed until exhaustion in trained and untrained men. Eur J Appl Physiol 44:141-151
- Mihal CP Jr (1981) Effect of heat stress on physiological factors for industrial workers performing routine work and wearing impermeable vapor-barrier clothing. Am Ind Hyg Assoc J 42:97-103

- Montoliu MA, Gonzales V, Palenciano L (1995) Cardiac frequency throughout a working shift in coal miners. Ergonomics 38:1250-1263
- Moran DS, Montain SJ, Pandolf KB (1998) Evaluation of different levels of hydration using a new physiological strain index. Am J Physiol 275(3/2):R854-860
- Müller EA (1942) Die Pulszahl als Kennzeichen für Stoffumtausch und Ermüdbarkeit des arbeitenden Muskels. Arbeitsphysiologie 12:92-106 zit. bei Grandjean E (1991) Physiologische Arbeitsgestaltung, Ecomed, Landsberg München Zürich
- Müller J (1978) Abbau und Ausscheidung der Nebennierenrinden-Hormone. In: Labhart A (Hrsg): Klinik der inneren Sekretion, Springer, Berlin Heidelberg New York, 294-296
- Nag PK, Pradham CK, Nag A, Ashtekar SP, Desai H (1998) Efficacy of a water-cooled garment for auxiliary body cooling in heat. Ergonomics 41, 179-187
- Nunneley SA (1989) Heat stress in protective clothing. Scand J Work Environ Health 15, suppl 1:52-57
- Ohnaka T, Tochihara Y, Muramatsu T (1993) Physiological strains in hot-humid conditions while wearing disposable protective clothing commonly used by the asbestos removal industry. Ergonomics 36:1241-1250
- Oyono-Enguelle S, Heitz A, Marbach J, Ott C, Pape A, Freund H (1993) Heat stress does not modify lactate exchange and removal abilities during recovery from short exercise. J Appl Physiol 74:1248-1255
- Payne WR, Portier B, Fairweather I, Zhou S, Snow R (1994) Thermoregulatory response to wearing encapsulated protective clothing during simulated work in various thermal environments. Am Ind Hyg Assoc 55:529-536
- Peters H (1995) Testing climate indices in the field. Ergonomics 38(1):86-100
- Piekarski C (1984) Zur Beanspruchung des arbeitenden Menschen unter Hitzebelastung. Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed 19:247-250
- Pimental NA, Cosimini HM, Sawka MN, Wenger CB (1987) Effectiveness of an air-cooled vest using selected air temperature and humidity combinations. Aviat Space Environ Med 58(2):119-124
- Pincus G (1943) A diurnal rhythm in the excretion of urinary ketosteroids by young men. J Clin Endocrinol Meta 3:195-199

- Porta S, Emsenhuber W, Petek W, Purstner P, Vogel WH, Schwaberger G, Salwitsch P, Korstako W (1993) Detection and evaluation of persisting stress-induced hormonal disturbances by a post stress provocation test in humans Life. Sci 53:1583-1589
- Reneau PD, Bishop PA, Ashley CD (1997) Comparison of a military chemical suit and an industrial usage vapor barrier suit across two thermal environments. Am Ind Hyg Assoc J (US) 58(9):646-649
- Schopper-Jochum S, Schubert W, Hocke M (1997) Vergleichende Bewertung des Trageverhaltens von Feuerwehr-Einsatzjacken (Phase I). Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 32:138-144
- Smith DL, Petruzzello SJ, Kramer JM, Misner JE (1997) The effects of different thermal environments on the physiological and psychological responses of firefighters to a training drill. Ergonomics 40:500-510
- Smolander J, Ilmarinen R, Korhonen O (1991) An evaluation of heat stress indices (ISO 7243 ISO/DIS 7933) in the prediction of heat strain in unacclimated men. Int Arch Occup Environ Health 63:39-41
- Solomon J, Bishop P, Bomalaski S, Beaird J, Kime J (1994) Responses to repeated days of light work at moderate temperatures in protective clothing. Am Ind Hyg Assoc J 55:16-19
- Spitzer H, Hettinger T, Kaminsky G (1982) Tafeln für den Energieumsatz bei körperlicher Arbeit, Beuth, Berlin
- Steuer J (1994) Chemikalienschutzkleidung bei Feuerwehren und bei der Altlastensanierung. Drägerheft 357:30-32
- Südbeck C (1991) Arbeits- und Betriebsmedizin, Schattauer, Stuttgart New York
- Sutton JR, Young JD, Lazarus L, Hickie JB, Maksvytis J (1969) The hormonal response to physical exercise. Austral Ann Med 18:84-90
- Temming J, Rohmert W (1972) Untersuchungen über die körperliche Belastung der Bergleute. Gentner, Stuttgart
- Torii M (1995) Maximal sweating rates in humans. J Hum Ergol (Tokyo) 24(2):137-52
- Vanhelder WP, Radomski MW, Goode RC (1984) Growth hormone responses during intermittent weight lifting exercise in men. Eur J Appl Physiol 53:31-34
- Webb P, Nagle FJ, Wanta DM (1991) Heat regulation during exercise with controlled cooling. Eur J Appl Physiol 62:193-197

- Wegner R, Tomczak S, Felixberger F, Szadkowski D (1981) Einfluß des Zeitzonenwechsels auf das Befinden und den endogenen Rhythmus von Seeleuten. Verhdl Dtsch Ges Arbeitsmed eV 21. Jahrestg, Gentner, Stuttgart, 343-348
- Weitzman ED, Fukushima D, Nogeire C, Roffwarg H, Gallagher TF, Hellmann L (1971) Twenty-four hour pattern of the episodic secretion of cortisol in normal subjects. J Clin Endocr 33:14
- Wenzel HG, Mehnert C, Schwarzenau P (1989) Evaluation of tolerance limits for humans under heat stress and the problems involved. Scand J Work Environ Health 15, suppl 1:7-14
- Werner J (1984) Regelung der menschlichen Körpertemperatur, De Gruyter, Berlin New York
- White MK, Hodous TK, Hudnall JB (1989) Physiological and subjective responses to working in disposable protective coveralls and respirators commonly used by asbestos abatement industry. Am Ind Hyg Assoc J 50:313-319
- Wolf JP, Nguyen NU, Dumoulin G, Berthelay S (1986) Plasma renin and aldosterone changes during twenty minutes moderate exercise. Eur J Appl Physiol 54:602-607
- Wyon DP (1989) Wind-chill equations predicting whole-body heat loss for a range of typical civilian outdoor clothing ensembles. Scand J Work Environ Health 15, suppl 1:76-83
- Xu X, Heyamer M, Werner J (1999) Multi-loop control of liquid cooling garment systems. Ergonomics (GB) 42(2):282-298
- Young AJ, Sawka MN, Levine L, Cadarette BS, Pandolf KB (1985) Skeletal muscle metabolism during exercise is influenced by heat acclimation. J Appl Physiol 59(6):1929-1935

7. Anhang:

Tab. 8: Laborstudie: Mittelwerte und Standardabweichungen von zeitbezogenen Werten vor, während und nach der Belastung (n = 5, siehe auch Abb. 1 - 3)

	Zeit	Herzfrequenz	Arbeitspuls	Temperaturen [°C]			
				Oral	Haut über li. Niere	Haut zwisch. Schulterblätt.	Haut über Brustbein
	[min]		[/min]				
Probanden ohne Schutzanzug:							
x	0	75,40	1,80	36,58	25,90	33,72	34,42
s		5,46	2,49	0,23	15,07	0,64	2,21
x	5	95,40	21,80	36,46	26,00	34,30	33,62
s		13,05	9,68	0,39	15,12	0,74	0,52
x	10	100,00	26,40	36,56	26,10	34,44	33,84
s		9,90	5,37	0,36	15,17	0,64	0,49
x	15	100,40	26,80	36,62	26,22	34,44	33,84
s		10,16	5,63	0,26	15,23	0,61	0,67
x	20	101,80	28,20	36,64	26,32	34,52	34,18
s		11,17	5,63	0,27	15,29	0,72	0,31
x	25	103,60	30,00	36,74	26,32	34,52	34,18
s		12,60	7,87	0,26	15,29	0,70	0,33
x	30	104,60	31,00	36,76	26,54	34,66	34,20
s		12,60	7,48	0,27	15,42	0,78	0,52
x	33	83,00	9,40	36,76	26,60	34,62	33,86
s		12,61	6,77	0,27	15,45	0,81	0,63

	Zeit	Herzfrequenz	Arbeitspuls	Temperaturen [°C]			
				Oral	Haut über li. Niere	Haut zwisch. Schulterblätt.	Haut über Brustbein
	[min]		[/min]				
x	35	82,20	8,60	36,74	26,48	34,44	33,58
s		10,33	6,80	0,29	15,39	0,84	0,62
x	40	80,00	6,40	36,82	25,96	34,06	33,00
s		12,45	6,47	0,19	15,09	0,63	1,24
Probanden mit PE-Schutzanzug, mit Belüftung:							
x	0	81,40	1,00	36,62	12,64	34,46	33,86
s		9,58	2,24	0,39	18,74	0,69	0,98
x	5	99,00	18,60	36,44	12,74	34,24	34,12
s		11,68	8,08	0,38	18,86	1,06	0,80
x	10	101,60	21,20	36,46	12,74	34,38	34,52
s		9,63	6,26	0,32	18,86	0,84	0,68
x	15	105,40	25,00	36,42	12,72	34,42	34,78
s		8,44	5,24	0,36	18,81	0,81	0,61
x	20	106,20	25,80	36,66	12,76	34,42	34,53
s		10,47	6,30	0,35	18,85	1,12	0,68
x	25	108,60	28,20	36,58	12,86	34,58	34,70
s		11,59	7,46	0,25	18,98	1,21	0,42
x	30	109,60	29,20	29,08	13,00	34,72	34,80
s		9,96	6,83	16,82	19,17	1,09	0,52

	Zeit	Herzfrequenz	Arbeitspuls	Temperaturen [°C]			
				Oral	Haut über li. Niere	Haut zwisch. Schulterblätt.	Haut über Brustbein
	[min]		[/min]				
x	33	90,40	10,00	36,74	13,08	34,92	34,95
s		12,12	8,37	0,27	19,28	0,99	0,45
x	35	89,80	9,40	36,72	12,98	34,76	35,00
s		9,93	6,66	0,29	19,14	1,04	0,48
x	40	86,20	5,80	36,70	12,66	34,46	34,25
s		6,87	6,57	0,26	18,71	1,38	1,86
Probanden mit PE-Schutzanzug, ohne Belüftung:							
x	0	78,00	0,00	36,60	19,60	34,44	34,24
s		6,44	0,00	0,19	18,83	1,36	0,61
x	5	98,80	20,80	36,52	20,04	34,82	34,30
s		5,72	4,09	0,19	19,21	1,52	0,60
x	10	102,00	24,00	36,50	20,42	35,12	34,56
s		9,67	9,14	0,25	19,56	1,34	0,47
x	15	106,00	28,00	36,58	20,80	35,46	34,92
s		9,03	10,30	0,19	19,90	1,29	0,70
x	20	107,00	29,00	36,66	21,08	35,66	35,12
s		8,63	9,46	0,21	20,16	1,30	0,66
x	25	109,80	31,80	36,68	21,28	35,84	35,40
s		11,61	10,43	0,24	20,34	1,28	0,64

	Zeit	Herzfrequenz	Arbeitspuls	Temperaturen [°C]			
	[min]	[/min]	[/min]	Oral	Haut über li. Niere	Haut zwisch. Schulterblätt.	Haut über Brustbein
x	30	111,00	33,00	36,80	21,46	35,94	35,72
s		11,25	10,46	0,27	20,50	1,36	0,41
x	33	98,60	20,60	36,82	21,48	36,06	35,94
s		9,61	8,68	0,31	20,52	1,23	0,38
x	35	94,60	16,60	36,80	21,48	36,04	35,92
s		7,37	6,15	0,22	20,52	1,27	0,48
x	40	92,60	14,60	36,84	21,42	36,08	35,88
s		8,88	5,32	0,19	20,47	1,02	0,81

8. Danksagung:

Besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. R. Wegner, Herrn Dipl.-Ing. B. Poschadel und Herrn Prof. Dr. med. D. Szadkowski vom Ordinariat für Arbeitsmedizin. Danken möchte ich auch den Probanden, Herrn Dipl.-Ing. Hesse, Arbeitsschutzgruppe Altlastensanierung in der Umweltbehörde Hamburg, sowie Frau Nern und Frau Kimstädt für die Durchführung der Laboranalysen.

9. Lebenslauf:

Name:	Florian Zschacke
Geburtsdatum, -ort:	5. August 1964 in Lübeck
Wohnung:	Neißestraße 4 in 27356 Rotenburg
Familienstand:	verheiratet, zwei Kinder
Konfession:	evangelisch
Fremdsprachen:	Englisch, Portugiesisch

1970 - 1974	Kaland-Grundschule in Lübeck
1974 - 1983	Gymnasium ‘Johanneum zu Lübeck’
1983 - 1986	Ausbildung zum Offizier der Fernmeldetruppe des Heeres
1986 - 1992	Medizinstudium an der Universität Hamburg: Famulaturen in Hamburg, Seattle, Husum Praktisches Jahr: Dermatologie KHS St. Georg, Innere Medizin und Chirurgie KHS Barmbek
1993	Chirurgie an der Universitätsklinik, dem ‘Hospital Nossa Senhora das Graças’ und am städt. Unfallkrankenhaus ‘Cajuru’ in Curitiba, Brasilien
1993 - 1995	Allgemein- und Unfallchirurgie am KHS Altona (Prof. Teichmann)
1995 - 1998	Allgemein- und Unfallchirurgie am KKHS Brunsbüttel (Dr. Geisthövel)
seit 1998	Allgemeinchirurgie am Diakonie-KHS Rotenburg/Wümme (Prof. Weiser)

Weiterbildungen:

Fachkunden Rettungsdienst, Röntgen
AGC Kurs Gastroenterologie
Grundkurs Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
Seminar: Ärztliches Erlösmanagement
Grundkurse Akupunktur
Reanimation des Neugeborenen

Angenommen von dem Fachbereich Medizin
der Universität Hamburg am 24.6.2002

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Medizin der Universität Hamburg

Dekan: Prof. Dr. C. Wagener

Referent: Prof. Dr. D. Szadkowski

Koreferent: Prof. Dr. X. Baur